

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS E
AMBIENTAIS

SAMUEL FREITAS DE SOUZA

Impactos da mudança climática na distribuição de espécies de *Copaifera* spp.
(Fabaceae) para a conservação de seus recursos genéticos

MANAUS-AM

2024

SAMUEL FREITAS DE SOUZA

Impactos da mudança climática na distribuição de espécies de *Copaifera* spp.
(Fabaceae) para a conservação de seus recursos genéticos

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação
em Ciências Florestais e Ambientais, como requisito para
o título de mestre na área de concentração de
Conservação da Natureza.

Orientadora: Prof. Dra. Maria Teresa Gomes Lopes

MANAUS-AM

2024

Ficha Catalográfica

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

S729i Souza, Samuel Freitas de
Impactos da mudança climática na distribuição de espécies de
Copaifera spp. (Fabaceae) para a conservação de seus recursos
genéticos / Samuel Freitas de Souza . 2024
96 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Maria Teresa Gomes Lopes
Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) -
Universidade Federal do Amazonas.

1. Amazônia. 2. Espécie florestal. 3. Modelagem ecológica. 4.
Nicho ecológico. I. Lopes, Maria Teresa Gomes. II. Universidade
Federal do Amazonas III. Título

Ao meu grande amigo Jeferson Emiliano de
Moura Campos (*in memoriam*), dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida, e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização dessa dissertação.

Expresso minha gratidão eterna aos meus pais, Senhor Francisco Corrêa de Souza e Senhora Elizabeth Freitas de Souza. O amor incondicional, apoio inabalável e investimento contínuo que sempre me proporcionaram foram fundamentais para o sucesso desta jornada. Sem o amparo e a dedicação deles, este feito não teria sido possível. Eles são minha inspiração e motivação, e devo a eles cada conquista alcançada.

À minha namorada e parceira de vida, Iasmin Paranatinga, dedico meu profundo agradecimento por todo o apoio, paciência e direção que me proporcionou. Sua compreensão e amor incondicional foram a base sobre a qual pude me apoiar enquanto trabalhava neste projeto. Sua capacidade de me motivar e encorajar fez toda a diferença.

A minha irmã, Samille Freitas de Souza por toda sua parceria.

Um agradecimento especial à minha orientadora, Prof.^a Dra. Maria Teresa Gomes Lopes. Sua disposição em me orientar nesta dissertação foi um privilégio. Seus ensinamentos, orientação perspicaz e parceria ao longo deste processo foram inestimáveis. Graças a sua sabedoria e orientação paciente, pude desenvolver minhas habilidades e atingir meus objetivos acadêmicos.

Sou profundamente grato ao Laboratório de Melhoramento Vegetal da FCA/UFAM, liderado pela Prof.^a Dra. Maria Teresa Gomes Lopes, por oferecer um ambiente de pesquisa colaborativo e enriquecedor. Agradeço a todos os membros e amigos do laboratório, especialmente às pós-doutoras Jennifer Tomaz e Carol Bezerra, que, junto com a professora, me auxiliaram de maneira significativa. Sua colaboração e suporte técnico foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho.

Agradeço de coração a todos os meus amigos, que sempre estiveram presentes para me apoiar na vida acadêmica, profissional e pessoal. A cada um deles, sou grato pelas palavras de encorajamento, pelo apoio prático e pelas risadas que aliviaram a tensão em momentos cruciais.

Por fim, agradeço a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão desta dissertação. Sejam colegas, professores, familiares ou amigos, cada gesto de apoio, por menor que tenha sido, teve um impacto significativo na realização deste trabalho. Este é um marco importante na minha vida e carreira, e não teria sido possível sem o auxílio e suporte de todos vocês.

RESUMO

A Floresta Amazônica desempenha um papel crucial no equilíbrio climático global e na provisão de serviços ecossistêmicos essenciais. No entanto, enfrenta sérias ameaças de desmatamento e mudanças climáticas que podem impactar sua biodiversidade, incluindo as espécies do gênero *Copaifera* spp., conhecidas pela produção de oleorresina. Este estudo utilizou técnicas avançadas de modelagem de distribuição potencial para analisar o nicho ecológico e a distribuição geográfica das espécies *Copaifera multijuga* Hayne e *Copaifera reticulata* Ducke na Amazônia brasileira. Foram empregadas 33 variáveis ambientais, abrangendo dados climáticos e de qualidade do solo, além de informações históricas de desmatamento do INPE e de uso do solo do projeto MapBiomas. O objetivo foi estimar a distribuição do nicho ecológico dessas espécies e avaliar o impacto das mudanças ambientais sobre elas. O processo de modelagem resultou em um modelo consensual, por meio de médias ponderadas, utilizando seis algoritmos, as quais apresentaram desempenhos satisfatórios, com índices acima de 0,9. Os resultados revelaram que *C. multijuga* e *C. reticulata* têm uma distribuição ampla na Amazônia, preferencialmente em áreas de clima quente e úmido. Contudo, os efeitos das mudanças climáticas representam uma ameaça significativa para seu nicho ecológico. Sob o cenário SSP585, as duas espécies podem perder áreas extensas na região amazônica brasileira, especialmente devido a variações extremas de temperatura e precipitação, impactando seus ciclos fenológicos, sobrevivência e crescimento. O estudo destacou que áreas protegidas, como Unidades de Conservação e Terras Indígenas, desempenham um papel crucial na proteção desses nichos, servindo como barreira eficaz contra o avanço do desmatamento. Portanto, esses resultados oferecem subsídios importantes para o aprimoramento de políticas públicas voltadas à conservação e uso sustentável das espécies de *Copaifera* spp.

Palavras-chave: Amazônia. Espécie florestal. Modelagem Ecológica.

ABSTRACT

The Amazon rainforest plays a crucial role in the global climate balance and in providing essential ecosystem services. However, it faces serious threats from deforestation and climate change that could impact its biodiversity, including species of the genus *Copaifera* spp. known for their production of oleoresin. This study used advanced potential distribution modelling techniques to analyse the ecological niche and geographical distribution of the *Copaifera multijuga* Hayne and *Copaifera reticulata* Ducke species in the Brazilian Amazon. 33 environmental variables were used, including climate and soil quality data, as well as historical deforestation information from INPE and land use information from the MapBiomas project. The aim was to estimate the distribution of the ecological niche of these species and assess the impact of environmental changes on them. The modelling process resulted in a consensus model, by means of weighted averages, using six algorithms, which performed satisfactorily, with indices above 0.9. The results revealed that *C. multijuga* and *C. reticulata* have a wide distribution in the Amazon, preferably in areas with a warm and humid climate. However, the effects of climate change pose a significant threat to their ecological niche. Under the SSP585 scenario, both species could lose extensive areas in the Brazilian Amazon region, especially due to extreme variations in temperature and precipitation, impacting their phenological cycles, survival and growth. The study highlighted those protected areas, such as Conservation Units and Indigenous Lands, play a crucial role in protecting these niches, serving as an effective barrier against the advance of deforestation. Therefore, these results provide important subsidies for improving public policies aimed at the conservation and sustainable use of *Copaifera* spp.

Key-words: Amazon. Forest species. Ecological modelling.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa da Amazônia brasileira. Fonte: Souza, 2024.....	27
Figura 2. Pontos de ocorrência da <i>C. multijuga</i> na Amazônia brasileira. Fonte: Souza, 2024.	33
Figura 3. Pontos de ocorrência da <i>C. reticulata</i> na Amazônia brasileira. Fonte: Souza, 2024.	34
Figura 4. Variação dos treze componentes principais (CP) que resultaram em aproximadamente 95% das variações. Fonte: Souza, 2024.....	35
Figura 5. Acumulado da variação dos 13 componentes principais (CP). Fonte: Souza, 2024.	35
Figura 6. Mapas de adequabilidade climática do nicho ecológico para o cenário atual para as espécies <i>C. multijuga</i> (A) e <i>C. reticulata</i> (B). Cor verde = Área de adequabilidade climática para o cenário atual; Cor vermelha: Área de improvável adequabilidade climática.	39
Figura 7. Mapa dos pontos de distribuição de espécies da copaíba segundo Martins-Da-Silva (2008).	41
Figura 8. Mapas de probabilidade de distribuição das espécies de <i>C. multijuga</i> (A) e <i>C. reticulata</i> (B) na Amazônia brasileira. Fonte: Souza, 2024.	42
Figura 9. Mapa do acúmulo de desmatamento (Inpe) na Amazônia brasileira e a distribuição potencial do período base das espécies <i>C. multijuga</i> (A) e <i>C. reticulata</i> (B). Fonte: Souza, 2024.	43
Figura 10. Arco do Desflorestamento presente na Amazônia, Fonte: Dutenkefer <i>et al.</i> , 2020.	44
Figura 11. Mapa do uso e ocupação do solo das espécies de <i>C. multijuga</i> (A) e <i>C. reticulata</i> (B) pela coleção 8 do Mapbiomas. Fonte: Souza, 2024.....	45
Figura 12. Terras Indígenas e Unidades de Conservação presentes na Amazônia brasileira. Fonte: Souza, 2024.	48
Figura 13. Mapas das Unidades de Conservação presente na área de distribuição atual das espécies <i>C. multijuga</i> (A) e <i>C. reticulata</i> (B). Fonte: Souza, 2024.....	49
Figura 14. Mapas das Terras Indígenas presentes na área de distribuição atual das espécies <i>C. multijuga</i> (A) e <i>C. reticulata</i> (B). Fonte: Souza, 2024.....	50
Figura 15. Mapa das áreas protegidas presentes na distribuição atual das espécies <i>C. multijuga</i> (A) e <i>C. reticulata</i> (B) com imagem base o uso e ocupação do solo do MapBiomas. Fonte: Souza, 2024.	52

Figura 16. Mapa de adequabilidade climática da <i>C. reticulata</i> nos cenários SSP 245 e SSP 585 nos anos 2041-2060, 2061-2080 e 2081-2100. Fonte: Souza, 2024.....	55
Figura 17. Mapa de adequabilidade climática da <i>C. multijuga</i> nos cenários SSP 245 e SSP 585 nos anos 2041-2060, 2061-2080 e 2081-2100. Fonte: Souza, 2024.....	57
Figura 18. Gráfico de área (km ²) do nicho ecológico e suas projeções para as próximas décadas em dois cenários de mudança do clima (SSP245 e SSP585). Fonte: Souza, 2024.	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Variáveis bioclimáticas (Bioc) selecionadas para uso na modelagem da predição de ocorrência da espécie de <i>Copaifera multijuga</i> Hayne e <i>Copaifera reticulata</i> Ducke com o código e sua correspondente variável.	28
Tabela 2. Variáveis de qualidade do solo.	29
Tabela 3. Validação dos algoritmos utilizados na modelagem.....	37
Tabela 4. Área em quilômetros quadrados da distribuição potencial do período atual das espécies do estudo nos estados da Amazônia brasileira.....	40
Tabela 5. Uso e ocupação do solo da distribuição atual da <i>C. multijuga</i> pelo sistema do MapBiomas.....	46
Tabela 6. Uso e ocupação do solo da distribuição atual da <i>C. reticulata</i> pelo sistema do MapBiomas.....	46
Tabela 7. Área em km ² da projeção de distribuição geográfica de <i>C. reticulata</i> nos cenários SSP245 e SSP585 para os períodos avaliados 2041-2060, 2061-2080 e 2081-2100 em comparação com o de referência.	53
Tabela 8. Área em km ² da projeção de distribuição geográfica de <i>C. multijuga</i> nos cenários SSP245 e SSP585 para os três períodos avaliados em comparação com o de referência.	55

LISTA DE APÊNDICES

Apêndice 1. Resultado completo da Análise de Componentes Principais das variáveis preditores.	74
Apêndice 2. Unidades de Conservação presente na área de distribuição potencial do período atual da <i>C. reticulata</i>	76
Apêndice 3. Unidades de Conservação presente na área de distribuição potencial do período atual da <i>C. multijuga</i>	86

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	16
2.1 Objetivo Geral.....	16
2.2 Objetivos específicos	16
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
3.1 Gênero <i>Copaifera</i> L.	17
3.1.1 <i>Copaifera multijuga</i> Hayne.....	17
3.1.2 <i>Copaifera reticulata</i> Ducke.....	18
3.1.3 Classificação botânica e características do gênero.....	19
3.1.4 Distribuição geográfica e habitat	20
3.1.5 Uso e importância das espécies.....	21
3.2 Mudança climática e o efeito na redução da cobertura vegetal	22
3.3 Nicho Ecológico.....	22
3.3.1 Modelagem ecológica e aplicação em espécies florestais.....	23
3.3.2 Metodologias para o estudo de modelagem ecológica em espécies florestais.....	24
3.4 Desflorestamento e o efeito na redução da cobertura florestal	25
4 MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1 Área de estudo.....	27
4.2 Obtenção dos pontos de ocorrência e limpeza dos dados	27
4.3 Variáveis independentes.....	28
4.3.1 Variáveis Bioclimáticas	28
4.3.2 Variáveis de qualidade do solo	29
4.3.3 Controle de Colinearidade das Variáveis Preditoras.....	30
4.4 Elaboração do Modelo Prognóstico para o Contexto Atual e Futuro	30
4.4.1 Desenvolvimento de um Modelo Consenso para Previsão da Distribuição Geográfica Utilizando seis Algoritmos Distintos.....	31

4.4.2 Validação dos Modelos.....	31
4.5 Representação presente das zonas de adequação climática nas Áreas de Florestas Públicas da Amazônia brasileira.....	31
4.6 Alteração de área de ocorrência das espécies ocasionadas pelas ações antrópicas	32
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
5.1 Minimização de Erros e Mitigação de Colinearidade em Dados de Ocorrência	33
5.2 Distribuição geográfica das espécies	33
5.2.1 <i>Copaifera multijuga</i> Hayne.....	33
5.2.2 <i>Copaifera reticulata</i> Ducke.....	34
5.3 Análise de multicolinearidade das variáveis independentes	35
5.4 Avaliação da qualidade dos modelos	36
5.5 Distribuição de nicho ecológico atual das espécies no modelo consenso.....	38
5.5.1 Desflorestamento acumulado e uso e cobertura da terra na distribuição das espécies ...	43
5.5.2 Áreas protegidas nas áreas de ocorrência potencial das espécies	47
5.6 Projeção de Nicho Ecológico das espécies	52
6 CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS	61
APÊNDICE	73

1. INTRODUÇÃO

A Floresta Amazônica desempenha um papel crucial como uma fonte rica e essencial de recursos naturais, conforme destacado nos relatórios da Organização Internacional de Madeiras Tropicais (OIMT) de 2020 a 2022. Estes recursos derivam da sua biodiversidade exuberante e da variada gama de ecossistemas presentes, resultando na oferta valiosa de serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação hidrográfica, a absorção de carbono da atmosfera e a regulação climática (Nogueira Junior *et al.*, 2022).

Os impactos significativos ocasionados pelas mudanças climáticas, são impulsionados pelo aumento dos gases de efeito estufa (IPCC, 2022). As florestas têm um papel crucial na atenuação desses efeitos, funcionando como sumidouros de carbono (IPCC, 2022). Contudo, diante dos cenários de mudanças climáticas, a redução da cobertura vegetal leva à perda de biodiversidade e amplia o risco de extinção de espécies à medida que os efeitos se agravam (Sohngen, 2020). Dessa forma, a gestão de ecossistemas, bem como a conservação da biodiversidade tornam-se desafiadoras devido as alterações do clima e mudanças no uso da terra (Jactel *et al.*, 2019).

A progressão do desflorestamento na Floresta Amazônica é um fenômeno alarmante que reflete a intensificação das atividades humanas na região. As causas primárias desse desmatamento incluem a expansão da agricultura e pecuária, a exploração madeireira ilegal, a construção de infraestrutura como estradas e hidrelétricas, e a mineração. Essas atividades têm levado à remoção massiva de cobertura florestal, resultando em consequências ambientais significativas, como o aumento das emissões de gases de efeito estufa, que tem contribuído de maneira significativa para posicionar o Brasil entre os países com as maiores taxas de emissões de gases de efeito estufa e menor estoque de carbono (Padilla *et al.*, 2017; Wolff *et al.*, 2018).

Estes processos de desflorestamentos ocasionaram desequilíbrios socioambientais e uma insustentabilidade econômica e social (Rosário *et al.*, 2021). O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE registrou um total de 729.781,76 km² de áreas desmatadas até abril de 2023 no domínio fitogeográfico Amazônia e 838.624,29 km² na Amazônia Legal (Inpe, 2023). Dessa forma, o uso indiscriminado dos recursos naturais da Amazônia tem levado à vulnerabilidade de várias espécies florestais (Hernández-Ruíz *et al.*, 2016; Kearney *et al.*, 2010; Rossi *et al.*, 2016). Dentre elas, *Copaifera multijuga* Hayne e *Copaifera reticulata* Ducke, pertencentes à família das Fabaceae, de relevante importância socioeconômica nos mercados nacional e internacional, devido à produção de oleorresina que apresentam (Pieri *et al.*, 2009).. A exploração sustentável da oleorresina dessas espécies, considerada um Produto Florestal não

Madeireiro (PFNM), tornou-se uma maneira viável de gerar valor econômico e promover o uso sustentável da espécie, especialmente após a proibição da exploração de espécies do gênero *Copaifera* sp. no estado do Amazonas pelo Decreto nº 25.044 de 2005 (Pieri *et al.*, 2009). E para formular estratégias de uso e conservação desses recursos florestais, estudos de modelagem que antecipam a distribuição potencial de espécies florestais têm sido amplamente empregados na literatura, dentre eles, aqueles que se baseiam em conceitos fundamentais da ecologia, como o nicho ecológico (Chagas *et al.*, 2019; Sales *et al.*, 2020; Sciamarelli, 2020; Silva, 2020).

O nicho ecológico de uma espécie refere-se ao papel que essa espécie desempenha em seu ecossistema, incluindo seus hábitos alimentares, comportamento, habitat, e interações com outras espécies (Grinnell, 1917; Peterson *et al.*, 2011). E a sua compreensão é essencial para a biologia da conservação, pois permite identificar as condições ambientais necessárias para a sobrevivência e reprodução das espécies. Além disso, ajudam a prever como as espécies podem responder às mudanças ambientais, como alterações climáticas e degradação de habitats (Peterson *et al.*, 2011). Dessa forma, a modelagem de nicho ecológico não só facilita a previsão de impactos negativos sobre as espécies florestais vulneráveis da Amazônia, mas também orienta a criação de estratégias mais eficazes para sua conservação e manejo sustentável.

Diante do exposto este trabalho teve como objetivo, modelar a distribuição potencial de *Copaifera* spp., e formular estratégias para a conservação e o uso sustentável das espécies *Copaifera multijuga* Hayne e *Copaifera reticulata* Ducke na Amazônia brasileira. A fim de implementar medidas apropriadas de manejo, contribuindo para a conservação das espécies e promovendo seu uso sustentável em benefício da sociedade.

2. OBJETIVOS

1.1 Objetivo Geral

Estimar o nicho ecológico potencial das espécies *Copaifera multijuga* Hayne e *Copaifera reticulata* Ducke na Amazônia brasileira, com o propósito de fornecer embasamento científico para a formulação de políticas públicas voltadas à conservação de seus recursos genéticos.

1.2 Objetivos específicos

- Analisar os impactos da mudança climática nas áreas de distribuição de duas espécies *Copaifera* spp.
- Avaliar o efeito do desflorestamento e do uso e ocupação do solo na distribuição de nicho das duas espécies.
- Modelar a distribuição potencial das populações de *Copaifera multijuga* Hayne e *Copaifera reticulata* Ducke sob diferentes cenários climáticos.
- Propor estratégias de conservação baseadas nos resultados da modelagem para reduzir a vulnerabilidade e o risco de extinção das populações.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.

1.3 Gênero *Copaifera* L.

Copaifera L. tem uma distribuição Pantropical, em várias partes das Américas do Sul e Central, África Ocidental e possivelmente na Ilha de Borneo, na Ásia. Pertence à família Fabaceae, subfamília *Caesalpinoideae* e atualmente possui 38 espécies e 12 variedades registradas (Lewis *et al.*, 2005; Costa, 2007).

As espécies de *Copaifera* são conhecidas no Brasil como "copaíbas ou copaibeiras", "pau d'óleo", "árvore milagrosa" e "árvore de óleo diesel". No país, existem 28 espécies registradas, sendo que 22 são endêmicas, mais comuns nos domínios fitogeográficos da Amazônia, Cerrado e Mata Atlântica (Veiga Júnior; Pinto, 2002; Costa; Queiroz, 2007; Martins-Da-Silva *et al.*, 2008).

Na Amazônia Brasileira, há 11 espécies e duas variedades de *Copaifera* spp. Acredita-se que o nome "*Copaifera*" tenha origem na língua tupi "kupa'iwa", que significa "árvore de depósito ou com jazida", referindo-se ao exsudato que guardam em seu interior. Esse exsudato, conhecido como "óleo de copaíba ou milagroso", é um "oleorresina" com propriedades biológicas amplamente descritas na literatura (Ferreira, 2001; Veiga Júnior; Pinto, 2002). Ademais, no estado do Amazonas é proibido o corte, transporte e comercialização das espécies *Copaifera trapezifolia* Hayne, *Copaifera reticulata* e *Copaifera multijuga* segundo o Decreto estadual nº 25.044 de 2005.

1.3.1 *Copaifera multijuga* Hayne

A espécie arbórea *Copaifera multijuga* Hayne apresenta grande porte, com altura média de 36 m e diâmetro à altura do peito (DAP) de 80 cm (Loureiro e Silva, 1968). O fuste possui formato cônico (73%) e ritidoma cinza e cinza-avermelhado, com estrias estreitas verticais superficiais. A casca viva é vermelha, com cerca de 1 cm de espessura (Loureiro; Silva, 1968; Martins da Silva *et al.*, 2006). A extração de óleo viscoso, de sabor amargo, é realizada a partir do lenho da árvore. As folhas compostas, alternas e paripinadas, possuem de 6 a 10 pares de folíolos alternos, coriáceos, oblongos-lanceolados e assimétricos, com base arredondada e ápice estreito-acuminado (Loureiro; Silva, 1968; Martins da Silva *et al.*, 2006).

As inflorescências, por sua vez, apresentam de 5 a 12 cm de comprimento, com raque pubescente, 8 a 12 racemos de segunda ordem e 8 a 13 flores por racemo. As flores são brancas, monoperiantadas, sésseis e possuem cálice vermelho-ferrugíneo. Já os frutos, do tipo cápsula,

tornam-se vermelhos quando maduros, e suas sementes são oblongo-globosas. A polinização é realizada principalmente por abelhas (Loureiro; Silva, 1968; Martins da Silva *et al.*, 2006).

Quanto à germinação da semente, a espécie apresenta tipo fânero-cotiledônea, com rompimento da semente próximo ao hilo, e os cotilédones são epígeos. A emergência é reta, com rápido desenvolvimento do sistema radicular, e as plântulas apresentam tonalidades rosadas que logo tornam-se esverdeadas (Loureiro; Silva, 1968; Martins Da Silva *et al.*, 2006)

1.3.2 *Copaifera reticulata* Ducke

Copaifera reticulata Ducke é uma espécie que se encontra exclusivamente no Brasil, endêmica da região da Amazônica. Ela foi descoberta em grande quantidade na parte oriental da Amazônia Brasileira, sendo rara na região ocidental e totalmente ausente no nordeste do país. Essa espécie é amplamente encontrada no estado do Pará, e pode ser encontrada em áreas mais restritas no sudoeste do Amapá, sudeste de Roraima e norte de Mato Grosso. E geralmente ocorre em áreas de mata de terra firme (Martins da Silva *et al.*, 2008).

A espécie *C. reticulata* é uma árvore que pode atingir entre 15 e 60 metros de altura e possui um diâmetro à altura do peito (DAP) que varia de 16 a 98 centímetros. Pode apresentar pequenas elevações na casca, com uma textura estriada de tonalidade cinza-rosada. Suas folhas possuem de 4 a 6 pares de folíolos, com pecíolo e raque que podem ser pubescentes ou tornar-se glabros com o tempo. Os pecíolos têm comprimento de 0,6 a 2,0 centímetros, enquanto a raque varia entre 6,0 e 12,3 centímetros. Os folíolos são alternados ou ocasionalmente opostos, possuindo uma textura cartácea, raramente coriácea. São geralmente oblongos ou ovado elípticos, curvados ou levemente curvados para baixo, assimétricos, com base obtusa quase equilateral, às vezes cuneada, e ponta pontiaguda. Os folíolos distais medem de 3,3 a 6,2 centímetros de comprimento por 1,1 a 2,5 centímetros de largura, os proximais variam de 2,0 a 4,4 centímetros por 1,7 a 2,7 centímetros, e os medianos medem de 2,9 a 6,1 centímetros por 1,1 a 2,3 centímetros. Ambas as faces dos folíolos são lisas, enquanto as margens são retas. A nervura central é proeminente em ambas as faces, podendo ser pubescente ou tornar-se glabros com o tempo. A venação é esparsa, com uma média de 9,3 aréolas por milímetro quadrado, sendo mais notável na face superior da folha. Além disso, a árvore pode apresentar pequenas pontuações translúcidas. Os peciólulos medem de 0,2 a 0,8 centímetros de comprimento e podem ser pubescentes ou glabros com o tempo (Coradin *et al.*, 2022).

A *C. reticulata* floresce de janeiro a março, enquanto a frutificação acontece entre março e outubro. As sementes de copaíba germinam rapidamente e, devido ao fato de caírem ao solo próximo à árvore, surgem numerosas plântulas alguns meses após a frutificação. Essas sementes

são altamente valorizadas por diversos animais, como tatus, jabutis, cutias e pacas. A dispersão das sementes segue o padrão barocórico, influenciada principalmente pela força da gravidade (referência). Além disso, as aves desempenham um papel crucial na dispersão, transportando as sementes para distâncias consideráveis, como observado por Rigamonte-Azevedo *et al.* (2004).

1.3.3 Classificação botânica e características do gênero

A nomenclatura botânica geralmente segue os nomes mais antigos atribuídos às plantas. No entanto, em alguns casos, são feitas exceções em relação aos nomes atualmente em uso. Um exemplo disso são as leguminosas, cujo nome mais antigo é Faba, mas na nomenclatura botânica, Fabaceae Lindley é substituído por Leguminosae Juss. A classificação mais recente divide a família Leguminosae em três subfamílias: Caesalpinoideae, Mimosoideae e Papilionoideae (ou Faboideae). De acordo com essa classificação, que segue o sistema de Engler, o gênero *Copaifera* L. pertence à família Leguminosae Juss., subfamília Caesalpinoideae Kunth. De acordo com outro sistema de classificação, o de Cronquist, o gênero *Copaifera* L. pertence à família Caesalpiniaceae R.Br. Alguns livros também classificam o gênero simplesmente como Fabaceae (Harborne *et al.*, 1971; Lewis; Elvin-Lewis, 1977).

As copaibeiras são árvores de crescimento lento que podem atingir alturas entre 25 e 40 metros e viver aproximadamente 400 anos. Seu tronco é áspero e escuro, variando de 0,4 a 4 metros de diâmetro. As folhas são alternadas, possuem pecíolos e são penuladas. Os frutos contêm uma semente ovóide envolta por um arilo colorido e abundante, enquanto as flores são pequenas, apétalas, hermafroditas e organizadas em panículas axilares (Alencar, 1982).

Em plantios, as copaíbas começam a florescer e frutificar a partir dos 5 anos de idade. A floração ocorre de outubro a julho, e a frutificação vai de junho a outubro, embora haja variações dependendo da região e do clima, podendo haver ausência de flores em algumas regiões anualmente (Carvalho, 1994; Santos, 1979).

Algumas espécies de copaíba, como a *Copaifera langsdorfii*, são polinizadas durante o dia, das 8:00 às 16:00 horas, com a contribuição significativa de *Trigona* sp e *Apis mellifera*. Grãos de pólen da *Copaifera* foram encontrados em amostras de mel do estado do Ceará (Barth, 1971).

Durante o período de frutificação, as copaíbas são visitadas por aves diurnas, como o tucanuçu (*Ramphastos toco*), a galha-do-campo (*Cyanocorax cristatellus*) e o sabiá, que consomem o arilo e depois regurgitam as sementes (Referência). Durante a noite, diversas

espécies de mamíferos, como os macacos mono-carvoeiros (*Cebus apella nigrinus*) (Di Biretti *et al.*, 2000), observados no Parque Nacional de Iguazu, na Argentina, utilizam as copas das árvores como local de descanso noturno. Além disso, pequenos roedores são atraídos pelos frutos de copaíba devido ao aroma de cumarina presente nas sementes maduras. Por último, os povos indígenas na região norte do país aproveitam as copaíbas como pontos estratégicos de espera durante a caça, pois os roedores atraídos pelo aroma são uma fonte de alimento (Di Biretti *et al.*, 2000).

1.3.4 Distribuição geográfica e habitat

De acordo com a última edição do Index Kewensis, o gênero *Copaifera* abriga 72 espécies, das quais dezesseis são exclusivas do Brasil (DUCK, 1932). Comumente referidas como copaibeiras ou pau d'óleo, essas plantas são facilmente encontradas nas regiões Amazônica e Centro-Oeste do Brasil. Entre as espécies mais abundantes estão: *C. officinalis* L. (norte do Amazonas, Roraima, Colômbia, Venezuela e San Salvador), *C. guianensis* Desf. (Guianas), *C. reticulata* Ducke, *C. multijuga* Hayne (Amazônia), *C. confertiflora* Bth (Piauí), *C. langsdorffii* Desf. (Brasil, Argentina e Paraguai), *C. coriacea* Mart. (Bahia) e *C. cearensis* Huber ex Ducke (Ceará) (Perrot, 1977).

No Brasil, a espécie *C. langsdorffii* Desf. é particularmente relevante devido à sua ampla distribuição em todo o território (da Amazônia a Santa Catarina, no Nordeste e centro-oeste) e por possuir quatro variedades distintas: *C. langsdorffii* var. *grandifolia*, *grandiflora*, *laxa* e *glabra* (Leite, 1993).

Na região que abrange Congo, Camarões, Guiné e Angola, na África Ocidental, foram descritas 19 espécies do gênero *Copaifera*. No entanto, algumas dessas espécies, como *C. convertifolia*, *C. Demeusii*, *C. Coleosperma* (Roux, 1953), *C. conjugata*, *C. hymenaeifolia*, *C. chodatiana* e *C. Fissicuspis* (Léonard, 1957), foram posteriormente sinonimizadas com outros gêneros da família Leguminosae, como *Guibourtia* (Dyer; Milne-Redhead, 1934), *Gorakia* e *Cynometra*. Nessa região, também são comuns os registros de âmbar, que são óleo-resinas fossilizadas originadas de espécies de *Copaifera* (Roux, 1953). Além disso, há uma referência de uma espécie encontrada na ilha de Bornéu, na Malásia, denominada *Copaifera palustris*, que apresenta características morfológicas similares às das espécies africanas e ao gênero *Pseudosindora* (Hou, 1994).

1.3.5 Uso e importância das espécies

Dentre as propriedades medicinais atribuídas à copaíba, a mais extensivamente pesquisada é a sua atividade anti-inflamatória, que é empregada no tratamento de enfermidades respiratórias e urinárias, bem como na atividade antitumoral (Veiga Junior; Pinto, 2002; Heck; Viana; Vicentini, 2012; Silva, 2014). Adicionalmente, outras aplicações medicinais do óleo de copaíba têm sido documentadas, como suas propriedades bactericidas, anti-helmínticas, analgésicas, trypanossomicidas, leishmanicidas, em infecções cutâneas e das mucosas, no tratamento do reumatismo e na proteção gástrica (Cascon; Gilbert, 2000; Maciel; Pinto; Veiga Junior, 2002; Rigamonte-Azevedo; Wadt, P.; Wadt, L., 2004; Pieri; Mussi; Moreira, 2009; Silva, D., 2014). O óleo de copaíba também é extensivamente utilizado na indústria cosmética como fixador de perfume e na fabricação de xampus/sabonetes, vernizes, tintas, papel e revelação de filmes fotográficos (Ferreira; Braz, 2001; Pieri; Mussi; Moreira, 2009).

Existem aproximadamente 16 espécies distintas de árvores do gênero *Copaifera* L. no Brasil, que são responsáveis pela produção do oleorresina. Este é extraído do tronco da árvore e, idealmente, deveria ser referido como oleorresina de copaíba, uma vez que se trata de um exsudato composto por ácidos resinosos e outros produtos, como os voláteis (Rodrigues *et al.*, 2014). O óleo de copaíba possui efeitos cientificamente comprovados, como ação diurética, laxante, antitética, cicatrizante, inibidora tumoral e anti-inflamatória. Pode ser utilizado por via oral e tópica, sendo que cada ação terapêutica do tratamento varia de acordo com as espécies de copaibeira das quais se extrai o oleorresina (Rodrigues; Souza, 2017). A parte sólida e não volátil da resina do oleorresina da copaíba é formada por diterpenos, que compõem de 55% a 60% da resina, e um óleo essencial composto por sesquiterpenos. Este pode ser dividido em sesquiterpenos oxigenados e hidrocarbonetos sesquiterpênicos, o que favorece sua utilização nas indústrias farmacêutica, cosmética e de perfumaria (Perfecto *et al.*, 2020).

Na região Amazônica, a adulteração do óleo de copaíba é uma prática comum, geralmente realizada através da adição de outros óleos vegetais ou minerais. Algumas características físico-químicas do óleo, como a viscosidade, a coloração e o índice de acidez, são empregadas como critério para determinar a autenticidade do óleo, no entanto, nem sempre são conclusivas. O óleo é frequentemente caracterizado como um líquido transparente ou opaco, com variação de coloração do incolor ao castanho-escuro (Rigamonte-Azevedo; Wadt, P.; Wadt, L., 2004; Medeiros; Vieira, 2006).

1.4 Mudança climática e o efeito na redução da cobertura vegetal

O clima da Terra está passando por mudanças significativas, principalmente devido ao aumento dos gases de efeito estufa produzidos por atividades humanas. Este consenso é baseado em evidências empíricas robustas e extensas pesquisas em diversas áreas da ciência do clima (IPCC, 2022). As mudanças climáticas têm impactos significativos na biosfera terrestre, afetando a saúde humana, a segurança alimentar e hídrica, a biodiversidade e muitos outros aspectos da vida na Terra (IPCC, 2022).

fsfsfsf

As mudanças climáticas incluem o aumento do CO₂, temperaturas mais quentes, secas mais severas e tempestades mais frequentes, que podem afetar diretamente a cobertura florestal (Jactel *et al.*, 2019). Diante desse cenário, as florestas têm desempenhado um papel crucial como sumidouro de carbono no último século, graças a técnicas de manejo e fertilização de carbono que compensaram grande parte das emissões decorrentes do desflorestamento e da conversão de terras para uso agrícola. A sociedade tem demonstrado uma clara intenção de manter as florestas em um papel igualmente importante no futuro, como forma de mitigar os efeitos das mudanças climáticas (Sohnngen, 2020).

A modificação no uso e na cobertura da terra desempenha um papel significativo no sistema climático, tanto em níveis regionais quanto globais (Mahmood *et al.*, 2013). A redução da cobertura vegetal afeta todos os domínios fitogeográficos do planeta e é um fator que contribui para a perda da biodiversidade (Bühne *et al.*, 2021). De acordo com Corrêa *et al.* (2017), essa redução é um fator importante e direto para as pressões que têm impactos negativos na biodiversidade, especialmente quando ecossistemas de grande valor de biodiversidade (como florestas tropicais e subtropicais e pastagens nativas) são transformados em plantações de biocombustíveis. Conforme os efeitos das mudanças climáticas e da redução da cobertura vegetal se intensificam e interagem nas próximas décadas, as ameaças à biodiversidade podem ser amplificadas, o que aumenta as taxas de declínio populacional e o risco de extinção (Payne *et al.*, 2016).

1.5 Nicho Ecológico

Elton (1927) acrescentou o nível trófico das espécies à ideia ainda em formação de nicho, que foi incrementada por Gause (1934) com a intensidade da competição entre espécies. Hutchinson (1957) implementou uma definição robusta que define o nicho como um espaço de hiper volume n-dimensional, onde cada dimensão consiste em intervalos com condições ambientais ou recursos necessários a uma espécie sobreviver e se reproduzir, tais como:

temperatura, umidade, salinidade, pH, recursos alimentares, locais para nidificação, intensidade luminosa, pressão predatória e densidade populacional.

O conceito de nicho fundamental permeia os intervalos compostos por condições ambientais necessárias para a ocorrência e perpetuação de uma espécie, onde a influência da interação biótica, competição e predação, não são considerados como fatores determinantes no estabelecimento populacional (Hutchinson, 1957).

O nicho ecológico é composto por quatro classes de fatores que determinam a área de ocorrência (Soberon; Peterson, 2005): i) os fatores abióticos, que incluem aspectos do clima, ambiente físico e condições edáficas que são fatores cruciais na imposição de limites fisiológicos de desenvolvimento e manutenção das espécies; ii) os fatores bióticos, que se referem ao conjunto de interações interespecíficas que podem afetar positiva ou negativamente a perpetuação e distribuição de um indivíduo; iii) as áreas acessíveis à dispersão, as quais são fundamentais para alcance de novos locais e são determinantes para evidenciar a distribuição real. A partir das características da paisagem e alcance da espécie, é possível distinguir áreas com potencial ocorrência; e iv) a capacidade evolutiva que está intimamente ligada à capacidade de adaptação em áreas com condições diferentes às adequadas para a espécie (Soberon; Peterson, 2005).

A ideia de nicho ecológico de Soberón e Peterson é fundamentada nas dimensões ecológicas. A partir da sobreposição dessas dimensões pode ser determinada a distribuição geográfica de uma espécie. A teoria é direcionada para interpretação dos modelos de distribuição e melhor entendimento sobre como algumas características das espécies podem afetar positiva ou negativamente a predição dos modelos (Soberon; Peterson, 2005).

1.5.1 Modelagem ecológica e aplicação em espécies florestais

A modelagem da distribuição potencial de espécies pode ser empregada para diversas finalidades e permite identificar áreas ideais para o plantio de espécies, detectar regiões com maior risco de invasão por espécies exóticas, prever a distribuição de espécies raras ou ameaçadas de extinção, selecionar a espécie mais adequada para a recuperação de áreas degradadas, priorizar áreas para a conservação, orientar pesquisas para detectar novas ou raras espécies e novos padrões de distribuição, e avaliar o impacto das mudanças climáticas globais na biodiversidade. Por meio dessas aplicações, a modelagem da distribuição de espécies pode fornecer orientação para a tomada de decisões e promover a conservação da biodiversidade a níveis locais e globais (Marco; Siqueira, 2009).

Os modelos de distribuição de espécies possuem a capacidade de prever a distribuição futura da vegetação sob diferentes cenários de mudanças climáticas, bem como avaliar a eficácia das Áreas Protegidas (Ferro *et al.*, 2014; Lemes *et al.*, 2014) e buscar novas populações de espécies ameaçadas (Kamino *et al.*, 2012; Cupertino-Eisenlohr *et al.*, 2017; Oliveira *et al.*, 2017). São ferramentas essenciais para a gestão e conservação da biodiversidade (Côté; Reynolds, 2002). E podem prever áreas para restauração, translocação ou reintroduções, assim como indicar as espécies mais adequadas para um determinado local (Araújo; Peterson, 2012). Com base na área de adequação, gestores de terras e formuladores de políticas podem estabelecer mecanismos para identificar áreas de alto risco de invasão, onde a localização de áreas para restauração deve ser priorizada (Allen; Bradley, 2016).

Os modelos de distribuição de espécies são modelos empíricos que empregam variáveis bioclimáticas e de qualidade do solo preditoras para estabelecer uma relação com a ocorrência de uma espécie. Esses modelos podem ser derivados estatisticamente ou teoricamente (Guisan; Thuiller, 2005) e são conhecidos por diferentes denominações, como modelagem de nicho ecológico, modelagem de nicho ambiental, modelagem de habitat, modelos de adequação ambiental e modelagem de envelope climático, dependendo dos objetivos e dos preditores utilizados (Hijmans; Elith, 2013).

1.5.2 Metodologias para o estudo de modelagem ecológica em espécies florestais

Os Modelos de Nicho Ecológico (ENMs), que têm uma correlação estreita com os Modelos de Distribuição de Espécies (SDM), são representações empíricas ou matemáticas do nicho ecológico de uma espécie, conforme descrito por Sillero *et al.* (2021). Os ENMs são métodos estatísticos ou superfícies de resposta derivadas teoricamente que associam dados fisiológicos ou de distribuição a variáveis ambientais, com o objetivo de descrever e/ou prever as distribuições das espécies (IPCC, 2014; Peterson *et al.*, 2011; Sillero, 2011; Guisan *et al.*, 2017; Sillero *et al.*, 2021). Os ENMs podem ser calculados utilizando software estatístico, sistemas de informação geográfica ou software com interface gráfica do usuário (GUI) dedicado (Phillips *et al.*, 2006, 2017).

Certos programas especializados oferecem soluções abrangentes para todas as fases do processo de modelagem. O ModEco (Guo; Liu, 2010) e o OpenModeller (Munõz *et al.*, 2009) são exemplos de programas independentes disponíveis para alguns sistemas operacionais, como o Microsoft Windows. O ModEco integra diversas ferramentas de modelagem em uma estrutura GIS, incluindo algoritmos como *Support Vector Machines*, *Bioclim*, *Domain*, *Generalized Linear Model*, *Maximum Likelihood Classification*, *Artificial Neural Network*, *Rough Set*,

Maximum Entropy, Classification Trees, Ensemble Model, além de funcionalidades para gerenciamento e visualização de dados, análise de recursos, treinamento e previsão de modelos, bem como avaliação de precisão (Guo; Liu, 2010). Já o OpenModeller oferece ferramentas para amostragem de pontos, modelagem, avaliação e projeção de modelos em diferentes cenários ambientais. Além disso, diversos algoritmos estão disponíveis como plugins, tais como *Bioclim, Domain, Mahalanobis Distance, GARP, Maxent, ENFA e Support Vector Machines* (Munõz *et al.*, 2009).

O Maxent é um software Java que implementa o algoritmo de Entropia Máxima (Phillips *et al.*, 2017), enquanto o Biomapper é o software que executa o ENFA (Hirzel *et al.*, 2002). O Wallace (Kass *et al.*, 2018) é uma plataforma modular Shiny que orienta o usuário por todo o processo de modelagem, tornando transparentes as escolhas de parâmetros, desde a coleta de dados até a representação das previsões dos modelos em um mapa interativo. O ShinyBiomod (Ondo *et al.*, 2019) é outro aplicativo Shiny fácil de usar que utiliza o pacote de modelagem R biomod2 (Thuiller *et al.*, 2009). Alguns aplicativos são desenvolvidos como plugins para outros programas, como o SDMtoolbox, uma caixa de ferramentas baseada em Python para ArcGIS que inclui funções para tarefas de pré e pós-processamento na modelagem (Brown, 2014; Brown *et al.*, 2017), ou o Maxent Model, um plugin QGIS para pré-processar dados de entrada no Maxent. É importante observar que o Maxent, o Wallace, o SDMTToolBox e o ShinyBiomod são regularmente atualizados para oferecer funcionalidades aprimoradas.

ENMs podem ser calculados utilizando linguagens de programação como Python e R. Python é uma linguagem de programação interpretada de alto nível e amplamente utilizada. Ela suporta diversos paradigmas, incluindo programação estruturada, orientada a objetos e funcional. Por sua vez, R é uma linguagem de programação destinada à computação estatística, com recursos gráficos integrados. R é amplamente adotado por cientistas de dados e estatísticos para análise de dados e desenvolvimento de software estatístico. Ambos Python e R são softwares gratuitos e de código aberto (FOSS), o que permite aos usuários criarem pacotes que ampliam ou complementam as funcionalidades existentes.

1.6 Desflorestamento e o efeito na redução da cobertura florestal

Na Amazônia, o aumento de temperatura e a seca decorrentes do desflorestamento resultam em uma perda adicional de $5,1 \pm 3,7\%$ de biomassa acima do solo (Li *et al.*, 2022). As florestas tropicais representam reservatórios significativos de carbono, armazenando mais de 200 Petagramas (Pg) de carbono em biomassa viva acima do solo (Saatchi *et al.*, 2011; Baccini *et al.*, 2012; Santoro *et al.*, 2021.). Contudo, o aquecimento global cria uma preocupação

substancial, pois pode induzir um ciclo de retroalimentação positiva que resulta na perda de carbono nessas florestas. Este processo torna-se uma ameaça à estabilidade climática global (Cox *et al.*, 2013; Davidson *et al.*, 2012.).

Historicamente, a expansão da agricultura nas regiões tropicais tem sido uma das principais causas das perdas extensivas de florestas tropicais em diversos continentes (Ramankutty *et al.*, 1999; Pongratz *et al.*, 2008; Kaplan *et al.*, 2011). A taxa de desflorestamento nas florestas tropicais aumentou notavelmente na década de 1970 (Fearnside, 2005; Van Marle *et al.*, 2017), sendo a década de 1990 marcada por emissões recorde de carbono devido ao desflorestamento, estimadas entre 0,8 e 2,2 Pg C ano⁻¹ (Houghton; Nassikas, 2017; Houghton, 2005).

Desde os anos 2000, houve uma diminuição nas taxas de desflorestamento tropical, levando a uma redução geral no fluxo global de carbono resultante de mudanças no uso da terra, de 1,9 Pg C ano⁻¹ em 1997 para 1,0 Pg C ano⁻¹ durante 2010-2019 (Houghton; Nassikas, 2017; Friedlingstein *et al.*, 2020). Entretanto, algumas regiões de florestas tropicais, especialmente em áreas de foco específico (Xu *et al.*, 2021), continuam a perder carbono. Isso se deve, em grande parte, ao aumento dos impactos dos incêndios e outros fatores de degradação florestal (Branson *et al.*, 2020; Qin *et al.*, 2021).

Somando-se as emissões cumulativas de carbono decorrentes do desflorestamento tropical e outras alterações na cobertura da terra ao longo dos últimos séculos, essas quantidades equivalem ao atual estoque de carbono presente na vegetação acima do solo das florestas tropicais (Erb *et al.*, 2018).

5. MATERIAL E MÉTODOS

1.7 Área de estudo

Os dados de coordenadas a serem coletados foram restritos à Amazônia brasileira (Figura 1), devido à representatividade da biodiversidade local e à presença das espécies *Copaifera multijuga* Hayne e *Copaifera reticulata* Ducke na região.

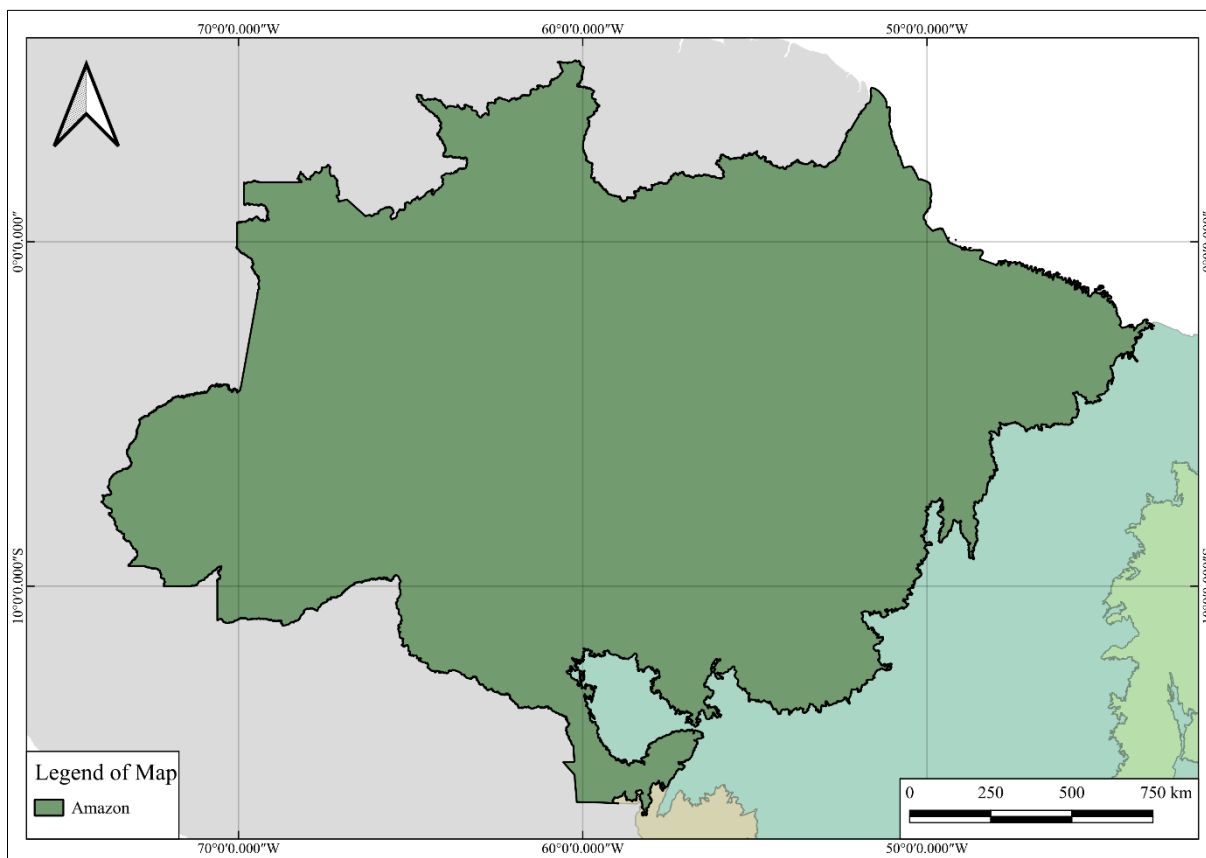


Figura 1. Mapa da Amazônia brasileira. Fonte: Souza, 2024.

1.8 Obtenção dos pontos de ocorrência e limpeza dos dados

Os dados virtuais dos herbários que fazem parte do sistema *SpeciesLink* (CRIA, 2023) e do Global Biodiversity Information Facility (GBIF, 2023) foram coletados no ano de 2023 no laboratório de melhoramento vegetal da Universidade Federal do Amazonas e empregados para modelar e criar camadas de distribuição das espécies estudadas na Amazônia, utilizando sistemas de informações geográficas.

Uma análise de consistência foi realizada, eliminando pontos duplicados, dados discrepantes (“outliers”) e ocorrências onde a presença das espécies é certamente impossível, como em desertos, semiáridos e oceanos, entre outros. Este processo de limpeza de coordenadas permite gerar um modelo consenso confiável e com dados precisos.

Para diminuir a autocorrelação nos dados de ocorrência das espécies, e evitar um possível viés de amostragem, foram excluídas ocorrências que estavam muito perto, localizadas em um raio de menos que 5 km de distância, conforme recomendado por Aiello-Lammens *et al* (2015) por meio do pacote spThin no *software* livre RStudio.

1.9 Variáveis independentes

1.9.1 Variáveis Bioclimáticas

Para a previsão da ocorrência de dados climáticos "atuais", foram empregados dados históricos de 1970-2000, obtidos do banco de dados *Worldclim - Global Climate Data*. Estes dados incluem 19 variáveis bioclimáticas, que abrangem valores mensais de temperatura e precipitação global, além de temperaturas mínimas e máximas e precipitação pluvial (Inpe, 2020) (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis bioclimáticas (Bioc) selecionadas para uso na modelagem da predição de ocorrência da espécie de *Copaifera multijuga* Hayne e *Copaifera reticulata* Ducke com o código e sua correspondente variável.

Código	Variável	Unidade de medida
Bio1	Temperatura média anual	°C
Bio2	Média mensal da variação diária da temperatura (temp. máxima - temp. mínima)	°C
Bio3	Isotermalidade (Bioc2/Bioc7) (* 100)	%
Bio4	Sazonalidade da temperatura (desvio padrão *100)	%
Bio5	Temperatura máxima no mês mais quente	°C
Bio6	Temperatura mínima no mês mais frio	°C
Bio7	Variação anual da temperatura (Bioc5-Bioc6)	°C
Bio8	Temperatura média no trimestre mais úmido	°C
Bio9	Temperatura média no trimestre mais seco	°C
Bio10	Temperatura média no trimestre mais quente	°C
Bio11	Temperatura média no trimestre mais frio	°C
Bio12	Precipitação pluvial acumulada no ano	mm
Bio13	Precipitação pluvial acumulada no mês mais úmido	mm
Bio14	Precipitação pluvial acumulada no mês mais seco	mm
Bio15	Sazonalidade da precipitação pluvial (coeficiente de variação)	mm
Bio16	Precipitação pluvial acumulada no trimestre mais úmido	mm
Bio17	Precipitação pluvial acumulada no trimestre mais seco	mm
Bio18	Precipitação pluvial acumulada no trimestre mais quente	mm
Bio19	Precipitação pluvial acumulada no trimestre mais frio	mm

Fonte: Ambdata - Variáveis Ambientais para Modelagem e Distribuição de Espécies, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE (2020).

As 19 variáveis ambientais possuem uma resolução espacial de 2,5 minutos. O cenário selecionado como referência para as projeções foi o modelo intermediário (SSP245), que prevê um aumento de temperatura médio de 2,7 °C até 2100, e o pessimista (SSP585), um aumento de temperatura médio de 4,4 °C até 2100, CNRMCM6-1 para os períodos de 2041-2060, 2061-2080 e 2081-2100.

1.9.2 Variáveis de qualidade do solo

As 14 variáveis para a caracterização das propriedades de qualidade do solo foram adquiridas a partir do banco de dados *SoilGrids*, proveniente do *International Soil Reference and Information Centre* (ISRIC – *World Soil Information*) (Isric, 2020). As principais variáveis disponíveis incluem: pH ($-\log_{10}[\text{H}^+]$), teor de carbono orgânico do solo (dg/m³), densidade aparente, teor de fragmentos grossos (cm³/dm³), teor de areia (g/kg), teor de silte (g/kg), teor de argila (g/kg), capacidade de troca catiônica (mmol(c)/kg), nitrogênio total (cg/kg), densidade de carbono orgânico do solo (hg/m³), estoque de carbono orgânico (t/ha) e probabilidade prevista de ocorrência do horizonte (ISRIC, 2020) Tabela 2)

Tabela 2. Variáveis de qualidade do solo.

Código	Variável	Unidade de medida
Slope	Declividade	m
Elevation	Elevação	m
bdod	Densidade aparente	cg/cm ³
cec	Capacidade de troca catiônica no ph 7	mmol(c)/kg
cfvo	Fragmentos grossos volumétricos	cm ³ /dm ³
clay	Argila	g/kg
nitrogen	Nitrogênio	cg/kg
ocd	Densidades de carbono orgânico	hg/m ³
ocs	Estoque de carbono orgânico do solo	t/ha
phh20	PH do solo em H2O	$-\log_{10}[\text{H}^+]$
sand	Areia	g/kg
silt	Silte	g/kg
soc	Conteúdo de carbono orgânico do solo	dg/kg
wrb	Classes e probabilidades "World Reference Base"	-

Fonte: International Soil Reference and Information Centre, 2020; EarthEnv, 2020.

As propriedades de qualidade do solo foram utilizadas em uma profundidade de 15-30cm. Com o intuito de proporcionar uma caracterização mais abrangente do nicho ambiental onde a espécie apresentará ocorrência comprovada, foram também incluídas as variáveis Elevação do Território e Declividade, disponíveis no banco de dados *EarthEnv*.

1.9.3 Controle de Colinearidade das Variáveis Preditoras

A seleção de variáveis ambientais significativas para a modelagem foi realizada por meio da Análise de Componentes Principais (PCA) para examinar as 33 variáveis escolhidas. E para simplificar o conjunto de dados e selecionar variáveis que representem a maior variabilidade da amostra, foram optados pelos eixos que mais contribuem na análise de componentes principais, os quais explicam pelo menos 95% da variabilidade total dos dados (Sánchez-Fernández; Lobo; Hernandez-Manrique, 2011). Assim, foi possível corrigir a multicolinearidade entre as variáveis preditoras originais, utilizar uma porcentagem maior da variação total das informações contidas no conjunto de dados e diminuir o número de variáveis usadas no modelo (Velazco *et al.*, 2017).

1.10 Elaboração do Modelo Prognóstico para o Contexto Atual e Futuro

Os mapas de distribuição para as espécies *Copaifera multijuga* Hayne e *Copaifera reticulata* Ducke foram elaborados para o período "atual", utilizando os dados históricos de 1970-2000, e para cenários futuros, teve-se como base as projeções do sexto relatório de avaliação do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (AR6/IPCC) (IPCC, 2021). Estas projeções levam em consideração cenários intermediários e mais pessimistas para as mudanças do clima.

Para as projeções futuras, foi empregado o modelo de circulação atmosférica CNRM-CM6-1, proveniente do CNRM-CERFACS (Centro Nacional de Pesquisas Meteorológicas e Centro Europeu de Pesquisa e Formação Avançada em Cálculo Científico). Este modelo considerou as décadas de 2041-2060, 2061-2080 e 2081-2100. Adicionalmente, foram considerados os diferentes cenários de aumento da temperatura atmosférica, SSP245 e SSP585.

A técnica de regressão linear múltipla foi empregada para a elaboração das camadas dos índices e indicadores climáticos. Esta técnica permitiu estabelecer uma relação entre as variáveis preditoras de latitude, longitude e modelo numérico do terreno (altitude). A regressão linear múltipla é uma ferramenta estatística poderosa que permite quantificar a relação entre várias variáveis preditoras e uma variável de resposta.

O programa estatístico R foi utilizado em conjunto com o pacote *Ecological Niche Models with TheMetaLand* (ENMTML) (Andrade *et al.*, 2020) para a implementação destes algoritmos. O pacote ENMTML é uma ferramenta robusta que facilita a modelagem de nicho ecológico e a modelagem de distribuição de espécies.

1.10.1 Desenvolvimento de um Modelo Consenso para Previsão da Distribuição Geográfica Utilizando seis Algoritmos Distintos

Para a previsão da distribuição geográfica, foi desenvolvido um modelo consenso a partir de seis algoritmos de modelagem distintos. Estes algoritmos incluem: *Support Vector Machine* - SVM, *Maximum Entropy Default* - MXD, *Bioclim* - BIO, *Random Forest* – RDF, *Generalized Linear Models* – GLM e *Bayesian Gaussian Process* - GAU.

Para o desenvolvimento do modelo consenso foi utilizada a metodologia de médias ponderadas que segundo Marmion *et al.* (2008) resultou em previsões significativamente mais robustas do que outros métodos de consenso. O método de consenso de média ponderada utiliza pré-avaliação do desempenho preditivo dos modelos únicos. Nesta abordagem, metade dos modelos únicos com maior precisão são selecionados primeiro e, em seguida, uma média ponderada é calculado com base na Área Sob a Curva (AUC) pré-avaliada dos modelos únicos.

Finalmente, foram gerados mapas binários (presença e ausência) para cada espécie. Estes mapas foram baseados no consenso dos modelos que apresentam boas métricas de avaliação. Além disso, foram considerados os valores máximos de sensibilidade e especificidade (MX_TSS). Estes mapas oferecem uma representação visual clara da distribuição geográfica prevista das espécies.

1.10.2 Validação dos Modelos

A avaliação do modelo foi conduzida por meio de seis métricas distintas: a Área sob a curva (AUC) (Fielding; Bell, 1997), Kappa (Cohen, 1960), *True Skill Statistic* (Allouche; Tsoar; Kadmon, 2006), Jaccard (Leroy *et al.*, 2018), Sorensen (Leroy *et al.*, 2018), Fpb (Li; Guo, 2013).

É importante salientar que, em teoria, um resultado de 1,0 indica uma discriminação perfeita, enquanto valores inferiores a 0,5 sugerem um desempenho insatisfatório da modelagem. Com base nessas análises, foi possível identificar áreas de risco para a evolução das espécies e estabelecer prioridades para programas de conservação de populações naturais, levando em consideração o clima atual e das próximas décadas.

1.11 Representação presente das zonas de adequação climática nas Áreas de Florestas Públicas da Amazônia brasileira.

A representação atual das zonas de adequação climática nas Áreas de Florestas Públicas da Amazônia brasileira foi realizada através da obtenção e sobreposição de arquivos vetoriais fornecidos por várias instituições, incluindo o Serviço Florestal Brasileiro, Ministério do Meio

Ambiente, Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Fundação Nacional do Índio (FUNAI) e secretarias estaduais e municipais de meio ambiente. Esses arquivos foram combinados com as áreas de distribuição potencial das espécies *Copaifera multijuga* Hayne e *Copaifera reticulata* Ducke a serem estudadas, adquiridos dos herbários digitais.

Os dados foram avaliados no software livre QGIS, onde foram gerados novos arquivos vetoriais que confrontam os dados de florestas públicas e a ocorrência das espécies. Com a previsão de ocorrência das espécies, as florestas públicas presentes na área de distribuição da espécie foram avaliadas. Isso permitiu a sugestão de medidas necessárias para a conservação das espécies, com o objetivo de garantir a manutenção da diversidade dos seus recursos genéticos e reduzir o risco de extinção das espécies.

1.12 Alteração de área de ocorrência das espécies ocasionadas pelas ações antrópicas

A alteração da área de cobertura florestal que as espécies, seja por ganho ou perda, que ocorrerá nas próximas décadas devido às mudanças climáticas, foi calculada utilizando sistemas de informações geográficas. Isso foi feito por meio dos resultados gerados pela predição de ocorrência das espécies, comparando o período atual com os cenários futuros.

Essa análise permitiu a visualização das tendências de alterações na área de ocorrência da copaíba ao longo do tempo. Gráficos dessas tendências serão gerados para facilitar a interpretação dos dados e a identificação de padrões. Além disso, o arquivo vetorial do desflorestamento acumulado foi obtido do PRODES (Inpe). Este dado representa a área acumulada do desflorestamento por corte raso de 2008-2023 em toda a extensão da Amazônia. Com base nesses dados, foi elaborado um mapa comparativo das áreas de predição de ocorrência da espécie estudada em relação ao desflorestamento acumulado. Isso permitiu calcular as alterações na perda de área da espécie.

Para a análise de uso e cobertura do solo, foi utilizado o MapBiomas, um projeto de mapeamento anual que abrange todo o território brasileiro, conhecido como "Mapeamento Anual do Uso e Cobertura da Terra no Brasil" (MapBiomas, 2024). Este projeto fornece dados detalhados sobre a distribuição e a dinâmica das tipologias de cobertura e uso da terra no país. As informações obtidas pelo MapBiomas foram integradas ao *Google Earth Engine* (GEE) para a quantificação, em área, das diferentes tipologias presentes. Essa integração permitiu uma análise precisa e abrangente das mudanças na cobertura do solo, fornecendo uma base sólida para estudos ambientais, planejamento territorial e formulação de políticas públicas.

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.13 Minimização de Erros e Mitigação de Colinearidade em Dados de Ocorrência

A partir das bases de dados das coleções biológicas do CRIA e GBIF, foram identificados um total de 2.221 registros para ambas as espécies, sendo 1.203 para *Copaifera multijuga* Hayne e 1.018 para *Copaifera reticulata* Ducke. Após realizar a análise de consistência dos dados de presença, houve uma significativa redução no número de registros, resultando em 1.369 pontos válidos para serem utilizados na modelagem. Destes, 694 (51%) correspondem à espécie *C. multijuga* e 675 (49%) à espécie *C. reticulata*.

1.14 Distribuição geográfica das espécies

1.14.1 *Copaifera multijuga* Hayne

A espécie *C. multijuga* apresenta ampla distribuição na região amazônica (Figura 2), corroborando com os estudos anteriores de Loureiro; Silva (1968) e Martins-da-Silva (2008). A ocorrência da espécie foi identificada nos estados do Maranhão, Pará, Rondônia, Mato Grosso e Amazonas

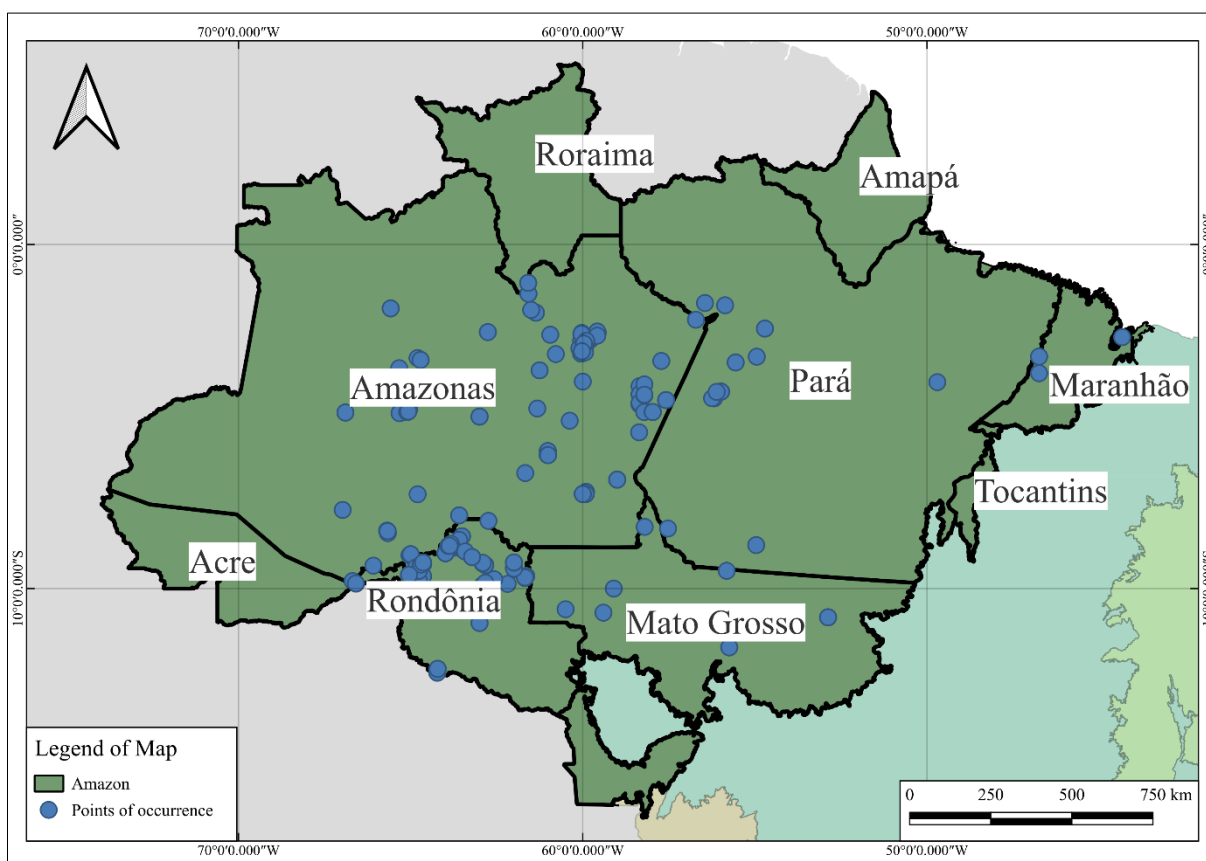


Figura 2. Pontos de ocorrência da *C. multijuga* na Amazônia brasileira. Fonte: Souza, 2024.

A presença da *C. multijuga* em diferentes tipos de solo, tanto argiloso quanto arenoso, e em diferentes habitats, como matas de terra-firme, várzea e campinarana, foi confirmada em diversos estudos (Alencar, 1982; Martins-da-Silva *et al.*, 2008). Esses achados reforçam a adaptabilidade da *C. multijuga* a diferentes condições ambientais e sua ampla distribuição na região Amazônica.

1.14.2 *Copaifera reticulata* Ducke

As informações iniciais confirmam a ampla presença da espécie *C. reticulata* na região amazônica (Figura 3), alinhando-se com os estudos prévios de Loureiro e Silva (1968) e Martins-da-Silva (2008). Esta espécie apresenta uma vasta distribuição no Brasil, especialmente na Amazônia brasileira. *C. reticulata* é amplamente encontrada na parte oriental da Amazônia, embora seja rara no lado ocidental. Sua distribuição inclui vastas áreas do Pará, além de regiões no sudoeste do Amapá, sudeste de Roraima e norte de Mato Grosso, habitando predominantemente a floresta de terra firme. Essas descobertas destacam a capacidade de adaptação da espécie a diferentes condições edáficas.

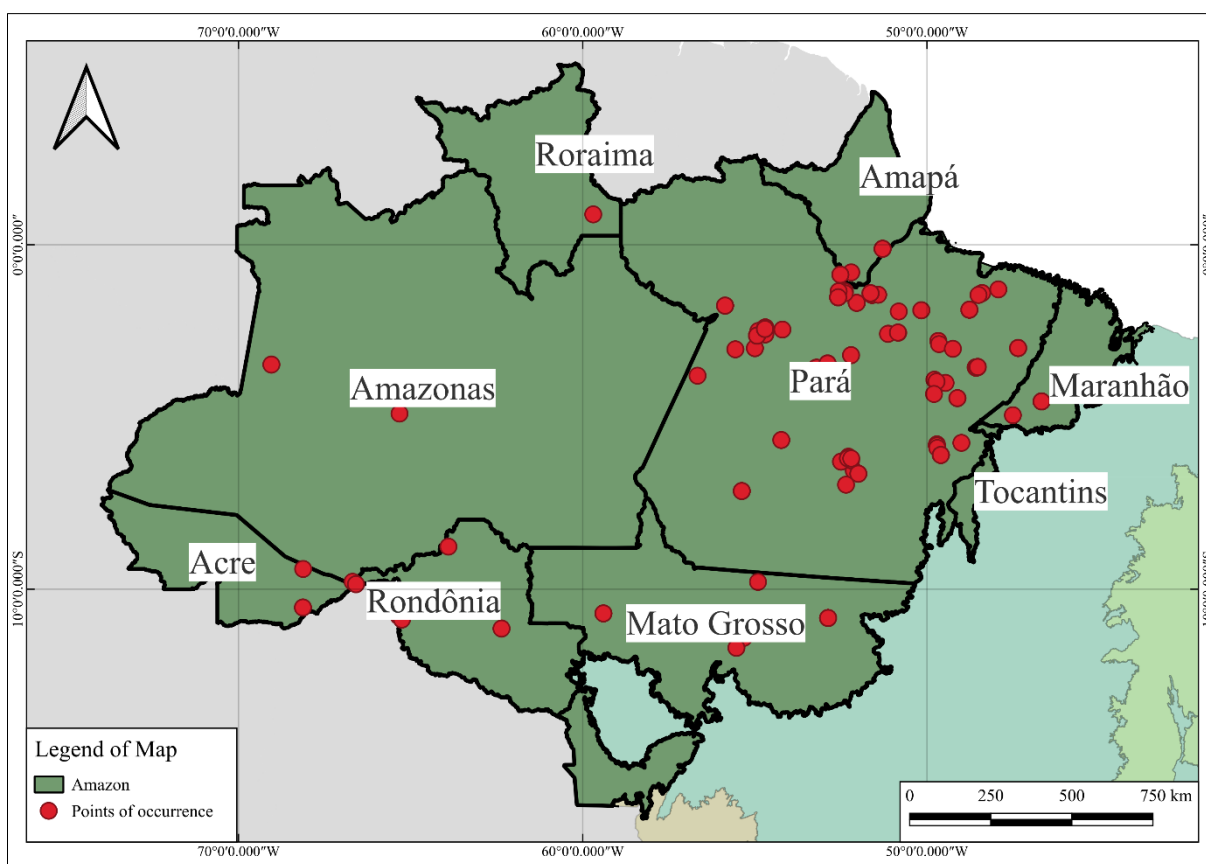


Figura 3. Pontos de ocorrência da *C. reticulata* na Amazônia brasileira. Fonte: Souza, 2024.

1.15 Análise de multicolinearidade das variáveis independentes

O resultado da análise de componentes principais (CP), derivou 33 componentes dos quais apenas 13 CP's foram utilizados no processamento do modelo de nicho ecológico das espécies (Apêndice 1). A somatória compreendeu 95,85% do total da variabilidade do banco de dados (Figura 4).

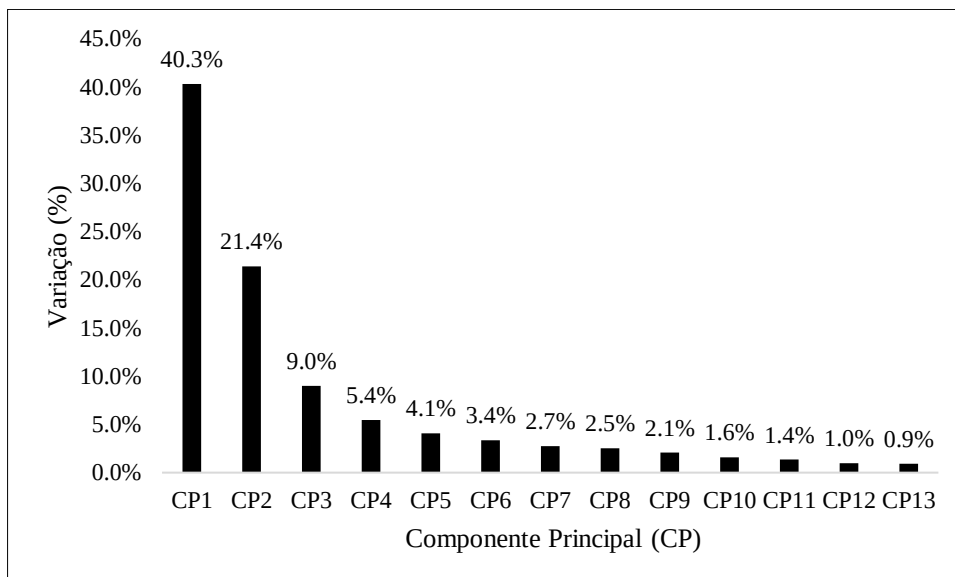


Figura 4. Variação dos treze componentes principais (CP) que resultaram em aproximadamente 95% das variações. Fonte: Souza, 2024.

Os eixos que melhor explicaram a variação foram observados no primeiro ao terceiro componentes principal, explicando 70,73% da variabilidade total do banco de dados (Figura 5).

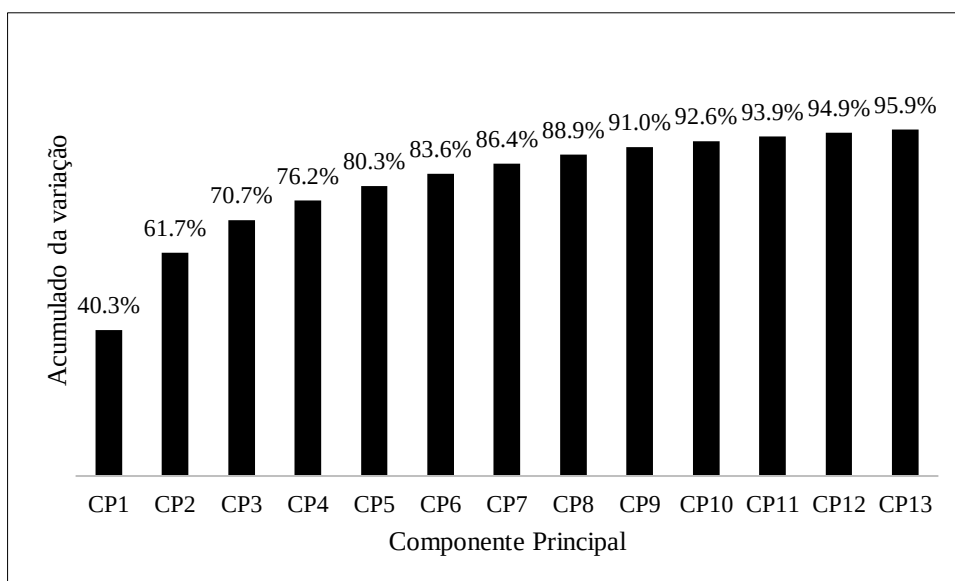


Figura 5. Acumulado da variação dos 13 componentes principais (CP). Fonte: Souza, 2024.

A variável mais importante, ou seja, com maior autovetor, no primeiro componente foi a temperatura mínima no mês mais frio (Bio 06), com um autovetor de 0,263. A temperatura atmosférica é um componente crucial para o crescimento das espécies florestais, atuando como um regulador nas reações de fotossíntese, respiração e fotorrespiração (Freitas *et al.*, 2019). Também desempenha um papel significativo na regulação das atividades enzimáticas e influencia a taxa de transporte e translocação de solutos, assim como mantém o equilíbrio entre a transpiração das plantas e a absorção de água pelo solo (Freitas *et al.*, 2019).

No segundo componente, o estoque de carbono orgânico do solo de 15 a 30 cm (ocs 30) foi a variável com maior autovetor, com um valor de 0,324. O armazenamento de carbono no solo é particularmente relevante na Amazônia, que é um importante domínio fitogeográfico e retém uma quantidade substancial de carbono no solo (Barros; Fearnside, 2016). Em um cenário de aquecimento global, a interação entre temperatura e estoque de carbono torna-se crucial, pois essas florestas podem desempenhar um papel estratégico na regulação climática (Fearnside, 1997). Assim, enquanto a temperatura influencia diretamente os processos fisiológicos das plantas, o carbono armazenado no solo contribui para a mitigação das mudanças climáticas, ressaltando a importância de ambos na dinâmica da floresta amazônica.

No terceiro vetor, a sazonalidade de precipitação pluvial (Bio 15) destacou-se como a variável com maior autovetor, com um valor de 0,353. A sazonalidade das chuvas também tem um impacto significativo no desenvolvimento das espécies florestais. Períodos de seca têm sido associados ao aumento da mortalidade e à diminuição do crescimento das árvores em florestas tropicais, provavelmente devido à redução da disponibilidade de água e nutrientes (Palomo-Kumul *et al.*, 2021). Paralelamente, à medida que o clima aquece, espera-se que a precipitação média tropical aumente (Allan *et al.*, 2010; Tan *et al.*, 2015), e as variações espaciais nas mudanças de precipitação tropical são impulsionadas principalmente pelo padrão de mudanças na temperatura da superfície do mar (He *et al.*, 2024). Portanto, a sazonalidade das chuvas, em conjunto com a temperatura e o estoque de carbono, desempenha um papel fundamental na ecologia da Amazônia, afetando diretamente a saúde e a sustentabilidade das florestas tropicais.

1.16 Avaliação da qualidade dos modelos

A validação dos seis algoritmos empregados para a modelagem de nicho ecológico de cada espécie foi realizada utilizando os seguintes índices de avaliação: Área sob a curva (AUC) (Fielding; Bell, 1997), Kappa (Cohen, 1960), *True Skill Statistic* (Allouche; Tsoar; Kadmon, 2006), Jaccard (Leroy *et al.*, 2018), Sorensen (Leroy *et al.*, 2018), Fpb (Li; Guo, 2013).

O processamento da modelagem foi executado no *software* R (versão 4.3.1), utilizando o pacote ENMTML (*Ecological Niche Models with TheMetaLand*) (Andrade *et al.*, 2020) para a criação dos modelos de nicho ecológico.

De acordo com a avaliação dos modelos matemáticos aplicados a *Copaifera multijuga* Hayne e *Copaifera reticulata* Ducke, todos os modelos testados produziram valores de AUC (Área Sob a Curva) superiores a 0,9, indicando um alto grau de precisão e discriminação (Lobo *et al.*, 2008). Esse resultado reflete a eficácia dos modelos em prever a presença dessas espécies com alta confiabilidade.

Especificamente, o modelo BIO apresentou um valor de AUC de 0,916, destacando-se como um modelo robusto e eficaz na previsão da distribuição de *C. multijuga*. Por outro lado, o modelo RDF alcançou o valor mais alto de AUC, com 0,975 para *C. multijuga*, demonstrando uma precisão ainda maior e uma capacidade excelente de discriminação.

Para *C. reticulata*, os resultados foram igualmente impressionantes. O modelo RDF obteve um AUC de 0,98, enquanto o BIO alcançou 0,907. Esses valores indicam que ambos os modelos são altamente eficazes na previsão da distribuição dessa espécie, com o modelo RDF mostrando uma ligeira vantagem em termos de precisão.

A consistência dos valores de AUC acima de 0,9 para ambos os modelos e espécies sublinha a robustez das abordagens metodológicas utilizadas. Esses resultados indicam que os modelos são robustos e confiáveis para prever a distribuição de *C. multijuga* e *C. reticulata* (Tabela 3).

A partir dos resultados obtidos, pôde-se observar que todos os modelos apresentados exibiram resultados de ajuste favoráveis, com valores superiores a 0,7 para todas as métricas de avaliação. Esses valores indicam um desempenho satisfatório dos modelos, garantindo sua eficácia na previsão e análise dos dados (Allouche; Tsoar; Kadmon, 2006).

Tabela 3. Validação dos algoritmos utilizados na modelagem.

Espécie	Algoritmo	Índices de Avaliação									
		AUC	Kappa	TSS	Jaccard	Sorensen	AUC dp	Kappa dp	TSS dp	Jaccard dp	Sorensen dp
<i>C. multijuga</i>	BIO	0,92	0,83	0,83	0,83	0,91	0,05	0,09	0,09	0,09	0,06
	GAU	0,96	0,86	0,86	0,87	0,93	0,03	0,06	0,06	0,06	0,04
	GLM	0,92	0,80	0,80	0,82	0,90	0,06	0,09	0,09	0,08	0,05
	MXD	0,97	0,86	0,86	0,87	0,93	0,02	0,05	0,05	0,05	0,03
	RDF	0,98	0,87	0,87	0,88	0,94	0,01	0,07	0,07	0,05	0,03
	SVM	0,96	0,87	0,87	0,88	0,94	0,02	0,05	0,05	0,05	0,03
	WMEA	0,97	0,87	0,87	0,88	0,93	0,02	0,05	0,05	0,05	0,03

<i>C. reticulata</i>	<i>BIO</i>	0,91	0,81	0,81	0,81	0,89	0,05	0,10	0,10	0,10	0,06
	<i>GAU</i>	0,96	0,83	0,83	0,85	0,92	0,02	0,08	0,08	0,06	0,04
	<i>GLM</i>	0,98	0,86	0,86	0,87	0,93	0,02	0,09	0,09	0,08	0,04
	<i>MXD</i>	0,94	0,78	0,78	0,82	0,90	0,02	0,06	0,06	0,04	0,02
	<i>RDF</i>	0,98	0,89	0,89	0,90	0,94	0,02	0,08	0,08	0,08	0,04
	<i>SVM</i>	0,97	0,84	0,84	0,86	0,92	0,02	0,09	0,09	0,08	0,05
	<i>WMEA</i>	0,98	0,87	0,87	0,88	0,94	0,02	0,09	0,09	0,07	0,04

Fonte: Souza, 2024.

*RDF (*Random Forest*), MXD (*Maximum Entropy Default*), GAU (*Bayesian Gaussian Process*), SVM (*Support Vector Machine*), GLM (*Generalized Linear Models*), BIO (*Bioclim*).

** AUC (Área sob a curva) e TSS (*True Skill Statistic*). dp = desvio padrão

O desempenho preditivo dos modelos de nicho ecológico foi validado por meio da calibração da concordância entre a probabilidade preditas de ocorrência e proporções observadas de locais ocupados (Leroy *et al.*, 2018).

O modelo consenso também foi validado, no qual foi utilizada a metodologia de médias ponderadas que resultou em previsões significativamente mais robustas do que outros métodos de consenso. O valor de AUC para qualidade do modelo consenso foi de 0,973 para a *C. multijuga* e 0,979 para *C. reticulata*. Esses resultados demonstram que o modelo consenso, utilizando o método de médias ponderadas segundo Marmion *et al.* (2008), resultou em previsões com valores de avaliação altos e robustos.

1.17 Distribuição de nicho ecológico atual das espécies no modelo consenso

O modelo consenso das áreas de adequação climática para as espécies *C. multijuga* e *C. reticulata*, obtidas por meio do método de médias ponderadas (Marmion *et al.*, 2008), no cenário atual, demonstraram uma ampla distribuição das espécies na Amazônia.

Nas condições atuais, a *C. reticulata* possui uma área de distribuição de aproximadamente 3.719.197 km², o que equivale a 88,47%% da área total do bioma Amazônia. Já a *C. multijuga* apresenta uma distribuição potencial que abrange 84,42% da área total da Amazônia, resultando em cerca de 3.548.899 km² (Figura 6). Esses resultados corroboram com Martins-da-Silva *et al* (2008), quanto a ampla distribuição dessas espécies na Amazônia.

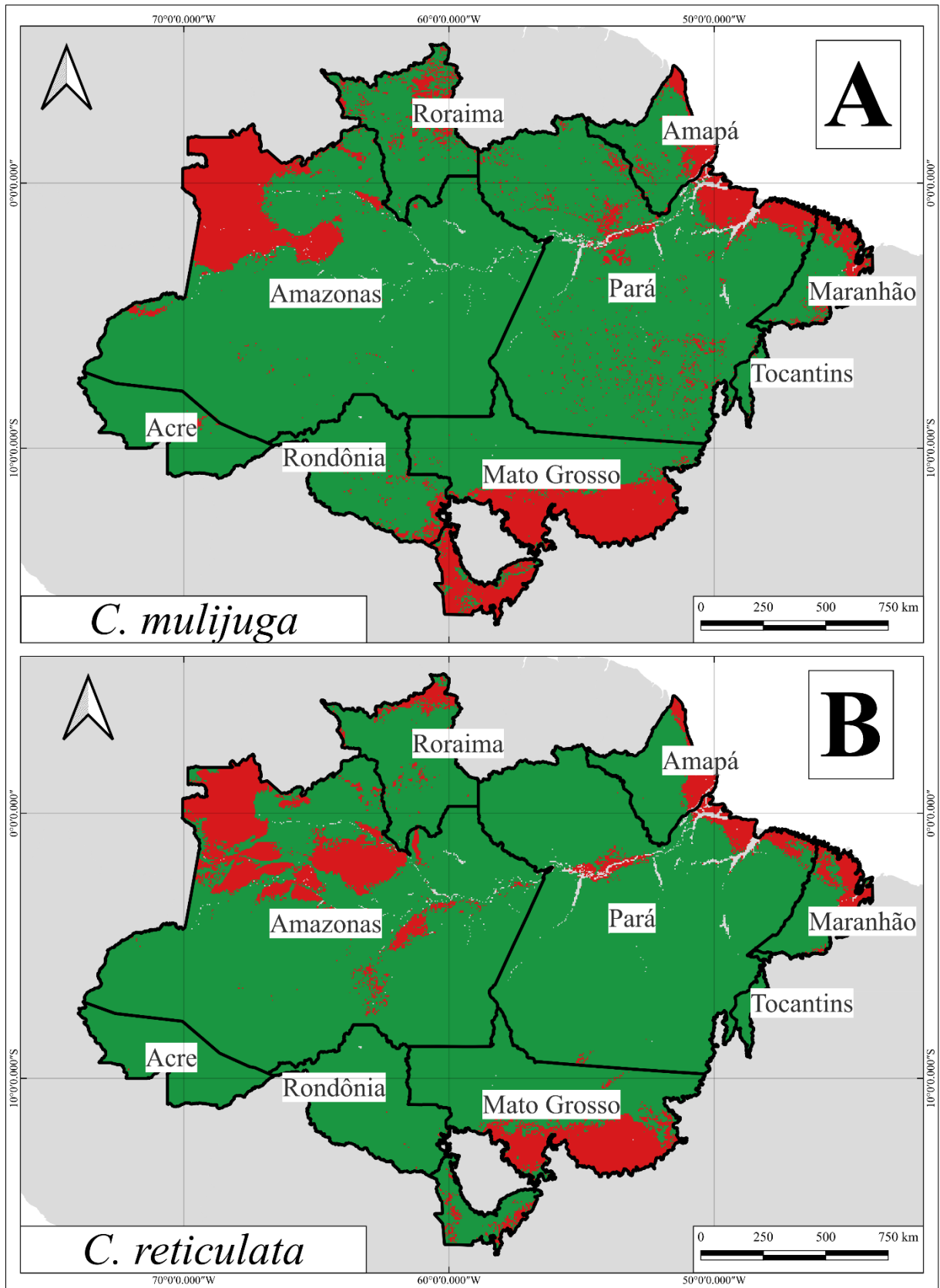


Figura 6. Mapas de adequabilidade climática do nicho ecológico para o cenário atual para as espécies *C. multijuga* (A) e *C. reticulata* (B). Cor verde = Área de adequabilidade climática para o cenário atual; Cor vermelha: Área de improvável adequabilidade climática.
Fonte: Souza, 2024.

Os estados da região Norte do Brasil demonstraram uma adequabilidade climática satisfatória para as espécies estudadas. O estado do Amazonas, destacando-se por sua vasta extensão, apresentou uma adequabilidade climática de 84,65% para a *C. reticulata* e 86,48% para a *C. multijuga*. Esses percentuais indicam que as condições ambientais na região são favoráveis à sobrevivência e prosperidade dessas espécies. No entanto, os estados do Maranhão e Mato Grosso registraram os menores índices de adequabilidade, conforme apresentado na Tabela 4.

Tabela 4. Área em quilômetros quadrados da distribuição potencial do período atual das espécies do estudo nos estados da Amazônia brasileira.

Estados	Área de distribuição potencial	
	<i>C. multijuga</i>	<i>C. reticulata</i>
Acre	166.547,0635	168.541,8988
Amapá	106.767,0538	113.467,0984
Amazonas	1.347.381,138	1.318.846,32
Maranhão	72.095,9492	73.808,9056
Mato Grosso	302.846,3528	390.250,4945
Pará	1.119.232,694	118.4476,817
Rondônia	224.917,6786	241.765,3636
Roraima	184.695,728	202.627,5626
Tocantins	24.415,0493	25.412,4669
Total	3.548.898,708	3.719.196,927

Fonte: Souza, 2024.

Esses resultados corroboram os trabalhos desenvolvidos por Martins-da-Silva *et al.* (2008) (Figura 7).

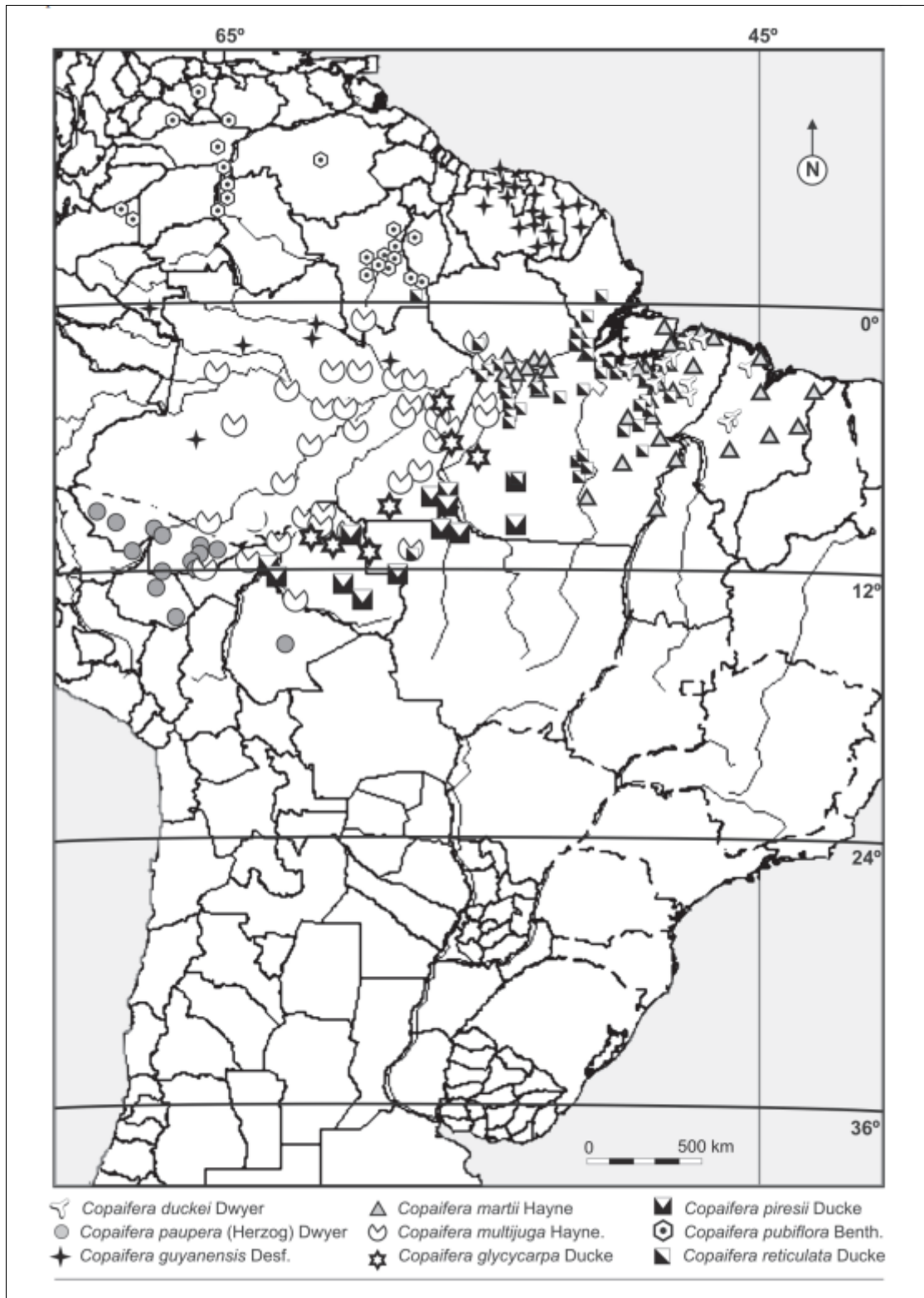


Figura 7. Mapa dos pontos de distribuição de espécies da copaíba segundo Martins-Da-Silva (2008).
Fonte: Martins-Da-Silva, 2008.

Além disso, foram gerados mapas que representam a probabilidade de ocorrência das espécies na Amazônia (Figura 8).

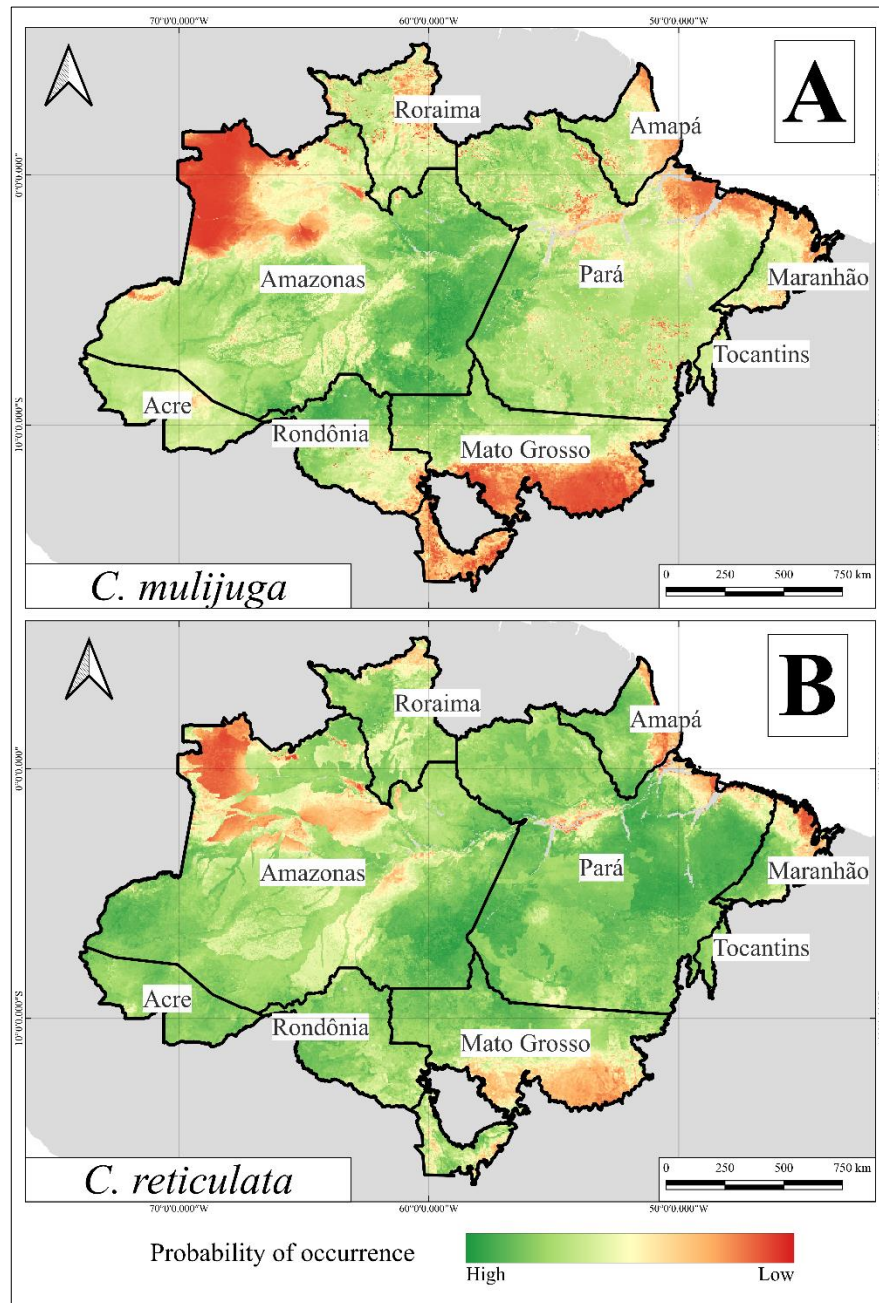


Figura 8. Mapas de probabilidade de distribuição das espécies de *C. multijuga* (A) e *C. reticulata* (B) na Amazônia brasileira. Fonte: Souza, 2024.

1.17.1 Desflorestamento acumulado e uso e cobertura da terra na distribuição atual das espécies

Até 2023, o desflorestamento acumulado, pelo sistema PRODES, resultou em uma diminuição significativa de 15,36% e 14,32% nas áreas de nicho ecológico das espécies *C. reticulata* e *C. multijuga*, respectivamente (Figura 9).

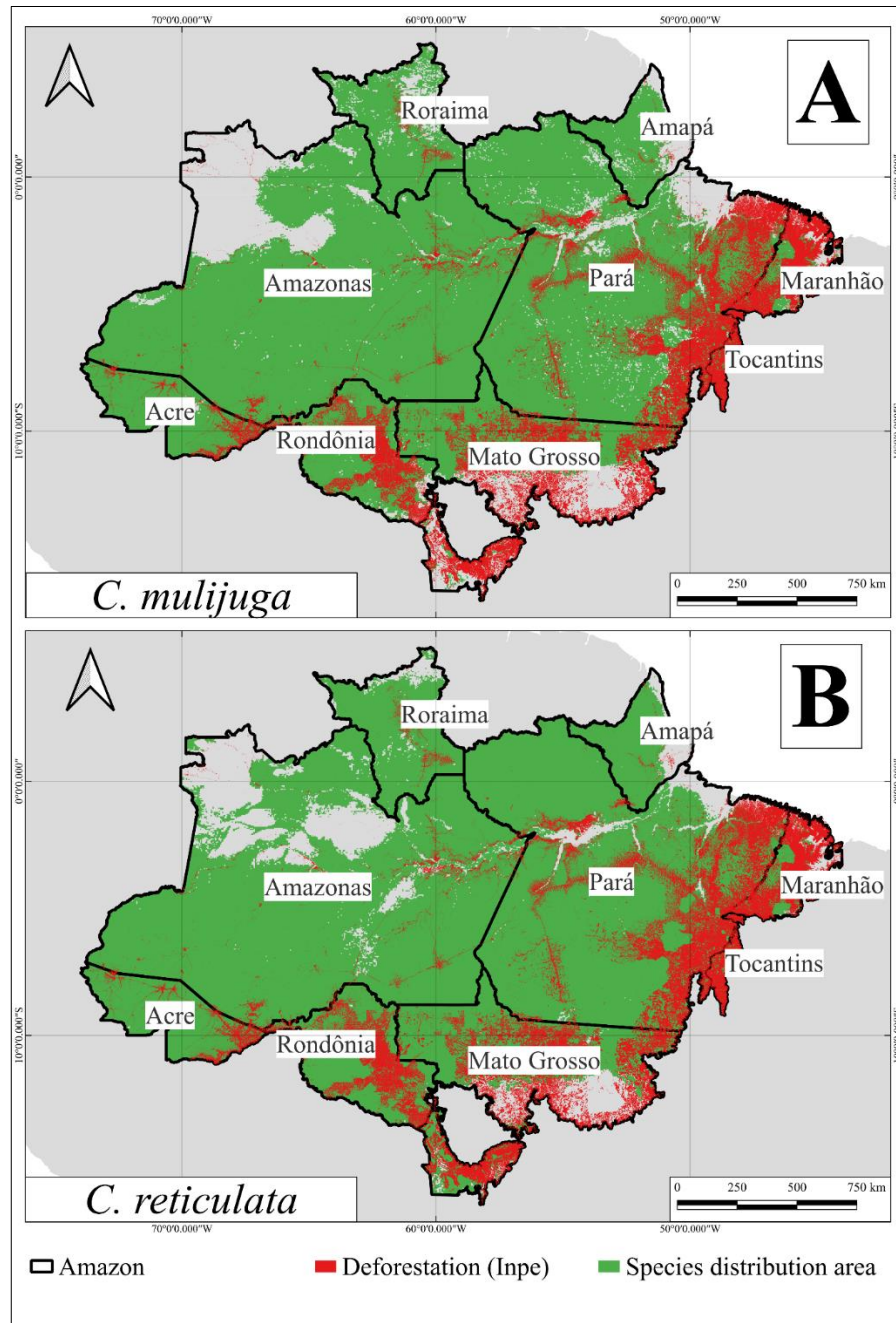


Figura 9. Mapa do acúmulo de desmatamento (Inpe) na Amazônia brasileira e a distribuição potencial do período base das espécies *C. multijuga* (A) e *C. reticulata* (B). Fonte: Souza, 2024.

Esta redução é particularmente notável na região conhecida como “Arco do Desflorestamento”, que engloba o centro do Pará, o sul do Amazonas e o norte de Rondônia (Figura 10).

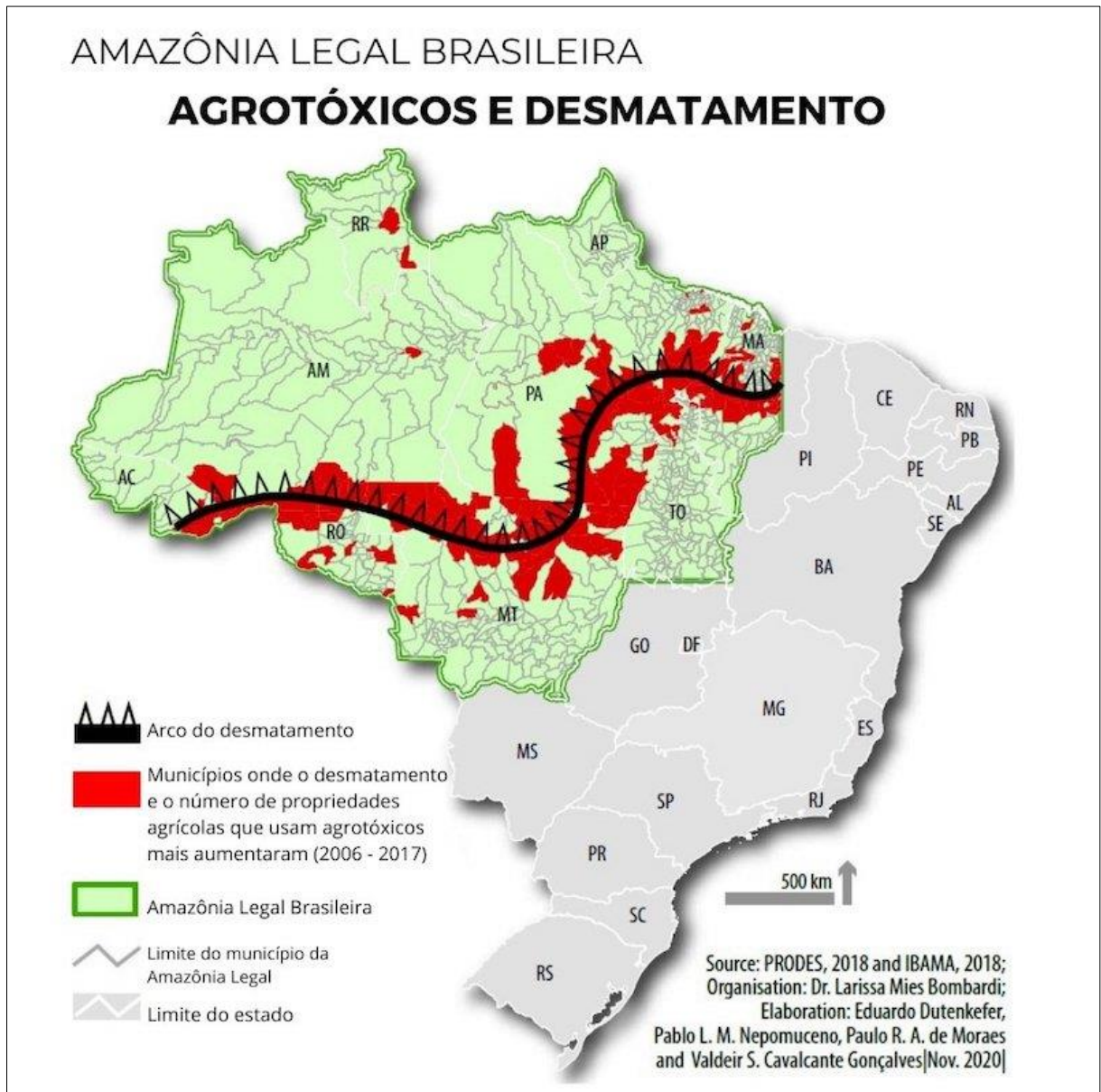


Figura 10. Arco do Desflorestamento presente na Amazônia, Fonte: Dutkenfer *et al.*, 2020.

Ao comparar o modelo de nicho com os dados de desflorestamento fornecidos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), é possível inferir que as áreas desmatadas, conforme identificado pelo sistema PRODES, têm uma baixa probabilidade de abrigar a espécie em questão. Isso se deve ao fato de que essas áreas são marcadas pela ocorrência de corte raso e incêndios florestais, o que diminui consideravelmente a chance de encontrar a espécie nesses locais.

Nos últimos anos, o aumento das taxas de desflorestamento tem tido um impacto considerável nas condições climáticas, incluindo um aumento na temperatura do ar na Amazônia (Ribeiro *et al.*, 2023). Além disso, a perda de habitat devido ao desflorestamento é atualmente a maior ameaça às espécies florestais (IPBES, 2019; Gomes *et al.*, 2019).

Utilizando a ferramenta MapBiomas (2022), realizou-se a classificação do uso e ocupação do solo na área de distribuição potencial das duas espécies no cenário atual. Essa análise detalhada identificou diferentes tipos de cobertura vegetal e atividades humanas na região, incluindo áreas de floresta, agricultura, pastagens e zonas urbanas (Figura 11).

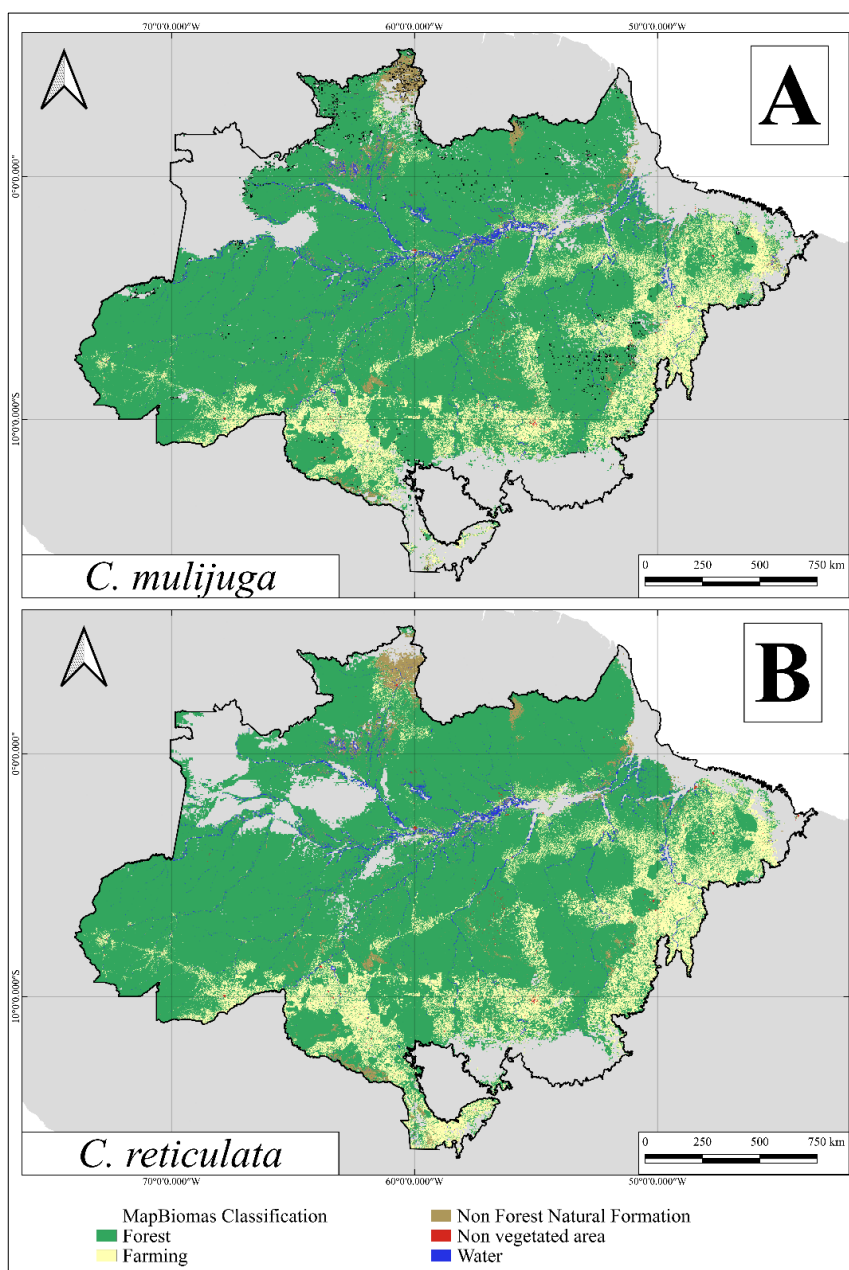


Figura 11. Mapa do uso e ocupação do solo das espécies de *C. multijuga* (A) e *C. reticulata* (B) pela coleção 8 do Mapbiomas. Fonte: Souza, 2024.

A análise de uso e ocupação do solo na área de adequabilidade ambiental para a espécie *C. multijuga* revelou uma cobertura predominante de 81% de floresta, correspondendo a 2.813.145,73 km². Além disso, a região apresentou 15% de áreas dedicadas à agropecuária, totalizando 508.126,21 km². As formações naturais não florestais ocuparam 2% da área, o que equivale a 77.951,4 km², enquanto os corpos d'água também representaram 2%, com uma extensão de 68.913,01 km². Por fim, as áreas não vegetadas constituíram apenas 0,1% da área total, somando 5.158,14 km² (Tabela 5).

Tabela 5. Uso e ocupação do solo da distribuição atual da *C. multijuga* pelo sistema do MapBiomias.

Classes específicas	Classes Gerais	Área (km²)
Mosaico de Usos	Agropecuária	108,85
Silvicultura	Agropecuária	3.001,76
Dendê	Agropecuária	1.693,61
Cana	Agropecuária	438,83
Pastagem	Agropecuária	531.202,41
Soja	Agropecuária	29.316,18
Outras Lavouras Temporárias	Agropecuária	7.318,60
Praia, Duna e Areal	Área não Vegetada	0,12
Área Urbanizada	Área não Vegetada	2.863,50
Outras Áreas não Vegetadas	Área não Vegetada	30,75
Mineração	Área não Vegetada	2.992,86
Rio, Lago e Oceano	Corpo D'água	65.990,47
Formação Florestal	Floresta	2.752.082,76
Formação Savânica	Floresta	11.995,04
Mangue	Floresta	25,33
Florestal Alagável	Floresta	140.209,44
Campo Alagado e Área Pantanosa	Formação Natural não Florestal	30..106,00
Formação Campestre	Formação Natural não Florestal	5.770,19
Afloramento Rochoso	Formação Natural não Florestal	4.452,65
Apicum	Formação Natural não Florestal	0,27
Não observado	Não observado	2,22
Total		3.637.601,84

Fonte: Souza, 2024.

Os resultados de uso e ocupação do solo nas áreas de probabilidade de ocorrência da espécie *C. reticulata* mostraram uma cobertura florestal de 79,8%, equivalente a 2.904.312,57 km². As áreas destinadas à agropecuária representaram 15,8%, totalizando 573.080,24 km². Formações naturais não florestais ocuparam 2,4% da área, somando 88.329,11 km², enquanto os corpos d'água também representaram 1,8%, com 65.990,47 km². As áreas não vegetadas constituíram 0,2% da área total, equivalendo a 5.887,23 km² (Tabela 6).

Tabela 6. Uso e ocupação do solo da distribuição atual da *C. reticulata* pelo sistema do MapBiomias.

Classes específicas	Classes Gerais	Área (km²)
----------------------------	-----------------------	------------------------------

Mosaico de Usos	Agropecuária	70,23
Silvicultura	Agropecuária	2.609,73
Dendê	Agropecuária	1.596,81
Cana de Açúcar	Agropecuária	60,91
Pastagem	Agropecuária	478.167,63
Soja	Agropecuária	19.802,59
Outras Lavouras Temporárias	Agropecuária	5.818,31
Praia, Duna e Areal	Área não Vegetada	0,38
Área Urbanizada	Área não Vegetada	2.348,10
Outras Áreas não Vegetadas	Área não Vegetada	12,28
Mineração	Área não Vegetada	2.797,38
Rio, Lago e Oceano	Corpo D'água	68.913,01
Formação Florestal	Floresta	2.662.796,30
Formação Savânica	Floresta	7.640,44
Mangue	Floresta	128,91
Floresta Alagável	Floresta	142.580,08
Campo Alagado e Área Pantanosa	Formação Natural não Florestal	28.688,40
Formação Campestre	Formação Natural não Florestal	46.288,58
Afloramento Rochoso	Formação Natural não Florestal	2.970,01
Apicum	Formação Natural não Florestal	4,41
Não observado	Não observado	1,64
Total		3.473.296,13

A degradação da vegetação nas regiões habitadas por determinadas espécies indica uma diminuição na probabilidade de sua presença. A perda de vegetação nessas áreas, onde essas espécies geralmente residem, leva a uma redução nas oportunidades de sobrevivência e reprodução (Steege *et al.*, 2015). Esse fenômeno pode ser um sinal de alterações ambientais ou pressões humanas que impactam adversamente essas populações. Da mesma forma, o avanço da agricultura em áreas com alta probabilidade de presença dessas espécies revela uma crescente onda de desmatamento (Awuchi *et al.*, 2020; Rehman *et al.*, 2021), que provavelmente resultará na redução das áreas ambientalmente adequadas para essas espécies.

1.17.2 Áreas protegidas nas áreas de ocorrência potencial das espécies

As Unidades de Conservação (UCs) e Terras Indígenas (TIs) na Amazônia desempenham um papel crucial na proteção ambiental. Elas têm sido particularmente eficazes na prevenção do desflorestamento e no apoio à regulação climática (Carranza *et al.*, 2015). As UCs, como parques nacionais e reservas biológicas, oferecem áreas protegidas para a flora e fauna (Matricardi *et al.*, 2020), enquanto as TIs são essenciais para a preservação da cultura e dos conhecimentos tradicionais das comunidades indígenas. A Figura 12 apresenta um mapa que ilustra a distribuição das Terras Indígenas e Unidades de Conservação dentro do domínio

fitogeográfico Amazônia, destacando sua importância na preservação ambiental e cultural da região

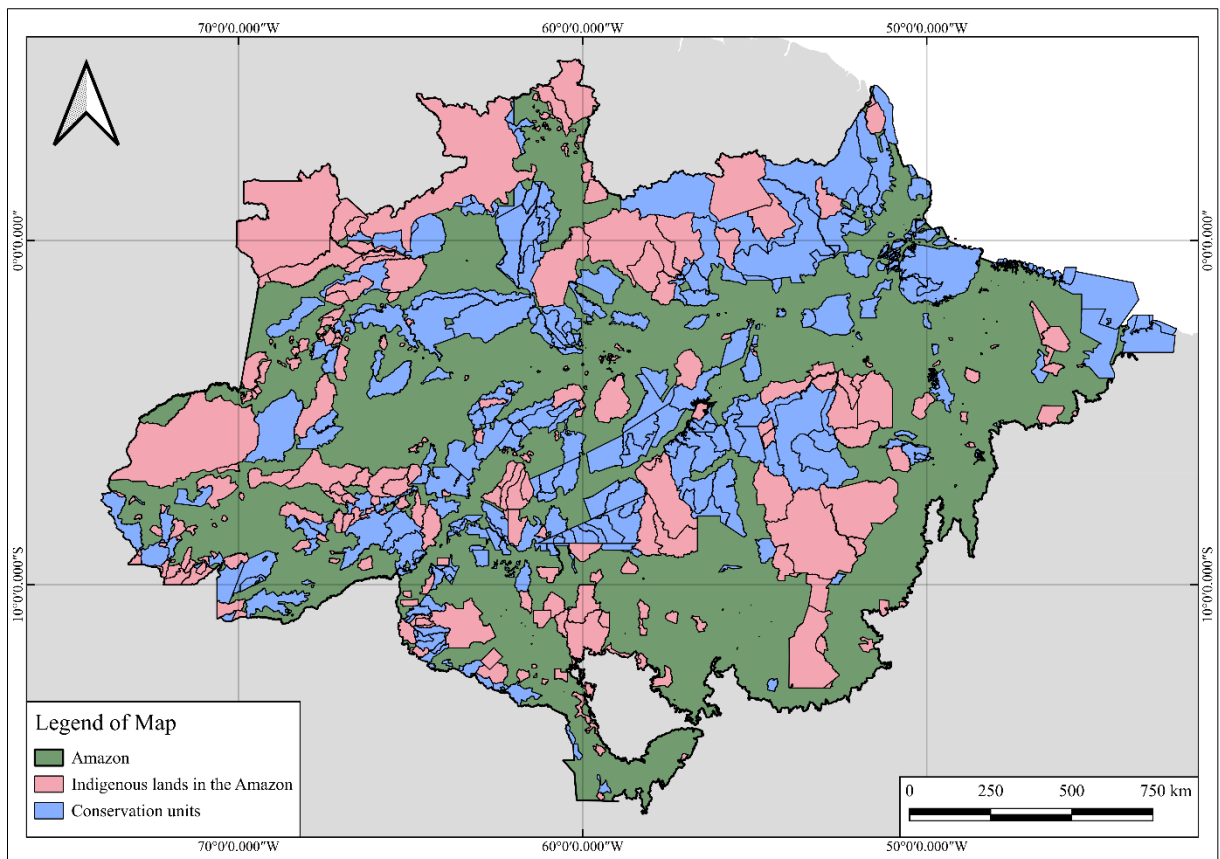


Figura 12. Terras Indígenas e Unidades de Conservação presentes na Amazônia brasileira. Fonte: Souza, 2024.

No cenário atual, a *C. multijuga* apresenta uma distribuição potencial em 83,98% das UCs e 81,37% das TIs na Amazônia. Por outro lado, a *C. reticulata* possui uma presença ainda mais expressiva, abrangendo 85,5% das UCs e 85,23% das TIs (Figura 13 e 14), das 321 UCs presente na área potencial das espécies 226 são da categoria Uso Sustentável e 94 de Proteção Integral (Apêndices 2 e 3).

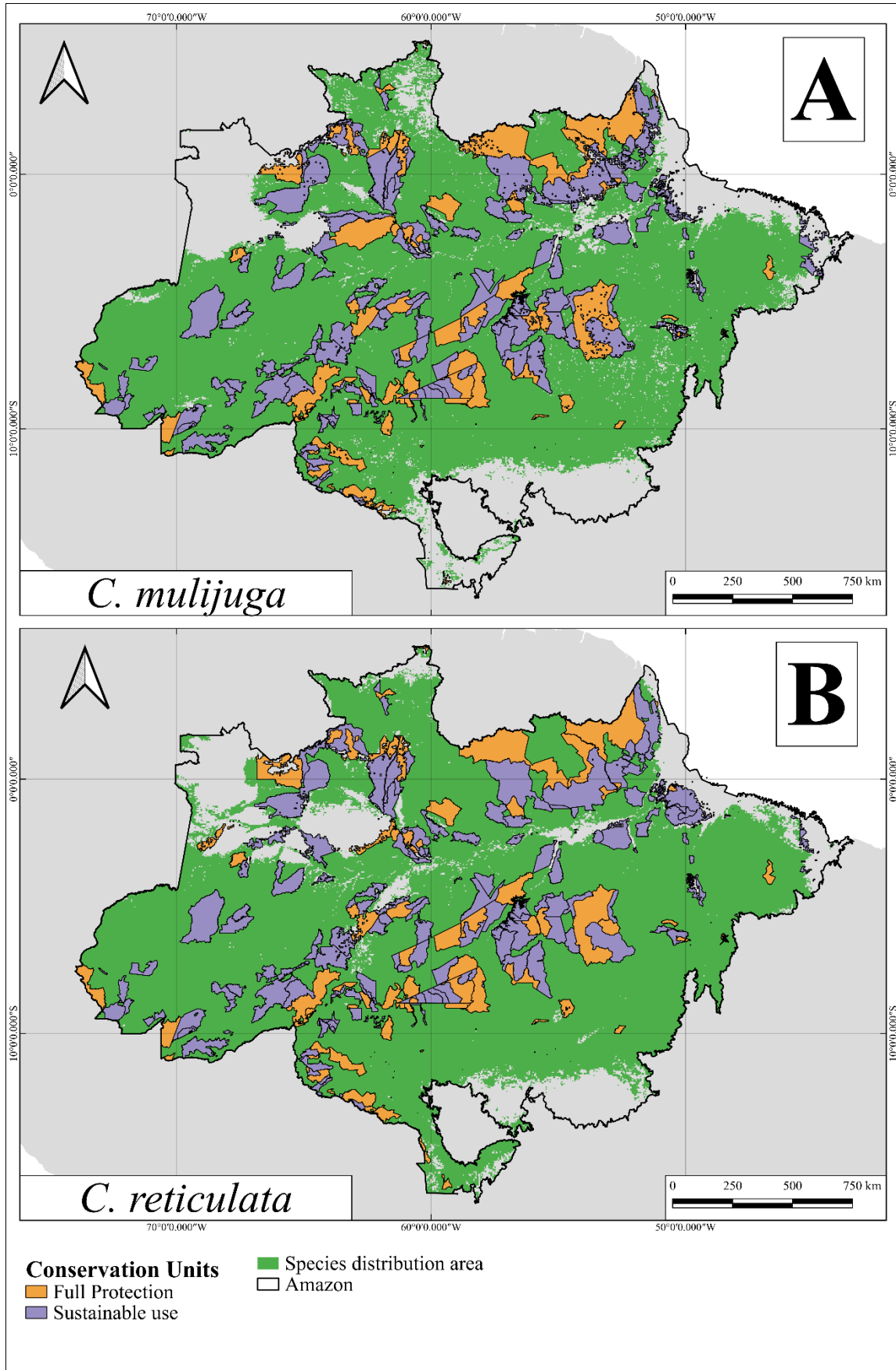


Figura 13. Mapas das Unidades de Conservação presente na área de distribuição atual das espécies *C. multijuga* (A) e *C. reticulata* (B). Fonte: Souza, 2024.

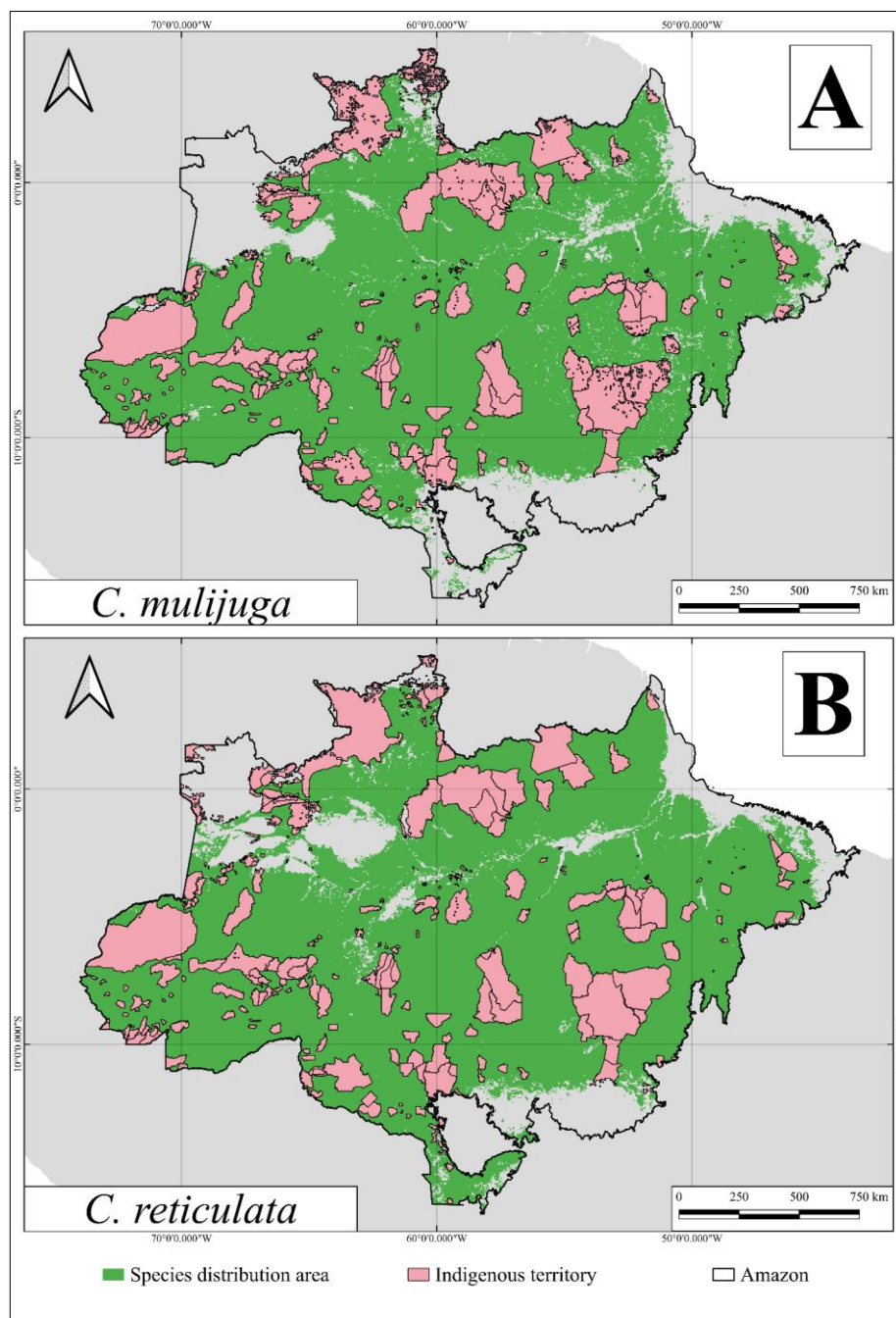


Figura 14. Mapas das Terras Indígenas presentes na área de distribuição atual das espécies *C. multijuga* (A) e *C. reticulata* (B). Fonte: Souza, 2024

Esses dados destacam a ampla distribuição dessas espécies nas áreas protegidas da região, enfatizando a importância dessas zonas para a conservação da biodiversidade. A alta taxa de ocorrência em UCs e TIs resalta o papel crucial dessas áreas na preservação dessas espécies e dos ecossistemas amazônicos. A preservação das áreas protegidas é de extrema importância para a conservação das espécies de copaíba, uma vez que essas regiões enfrentam perturbações tanto naturais quanto causadas pelo ser humano. Esses distúrbios incluem eventos

como secas extremas e incêndios florestais, ambos decorrentes das mudanças climáticas (Kruid *et al.*, 2021; Walker *et al.*, 2020)

Estudos têm demonstrado que as Terras Indígenas (TIs) e Unidades de Conservação (UCs) desempenham um papel crucial na contenção do desflorestamento e na preservação da biodiversidade florestal (Pereira e Ferreira, 2020). Embora os índices de desmatamento dentro dessas áreas permaneçam significativamente abaixo dos níveis externos, como evidenciado na Figura 15, o desflorestamento insustentável está aumentando em toda a região Amazônica (Walker *et al.*, 2020). Essa tendência representa um desafio crítico para a conservação ambiental e a manutenção da biodiversidade. A Figura 15 exemplifica de forma clara a distribuição das Terras Indígenas e Unidades de Conservação dentro da atual área de distribuição das espécies na Amazônia. Este destaque ressalta o papel crucial dessas áreas como uma barreira eficaz contra o avanço do desflorestamento, desempenhando um papel fundamental na proteção dos ecossistemas naturais onde há uma alta probabilidade de ocorrência das espécies de copaíba.

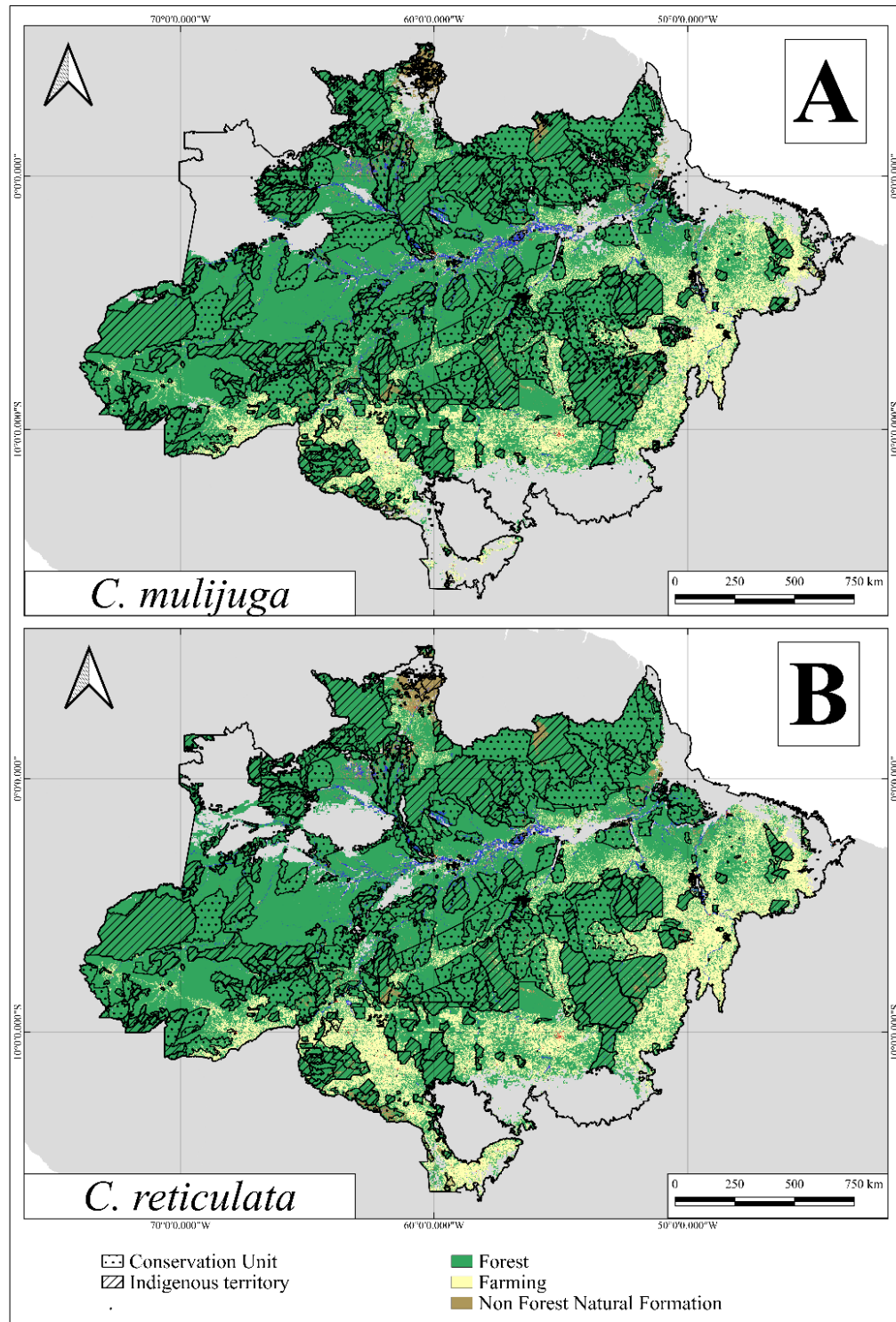


Figura 15. Mapa das áreas protegidas presentes na distribuição atual das espécies *C. multijuga* (A) e *C. reticulata* (B) com imagem base o uso e ocupação do solo do MapBiomias. Fonte: Souza, 2024.

1.18 Projeção de Nicho Ecológico das espécies

Com base nas projeções realizadas para a área potencial de cada espécie, foi possível identificar a quantidade de área que cada espécie ganhará ou perderá nos dois cenários, SSP245 e SSP585, entre as décadas de 2041-2060, 2061-2080 e 2081-2100.

A predição de nicho ecológico da *C. reticulata* para cenários futuros mostrou uma redução em todos os estados da Amazônia brasileira, exceto no Amapá, que apresentou um aumento de aproximadamente 5% em ambos os cenários nas próximas décadas (Tabela 7). No período atual, os estados do Pará e Amazonas compreendem 32% (1.184.476,8 km²) e 36% (1.318.846,3 km²), respectivamente, da área de nicho, áreas de ampla distribuição da espécie (Martins-Da-Silva *et al.*, 2008). No entanto, no cenário pessimista (SSP585) até 2100, essas áreas deverão reduzir-se em 28% (854.266,5 km²) no Pará e 40% (791.342,5 km²) no Amazonas.

A porção do estado do Mato Grosso presente na Amazônia, que representa aproximadamente 11% (390.250,5 km²) da área do nicho ecológico da espécie, está prevista para perder 100% de sua distribuição até 2100, com perdas de 90% a partir de 2041. Esses três estados representam aproximadamente 78% (2.769.460,2 km²) da área total do nicho ecológico da espécie no período atual (Tabela 7). A perda da distribuição da espécie nesses estados até 2100, no cenário pessimista, será de aproximadamente 44% (1.645.760,8 km²).

Tabela 7. Área em km² da projeção de distribuição geográfica de *C. reticulata* nos cenários SSP245 e SSP585 para os períodos avaliados 2041-2060, 2061-2080 e 2081-2100 em comparação com o de referência.

<i>C. reticulata</i>						
Estados	Período Referência	Período	ssp245		ssp585	
			km ²	%	km ²	%
Acre	168.541,9	2041-2060	144.625,6	-14%	141.438,2	-16%
Amapá	113.467,1		118.562,6	+4%	119.017,9	+5%
Amazonas	1.318.846,3		962.920,0	-27%	1.023.589,0	-22%
Maranhão	73.808,9		55.248,3	-25%	54.185,8	-27%
Mato Grosso	390.250,5		38.877,6	-90%	27.147,1	-93%
Pará	1.184.476,8		1.015.761,5	-14%	1.015.262,7	-14%
Rondônia	241.765,4		118.324,1	-51%	103.297,8	-57%
Roraima	202.627,6		156.486,2	-23%	158.502,7	-22%
Tocantins	25.412,5		13.400,1	-47%	14.419,2	-43%
Total	3.719.196,9		2.624.205,8	-29%	2.656.860,406	-29%
Estados	Período Referência	Período	ssp245		ssp585	
			km ²	%	km ²	%
Acre	168.541,9	2061-2080	143.910,0	-15%	114.941,5	-32%
Amapá	113.467,1		119.061,3	+5%	119.343,2	+5%
Amazonas	1.318.846,3		1.043.298,9	-21%	1.116.262,1	-15%
Maranhão	73.808,9		55.573,5	-25%	48.201,3	-35%
Mato Grosso	390.250,5		38.443,9	-90%	28.166,2	-93%
Pará	1.184.476,8		1.037.878,1	-12%	1.015.457,9	-14%
Rondônia	241.765,4		114.226,0	-53%	51.432,1	-79%
Roraima	202.627,6		155.380,3	-23%	141.264,7	-30%

Tocantins	25.412,5		14.072,3	-45%	11.448,6	-55%
Total	3.719.196,9		2.721.844,3	-27%	2.646.517,6	-29%
Estados	Período Referência	Período	ssp245		ssp585	
			km²	%	km²	%
Acre	168.541,9		137.275,0	-19%	48.266,3	-71%
Amapá	113.467,1		119.169,7	+5%	119.299,8	+5%
Amazonas	1.318.846,3		1.068.060,8	-19%	791.342,5	-40%
Maranhão	73.808,9		53.145,0	-28%	26.409,9	-64%
Mato Grosso	390.250,5		38.899,3	-90%	151,8	-
Pará	1.184.476,8	2081-2100	1.020.878,6	-14%	854.266,5	-28%
Rondônia	241.765,4		99.329,8	-59%	498,7	-
Roraima	202.627,6		157.873,9	-22%	93.323,6	-54%
Tocantins	25.412,5		14267,4	-44%	1.908,1	-92%
Total	3.719.196,9		2708899,6	-27%	1.935.467,3	-48%

Fonte: Souza, 2024.

No cenário pessimista, a perda total do nicho ecológico da *C. reticulata* na Amazônia será de até aproximadamente 48% (1.935.467,3 km²) quando comparada ao período base, no qual a distribuição espacial da espécie era de 3.719.197 km² (Figura 16).

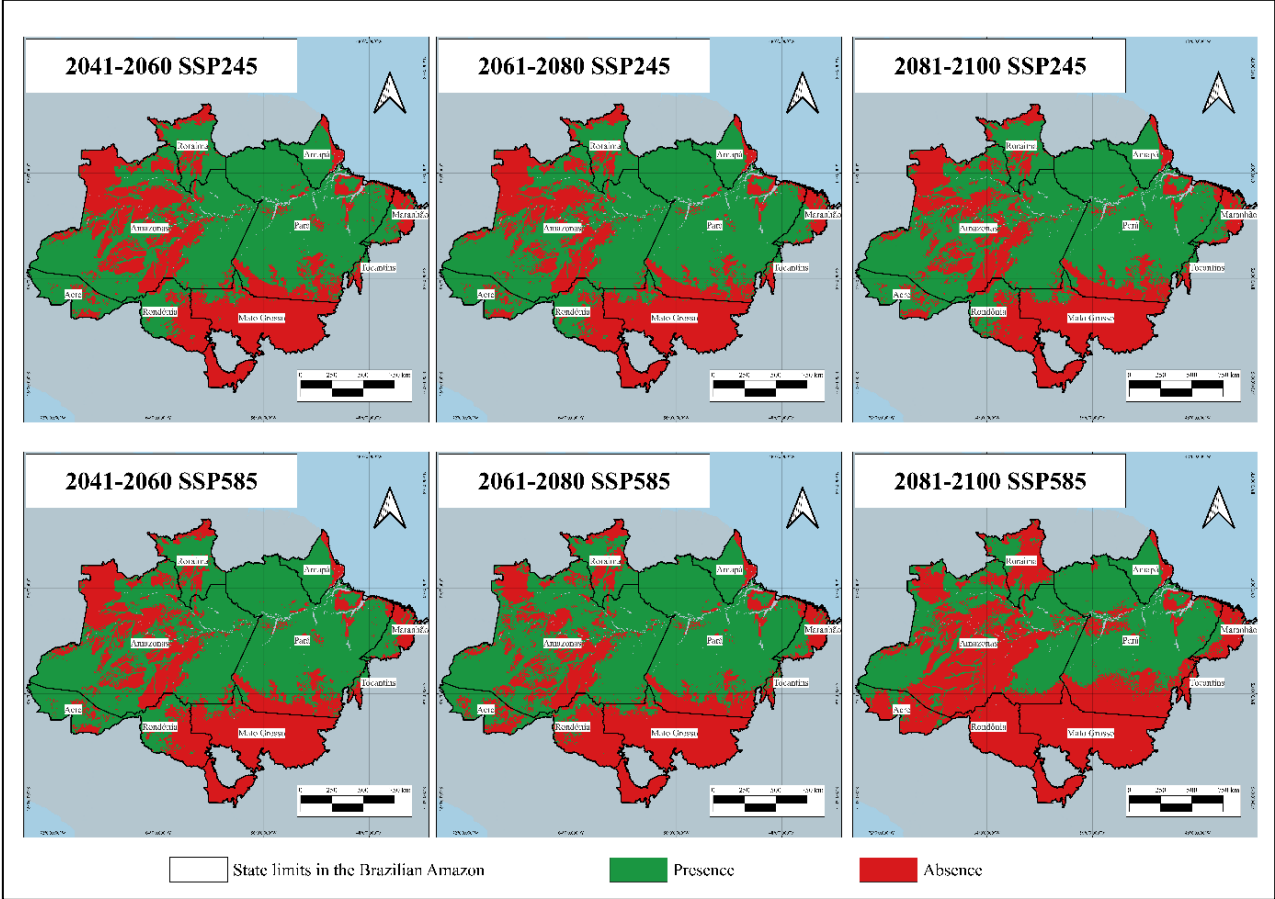


Figura 16. Mapa de adequabilidade climática da *C. reticulata* nos cenários SSP 245 e SSP 585 nos anos 2041-2060, 2061-2080 e 2081-2100. Fonte: Souza, 2024.

A predição do nicho ecológico da *C. multijuga* para cenários futuros revelou uma tendência de redução significativa em todos os estados da Amazônia brasileira, exceto no Amapá. O Amapá, diferentemente dos demais, apresentou um aumento notável de até 15% (122.313,8 km²) na sua distribuição no cenário pessimista (Tabela 8). Atualmente, os estados do Amazonas, Pará e Mato Grosso constituem 78% (2.769.460,2 km²) da distribuição total da espécie na Amazônia. No entanto, esses estados deverão experimentar uma drástica redução no nicho ecológico, de até 45% (1.593.960,1 km²), quando comparados ao período atual.

Tabela 8. Área em km² da projeção de distribuição geográfica de *C. multijuga* nos cenários SSP245 e SSP585 para os três períodos avaliados em comparação com o de referência.

<i>C. multijuga</i>						
Estados	Período Referência	Período	ssp245		ssp585	
			km ²	%	km ²	%
Acre	1.66.547,1	2041-2060	154.946,7	-7%	153.212,0	-8%
Amapá	106.767,1		108.263,2	+1%	114.421,2	+7%
Amazonas	1.347.381,1		799.994,0	-41%	811.984,7	-40%
Maranhão	72.095,9		69.624,1	-3%	70.057,7	-3%

Mato Grosso	302.846,4		55.465,1	-82%	35.278,2	-88%
Pará	1.119.232,7		1.027.058,3	-8%	1.030.093,9	-8%
Rondônia	224.917,7		128.970,4	-43%	92.543,0	-59%
Roraima	184.695,7		163.359,7	-12%	169.712,8	-8%
Tocantins	24.415,0		22.745,5	-7%	22.767,1	-7%
Total	3.548.898,7		2.530.426,9	-29%	2.500.070,689	-30%

Estados	Período Referência	Período	ssp245		ssp585	
			km²	%	km²	%
Acre	166.547,1	2061-2080	154.382,9	-7%	143.628,1	-14%
Amapá	106.767,1		116.177,5	+9%	119.906,9	+12%
Amazonas	1.347.381,1		822.999,7	-39%	942.039,3	-30%
Maranhão	72.095,9		69.971,0	-3%	69.667,5	-3%
Mato Grosso	302.846,4		49.827,5	-84%	13.400,1	-96%
Pará	1.119.232,7		1.048.893,1	-6%	103.1069,6	-8%
Rondônia	224.917,7		112.469,7	-50%	16.132,1	-93%
Roraima	184.695,7		169.105,7	-8%	179.600,2	-3%
Tocantins	24.415,0		22.832,2	-6%	22.572,0	-8%
Total	3548898,7		2566659,2	-28%	2538015,9	-28%

Estados	Período Referência	Período	ssp245		ssp585	
			km²	%	km²	%
Acre	166.547,1	2081-2100	152.648,3	-8%	84.498,6	-49%
Amapá	106.767,1		115.613,7	+8%	122.313,8	+15%
Amazonas	1.347.381,1		862.094,1	-36%	723.279,6	-46%
Maranhão	72.095,9		69.645,8	-3%	61.536,3	-15%
Mato Grosso	302.846,4		46.661,8	-85%	21,7	-100%
Pará	1.119.232,7		1.038.160,0	-7%	870.658,9	-22%
Rondônia	224.917,7		82.655,6	-63%	0,0	-100%
Roraima	184.695,7		171.577,5	-7%	146.425,2	-21%
Tocantins	24.415,0		22.788,8	-7%	18.148,7	-26%
Total	3.548.898,7		2.561.845,5	-28%	2.026.882,7	-43%

Fonte: Souza, 2024.

O estado do Amazonas, onde a espécie *C. multijuga* possui uma ampla distribuição (Martins-Da-Silva *et al.*, 2008) (Figuras 2 e 6), enfrenta uma perda significativa projetada para as próximas décadas (Tabela 8). Os resultados indicam uma redução de até 46% na distribuição da espécie no estado (Figura 17). Conforme apresentado na Figura 17, a modelagem prevê que o aumento da temperatura atmosférica nas próximas décadas resultará na perda de nicho ecológico da espécie nas mesorregiões sul, centro e parte do sudoeste amazonense, além de toda a região conhecida como arco do desmatamento na Amazônia. Esse resultado evidencia que essas regiões são particularmente vulneráveis, e espera-se que o aumento da temperatura crie condições ambientais menos favoráveis para a *C. multijuga*.

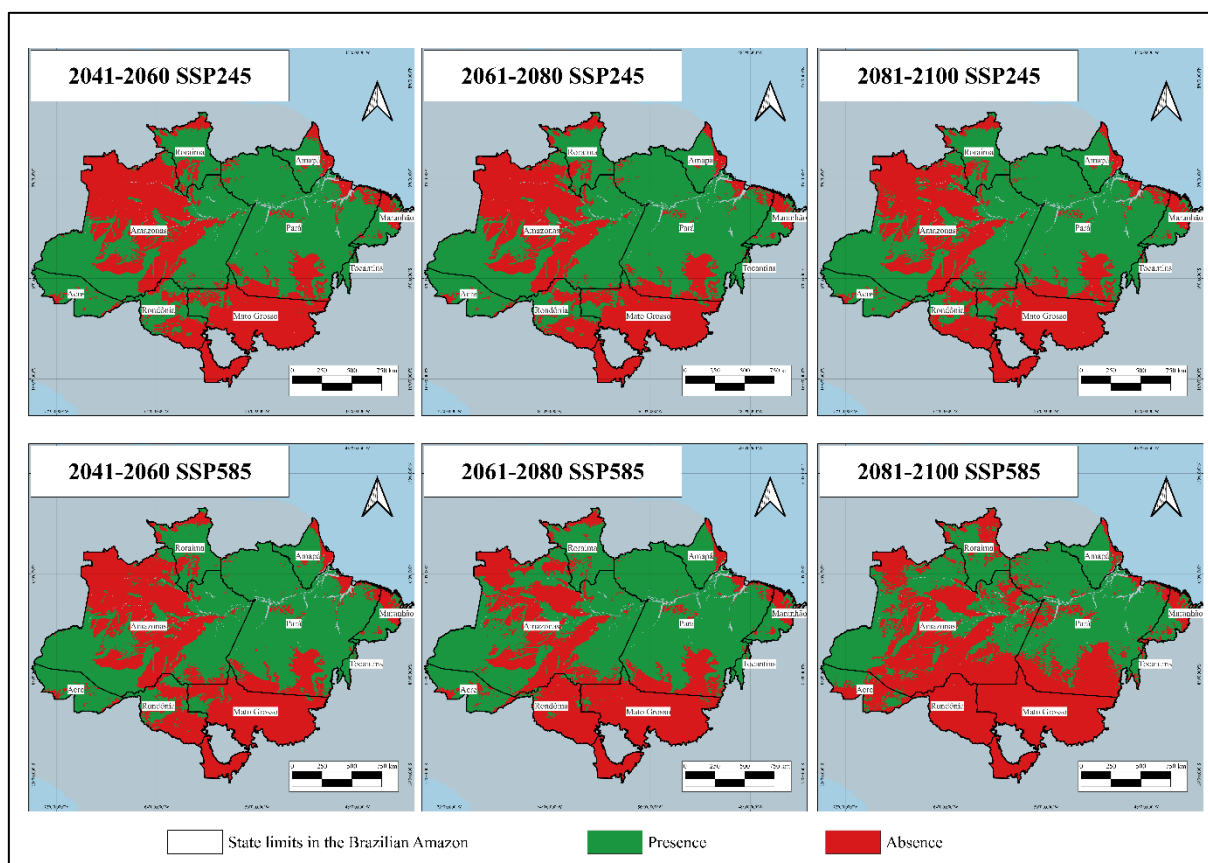


Figura 17. Mapa de adequabilidade climática da *C. multijuga* nos cenários SSP 245 e SSP 585 nos anos 2041-2060, 2061-2080 e 2081-2100. Fonte: Souza, 2024.

A projeção do nicho ecológico para as espécies *C. multijuga* e *C. reticulata* revelou uma tendência inicial de redução em ambas as espécies durante as primeiras décadas nos dois cenários analisados, seguida por uma fase de estabilização observada entre os anos de 2061 e 2080 (Figura 18). No entanto, uma diminuição significativa é prevista para o período de 2081 a 2100 no cenário pessimista, enquanto no cenário intermediário a área de nicho das duas espécies se mantém estável ao longo do tempo.

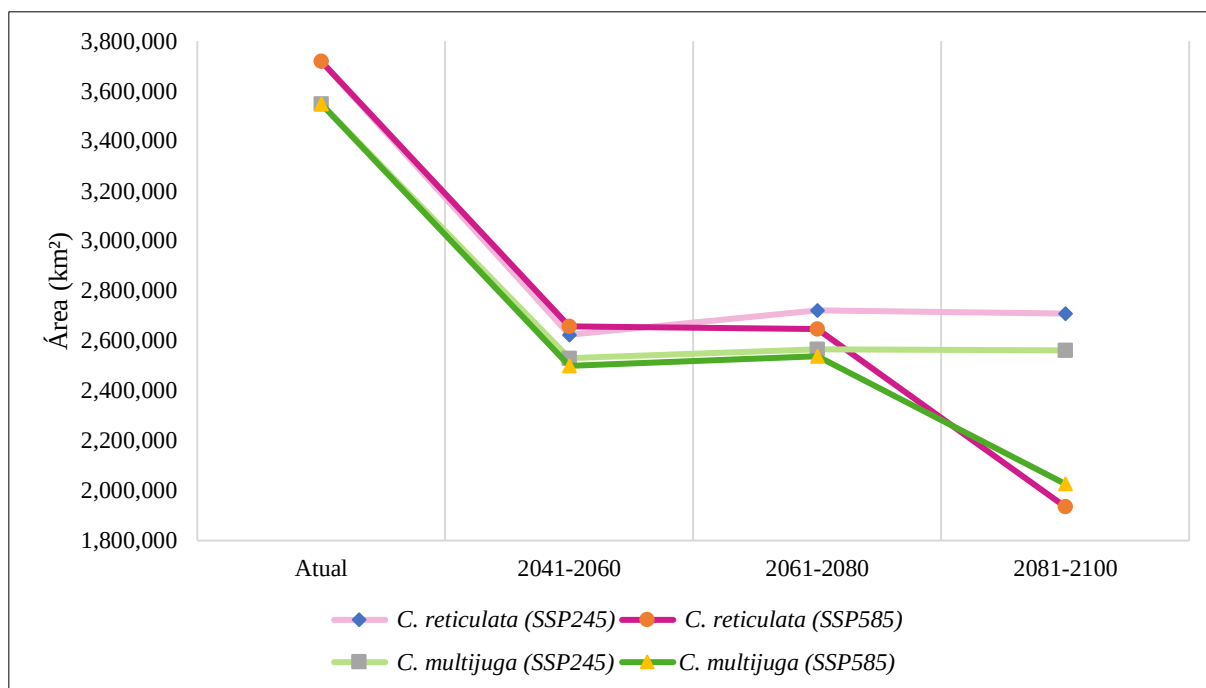


Figura 18. Gráfico de área (km²) do nicho ecológico e suas projeções para as próximas décadas em dois cenários de mudança do clima (SSP245 e SSP585). Fonte: Souza, 2024.

Os resultados apresentados demonstram que, embora as florestas tenham a capacidade de resistir a perturbações naturais ou antrópicas (Ibáñez *et al.*, 2019; Bennett *et al.*, 2023), há um aumento na mortalidade de árvores devido a eventos climáticos extremos, como a seca na Amazônia (Hammond *et al.*, 2022). Pesquisas indicam que a mortalidade de árvores em florestas tropicais aumenta após eventos extremos, como secas, chuvas intensas e elevação da temperatura, persistindo por pelo menos dois anos após esses eventos (Aleixo *et al.*, 2019; Gazol *et al.*, 2018).

Os efeitos das mudanças climáticas impactam diretamente a distribuição geográfica das espécies vegetais nos diversos domínios fitogeográficos do Brasil (Lima *et al.*, 2022). Evidências sugerem que, em cenários pessimistas como o SSP585, entre 2061 e 2100, haverá uma redução significativa nas áreas de ocorrência dessas espécies vegetais (Tomaz *et al.*, 2022; Cordeiro *et al.*, 2023; Gomes *et al.*, 2022; Souza *et al.*, 2024). Os resultados deste estudo corroboram essa hipótese, prevendo reduções de até 48% na distribuição de *C. reticulata* e 43% da *C. multijuga* em toda a Amazônia brasileira.

O aumento da temperatura, juntamente com a alteração do ciclo hidrológico, resulta em períodos de secas extremas e chuvas intensas na Amazônia (Aleixo *et al.*, 2019; Hammond *et al.*, 2022). Essas mudanças climáticas têm um impacto direto na espécie *C. multijuga*, que floresce e frutifica durante a estação chuvosa (Alencar, 1988). Os eventos climatológicos extremos, como secas prolongadas e chuvas torrenciais, perturbam a fenologia dessa espécie,

afetando seus ciclos de reprodução e desenvolvimento. Além disso, essas alterações podem reduzir a disponibilidade de água e nutrientes no solo (Martins-Stpaul; Delzon; Cochard, 2017), comprometendo a sobrevivência e o crescimento de *C. multijuga*.

Essas projeções revelam a vulnerabilidade da *C. reticulata* e *C. multijuga* às mudanças do clima, com perdas significativas de habitat em vários estados. A conservação e adaptação às novas condições ambientais serão cruciais para a sobrevivência da espécie. As projeções climáticas mostram uma redução significativa de nicho ecológico das espécies nos próximos anos para os estados de Rondônia, Mato Grosso e Amazonas, que são, atualmente, locais de distribuição geográfica das espécies (Martins-Da-Silva *et al.*, 2008).

A vulnerabilidade das espécies em diferentes regiões da Amazônia reforça a necessidade de criar estratégias regionais diferenciadas, que devem considerar as particularidades de cada estado ou região. Essas estratégias não devem se limitar apenas à criação de áreas de proteção da vegetação, mas também incluir a restauração de áreas degradadas, o estabelecimento de corredores ecológicos, a educação ambiental e a integração com a comunidade local. O objetivo é atrelar não apenas o conhecimento científico, mas também o tradicional, para soluções eficazes na preservação das espécies.

7. CONCLUSÃO

A modelagem da distribuição geográfica atual das espécies *Copaifera multijuga* e *Copaifera reticulata* mostrou que essas espécies têm uma ampla distribuição na região amazônica, mas são vulneráveis às mudanças climáticas. As projeções indicam que as alterações climáticas podem reduzir significativamente suas áreas de ocorrência natural. A análise dos dados atuais fornece uma base sólida para a implementação de estratégias de conservação que considerem a manutenção das condições climáticas ideais nas áreas de ocorrência natural.

As projeções climáticas para os cenários futuros revelaram uma redução significativa no nicho ecológico das espécies nos estados de Rondônia, Mato Grosso e Amazonas. Essas mudanças representam uma ameaça considerável à sobrevivência das espécies, destacando a necessidade urgente de estratégias de mitigação e adaptação. A criação de áreas protegidas e a restauração ecológica são medidas essenciais para minimizar os impactos negativos e promover a resiliência das espécies.

A avaliação dos impactos das atividades antrópicas, como o desmatamento e a degradação do habitat, mostrou que essas práticas têm contribuído para a diminuição da área de ocorrência das espécies de *Copaifera*. A análise integrada utilizando dados do MapBiomas e do PRODES permitiu identificar as áreas mais afetadas e quantificar a perda de habitat. Este conhecimento é crucial para direcionar esforços de conservação e promover práticas de uso sustentável dos recursos naturais.

Com base nos resultados da modelagem e análise dos impactos ambientais, é evidente a necessidade de implementar estratégias de conservação eficazes. A criação de corredores ecológicos, a restauração de áreas degradadas e o engajamento das comunidades locais são fundamentais para garantir a conservação a longo prazo das espécies *Copaifera multijuga* e *Copaifera reticulata*. Essas ações não apenas contribuem para a preservação das espécies, mas também para a manutenção da biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos na região amazônica.

8. REFERÊNCIAS

- AHMADI, K.; ALAVI, S. J.; AMIRI, G. Z.; HOSSEINI, S. M.; SERRA-DIAZ, J. M.; SVENNING, J. C. The potential impact of future climate on the distribution of European yew (*Taxus baccata* L.) in the Hyrcanian Forest region (Iran). **International Journal Of Biometeorology**, v. 64, n. 9, p. 1451-1462, 2020.
- AIELLO-LAMMENS, M. E.; BORJA, R. A.; RADOSAVLJEVIC, A.; VILELA, B.; ANDERSON, R.P. SpThin: an r package for spatial thinning of species occurrence records for use in ecological niche models. **Ecography**, v. 38, n. 5, p. 541-545, 2015.
- ALEIXO, I.; NORRIS, D.; HEMERIK, L.; BARBOSA, A.; PRATA, E.; COSTA, F.; POORTER, L. Amazonian rainforest tree mortality driven by climate and functional traits. **Nature Climate Change**, v. 9, n. 5, p. 384-388, 2019.
- ALENCAR, J. C. Estudos silviculturais de uma população natural de *Copaifera multijuga* Hayne-Leguminosae, na Amazônia Central. 2 - Produção de óleo-resina. **Acta Amazonica**, v. 12, n. 1, p. 75-89, 1982.
- ALLAN, R. P; SODEN, B. J; JOHN, V. O; INGRAM, W.; GOOD, P. Current changes in tropical precipitation. **Environmental Research Letters**, v. 5, n. 2, p. 025205, 2010.
- ALLEN, J. M.; BRADLEY, B. A. Out of the weeds? Reduced plant invasion risk with climate change in the continental United States. **Biological Conservation**, v. 203, p. 306-312, 2016.
- ALLOUCHE, O.; TSOAR, A.; KADMON, R. Assessing the accuracy of species distribution models: prevalence, kappa and the true skill statistic (tss). **Journal Of Applied Ecology**, v. 43, n. 6, p. 1223-1232, 2006.
- AMATULLI, G.; DOMISCH, S.; TUANMU, M. N.; PARMENTIER, B.; RANIPETA, A.; MALCZYK, J.; JETZ, W. A suite of global, cross-scale topographic variables for environmental and biodiversity modeling. **Scientific Data**, v. 5, n. 1, 2018.
- ANDRADE, A. F. A.; VELAZCO, S. J. E.; MARCO JÚNIOR, P. ENMTML: an r package for a straightforward construction of complex ecological niche models. **Environmental Modelling & Software**, v. 125, p. 104615, 2020.
- ARAÚJO, M. B.; PETERSON, A. Townsend. Uses and misuses of bioclimatic envelope modeling. **Ecology**, v. 93, n. 7, p. 1527-1539, 2012.
- AWUCHI, C. G.; UKPE, A. E.; ASOEGWU, C. R.; UYO, C.; NGOKA, K. E. Environmental Impacts of Food and Agricultural Production: A Systematic Review. **European Academic Research**, v. 8, n. 2, p. 1120-1135, 2020.
- BACCINI, A.; GOETZ, S. J.; WALKER, W. S.; LAPORTE, N. T.; SUN, M.; SULLAMENASHE, D.; HACKLER, J.; BECK, P. S. A.; DUBAYAH, R.; FRIEDL, M. A. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. *Nature Climate Change*, v. 2, n. 3, p. 182-185, 2012.
- BARBOSA, K. S.; SCUDELLER, V. V. Distribuição das espécies do gênero *Copaifera* L. na Amazônia Legal e aspectos morfológicos de *C. multijuga* Hayne da Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Tupé, Manaus-Am. In: SANTOS-SILVA, Edinaldo Nelson;

SCUDELLER, V. V. **Biotupé: Meio Físico, Diversidade Biológica e Sociocultural do Baixo Rio Negro, Amazônia Central** volume. 2. ed. Manaus: Uea, 2009. Cap. 11. p. 135-142.

BARROS, H. S.; FEARNSIDE, P. M. Soil carbon stock changes due to edge effects in central Amazon forest fragments. **Forest Ecology and Management**, v. 379, p. 30-36, 2016.

BARTH, O. M.; BARBOSA, A. F. Catálogo sistemático dos pólenes das plantas arbóreas do Brasil Meridional: xii - palmae. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, v. 69, n. 3, p. 425-433, 1971.

BENNETT, A. C.; SOUSA, T. R.; MONTEAGUDO-MENDOZA, A.; ESQUIVEL-MUELBERT, A.; MORANDI, P. S.; SOUZA, F. C.; CASTRO, W.; DUQUE, L. F.; LLAMPAZO, G. F.; SANTOS, R. M. Sensitivity of South American tropical forests to an extreme climate anomaly. **Nature Climate Change**, v. 13, n. 9, p. 967-974, 2023.

BITETTI, M. S.; VIDAL, E. M. L.; BALDOVINO, M. C.; BENESOVSKY, V.. Sleeping site preferences in tufted capuchin monkeys (*Cebus apella nigrinus*). **American Journal Of Primatology**, v. 50, n. 4, p. 257-274, 2000.

BRANDO, P. M.; SOARES-FILHO, B.; RODRIGUES, L.; ASSUNÇÃO, A.; MORTON, D.; TUCHSCHNEIDER, D.; FERNANDES, E. C. M.; MACEDO, M. N.; OLIVEIRA, U.; COE, M. T.. The gathering firestorm in southern Amazonia. **Science Advances**, v. 6, n. 2, 2020.

BROWN, J. L. SDMtoolbox: a python :based gis toolkit for landscape genetic, biogeographic and species distribution model analyses. **Methods In Ecology and Evolution**, v. 5, n. 7, p. 694-700, 2014.

BROWN, Jason L.; BENNETT, Joseph R.; FRENCH, Connor M.. SDMtoolbox 2.0: the next generation python-based gis toolkit for landscape genetic, biogeographic and species distribution model analyses. Peerj, [S.L.], v. 5, p. e4095, 5 dez. 2017. **PeerJ**. <http://dx.doi.org/10.7717/peerj.4095>.

BÜHNE, H. S. T.; TOBIAS, J. A.; DURANT, S. M.; PETTORELLI, N. Improving Predictions of Climate Change–Land Use Change Interactions. **Trends In Ecology & Evolution**, v. 36, n. 1, p. 29-38, 2021.

CARRANZA, T.; BALMFORD, A.; KAPOV, V.; MANICA, A. Protected Area Effectiveness in Reducing Conversion in a Rapidly Vanishing Ecosystem: the brazilian cerrado. **Conservation Letters**, v. 7, n. 3, p. 216-223, 2013.

CARVALHO, P. E. R. Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso de madeira. Brasília. Brasília: Embrapa-Cnpf/Spi, 1994. 639 p.

CASCON, V.; GILBERT, B. Characterization of the chemical composition of oleoresins of *Copaifera guianensis* Desf., *Copaifera duckei* Dwyer and *Copaifera multijuga* Hayne. **Phytochemistry**, v. 55, n. 7, p. 773-778, 2000.

CHAGAS, K. P. T.; LUCAS, F. M. F.; VIEIRA, F. A. Predictive modeling of *Mimosa tenuiflora* (Willd) Poir: how can climate change affect its potential distribution range?. **Floresta**, v. 50, n. 2, p. 1315, 2020.

COHEN, J. A Coefficient of Agreement for Nominal Scales. **Educational And Psychological Measurement**, v. 20, n. 1, p. 37-46, 1960.

CORADIN, L.; CAMILLO, J.; VIEIRA, I. C. G. **Espécies Nativas da Flora Brasileira de Valor Econômico Atual ou Potencial: Plantas para o Futuro - Região Norte**. Brasília: MMA, 2022. 1452 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/biodiversidade/manejo-euso-sustentavel/flora>. Acesso em: 12 dez. 2023.

CORDEIRO, A. L.; TOMAZ, J. S.; BEZERRA, C. S.; MENESES, C. H. S. G.; AGUIAR, A. V.; WREGE, M. S.; RAMOS, S. L. F.; LOPES, R.; FRAXE, T. J. P.; LOPES, M. T. G. Prediction of the Geographic Distribution and Conservation of Amazonian Palm Trees *Astrocaryum acaule* Mart. and *Astrocaryum aculeatum* Mart. **Revista Árvore**, v. 47, 2023.

CORREA, D. F.; BEYER, H. L.; POSSINGHAM, H. P.; THOMAS-HALL, S. R.; SCHENK, P.M. Biodiversity impacts of bioenergy production: microalgae vs. first generation biofuels. **Renewable And Sustainable Energy Reviews**, v. 74, p. 1131-1146, 2017

COSTA, J. A. S. **Estudos Taxonômicos, Biosistemáticos e Filogenéticos Em *Copaifera* L. (Leguminosae - Detarieae) Com Ênfase nas Espécies do Brasil, Extra-amazônico**. 2007. 266 f. Tese (Doutorado) - Curso de Doutorado em Botânica, Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2007.

CÔTÉ, I. M.; REYNOLDS, J. D. Predictive Ecology to the Rescue? *Science*, v. 298, n. 5596, p. 1181-1182, 2002.

COX, P. M.; PEARSON, D.; BOOTH, B. B.; FRIEDLINGSTEIN, P.; HUNTINGFORD, C.; JONES, C. D.; LUKE, C. M. Sensitivity of tropical carbon to climate change constrained by carbon dioxide variability. **Nature**, v. 494, n. 7437, p. 341-344, 2013.

CUPERTINO-EISENLOHR, M. A.; VINÍCIUS-SILVA, R.; MEIRELES, L. D.; EISENLOHR, P. V.; MEIRA-NETO, J. A. A.; SANTOS-GONÇALVES, A. P.a. Stability or breakdown under climate change? A key group of woody bamboos will find suitable areas in its richness center. **Biodiversity And Conservation**, v. 26, n. 8, p. 1845-1861, 2017.

DAVIDSON, E. A.; ARAÚJO, A. C.; ARTAXO, P.; BALCH, J. K.; BROWN, I. F.; BUSTAMANTE, M. M. C.; COE, M. T.; DEFRIES, R. S.; KELLER, M.; LONGO, M. The Amazon basin in transition. **Nature**, v. 481, n. 7381, p. 321-328, 2012.

DUCKE, A. Neue Arten aus der Hylaea Brasiliens. **Notizblatt Des Königl. Botanischen Gartens Und Museums Zu Berlin**, v. 11, n. 106, p. 471, 932.

DWYER, J. D. The Central American, West Indian, and South American Species of *Copaifera* (Caesalpiniaceae). **Brittonia**, v. 7, n. 3, p. 143, 1951. ELTON, C. **Animal Ecology**. The Macmillan Company, p. 256, 1927.

DYER, R. A.; MILNE-REDHEAD, E. Notes on the Flora of Southern Africa: v. the genus *ruellia* in thunberg's herbarium. **Bulletin Of Miscellaneous Information (Royal Gardens, Kew)**, v. 1934, n. 6, p. 264, 1934

ERB, K. H.; KASTNER, T.; PLUTZAR, C.; BAIS, A. L. S.; CARVALHAIS, N.; FETZEL, T.; GINGRICH, S.; HABERL, H.; LAUK, C.; NIEDERTSCHEIDER, M. Unexpectedly large

impact of forest management and grazing on global vegetation biomass. **Nature**, v. 553, n. 7686, p. 73-76, 2017.

FEARNSIDE, P. M. Deforestation in Brazilian Amazonia: history, rates, and consequences. **Conservation Biology**, v. 19, n. 3, p. 680-688, 2005.

FEARNSIDE, P. M. Greenhouse gases from deforestation in Brazilian Amazonia: net committed emissions. **Climatic Change**, v. 35, n. 3, p. 321-360, 1997.

FERREIRA, L. A.; BRAZ, E. M. Avaliação do potencial de extração e comercialização da oleoresina de copaíba (*Copaifera* spp.). **Advances in Economic Botany**, Nova York, páginas 1 - 22, 2001.

FERRO, V. G.; LEMES, P.; MELO, A.S.; LOYOLA, R. The Reduced Effectiveness of Protected Areas under Climate Change Threatens Atlantic Forest Tiger Moths. **Plos One**, v. 9, n. 9, p. 107792-107802, 2014.

FIELDING, A. H.; BELL, J. F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. **Environmental Conservation**, v. 24, n. 1, p. 38-49, 1997.

FREITAS, C. H.; MARTINS, F. B. Thermal Requirements and Photoperiod Influence in the Leaf Development of Two Forest Species. **Floresta e Ambiente**, v. 26, n. 4, 2019.

FRIEDLINGSTEIN, P.; O'SULLIVAN, M.; JONES, M. W.; ANDREW, R. M.; HAUCK, J.; OLSEN, A.; PETERS, G. P.; PETERS, W.; PONGRATZ, J.; SITCH, S. Global Carbon Budget 2020. **Earth System Science Data**, v. 12, n. 4, p. 3269-3340, 2020.

GAUSE, G. F. The Struggle for Existence. **Zoological Institute, Malaia Bronnaia** 12, Kv. 33, p. 129, 1934.

GAZOL, A.; CAMARERO, J. J.; VICENTE-SERRANO, S. M.; SÁNCHEZ-SALGUERO, R.; GUTIÉRREZ, E.; LUIS, M.; SANGÜESA-BARREDA, G.; NOVAK, K.; ROZAS, V.; TÍSCAR, P. A. Forest resilience to drought varies across biomes. **Global Change Biology**, v. 24, n. 5, p. 2143-2158, 2018.

GOMES, L. M.; BEZERRA, C. S.; AGUIAR, A. V.; WREGE, M. S.; LOPES, M. T. G. Prediction of the natural distribution and conservation of *Urena lobata* L. in Brazil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, 2022.

GOMES, V. H. F.; VIEIRA, I. C. G.; SALOMÃO, R. P.; STEEGE, H. T. Amazonian tree species threatened by deforestation and climate change. **Nature Climate Change**, v. 9, n. 7, p. 547-553, 2019.

GRINNELL, J. Field Tests of Theories Concerning Distributional Control. **The American Naturalist**, v. 51, n. 602, p. 115-128, 1917.

GUISAN, A.; THUILLER, W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. **Ecology Letters**, v. 8, n. 9, p. 993-1009, 2005.

GUISAN, A.; THUILLER, W.; ZIMMERMANN, Niklaus E. Habitat Suitability and Distribution Models. **Ecology, Biodiversity and Conservation**, 2017. Cambridge University Press.

GUO, Q.; LIU, Y. ModEco: an integrated software package for ecological niche modeling. **Ecography**, v. 33, n. 4, p. 637-642, 2010.

HAMMOND, W. M.; WILLIAMS, A. P.; ABATZOGLOU, J. T.; ADAMS, H. D.; KLEIN, T.; LÓPEZ, R.; SÁENZ-ROMERO, C.; HARTMANN, H.; BRESHEARS, D. D.; ALLEN, C.D. Global field observations of tree die-off reveal hotter-drought fingerprint for Earth's forests. **Nature Communications**, v. 13, n. 1, 2022.

HARBORNE, J.B.; BOULTER, D.; TURNER, B.L. Chemotaxonomy of the Leguminosae. London: Academic Press, 1971. p. 1.

HE, J.; LU, K.; FOSU, B.; FUEGLISTALER, S. A. Diverging hydrological sensitivity among tropical basins. **Nature Climate Change**, p. 1-2, 2024.

HE, X.; LIANG, J.; ZENG, G.; YUAN, Y.; LI, X. The Effects of Interaction between Climate Change and Land-Use/Cover Change on Biodiversity-Related Ecosystem Services. **Global Challenges**, v.3, n. 9, p. 1800095, 2019.

HECK, M.C.; VIANA, L. Á.; VICENTINI, V. E. P.. A relevância do óleo de *Copaifera* sp. (copaíba) para a saúde. **Revista Saúde e Biologia**, Campo Mourão, v. 7, n. 1, p. 82 - 90, 2012.

HERNÁNDEZ-RUIZ, J.; HERRERA-CABRERA, B. E.; DELGADO-ALVARADO, A.; SALAZAR-ROJAS, V. M.; BUSTAMANTE-GONZALEZ, Á.; CAMPOS-CONTRERAS, J. E.; RAMÍREZJUAREZ, J.. Distribución potencial y características geográficas de poblaciones silvestres de *Vanilla planifolia* (Orchidaceae) en Oaxaca, México. **Revista de Biología Tropical**, v. 64, n. 1, p. 251-262, 2016.

HIJMANS, R. J.; ELITH, J. Species distribution modeling with R. R package version 0.8-11, 013. Disponível em: <<https://rspace.org/sdm/>>. Acesso em: 20 de Fevereiro de 2023

HIRZEL, A. H.; HAUSSER, J.; CHESSEL, D.; PERRIN, N. ECOLOGICAL-NICHE FACTOR ANALYSIS: how to compute habitat-suitability maps without absence data?. **Ecology**, v. 83, n. 7, p. 2027-2036, 2002.

HOU, D. B. Studies in Malesian Caesalpinoideae (Leguminosae). I. The genera *Acrocarpus*, *Afzelia*, *Copaifera*, and *Intsia*. **Blumea: Biodiversity, Evolution and Biogeography of Plants**, v.38, n.2, p.313–330, 1994.

HOUGHTON, R. A. Aboveground Forest Biomass and the Global Carbon Balance. **Global Change Biology**, v. 11, n. 6, p. 945-958, 2005.

HOUGHTON, R. A.; NASSIKAS, A. A. Global and regional fluxes of carbon from land use and land cover change 1850–2015. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 31, n. 3, p. 456-472, 2017.

HUTCHINSON, G. E. Concluding Remarks. **Csh symposia**, v. 22, n. 0, p. 415–427, 1957.

IBÁÑEZ, I.; ACHARYA, K.; JUNO, E.; KAROUNOS, C.; LEE, B. R.; MCCOLLUM, C.; SCHAFFER-MORRISON, S.; TOURVILLE, J. Forest resilience under global environmental change: do we have the information we need? a systematic review. **Plos One**, v. 14, n. 9, p.12, 2019.

INPE. **Prodes Amazônia. Monitoramento do Desflorestamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite.** 2023 Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. Acesso em: 25 de outubro de 2023

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). Summary for Policymakers. Climate Change 2013 – The Physical Science Basis, v. 1535, n. 1523, p. 1-30, 2014. **Cambridge University Press**. <http://dx.doi.org/10.1017/cbo9781107415324.004>.

Intergovernmental Panel on Climate Change. (2022). Climate Change and Land: IPCC Special Report on Climate Change, Desertification, Land Degradation, Sustainable Land Management, Food Security, and Greenhouse Gas Fluxes in Terrestrial Ecosystems. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/9781009157988

IPBES. Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. **Zenodo**, [S.L.], 4 maio 2019. Zenodo. <http://dx.doi.org/10.5281/ZENODO.6417333>.

ISRIC. **SoilGrids — global gridded soil information.** Disponível em: <<https://www.isric.org/explore/soilgrids>>. Acesso em: 5 fev. 2023

JACTEL, H.; KORICHEVA, J.; CASTAGNEYROL, B. Responses of forest insect pests to climate change: not so simple. **Current Opinion in Insect Science**, v. 35, p. 103-108, 2019.

JIMÉNEZ-VALVERDE, A.; LOBO, J. M.; HORTAL, J. Not as good as they seem: the importance of concepts in species distribution modelling. **Diversity And Distributions**, v. 14, n. 6, p. 885-890, 2008.

KAMINO, L.H. Y.; STEHMANN, J. R.; AMARAL, S.; MARCO, P.; RANGEL, T. F.; SIQUEIRA, M. F.; GIOVANNI, R.; HORTAL, J. Challenges and perspectives for species distribution modelling in the neotropics. **Biology Letters**, v. 8, n. 3, p. 324-326, 2011.

KAPLAN, J. O.; KRUMHARDT, K. M.; ELLIS, E. C.; RUDDIMAN, W. F.; LEMMEN, C.; GOLDEWIJK, K. K. Holocene carbon emissions as a result of anthropogenic land cover change. **The Holocene**, v. 21, n. 5, p. 775-791, 2010.

KASS, J. M.; VILELA, B.; AIELLO-LAMMENS, M. E.; MUSCARELLA, R.t; MEROW, C.; ANDERSON, R. P. Wallace: a flexible platform for reproducible modeling of species niches and distributions built for community expansion. **Methods In Ecology and Evolution**, v. 9, n. 4, p. 1151-1156, 2018.

KEARNEY, M. Habitat, environment and niche: what are we modelling?. **Oikos**, v. 115, n. 1, p. 186-191, 2006.

KEARNEY, M.; SIMPSON, S. J.; RAUBENHEIMER, D.; HELMUTH, B. Modelling the ecological niche from functional traits. **Philosophical Transactions Of The Royal Society B: Biological Sciences**, v. 365, n. 1557, p. 3469-3483, 2010.

KRUID, S.; MACEDO, M. N.; GORELIK, S. R.; WALKER, W.; MOUTINHO, P.; BRANDO, P. M.; CASTANHO, A.; ALENCAR, A.; BACCINI, A.; COE, M. T. Beyond Deforestation: carbon emissions from land grabbing and forest degradation in the brazilian amazon. **Frontiers In Forests and Global Change**, v. 4, p. 1-2, 2021.

LEITE, A. M. C.e; LLERAS, E. Áreas prioritárias na Amazônia para conservação dos recursos genéticos de espécies florestais nativas: fase preliminar. **Acta Botanica Brasilica**, v. 7, n. 1, p. 61-94, 1993.

LEMES, P.; MELO, A. S.; LOYOLA, R. D. Climate change threatens protected areas of the Atlantic Forest. **Biodiversity And Conservation**, v. 23, n. 2, p. 357-368, 2013.

LÉONARD, J. Notes Systématiques et CécidologiquES sur les Espèces du Genre Hymenocardia WALL. (Euphorbiacées). **Bulletin de La Société Royale de Botanique de Belgique / Bulletin van de Koninklijke Belgische Botanische Vereniging**, Cl. Sci, v. 30, p. 1, 1957.

LEROY, B.; DELSOL, R.; HUGUENY, B.; MEYNARD, C. N.; BARHOUMI, C.; BARBET-MASSIN, M.; BELLARD, C. Without quality presence-absence data, discrimination metrics such as TSS can be misleading measures of model performance. **Journal Of Biogeography**, v. 45, n. 9, p. 1994-2002, 2018.

LEWIS, W. H.; ELVIN-LEWIS, M. P. F. Medical Botany. New York: John Wiley and Sons, 1977. p. 293.

LIMA, V. P.; LIMA, R. A. F.; JONER, F.; SIDDIQUE, I.; RAES, N.; STEEGE, H. T. Climate change threatens native potential agroforestry plant species in Brazil. **Scientific Reports**, v. 12, n. 1, 2022.

LOUREIRO, A.; SILVA, M. **Catálogo das madeiras da Amazônia**. Belém: SUDAM, 1968. v. 2, 411p.

MACIEL, M. A. M.; PINTO, A. C.; VEIGA JUNIOR, V. F.; GRYNBERG, N. F.; ECHEVARRIA, A. Plantas medicinais: a necessidade de estudos multidisciplinares. **Química Nova**, v. 25, n. 3, p. 429-438, 2002.

MAHMOOD, R.; PIELKE, R. A.; HUBBARD, K. G.; NIYOGI, D.; DIRMEYER, P. A.; MCALPINE, C.; CARLETON, A. M.; HALE, R.; GAMEDA, S.; BELTRÁN-PRZEKURAT, A. Land cover changes and their biogeophysical effects on climate. **International Journal of Climatology**, v. 34, n. 4, p. 929-953, 2013.

MapBiomass (Brasil) (org.). Plataforma Brasil. 2024. Disponível em: <https://plataforma.brasil.mapbiomas.org/>. Acesso em: 10 jan. 2024.

MARTINS-DA-SILVA, R. C. V.; PEREIRA, J. F.; LIMA, H. C. O gênero *Copaifera* (Leguminosae - Caesalpinioideae) na Amazônia brasileira. **Rodriguésia**, v. 59, n. 3, p. 455-476, 2008.

MATRICARDI, E. A. T.; SKOLE, D. L.; COSTA, O. B.; PEDLOWSKI, M. A.; SAMEK, J. H.; MIGUEL, E. P.. Long-term forest degradation surpasses deforestation in the Brazilian Amazon. **Science**, v. 369, n. 6509, p. 1378-1382, 2020.

MEDEIROS, R. S.; VIEIRA, G. Sustainability of extraction and production of copaiba (*Copaifera multijuga* Hayne) oleoresin in Manaus, AM, Brazil. **Forest Ecology And Management**, v. 256, n. 3, p. 282-288, 2008.

NOGUEIRA JUNIOR, L. R.; TÔSTO, S. G.; FURTADO, A. L. S.; PEREIRA, L. C. **Serviços ecossistêmicos e pagamento por serviços ambientais: aspectos teóricos e estudo de caso**. Brasília-Df: Embrapa, 2022. 135 p. Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/1146442>. Acesso em: 25 out. 2022.

OIMT. Reseña anual y evaluación de la situación mundial de las maderas. Organización Internacional de las Maderas Tropicales 2020. Yokohama, Japón. OIMT. 2020. 222 p

OIMT. Reseña anual y evaluación de la situación mundial de las maderas. Organización Internacional de las Maderas Tropicales 2021. Yokohama, Japón. OIMT. 2021. 229 p

OIMT. Reseña anual y evaluación de la situación mundial de las maderas. Organización Internacional de las Maderas Tropicales 2022. Yokohama, Japón. OIMT. 2022. 205 p.

OLIVEIRA, U.; SOARES-FILHO, B. S.; PAGLIA, A. P.; BRESCOVIT, A. D.; CARVALHO, C. J. B. de; SILVA, D. P.; REZENDE, D. T.; LEITE, F. S. F.; BATISTA, J. A. N.; BARBOSA, J. P. P. P. Biodiversity conservation gaps in the Brazilian protected areas. **Scientific Reports**, v. 7, n. 1, p. 1-9, 2017.

ONDO, I.; THUILLER, W.; GUEGUEN, M.; PIRONON, S. A new R application for Modelling Species Distribution. Unpublished, 2019. **Unpublished**. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.23431.83363>.

PADILLA, M.; OLOFSSON, P.; STEHMAN, S. V.; TANSEY, K.; CHUVIECO, E. Stratification and sample allocation for reference burned area data. **Remote Sensing Of Environment**, v. 203, p. 240-255, 2017.

PALOMO-KUMUL, J.; VALDEZ-HERNÁNDEZ, M.; ISLEBE, G. A.; CACH-PÉREZ, Manuel J.; ANDRADE, J. L. El Niño-Southern Oscillation affects the water relations of tree species in the Yucatan Peninsula, Mexico. **Scientific Reports**, v. 11, n. 1, 2021.

PAYNE, J. L.; BUSH, A. M.; HEIM, N. A.; KNOPE, M. L.; MCCAULEY, D. J. Ecological selectivity of the emerging mass extinction in the oceans. **Science**, v. 353, n. 6305, p. 1284-1286, 2016.

PEREIRA, J. L. G.; FERREIRA, L. V. Suscetibilidade das áreas protegidas da Amazônia Legal ao desflorestamento. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 15, n. 2, p. 445-463, 2020.

PERFECTO, D R.; VÉLIZ, L M.; CASTAÑEDA, M. M.; LUNA, A. C. Un producto natural de posible apoyo al tratamiento de la periodontitis: revisión bibliográfica. **Avances En Odontoestomatología**, v. 36, n. 3, p. 143-149, 2020.

PERROT, E. Matières premières usuelles du Règne végétal. **Thérapeutique. Hygiène. Industrie, Paris**, v. 1944, 1943.

PETERSON, A. R.; MARTÍNEZ-MEYER, E.; NAKAMURA, M.; ARAÚJO, M. B.; PETERSON, A. T.; SOBERÓN, J.; PEARSON, R. G. Ecological Niches and Geographic Distributions (MPB-49). **Monographs In Population Biology**, Princeton, v. 29, p. 328, 2011.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; DUDÍK, M.; SCHAPIRE, R. E.; BLAIR, M. E. Opening the black box: an open source release of maxent. **Ecography**, v. 40, n. 7, p. 887-893, 2017.

PHILLIPS, S. J.; ANDERSON, R. P.; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**, v. 190, n. 3-4, p. 231-259, 2006.

PIERI, F.A.; MUSSI, M.C.; MOREIRA, M.A.S. Óleo de copaíba (*Copaifera* sp.): histórico, extração, aplicações industriais e propriedades medicinais. **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 11, n. 4, p. 465-472, 2009.

PONGRATZ, J.; REICK, C.; RADDATZ, T.; CLAUSSEN, M. A reconstruction of global agricultural areas and land cover for the last millennium. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 22, n. 3, 2008.

QIN, Y.; XIAO, X.; WIGNERON, J. P.; CIAIS, P.; BRANDT, M.; FAN, L.; LI, X.; CROWELL, S.; WU, X.; DOUGHTY, R. Carbon loss from forest degradation exceeds that from deforestation in the Brazilian Amazon. **Nature Climate Change**, v. 11, n. 5, p. 442-448, 2021.

RAMANKUTTY, N.; FOLEY, J. A. Estimating historical changes in global land cover: croplands from 1700 to 1992. **Global Biogeochemical Cycles**, v. 13, n. 4, p. 997-1027, 1999.

REHMAN, A.; MA, H.; AHMAD, M.; IRFAN, M.; TRAORE, O.; CHANDIO, A. A. Towards environmental Sustainability: devolving the influence of carbon dioxide emission to population growth, climate change, forestry, livestock and crops production in pakistan. **Ecological Indicators**, v. 125, p. 107460, 2021.

RIBEIRO, P. S.; GOMES, D. J. C.; SOUZA, E. B.; NASCIMENTO, M. M. M.; NASCIMENTO, J. C. S.; OLIVEIRA, M. R. S.; ROCHA, M. C. Influência do desflorestamento na temperatura do ar, Estado do Pará. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 16, n. 1, p. 165-176, 2023.

RIGAMONTE-AZEVEDO, O. C.; WADT, P. G. S.; WADT, L. G. O. **Copaíba: Ecologia e Produção de Óleo-Resina**. Acre: Embrapa, 2004. 28 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/501674/1/doc91.pdf>. Acesso em: 26 out. 2023.)

RODRIGUES, E.C.R.; FERREIRA, A. M.; VILHENA, J. C.; ALMEIDA, F. B.; CRUZ, R. A. S.; FLORENTINO, A. C.; SOUTO, R. N.P.; CARVALHO, J. C.T.; FERNANDES, C. P.. Development of a larvicidal nanoemulsion with Copaiba (*Copaifera duckei*) oleoresin. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v. 24, n. 6, p. 699-705, 2014.

RODRIGUES, R.C.; SOUZA, J.B.B. Utilização do óleo de copaíba no tratamento e cicatrização de lesões. **Revista Interdisciplinar de Ciências Médicas – Anais**, 2017

ROSÁRIO, M. J.; SOUZA, M. F.; ROCHA, G. R. Desenvolver a Amazônia com justiça ambiental: questões para repensar os problemas da educação regional. **Revista Lusófona de Educação**, Lisboa, v. 52, p. 201-214, 2021.

ROSSI, J. P.; GARCIA, J.; ROQUES, A.; ROUSSELET, J. Trees outside forests in agricultural landscapes: spatial distribution and impact on habitat connectivity for forest organisms. **Landscape Ecology**, v. 31, n. 2, p. 243-254, 2015.

SAATCHI, S. S.; HARRIS, N. L.; BROWN, S.; LEFSKY, M.; MITCHARD, E. T. A.; SALAS, W.; ZUTTA, B. R.; BUERMANN, W.; LEWIS, S. L.; HAGEN, Stephen. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. **Proceedings Of the National Academy Of Sciences**, v. 108, n. 24, p. 9899-9904, 31 2011.

SALES, L. P.; RODRIGUES, L.; MASIERO, R. Climate change drives spatial mismatch and threatens the biotic interactions of the Brazil nut. **Global Ecology and Biogeography**, v. 30, n. 1, p. 117-127, 2020.

SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, D.; LOBO, J. M.; HERNÁNDEZ-MANRIQUE, O. L. Species distribution models that do not incorporate global data misrepresent potential distributions: a case study using iberian diving beetles. **Diversity And Distributions**, v. 17, n. 1, p. 163-171, 2010.

SANTORO, M.; CARTUS, O.; CARVALHAIS, N.; ROZENDAAL, D. M. A.; AVITABILE, V.; ARAZA, A.; BRUIN, S.; HEROLD, M.; QUEGAN, S.; RODRÍGUEZ-VEIGA, P.. The global forest above-ground biomass pool for 2010 estimated from high-resolution satellite observations. **Earth System Science Data**, v. 13, n. 8, p. 3927-3950, 2021.

SANTOS, N. Fenologia Rodriguesia. **Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v. 31, p. 223, 1979.

SCIAMARELLI, A. Áreas de adequabilidade ambiental de uma essência nativa brasileira variam com os dados dos satélites Aqua e Terra - MODIS/EVI? **Brazilian Journal Of Development**, v. 6, n. 5, p. 31672-31682, 2020.

SILLERO, N. What does ecological modelling model? A proposed classification of ecological niche models based on their underlying methods. **Ecological Modelling**, v. 222, n. 8, p. 1343-1346, 2011.

SILLERO, N.; ARENAS-CASTRO, S.; ENRIQUEZ-URZELAI, U.; VALE, C. G.; SOUSA-GUEDES, D.; MARTÍNEZ-FREIRÍA, F.; REAL, R.; BARBOSA, A.M. Want to model a species niche? A step-by-step guideline on correlative ecological niche modelling. **Ecological Modelling**, v. 456, p. 109671, 2021.

SILVA, C.K. Potencial produtivo e de manejo de dois produtos florestais não madeireiros na região amazônica – o cipó titica (*Heteropsis* spp.) e o óleo de copaíba (*Copaifera* spp.). Tese de doutorado em Recursos Florestais, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2014, 145 páginas.

SILVA, Mizaél Cirineu da. **MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE NICHOS ECOLÓGICO PARA *Swietenia macrophylla* King NA AMAZÔNIA BRASILEIRA**. 2020. 72 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Universidade Federal Rural da Amazônia, Belém, 2020.

SOBERON, J.; PETERSON, A. Townsend. Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species' Distributional Areas. **Biodiversity Informatics**, v. 2, p.13, 2005.

SOHNGEN, B. Climate Change and Forests. **Annual Review Of Resource Economics**, v. 12, n. 1, p. 23-43, 2020.

SOUZA, D. A. T.; LIMA, A. A.; WREGE, M. S.; AGUIAR, A. V.; BEZERRA, C. S.; MENESES, C. H. S. G.; LOPES, R.; RAMOS, S. L. F.; PARANATINGA, I. L. D.; LOPES, M. T. G. Impacts of climate change on the natural distribution of species of lowland high and low in the Amazon. **Revista Árvore**, v. 48, p. 1-15, 2024.

STEEGE, H. T. PITMAN, N. C. A.; KILLEEN, T. J.; LAURANCE, W. F.; PERES, C. A.; GUEVARA, J. E.; SALOMÃO, R. P.; CASTILHO, C. V.; AMARAL, I. L.; MATOS, F. D. A.. Estimating the global conservation status of more than 15,000 Amazonian tree species. **Science Advances**, v. 1, n. 10, 2015.

TAN, J.; JAKOB, C.; ROSSOW, W. B.; TSELIOUDIS, G. Increases in tropical rainfall driven by changes in frequency of organized deep convection. **Nature**, v. 519, n. 7544, p. 451-454, 2015.

THUILLER, W.; LAFOURCADE, B.; ENGLER, R.; ARAÚJO, M. B. BIOMOD - a platform for ensemble forecasting of species distributions. **Ecography**, v. 32, n. 3, p. 369-373, 2009.

TOMAZ, J. S.; BEZERRA, C. de S.; AGUIAR, A. V.; WREGE, M. S.; LOPES, M. T. G. Predição da distribuição natural, habitat e conservação de *Stryphnodendron pulcherrimum* (Willd.) Hochr. frente às mudanças climáticas globais. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, p. e72422, 2022.

VAN MARLE, M. J. E.; FIELD, R. D.; WERF, G. R. V. D.; WAGT, I. A. Estrada de; HOUGHTON, R. A.; RIZZO, L. V.; ARTAXO, P.; TSIGARIDIS, K. Fire and deforestation dynamics in Amazonia (1973-2014). **Global Biogeochemical Cycles**, v. 31, n. 1, p. 24-38, 2017.

VEIGA JUNIOR, V. F.; PINTO, A. C. O gênero *Copaifera* L. **Química Nova**, v. 25, n. 2, p. 273-286, 2002.

VELAZCO, S. J. E.; GALVÃO, F.; VILLALOBOS, F.; MARCO JÚNIOR, P. Using worldwide edaphic data to model plant species niches: an assessment at a continental extent. **Plos One**, v. 12, n. 10, 2017.

WALKER, W. S.; GORELIK, S. R.; BACCINI, A.; ARAGON-OSEJO, J. L.; JOSSE, C.; MEYER, C.; MACEDO, Ma. N.; AUGUSTO, C.; RIOS, S.; KATAN, T. The role of forest conversion, degradation, and disturbance in the carbon dynamics of Amazon indigenous territories and protected areas. **Proceedings Of the National Academy of Sciences**, v. 117, n. 6, p. 3015-3025, 2020.

WOLFF, N. H.; MASUDA, Y. J.; MEIJAARD, E.; WELLS, J. A.; GAME, E. T. Impacts of tropical deforestation on local temperature and human well-being perceptions. **Global Environmental Change**, v. 52, p. 181-189, 2018.

XU, L.; SAATCHI, S. S.; YANG, Y.; YU, Y.; PONGRATZ, J.; BLOOM, A. A.; BOWMAN, K.; WORDEN, J.; LIU, J.; YIN, Y.. Dataset for. **Science Advances**, v. 8, n. 27, p. 1-2, 2021.

APÊNDICE

Apêndice 1. Resultado completo da Análise de Componentes Principais das variáveis preditoras.

Variáveis	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7	PC8	PC9	PC10	PC11	PC12	PC13
wrb	-0,11458	-0,0231	-0,14908	0,158556	-0,01031	0,283793	-0,41646	0,212173	0,778496	-0,13829	-0,03111	0,008004	-0,08343
soc30	-0,00608	0,286172	-0,04986	-0,13837	0,056734	-0,10422	-0,24807	0,24136	-0,23096	-0,0565	-0,49716	0,036124	-0,33514
slope1	-0,07464	0,191355	0,258262	0,177329	-0,02772	-0,02934	0,08239	0,164578	0,152849	0,755026	0,205173	0,264606	-0,02549
silt30	0,037226	0,093855	-0,28839	0,482277	-0,02161	0,13599	-0,2789	-0,07713	-0,35209	-0,06545	0,321169	0,201875	-0,14612
sand30	-0,11923	-0,10505	0,223434	-0,54191	0,013568	-0,09989	-0,14042	0,114683	0,090487	0,05009	0,094555	-0,08247	0,099178
phh2o30	-0,23567	-0,10369	-0,07215	-0,01637	0,051909	0,154551	-0,08737	0,054959	-0,11982	0,118503	-0,12571	-0,00212	-0,14603
ocs30	0,001043	0,324382	-0,07666	0,125936	0,107179	-0,24399	-0,04898	0,015598	0,088538	0,061822	0,122289	-0,3079	0,230239
ocd30	-0,05273	0,320489	-0,01958	0,061128	0,201882	-0,27222	-0,05046	-0,03157	0,05554	0,100188	0,027912	-0,20307	0,129225
nitrogen30	-0,05227	0,312026	0,00848	-0,00568	0,188308	-0,17885	-0,17758	0,183941	-0,04074	-0,00821	-0,18432	0,051514	0,1624
elevation	-0,16104	0,076752	0,311522	0,199957	-0,34066	0,149301	-0,0177	0,006909	-0,07034	-0,02512	-0,00489	-0,19495	0,117834
clay30	0,153512	0,067082	-0,04364	0,348652	0,001734	0,011951	0,53855	-0,10094	0,243206	-0,0093	-0,5107	-0,08991	0,000443
cfvo30	-0,16704	0,085882	0,29759	0,032606	0,098345	0,338476	-0,09035	-0,03517	-0,11786	0,150835	-0,26593	0,20351	-0,04154
cec30	-0,16728	0,164914	-0,18987	0,092927	0,226154	0,121258	-0,07055	0,117738	-0,1219	0,021977	0,045035	-0,39521	0,085478
bio19	0,168017	0,145826	0,035756	-0,10786	0,107783	0,24477	-0,20906	-0,54508	0,036037	0,165442	-0,08629	-0,07788	0,03994
bio18	0,147508	0,118817	-0,11704	0,012744	-0,48316	-0,26417	0,009688	0,322616	0,016445	-0,07861	0,019626	0,217982	0,019709
bio17	0,13619	0,229983	-0,17832	-0,2048	-0,25654	0,272902	0,019011	0,047073	-0,05109	0,121453	-0,08513	-0,03733	0,074354
bio16	0,237186	0,085977	0,101286	0,002275	-0,10689	-0,15391	-0,20313	-0,25666	0,089178	-0,04474	-0,01026	0,086245	0,053072
bio15	-0,03757	-0,17633	0,353419	0,252276	-0,01363	-0,22425	-0,30251	-0,03134	-0,07623	-0,05848	-0,27811	0,065696	0,006873
bio14	0,126617	0,226686	-0,18592	-0,20823	-0,26758	0,286434	0,031676	0,069554	-0,05238	0,116878	-0,09589	-0,03833	0,084631
bio13	0,236015	0,083505	0,109995	0,011312	-0,09483	-0,14991	-0,1996	-0,25857	0,091588	-0,03484	-0,03399	0,083475	0,059509
bio12	0,232163	0,152515	-0,01574	-0,07458	-0,17983	-0,00991	-0,14035	-0,16414	0,034515	0,000638	0,011739	0,040154	0,040884
bio11	0,258607	-0,09202	0,066194	0,038067	0,07605	0,002389	-0,0384	0,14545	-0,01662	0,046239	0,009995	-0,09056	-0,03932
bio10	0,219524	-0,17933	-0,15315	-0,01552	0,11083	-0,03544	-0,05592	0,064314	0,001704	0,217011	-0,06048	-0,01767	-0,08007
bio09	0,249396	-0,07391	0,069476	-0,03656	0,181198	0,048238	-0,00161	0,033277	0,018133	0,024053	0,042779	-0,08785	-0,13422
bio08	0,218576	-0,16375	-0,09236	0,076457	-0,01294	-0,05603	-0,0917	0,206436	-0,05213	0,185985	-0,09847	-0,01921	0,049358
bio07	-0,21236	-0,12999	-0,21795	-0,0139	-0,16937	-0,17155	-0,07381	-0,19034	0,019288	0,188697	-0,08372	-0,08905	-0,08083
bio06	0,26304	-0,04979	0,04605	0,001898	0,161066	0,069331	-0,01564	0,119587	-0,01403	0,03413	0,027506	-0,02985	-0,02117
bio05	0,188319	-0,22586	-0,16908	-0,01247	0,071348	-0,07955	-0,10782	-0,01921	-0,00114	0,266142	-0,04906	-0,14784	-0,12461

bio04	-0,21098	-0,05189	-0,31267	-0,08929	-0,01008	-0,05455	0,007819	-0,18523	0,036191	0,18108	-0,09788	0,149298	-0,02445
bio03	0,198708	0,038392	0,287459	0,075181	-0,11552	0,257289	-0,03016	0,165898	-0,0907	-0,04853	0,114231	-0,3536	-0,10408
bio02	-0,16078	-0,18664	0,00703	0,088585	-0,40193	-0,14524	-0,13518	-0,08989	-0,04111	0,18831	-0,08945	-0,4689	-0,16462
bio01	0,250122	-0,13408	-0,02052	0,018882	0,081708	-0,02059	-0,04546	0,12862	-0,00793	0,113625	-0,02341	-0,0591	-0,05824
bdod30	0,013345	-0,3024	-0,1062	0,096893	-0,011	0,13155	-0,15496	0,108799	-0,14089	0,069177	-0,19732	0,062647	0,770045

Bio1 Temperatura média anual; Bio2 Média mensal da variação diária da temperatura (temp. máxima - temp. mínima); Bio3 Isotermalidade (Bioc2/Bioc7) (* 100); Bio4 Sazonalidade da temperatura (desvio padrão *100) ; Bio5 Temperatura máxima no mês mais quente Bio6 Temperatura mínima no mês mais frio; Bio7 Variação anual da temperatura (Bioc5-Bioc6); Bio8 Temperatura média no trimestre mais úmido Bio9 Temperatura média no trimestre mais seco; Bio10 Temperatura média no trimestre mais quente; Bio11 Temperatura média no trimestre mais frio; Bio12 Precipitação pluvial acumulada no ano; Bio13 Precipitação pluvial acumulada no mês mais úmido; Bio14 Precipitação pluvial acumulada no mês mais seco; Bio15 Sazonalidade da precipitação pluvial (coeficiente de variação); Bio16 Precipitação pluvial acumulada no trimestre mais úmido; Bio17 Precipitação pluvial acumulada no trimestre mais seco; Bio18 Precipitação pluvial acumulada no trimestre mais quente; Bio19 Precipitação pluvial acumulada no trimestre mais frio. pH ($-\log_{10}[\text{H}^+]$); ocd- teor de carbono orgânico do solo (dg/m³); cfvo- densidade aparente, teor de fragmentos grossos (cm³/dm³); sand - teor de areia (g/kg); silt - teor de silte (g/kg); clay - teor de argila (g/kg); cec - capacidade de troca catiônica (mmol(c)/kg), nitrogen - nitrogênio total (cg/kg); ocd - densidade de carbono orgânico do solo (hg/m³); ocs - estoque de carbono orgânico (t/ha); wrb - probabilidade prevista de ocorrência do horizonte; elevation - elevação; slope – declividade.

Apêndice 2. Unidades de Conservação presente na área de distribuição potencial do período atual da *C. reticulata*.

Nome	Esfera	grupo	Área de nicho presente na UC
FLORESTA ESTADUAL MANICORÉ	Estadual	Uso Sustentável	833,6528
FLORESTA ESTADUAL SUCUNDURI	Estadual	Uso Sustentável	4810,6969
FLORESTA ESTADUAL RIO URUBU	Estadual	Uso Sustentável	270,511
FLORESTA ESTADUAL MAÚES	Estadual	Uso Sustentável	4498,5723
PARQUE ESTADUAL GUARIBA	Estadual	Proteção Integral	711,0034
PARQUE ESTADUAL RIO NEGRO SETOR SUL	Estadual	Proteção Integral	779,5102
PARQUE ESTADUAL RIO NEGRO SETOR NORTE	Estadual	Proteção Integral	1451,5494
PARQUE ESTADUAL SERRA DO ARACÁ	Estadual	Proteção Integral	17465,2147
PARQUE ESTADUAL SUCUNDURI	Estadual	Proteção Integral	7960,6417
PARQUE ESTADUAL SUMAÚMA	Estadual	Proteção Integral	0,5262
RESERVA BIOLÓGICA MORRO DOS SEIS LAGOS	Estadual	Proteção Integral	382,8774
PARQUE ESTADUAL DA SERRA DOS MARTÍRIOS/ANDORINHAS	Estadual	Proteção Integral	250,3181
PARQUE ESTADUAL DO UTINGA	Estadual	Proteção Integral	13,9768
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO ARQUIPÉLAGO DO MARAJÓ	Estadual	Uso Sustentável	23074,0312
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM	Estadual	Uso Sustentável	52,6965
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE SÃO GERALDO DO ARAGUAIA	Estadual	Uso Sustentável	263,5069
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA ILHA DO COMBU	Estadual	Uso Sustentável	9,7975
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL PAYTUNA	Estadual	Uso Sustentável	72,5811
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO LAGO DE TUCURUI	Estadual	Uso Sustentável	4552,7001
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ALCobaça	Estadual	Uso Sustentável	224,6157
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PUCURUÍ - ARARÃO	Estadual	Uso Sustentável	161,1409
RESERVA BIOLÓGICA DE MAICURU	Estadual	Proteção Integral	11731,5122
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO GRÃO PARÁ	Estadual	Proteção Integral	41707,5913
FLORESTA ESTADUAL DE FARO	Estadual	Uso Sustentável	6140,1116
FLORESTA ESTADUAL DE IRIRI	Estadual	Uso Sustentável	4392,4154
FLORESTA ESTADUAL DO TROMBETAS	Estadual	Uso Sustentável	31435,682
FLORESTA ESTADUAL DO PARU	Estadual	Uso Sustentável	36056,6343
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TRIUNFO DO XINGU	Estadual	Uso Sustentável	16796,4418
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL SERRA GRANDE	Estadual	Uso Sustentável	230,5805
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL RIO MACHADO	Estadual	Uso Sustentável	92,0448
ESTAÇÃO ECOLÓGICA SOLDADO DA BORRACHA	Estadual	Proteção Integral	1790,8104
FLORESTA ESTADUAL DO RIO PARDO	Estadual	Uso Sustentável	308,3327
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO PARDO	Estadual	Uso Sustentável	1138,1423

PARQUE ESTADUAL ILHA DAS FLORES	Estadual	Proteção Integral	862,1685
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL LIMOEIRO	Estadual	Uso Sustentável	187,4961
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL BOM JARDIM	Estadual	Uso Sustentável	16,7964
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL LAGO DE SANTA ISABEL	Estadual	Uso Sustentável	177,1789
RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO GREGÓRIO	Estadual	Uso Sustentável	4248,3855
PARQUE ESTADUAL DE CORUMBIARA	Estadual	Proteção Integral	3757,4493
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO JUMA	Estadual	Uso Sustentável	5807,8479
PARQUE ESTADUAL ABAITARÁ	Estadual	Proteção Integral	1,5165
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO RIO NEGRO	Estadual	Uso Sustentável	1009,7838
FLORESTA ESTADUAL DE TAPAUÁ	Estadual	Uso Sustentável	7735,7276
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL IGAPÓ-AÇU	Estadual	Uso Sustentável	2792,117
RESERVA EXTRATIVISTA CANUTAMA	Estadual	Uso Sustentável	1979,6199
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO MATUPIRI	Estadual	Uso Sustentável	1770,1098
PARQUE ESTADUAL DO MATUPIRI	Estadual	Proteção Integral	5096,0052
FLORESTA ESTADUAL CANUTAMA	Estadual	Uso Sustentável	1505,8938
PARQUE ESTADUAL DE GUAJARÁ-MIRIM	Estadual	Proteção Integral	2211,7152
REFÚGIO DE VIDA SILVESTRE METRÓPOLE DA AMAZÔNIA	Estadual	Proteção Integral	59,2035
PARQUE ESTADUAL DO BACANGA	Estadual	Proteção Integral	28,5912
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DAS REENTRÂNCIAS MARANHENSES	Estadual	Uso Sustentável	478,823
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA BAIXADA MARANHENSE	Estadual	Uso Sustentável	2818,904
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE UPAON-AÇU / MIRITIBA / ALTO PREGUIÇAS	Estadual	Uso Sustentável	39,4048
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO ITAPIRACÓ	Estadual	Uso Sustentável	3,5533
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA REGIÃO DO MARACANÃ	Estadual	Uso Sustentável	19,3538
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO RIO ROOSEVELT	Estadual	Proteção Integral	979,6642
PARQUE ESTADUAL CRISTALINO	Estadual	Proteção Integral	590,1213
ESTAÇÃO ECOLÓGICA RIO FLOR DO PRADO	Estadual	Proteção Integral	85,3638
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL PEUGEOT-ONF-BRASIL	Estadual	Uso Sustentável	17,6028
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL CRISTALINO III	Estadual	Uso Sustentável	16,1742
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL DO RIO MADEIRA	Estadual	Uso Sustentável	2796,3259
ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLÓGICO JAPIIM PENTECOSTE	Estadual	Uso Sustentável	256,5432
PARQUE ESTADUAL CHARAPUCU	Estadual	Proteção Integral	650,8132
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL CRISTALINO I	Estadual	Uso Sustentável	24,5085
FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO ARARAS	Estadual	Uso Sustentável	10,8646
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO MADEIRA	Estadual	Uso Sustentável	56,3808
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO RIO IRATAPURU	Estadual	Uso Sustentável	8714,4589

ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO CURIAÚ	Estadual	Uso Sustentável	148,427
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL PURANGA CONQUISTA	Estadual	Uso Sustentável	856,6425
REFÚGIO DE VIDA SILVESTRE TABULEIRO DO EMBAUBAL	Estadual	Proteção Integral	7,6725
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL VITÓRIA DE SOUZEL	Estadual	Uso Sustentável	184,5071
PARQUE ESTADUAL DAS NASCENTES	Estadual	Proteção Integral	3138,7329
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ITAPARÁ - BOIAÇU	Estadual	Uso Sustentável	6207,0184
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL CAMPINA	Estadual	Uso Sustentável	1777,9801
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL XERIUINI	Estadual	Uso Sustentável	14575,8889
ESTAÇÃO ECOLÓGICA UMIRIZAL	Estadual	Proteção Integral	575,2941
PARQUE ESTADUAL SERRA RICARDO FRANCO	Estadual	Proteção Integral	1434,6372
PARQUE ESTADUAL IGARAPÉS DO JURUENA	Estadual	Proteção Integral	2238,1813
PARQUE ESTADUAL TUCUMÃ	Estadual	Proteção Integral	810,1047
PARQUE ESTADUAL SERRA SANTA BÁRBARA	Estadual	Proteção Integral	1204,3184
RESERVA EXTRATIVISTA GUARIBA-ROOSEVELT	Estadual	Uso Sustentável	1376,6989
PARQUE ESTADUAL DO XINGU	Estadual	Proteção Integral	953,2895
FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO RIO VERMELHO (C)	Estadual	Uso Sustentável	41,0136
FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO DO RIO MACHADO	Estadual	Uso Sustentável	1172,516
RESERVA EXTRATIVISTA ANGELIM	Estadual	Uso Sustentável	89,2891
RESERVA EXTRATIVISTA MARACATIARA	Estadual	Uso Sustentável	95,1165
RESERVA EXTRATIVISTA FREIJÓ	Estadual	Uso Sustentável	6,007
RESERVA EXTRATIVISTA PIQUIÁ	Estadual	Uso Sustentável	14,4978
RESERVA EXTRATIVISTA MOGNO	Estadual	Uso Sustentável	24,5172
RESERVA EXTRATIVISTA DO ITAÚBA	Estadual	Uso Sustentável	18,1536
RESERVA EXTRATIVISTA IPÊ	Estadual	Uso Sustentável	8,1548
RESERVA EXTRATIVISTA JATOBÁ	Estadual	Uso Sustentável	12,5303
RESERVA EXTRATIVISTA MASSARANDUBA	Estadual	Uso Sustentável	55,6855
RESERVA EXTRATIVISTA SUCUPIRA	Estadual	Uso Sustentável	30,5793
RESERVA EXTRATIVISTA CASTANHEIRA	Estadual	Uso Sustentável	99,2428
RESERVA EXTRATIVISTA AQUARIQUARA	Estadual	Uso Sustentável	179,2274
RESERVA EXTRATIVISTA ROXINHO	Estadual	Uso Sustentável	9,6365
RESERVA EXTRATIVISTA SERINGUEIRA	Estadual	Uso Sustentável	5,5619
RESERVA EXTRATIVISTA GARROTE	Estadual	Uso Sustentável	8,5984
FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO DO RIO MADEIRA "B"	Estadual	Uso Sustentável	473,5587
FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO MUTUM	Estadual	Uso Sustentável	112,2086
FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO TUCANO	Estadual	Uso Sustentável	7,2463

FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO GAVIÃO	Estadual	Uso Sustentável	4,558
FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO CEDRO	Estadual	Uso Sustentável	25,6811
ESTAÇÃO ECOLÓGICA SAMUEL	Estadual	Proteção Integral	689,926
RESERVA BIOLÓGICA RIO OURO PRETO	Estadual	Proteção Integral	591,3718
ESTAÇÃO ECOLÓGICA SERRA DOS TRÊS IRMÃOS	Estadual	Proteção Integral	889,5997
RESERVA BIOLÓGICA TRAÇADAL	Estadual	Proteção Integral	241,4955
RESERVA EXTRATIVISTA CURRALINHO	Estadual	Uso Sustentável	16,0975
RESERVA EXTRATIVISTA RIO PACAÁS NOVOS	Estadual	Uso Sustentável	3462,4561
RESERVA EXTRATIVISTA PEDRAS NEGRAS	Estadual	Uso Sustentável	1162,6458
PARQUE ESTADUAL SERRA DOS REIS	Estadual	Proteção Integral	364,3884
RESERVA EXTRATIVISTA RIO CAUTÁRIO	Estadual	Uso Sustentável	1462,619
RESERVA EXTRATIVISTA JACI-PARANÁ	Estadual	Uso Sustentável	1970,9274
RESERVA EXTRATIVISTA RIO PRETO-JACUNDÁ	Estadual	Uso Sustentável	1013,526
FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO PERIQUITO	Estadual	Uso Sustentável	11,5307
FLORESTA ESTADUAL DO AMAPÁ	Estadual	Uso Sustentável	23452,3476
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA FAZENDINHA	Estadual	Uso Sustentável	1,0979
PARQUE ESTADUAL CHANDLESS	Estadual	Proteção Integral	6925,1724
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL IGARAPÉ SÃO FRANCISCO	Estadual	Uso Sustentável	300,195
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL LAGO DO AMAPÁ	Estadual	Uso Sustentável	51,7673
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL AMANÃ	Estadual	Uso Sustentável	9612,2304
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ARIPUANÃ	Estadual	Uso Sustentável	2180,9539
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL BARARATI	Estadual	Uso Sustentável	1108,0919
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL CANUMÃ	Estadual	Uso Sustentável	219,3684
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL CUJUBIM	Estadual	Uso Sustentável	24219,2691
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL MAMIRAUÁ	Estadual	Uso Sustentável	5795,4591
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PIAGAÇU PURUS	Estadual	Uso Sustentável	7810,3355
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL RIO AMAPÁ	Estadual	Uso Sustentável	2143,1554
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL UACARÍ	Estadual	Uso Sustentável	6203,0066
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO UATUMÃ	Estadual	Uso Sustentável	4213,2513
RESERVA EXTRATIVISTA CATUÁ-IPIXUNA	Estadual	Uso Sustentável	1636,4855
RESERVA EXTRATIVISTA DO GUARIBA	Estadual	Uso Sustentável	1480,8048
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE PRESIDENTE FIGUEIREDO - CAVERNA DO MOROAGA	Estadual	Uso Sustentável	4074,774
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MARGEM DIREITA DO RIO NEGRO- SETOR PADUARI-SOLIMÕES	Estadual	Uso Sustentável	4580,5917

ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MARGEM ESQUERDA DO RIO NEGRO-SETOR TARUMÃ AÇU-TARUMÃ MIRIMA	Estadual	Uso Sustentável	559,366
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MARGEM ESQUERDA DO RIO NEGRO-SETOR ATURIÁ-APUAUZHINO	Estadual	Uso Sustentável	5530,5927
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL NHAMUNDÁ	Estadual	Uso Sustentável	1808,1425
FLORESTA ESTADUAL APUÍ	Estadual	Uso Sustentável	1827,3712
FLORESTA ESTADUAL ARIPUANÃ	Estadual	Uso Sustentável	3287,4529
FLORESTA NACIONAL DE PAU-ROSA	Federal	Uso Sustentável	9853,207
FLORESTA NACIONAL DE RORAIMA	Federal	Uso Sustentável	1696,2721
FLORESTA NACIONAL DE SANTA ROSA DO PURUS	Federal	Uso Sustentável	2312,5429
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL RESERVA DOS ARQUEIROS	Federal	Uso Sustentável	0,2401
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL NOVA AURORA	Federal	Uso Sustentável	0,1853
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL SANTUÁRIO	Federal	Uso Sustentável	0,5765
FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO	Federal	Uso Sustentável	211,4825
FLORESTA NACIONAL DE SARACÁ-TAQUERA	Federal	Uso Sustentável	4412,849
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL RESERVA SOL NASCENTE	Federal	Uso Sustentável	0,1921
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL KLAGESI	Federal	Uso Sustentável	0,2282
FLORESTA NACIONAL DE TEFÉ	Federal	Uso Sustentável	8505,4787
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL OSÓRIO REIMÃO	Federal	Uso Sustentável	0,0888
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL DR. DAISAKU IKEDA	Federal	Uso Sustentável	0,5003
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL ESTÂNCIA PEDREIRAS	Federal	Uso Sustentável	0,1967
FLORESTA NACIONAL DE AMAPÁ	Federal	Uso Sustentável	4603,578
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL ESTÂNCIA RIVAS	Federal	Uso Sustentável	0,9605
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL RESERVA DOS QUATRO ELEMENTOS	Federal	Uso Sustentável	0,2401
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL GIBEÃO	Federal	Uso Sustentável	0,3132
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL RESERVA ECOLÓGICA JOSÉ GIMENES SOARES	Federal	Uso Sustentável	1,9528
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL ÁGUA BOA	Federal	Uso Sustentável	0,4542
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL FAZENDA PIONEIRA	Federal	Uso Sustentável	3,9648
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL RESERVA ECOLÓGICA AMÉRICA AMAZÔNICA	Federal	Uso Sustentável	47,9018
FLORESTA NACIONAL DE BOM FUTURO	Federal	Uso Sustentável	983,4974
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL RESERVA DR. PHELIPPE DAOU	Federal	Uso Sustentável	0,6483
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL LOTE CRISTALINO	Federal	Uso Sustentável	6,0427
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL IRMÃOS SATELIS	Federal	Uso Sustentável	0,4113

RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL FAZENDA BOSCO	Federal	Uso Sustentável	4,8682
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL VALE DAS ANTAS	Federal	Uso Sustentável	0,6246
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL LAÇO DE AMOR	Federal	Uso Sustentável	0,0768
FLORESTA NACIONAL DO JAMARI	Federal	Uso Sustentável	2221,6164
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL SERINGAL ASSUNÇÃO	Federal	Uso Sustentável	5,9043
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL RESERVA ECOLÓGICA LOURDES FÉLIX SOARES	Federal	Uso Sustentável	7,8106
FLORESTA NACIONAL DE MACAUÃ	Federal	Uso Sustentável	1763,6875
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL SÍTIO MORADA DO SOL	Federal	Uso Sustentável	0,4189
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL LOTE URBANO	Federal	Uso Sustentável	0,1697
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL RESERVA ECOLÓGICA VERDE AMAZÔNIA	Federal	Uso Sustentável	103,221
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL MORADA DO SOL E DA LUA	Federal	Uso Sustentável	0,0672
FLORESTA NACIONAL DE PURUS	Federal	Uso Sustentável	2561,2524
ESTAÇÃO ECOLÓGICA ALTO MAUÉS	Federal	Proteção Integral	6665,5586
FLORESTA NACIONAL DE MAPIÁ-INAUINÍ	Federal	Uso Sustentável	3689,4726
FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS	Federal	Uso Sustentável	5209,0824
RESERVA EXTRATIVISTA DO ALTO TARAUAÇÁ	Federal	Uso Sustentável	1541,3239
PARQUE NACIONAL DE ANAVILHANAS	Federal	Proteção Integral	2938,5285
RESERVA EXTRATIVISTA IPAÚ-ANILZINHO	Federal	Uso Sustentável	558,3453
PARQUE NACIONAL DA AMAZÔNIA	Federal	Proteção Integral	10661,5454
RESERVA BIOLÓGICA DO GURUPI	Federal	Proteção Integral	2714,6497
ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLÓGICO PROJETO DINÂMICA BIOLÓGICA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS	Federal	Uso Sustentável	33,3631
PARQUE NACIONAL DA SERRA DO PARDO	Federal	Proteção Integral	4438,6485
RESERVA EXTRATIVISTA ALTO JURUÁ	Federal	Uso Sustentável	5360,4175
RESERVA EXTRATIVISTA RIO CAJARI	Federal	Uso Sustentável	5306,952
RESERVA EXTRATIVISTA DO CIRIÁCO	Federal	Uso Sustentável	70,226
FLORESTA NACIONAL DE JACUNDÁ	Federal	Uso Sustentável	2208,2064
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL AJURICABA	Federal	Uso Sustentável	0,2686
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL FRIGONOSSO	Federal	Uso Sustentável	5,5806
FLORESTA NACIONAL DO JATUARANA	Federal	Uso Sustentável	5682,9336
RESERVA EXTRATIVISTA GURUPÁ-MELGAÇO	Federal	Uso Sustentável	1448,6225
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE ITATUPÃ-BAQUIÁ	Federal	Uso Sustentável	634,7983
PARQUE NACIONAL DO JAÚ	Federal	Proteção Integral	4806,5107
RESERVA EXTRATIVISTA BAIXO RIO BRANCO-JAUAPERI	Federal	Uso Sustentável	5717,8661

ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLÓGICO SERINGAL NOVA ESPERANÇA	Federal	Uso Sustentável	25,7395
FLORESTA NACIONAL DO AMAZONAS	Federal	Uso Sustentável	17579,7467
PARQUE NACIONAL DO PICO DA NEBLINA	Federal	Proteção Integral	17075,5009
PARQUE NACIONAL DA SERRA DO DIVISOR	Federal	Proteção Integral	8126,6292
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE MARACÁ	Federal	Proteção Integral	1542,2065
ESTAÇÃO ECOLÓGICA JUAMI-JAPURÁ	Federal	Proteção Integral	3773,7094
FLORESTA NACIONAL DE MULATA	Federal	Uso Sustentável	2155,4471
PARQUE NACIONAL DE PACAÁS NOVOS	Federal	Proteção Integral	7061,1724
PARQUE NACIONAL VIRUÁ	Federal	Proteção Integral	2182,0655
RESERVA EXTRATIVISTA DO MÉDIO PURÚS	Federal	Uso Sustentável	6005,4723
FLORESTA NACIONAL DO PARIMA	Federal	Uso Sustentável	973,2286
FLORESTA NACIONAL DO IQUIRI	Federal	Uso Sustentável	14701,8557
PARQUE NACIONAL NASCENTES DO LAGO JARI	Federal	Proteção Integral	6826,8691
RESERVA EXTRATIVISTA ITUXÍ	Federal	Uso Sustentável	7773,8177
PARQUE NACIONAL MAPINGUARI	Federal	Proteção Integral	17769,239
RESERVA EXTRATIVISTA RIO XINGU	Federal	Uso Sustentável	2972,1126
FLORESTA NACIONAL DE ITACAIUNAS	Federal	Uso Sustentável	1398,1388
RESERVA EXTRATIVISTA DO CAZUMBÁ-IRACEMA	Federal	Uso Sustentável	7569,2965
PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS FERRUGINOSOS	Federal	Proteção Integral	788,6927
PARQUE NACIONAL DO CABO ORANGE	Federal	Proteção Integral	545,2209
PARQUE NACIONAL DO MONTE RORAIMA	Federal	Proteção Integral	577,8904
RESERVA EXTRATIVISTA TAPAJÓS - ARAPIUNS	Federal	Uso Sustentável	6649,3971
RESERVA EXTRATIVISTA RENASCER	Federal	Uso Sustentável	1948,0897
PARQUE NACIONAL MONTANHAS DO TUMUCUMAQUE	Federal	Proteção Integral	38107,3333
PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CUTIA	Federal	Proteção Integral	2835,0021
PARQUE NACIONAL SERRA DA MOCIDADE	Federal	Proteção Integral	3047,1716
RESERVA BIOLÓGICA DO ABUFARI	Federal	Proteção Integral	2231,2505
RESERVA BIOLÓGICA DO GUAPORÉ	Federal	Proteção Integral	6117,1415
RESERVA BIOLÓGICA DO JARU	Federal	Proteção Integral	3468,6129
RESERVA BIOLÓGICA DO RIO TROMBETAS	Federal	Proteção Integral	4077,5638
RESERVA BIOLÓGICA DO TAPIRAPÉ	Federal	Proteção Integral	992,7232
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL ILHAS ALEXANDRE RODRIGUES FERREIRA	Federal	Uso Sustentável	0,2474
RESERVA BIOLÓGICA DO UATUMÃ	Federal	Proteção Integral	9381,2303
RESERVA BIOLÓGICA NASCENTES SERRA DO CACHIMBO	Federal	Proteção Integral	3258,9277
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO IGARAPÉ GELADO	Federal	Uso Sustentável	232,8325

RESERVA EXTRATIVISTA AUATÍ-PARANÁ	Federal	Uso Sustentável	33,2856
RESERVA EXTRATIVISTA BARREIRO DAS ANTAS	Federal	Uso Sustentável	1061,9724
RESERVA EXTRATIVISTA CHICO MENDES	Federal	Uso Sustentável	9307,3585
RESERVA EXTRATIVISTA SÃO JOÃO DA PONTA	Federal	Uso Sustentável	0,8489
RESERVA EXTRATIVISTA BAIXO JURUÁ	Federal	Uso Sustentável	1735,9171
RESERVA EXTRATIVISTA LAGO DO CUNIÃ	Federal	Uso Sustentável	764,0999
RESERVA EXTRATIVISTA MÉDIO JURUÁ	Federal	Uso Sustentável	2869,5493
RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO CAUTÁRIO	Federal	Uso Sustentável	751,2542
RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO JUTAÍ	Federal	Uso Sustentável	2337,404
RESERVA EXTRATIVISTA EXTREMO NORTE DO TOCANTINS	Federal	Uso Sustentável	90,7012
RESERVA EXTRATIVISTA DO LAGO DO CAPANÃ GRANDE	Federal	Uso Sustentável	3026,8837
RESERVA EXTRATIVISTA MAE GRANDE DE CURUÇA	Federal	Uso Sustentável	0,6568
RESERVA EXTRATIVISTA MAPUÁ	Federal	Uso Sustentável	937,5855
RESERVA EXTRATIVISTA MARINHA CAETÉTAPERAÇU	Federal	Uso Sustentável	5,7451
RESERVA EXTRATIVISTA MARINHA TRACUATEUA	Federal	Uso Sustentável	7,7452
RESERVA EXTRATIVISTA RIO OURO PRETO	Federal	Uso Sustentável	2046,3045
RESERVA EXTRATIVISTA RIOZINHO DA LIBERDADE	Federal	Uso Sustentável	3249,0171
RESERVA EXTRATIVISTA RIOZINHO DO ANFRÍSIO	Federal	Uso Sustentável	7370,3976
RESERVA EXTRATIVISTA VERDE PARA SEMPRE	Federal	Uso Sustentável	11650,2352
PARQUE NACIONAL DO RIO NOVO	Federal	Proteção Integral	5381,1417
FLORESTA NACIONAL DO TRAIRÃO	Federal	Uso Sustentável	2575,2765
FLORESTA NACIONAL DO JAMANXIM	Federal	Uso Sustentável	13015,6593
PARQUE NACIONAL DO JAMANXIM	Federal	Proteção Integral	8628,9001
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO TAPAJÓS	Federal	Uso Sustentável	20387,0917
FLORESTA NACIONAL DO CREPORI	Federal	Uso Sustentável	7403,9113
FLORESTA NACIONAL DO AMANÁ	Federal	Uso Sustentável	6826,5016
RESERVA EXTRATIVISTA ARIÓCA PRUANÃ	Federal	Uso Sustentável	838,1779
RESERVA EXTRATIVISTA RIO IRIRI	Federal	Uso Sustentável	3972,9079
PARQUE NACIONAL DO JURUENA	Federal	Proteção Integral	19570,279
RESERVA EXTRATIVISTA TERRA GRANDE PRACUUBA	Federal	Uso Sustentável	1948,588
RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO UNINI	Federal	Uso Sustentável	74,4444
PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS AMAZÔNICOS	Federal	Proteção Integral	9613,1362
RESERVA EXTRATIVISTA ARAPIXI	Federal	Uso Sustentável	1337,0608
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS CAMPOS DE MANICORÉ	Federal	Uso Sustentável	1523,9141
FLORESTA NACIONAL DE URUPADI	Federal	Uso Sustentável	5379,984

FLORESTA NACIONAL DO ARIPUANÃ	Federal	Uso Sustentável	7512,9588
PARQUE NACIONAL DO ACARI	Federal	Proteção Integral	8964,2913
RESERVA BIOLÓGICA DO MANICORÉ	Federal	Proteção Integral	3591,4361
ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLÓGICA JAVARI BURITI	Federal	Uso Sustentável	131,7708
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA TERRA DO MEIO	Federal	Proteção Integral	33731,5291
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE CUNIÃ	Federal	Proteção Integral	1826,0764
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE JUTAI-SOLIMÕES	Federal	Proteção Integral	2893,6333
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE NIQUIÃ	Federal	Proteção Integral	2806,0035
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO JARI	Federal	Proteção Integral	2311,1069
ESTAÇÃO ECOLÓGICA RIO ACRE	Federal	Proteção Integral	755,7556
FLORESTA NACIONAL ALTAMIRA	Federal	Uso Sustentável	7254,1811
FLORESTA NACIONAL DE ANAUÁ	Federal	Uso Sustentável	2535,6395
FLORESTA NACIONAL DE BALATA-TUFARI	Federal	Uso Sustentável	10866,3974
FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS	Federal	Uso Sustentável	3912,624
FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ	Federal	Uso Sustentável	3171,6558
FLORESTA NACIONAL DE HUMAITÃ	Federal	Uso Sustentável	4765,9923
FLORESTA NACIONAL DE ITAITUBA I	Federal	Uso Sustentável	2130,8917
FLORESTA NACIONAL DE ITAITUBA II	Federal	Uso Sustentável	3977,5
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL JARÁ	Municipal	Uso Sustentável	42,6533
PARQUE MUNICIPAL NATURAL DE PIMENTA BUENO	Municipal	Proteção Integral	5,4664
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO MADEIRA, CATEGORIA DE UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE PROTEÇÃO INTEGRAL	Municipal	Proteção Integral	0,228
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DAS CAPIVARAS, CATEGORIA DE PROTEÇÃO INTEGRAL	Municipal	Proteção Integral	0,0345
APA PARQUE DAS MANGUEIRAS	Municipal	Uso Sustentável	0,0714
ARIE PARQUE DAS ÁGUAS MARECHAL RONDON.	Municipal	Uso Sustentável	0,0299
PARQUE NATURAL MUNICIPAL RAIMUNDO PARAGUASSU DE OLIVEIRA	Municipal	Proteção Integral	3,9104
PARQUE NATURAL MUNICIPAL CANINDÉ	Municipal	Proteção Integral	0,066
AREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLOGICO PARQUE AMBIENTAL ANTONIO DANUBIO LOURENÇO DA SILVA	Municipal	Uso Sustentável	0,0375
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO TUPÉ	Municipal	Uso Sustentável	121,4496
RESERVA EXTRATIVISTA MUNICIPAL BEIJA FLOR BRILHO DE FOGO	Municipal	Uso Sustentável	682,2133
AREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLOGICO MUSEU PARQUE SERINGAL	Municipal	Uso Sustentável	0,0123
AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TARUMA/PONTA NEGRA	Municipal	Uso Sustentável	226,3228
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL PARQUE LINEAR DO BINDÁ	Municipal	Uso Sustentável	0,0617
PARQUE NATURAL MUNICIPAL DO CANCÃO	Municipal	Proteção Integral	3,7068

AREA DE PROTECAO AMBIENTAL XERIUINI	Municipal	Uso Sustentável	15865,0591
MONUMENTO NATURAL MORRO CHICO MENDES	Municipal	Proteção Integral	1,9108
PARQUE NATURAL MUNICIPAL VEREDAS DOS CARAJÁS	Municipal	Proteção Integral	8,3127
REFÚGIO DE VIDA SILVESTRE LAGO MOLE	Municipal	Proteção Integral	6,5295
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TAPURUQUARA	Municipal	Uso Sustentável	27630,196
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE ALTER DO CHÃO	Municipal	Uso Sustentável	146,6623
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA SERRA DO SAUBAL	Municipal	Uso Sustentável	1,6734
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO JUÁ	Municipal	Uso Sustentável	1,2635
PARQUE NATURAL MUNICIPAL VALE DO ESPERANÇA	Municipal	Proteção Integral	1,1697
PARQUE NATURAL MUNICIPAL COLONIZADOR JOSE BIANCHINI	Municipal	Proteção Integral	0,1412
REFUGIO DA VIDA SILVESTRE DE COLÍDER	Municipal	Proteção Integral	0,1741
PARQUE NATURAL MUNICIPAL DE CASTANHAL/PARÁ	Municipal	Proteção Integral	0,1536
PARQUE NATURAL MUNICIPAL JARDIM BOTÂNICO	Municipal	Proteção Integral	0,3391
PARQUE NATURAL MUNICIPAL LAGOA DAS GARÇAS	Municipal	Proteção Integral	0,3924
PARQUE NATURAL MUNICIPAL DO MORRO DOS VENTOS	Municipal	Proteção Integral	0,4601
PARQUE NATURAL MUNICIPAL DE REDENÇÃO	Municipal	Proteção Integral	0,1643
PARQUE MUNICIPAL DA CACIMBA	Municipal	Proteção Integral	0,0717

Apêndice 3. Unidades de Conservação presente na área de distribuição potencial do período atual da C. multijuga.

Nome	esfera	grupo	Área de nicho presente na UC
FLORESTA ESTADUAL MANICORÉ	Estadual	Uso Sustentável	833,6528
FLORESTA ESTADUAL SUCUNDURI	Estadual	Uso Sustentável	4810,6969
FLORESTA ESTADUAL RIO URUBU	Estadual	Uso Sustentável	270,511
FLORESTA ESTADUAL MAÚES	Estadual	Uso Sustentável	4498,5723
PARQUE ESTADUAL GUARIBA	Estadual	Proteção Integral	711,0034
PARQUE ESTADUAL RIO NEGRO SETOR SUL	Estadual	Proteção Integral	779,5102
PARQUE ESTADUAL RIO NEGRO SETOR NORTE	Estadual	Proteção Integral	1451,5494
PARQUE ESTADUAL SERRA DO ARACÁ	Estadual	Proteção Integral	17465,2147
PARQUE ESTADUAL SUCUNDURI	Estadual	Proteção Integral	7960,6417
PARQUE ESTADUAL SUMAÚMA	Estadual	Proteção Integral	0,5262
RESERVA BIOLÓGICA MORRO DOS SEIS LAGOS	Estadual	Proteção Integral	382,8774
PARQUE ESTADUAL DA SERRA DOS MARTÍRIOS/ANDORINHAS	Estadual	Proteção Integral	250,3181
PARQUE ESTADUAL DO UTINGA	Estadual	Proteção Integral	13,9768
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO ARQUIPÉLAGO DO MARAJÓ	Estadual	Uso Sustentável	23074,0312
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA REGIÃO METROPOLITANA DE BELÉM	Estadual	Uso Sustentável	52,6965
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE SÃO GERALDO DO ARAGUAIA	Estadual	Uso Sustentável	263,5069
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA ILHA DO COMBU	Estadual	Uso Sustentável	9,7975
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL PAYTUNA	Estadual	Uso Sustentável	72,5811
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO LAGO DE TUCURUI	Estadual	Uso Sustentável	4552,7001
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ALCobaça	Estadual	Uso Sustentável	224,6157
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PUCURUI - ARARÃO	Estadual	Uso Sustentável	161,1409
RESERVA BIOLÓGICA DE MAICURU	Estadual	Proteção Integral	11731,5122
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO GRÃO PARÁ	Estadual	Proteção Integral	41707,5913
FLORESTA ESTADUAL DE FARO	Estadual	Uso Sustentável	6140,1116
FLORESTA ESTADUAL DE IRIRI	Estadual	Uso Sustentável	4392,4154
FLORESTA ESTADUAL DO TROMBETAS	Estadual	Uso Sustentável	31435,682
FLORESTA ESTADUAL DO PARU	Estadual	Uso Sustentável	36056,6343
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TRIUNFO DO XINGU	Estadual	Uso Sustentável	16796,4418
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL SERRA GRANDE	Estadual	Uso Sustentável	230,5805
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL RIO MACHADO	Estadual	Uso Sustentável	92,0448
ESTAÇÃO ECOLÓGICA SOLDADO DA BORRACHA	Estadual	Proteção Integral	1790,8104
FLORESTA ESTADUAL DO RIO PARDO	Estadual	Uso Sustentável	308,3327
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO PARDO	Estadual	Uso Sustentável	1138,1423

PARQUE ESTADUAL ILHA DAS FLORES	Estadual	Proteção Integral	862,1685
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL LIMOEIRO	Estadual	Uso Sustentável	187,4961
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL BOM JARDIM	Estadual	Uso Sustentável	16,7964
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL LAGO DE SANTA ISABEL	Estadual	Uso Sustentável	177,1789
RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO GREGÓRIO	Estadual	Uso Sustentável	4248,3855
PARQUE ESTADUAL DE CORUMBIARA	Estadual	Proteção Integral	3757,4493
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO JUMA	Estadual	Uso Sustentável	5807,8479
PARQUE ESTADUAL ABAITARÁ	Estadual	Proteção Integral	1,5165
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO RIO NEGRO	Estadual	Uso Sustentável	1009,7838
FLORESTA ESTADUAL DE TAPAUÁ	Estadual	Uso Sustentável	7735,7276
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL IGAPÓ-AÇU	Estadual	Uso Sustentável	2792,117
RESERVA EXTRATIVISTA CANUTAMA	Estadual	Uso Sustentável	1979,6199
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO MATUPIRI	Estadual	Uso Sustentável	1770,1098
PARQUE ESTADUAL DO MATUPIRI	Estadual	Proteção Integral	5096,0052
FLORESTA ESTADUAL CANUTAMA	Estadual	Uso Sustentável	1505,8938
PARQUE ESTADUAL DE GUAJARÁ-MIRIM	Estadual	Proteção Integral	2211,7152
REFÚGIO DE VIDA SILVESTRE METRÓPOLE DA AMAZÔNIA	Estadual	Proteção Integral	59,2035
PARQUE ESTADUAL DO BACANGA	Estadual	Proteção Integral	28,5912
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DAS REENTRÂNCIAS MARANHENSES	Estadual	Uso Sustentável	478,823
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA BAIXADA MARANHENSE	Estadual	Uso Sustentável	2818,904
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE UPAON-AÇU / MIRITIBA / ALTO PREGUIÇAS	Estadual	Uso Sustentável	39,4048
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO ITAPIRACÓ	Estadual	Uso Sustentável	3,5533
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA REGIÃO DO MARACANÃ	Estadual	Uso Sustentável	19,3538
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO RIO ROOSEVELT	Estadual	Proteção Integral	979,6642
PARQUE ESTADUAL CRISTALINO	Estadual	Proteção Integral	590,1213
ESTAÇÃO ECOLÓGICA RIO FLOR DO PRADO	Estadual	Proteção Integral	85,3638
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL PEUGEOT-ONF-BRASIL	Estadual	Uso Sustentável	17,6028
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL CRISTALINO III	Estadual	Uso Sustentável	16,1742
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO RIO MADEIRA	Estadual	Uso Sustentável	2796,3259
ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLÓGICO JAPIIM PENTECOSTE	Estadual	Uso Sustentável	256,5432
PARQUE ESTADUAL CHARAPUCU	Estadual	Proteção Integral	650,8132
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL CRISTALINO I	Estadual	Uso Sustentável	24,5085
FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO ARARAS	Estadual	Uso Sustentável	10,8646
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO MADEIRA	Estadual	Uso Sustentável	56,3808
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO RIO IRATAPURU	Estadual	Uso Sustentável	8714,4589

ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO CURIAÚ	Estadual	Uso Sustentável	148,427
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL PURANGA CONQUISTA	Estadual	Uso Sustentável	856,6425
REFÚGIO DE VIDA SILVESTRE TABULEIRO DO EMBAUBAL	Estadual	Proteção Integral	7,6725
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL VITÓRIA DE SOUZEL	Estadual	Uso Sustentável	184,5071
PARQUE ESTADUAL DAS NASCENTES	Estadual	Proteção Integral	3138,7329
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ITAPARÁ - BOIAÇU	Estadual	Uso Sustentável	6207,0184
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL CAMPINA	Estadual	Uso Sustentável	1777,9801
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL XERIUINI	Estadual	Uso Sustentável	14575,8889
ESTAÇÃO ECOLÓGICA UMIRIZAL	Estadual	Proteção Integral	575,2941
PARQUE ESTADUAL SERRA RICARDO FRANCO	Estadual	Proteção Integral	1434,6372
PARQUE ESTADUAL IGARAPÉS DO JURUENA	Estadual	Proteção Integral	2238,1813
PARQUE ESTADUAL TUCUMÃ	Estadual	Proteção Integral	810,1047
PARQUE ESTADUAL SERRA SANTA BÁRBARA	Estadual	Proteção Integral	1204,3184
RESERVA EXTRATIVISTA GUARIBA-ROOSEVELT	Estadual	Uso Sustentável	1376,6989
PARQUE ESTADUAL DO XINGU	Estadual	Proteção Integral	953,2895
FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO RIO VERMELHO (C)	Estadual	Uso Sustentável	41,0136
FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO DO RIO MACHADO	Estadual	Uso Sustentável	1172,516
RESERVA EXTRATIVISTA ANGELIM	Estadual	Uso Sustentável	89,2891
RESERVA EXTRATIVISTA MARACATIARA	Estadual	Uso Sustentável	95,1165
RESERVA EXTRATIVISTA FREIJÓ	Estadual	Uso Sustentável	6,007
RESERVA EXTRATIVISTA PIQUIÁ	Estadual	Uso Sustentável	14,4978
RESERVA EXTRATIVISTA MOGNO	Estadual	Uso Sustentável	24,5172
RESERVA EXTRATIVISTA DO ITAÚBA	Estadual	Uso Sustentável	18,1536
RESERVA EXTRATIVISTA IPÊ	Estadual	Uso Sustentável	8,1548
RESERVA EXTRATIVISTA JATOBÁ	Estadual	Uso Sustentável	12,5303
RESERVA EXTRATIVISTA MASSARANDUBA	Estadual	Uso Sustentável	55,6855
RESERVA EXTRATIVISTA SUCUPIRA	Estadual	Uso Sustentável	30,5793
RESERVA EXTRATIVISTA CASTANHEIRA	Estadual	Uso Sustentável	99,2428
RESERVA EXTRATIVISTA AQUARIQUARA	Estadual	Uso Sustentável	179,2274
RESERVA EXTRATIVISTA ROXINHO	Estadual	Uso Sustentável	9,6365
RESERVA EXTRATIVISTA SERINGUEIRA	Estadual	Uso Sustentável	5,5619
RESERVA EXTRATIVISTA GARROTE	Estadual	Uso Sustentável	8,5984
FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO DO RIO MADEIRA "B"	Estadual	Uso Sustentável	473,5587
FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO MUTUM	Estadual	Uso Sustentável	112,2086
FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO TUCANO	Estadual	Uso Sustentável	7,2463

FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO GAVIÃO	Estadual	Uso Sustentável	4,558
FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO CEDRO	Estadual	Uso Sustentável	25,6811
ESTAÇÃO ECOLÓGICA SAMUEL	Estadual	Proteção Integral	689,926
RESERVA BIOLÓGICA RIO OURO PRETO	Estadual	Proteção Integral	591,3718
ESTAÇÃO ECOLÓGICA SERRA DOS TRÊS IRMÃOS	Estadual	Proteção Integral	889,5997
RESERVA BIOLÓGICA TRAÇADAL	Estadual	Proteção Integral	241,4955
RESERVA EXTRATIVISTA CURRALINHO	Estadual	Uso Sustentável	16,0975
RESERVA EXTRATIVISTA RIO PACAÁS NOVOS	Estadual	Uso Sustentável	3462,4561
RESERVA EXTRATIVISTA PEDRAS NEGRAS	Estadual	Uso Sustentável	1162,6458
PARQUE ESTADUAL SERRA DOS REIS	Estadual	Proteção Integral	364,3884
RESERVA EXTRATIVISTA RIO CAUTÁRIO	Estadual	Uso Sustentável	1462,619
RESERVA EXTRATIVISTA JACI-PARANÁ	Estadual	Uso Sustentável	1970,9274
RESERVA EXTRATIVISTA RIO PRETO-JACUNDÁ	Estadual	Uso Sustentável	1013,526
FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO PERIQUITO	Estadual	Uso Sustentável	11,5307
FLORESTA ESTADUAL DO AMAPÁ	Estadual	Uso Sustentável	23452,3476
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA FAZENDINHA	Estadual	Uso Sustentável	1,0979
PARQUE ESTADUAL CHANDLESS	Estadual	Proteção Integral	6925,1724
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL IGARAPÉ SÃO FRANCISCO	Estadual	Uso Sustentável	300,195
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL LAGO DO AMAPÁ	Estadual	Uso Sustentável	51,7673
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL AMANÃ	Estadual	Uso Sustentável	9612,2304
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ARIPUANÃ	Estadual	Uso Sustentável	2180,9539
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL BARARATI	Estadual	Uso Sustentável	1108,0919
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL CANUMÃ	Estadual	Uso Sustentável	219,3684
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL CUJUBIM	Estadual	Uso Sustentável	24219,2691
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL MAMIRAUÁ	Estadual	Uso Sustentável	5795,4591
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PIAGAÇU PURUS	Estadual	Uso Sustentável	7810,3355
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL RIO AMAPÁ	Estadual	Uso Sustentável	2143,1554
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL UACARÍ	Estadual	Uso Sustentável	6203,0066
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO UATUMÃ	Estadual	Uso Sustentável	4213,2513
RESERVA EXTRATIVISTA CATUÁ-IPIXUNA	Estadual	Uso Sustentável	1636,4855
RESERVA EXTRATIVISTA DO GUARIBA	Estadual	Uso Sustentável	1480,8048
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE PRESIDENTE FIGUEIREDO - CAVERNA DO MOROAGA	Estadual	Uso Sustentável	4074,774
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MARGEM DIREITA DO RIO NEGRO- SETOR PADUARI-SOLIMÕES	Estadual	Uso Sustentável	4580,5917
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MARGEM ESQUERDA DO RIO NEGRO-SETOR TARUMÃ AÇU-TARUMÃ MIRIMA	Estadual	Uso Sustentável	559,366

ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MARGEM ESQUERDA DO RIO NEGRO-SETOR ATURIÁ- APUAUZINHO	Estadual	Uso Sustentável	5530,5927
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL NHAMUNDÁ	Estadual	Uso Sustentável	1808,1425
FLORESTA ESTADUAL APUÍ	Estadual	Uso Sustentável	1827,3712
FLORESTA ESTADUAL ARIPUANÃ	Estadual	Uso Sustentável	3287,4529
FLORESTA NACIONAL DE PAU-ROSA	Federal	Uso Sustentável	9853,207
FLORESTA NACIONAL DE RORAIMA	Federal	Uso Sustentável	1696,2721
FLORESTA NACIONAL DE SANTA ROSA DO PURUS	Federal	Uso Sustentável	2312,5429
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL RESERVA DOS ARQUEIROS	Federal	Uso Sustentável	0,2401
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL NOVA AURORA	Federal	Uso Sustentável	0,1853
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL SANTUÁRIO	Federal	Uso Sustentável	0,5765
FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO	Federal	Uso Sustentável	211,4825
FLORESTA NACIONAL DE SARACÁ-TAQUERA	Federal	Uso Sustentável	4412,849
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL RESERVA SOL NASCENTE	Federal	Uso Sustentável	0,1921
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL KLAGESI	Federal	Uso Sustentável	0,2282
FLORESTA NACIONAL DE TEFÉ	Federal	Uso Sustentável	8505,4787
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL OSÓRIO REIMÃO	Federal	Uso Sustentável	0,0888
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL DR. DAISAKU IKEDA	Federal	Uso Sustentável	0,5003
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL ESTÂNCIA PEDREIRAS	Federal	Uso Sustentável	0,1967
FLORESTA NACIONAL DE AMAPÁ	Federal	Uso Sustentável	4603,578
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL ESTÂNCIA RIVAS	Federal	Uso Sustentável	0,9605
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL RESERVA DOS QUATRO ELEMENTOS	Federal	Uso Sustentável	0,2401
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL GIBEÃO	Federal	Uso Sustentável	0,3132
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL RESERVA ECOLÓGICA JOSÉ GIMENES SOARES	Federal	Uso Sustentável	1,9528
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL ÁGUA BOA	Federal	Uso Sustentável	0,4542
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL FAZENDA PIONEIRA	Federal	Uso Sustentável	3,9648
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL RESERVA ECOLÓGICA AMÉRICA AMAZÔNICA	Federal	Uso Sustentável	47,9018
FLORESTA NACIONAL DE BOM FUTURO	Federal	Uso Sustentável	983,4974
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL RESERVA DR. PHELIPPE DAOU	Federal	Uso Sustentável	0,6483
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL LOTE CRISTALINO	Federal	Uso Sustentável	6,0427
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL IRMÃOS SATELIS	Federal	Uso Sustentável	0,4113
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL FAZENDA BOSCO	Federal	Uso Sustentável	4,8682
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL VALE DAS ANTAS	Federal	Uso Sustentável	0,6246
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL LAÇO DE AMOR	Federal	Uso Sustentável	0,0768
FLORESTA NACIONAL DO JAMARI	Federal	Uso Sustentável	2221,6164

RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL SERINGAL ASSUNÇÃO	Federal	Uso Sustentável	5,9043
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL RESERVA ECOLÓGICA LOURDES FÉLIX SOARES	Federal	Uso Sustentável	7,8106
FLORESTA NACIONAL DE MACAUÃ	Federal	Uso Sustentável	1763,6875
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL SÍTIO MORADA DO SOL	Federal	Uso Sustentável	0,4189
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL LOTE URBANO	Federal	Uso Sustentável	0,1697
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL RESERVA ECOLÓGICA VERDE AMAZÔNIA	Federal	Uso Sustentável	103,221
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL MORADA DO SOL E DA LUA	Federal	Uso Sustentável	0,0672
FLORESTA NACIONAL DE PURUS	Federal	Uso Sustentável	2561,2524
ESTAÇÃO ECOLÓGICA ALTO MAUÉS	Federal	Proteção Integral	6665,5586
FLORESTA NACIONAL DE MAPIÁ-INAUINÍ	Federal	Uso Sustentável	3689,4726
FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS	Federal	Uso Sustentável	5209,0824
RESERVA EXTRATIVISTA DO ALTO TARAUCÁ	Federal	Uso Sustentável	1541,3239
PARQUE NACIONAL DE ANAVILHANAS	Federal	Proteção Integral	2938,5285
RESERVA EXTRATIVISTA IPAÚ-ANILZINHO	Federal	Uso Sustentável	558,3453
PARQUE NACIONAL DA AMAZÔNIA	Federal	Proteção Integral	10661,5454
RESERVA BIOLÓGICA DO GURUPI	Federal	Proteção Integral	2714,6497
ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLÓGICO PROJETO DINÂMICA BIOLÓGICA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS	Federal	Uso Sustentável	33,3631
PARQUE NACIONAL DA SERRA DO PARDO	Federal	Proteção Integral	4438,6485
RESERVA EXTRATIVISTA ALTO JURUÁ	Federal	Uso Sustentável	5360,4175
RESERVA EXTRATIVISTA RIO CAJARI	Federal	Uso Sustentável	5306,952
RESERVA EXTRATIVISTA DO CIRIÁCO	Federal	Uso Sustentável	70,226
FLORESTA NACIONAL DE JACUNDÁ	Federal	Uso Sustentável	2208,2064
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL AJURICABA	Federal	Uso Sustentável	0,2686
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL FRIGONOSSO	Federal	Uso Sustentável	5,5806
FLORESTA NACIONAL DO JATUARANA	Federal	Uso Sustentável	5682,9336
RESERVA EXTRATIVISTA GURUPÁ-MELGAÇO	Federal	Uso Sustentável	1448,6225
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DE ITATUPÃ-BAQUIÁ	Federal	Uso Sustentável	634,7983
PARQUE NACIONAL DO JAÚ	Federal	Proteção Integral	4806,5107
RESERVA EXTRATIVISTA BAIXO RIO BRANCO-JAUAPERI	Federal	Uso Sustentável	5717,8661
ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLÓGICO SERINGAL NOVA ESPERANÇA	Federal	Uso Sustentável	25,7395
FLORESTA NACIONAL DO AMAZONAS	Federal	Uso Sustentável	17579,7467
PARQUE NACIONAL DO PICO DA NEBLINA	Federal	Proteção Integral	17075,5009
PARQUE NACIONAL DA SERRA DO DIVISOR	Federal	Proteção Integral	8126,6292
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE MARACÁ	Federal	Proteção Integral	1542,2065

ESTAÇÃO ECOLÓGICA JUAMI-JAPURÁ	Federal	Proteção Integral	3773,7094
FLORESTA NACIONAL DE MULATA	Federal	Uso Sustentável	2155,4471
PARQUE NACIONAL DE PACAÁ'S NOVOS	Federal	Proteção Integral	7061,1724
PARQUE NACIONAL VIRUÁ	Federal	Proteção Integral	2182,0655
RESERVA EXTRATIVISTA DO MÉDIO PURÚS	Federal	Uso Sustentável	6005,4723
FLORESTA NACIONAL DO PARIMA	Federal	Uso Sustentável	973,2286
FLORESTA NACIONAL DO IQUIRI	Federal	Uso Sustentável	14701,8557
PARQUE NACIONAL NASCENTES DO LAGO JARI	Federal	Proteção Integral	6826,8691
RESERVA EXTRATIVISTA ITUXÍ	Federal	Uso Sustentável	7773,8177
PARQUE NACIONAL MAPINGUARI	Federal	Proteção Integral	17769,239
RESERVA EXTRATIVISTA RIO XINGU	Federal	Uso Sustentável	2972,1126
FLORESTA NACIONAL DE ITACAIUNAS	Federal	Uso Sustentável	1398,1388
RESERVA EXTRATIVISTA DO CAZUMBÁ-IRACEMA	Federal	Uso Sustentável	7569,2965
PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS FERRUGINOSOS	Federal	Proteção Integral	788,6927
PARQUE NACIONAL DO CABO ORANGE	Federal	Proteção Integral	545,2209
PARQUE NACIONAL DO MONTE RORAIMA	Federal	Proteção Integral	577,8904
RESERVA EXTRATIVISTA TAPAJÓS - ARAPIUNS	Federal	Uso Sustentável	6649,3971
RESERVA EXTRATIVISTA RENASCER	Federal	Uso Sustentável	1948,0897
PARQUE NACIONAL MONTANHAS DO TUMUCUMAQUE	Federal	Proteção Integral	38107,3333
PARQUE NACIONAL DA SERRA DA CUTIA	Federal	Proteção Integral	2835,0021
PARQUE NACIONAL SERRA DA MOCIDADE	Federal	Proteção Integral	3047,1716
RESERVA BIOLÓGICA DO ABUFARI	Federal	Proteção Integral	2231,2505
RESERVA BIOLÓGICA DO GUAPORÉ	Federal	Proteção Integral	6117,1415
RESERVA BIOLÓGICA DO JARU	Federal	Proteção Integral	3468,6129
RESERVA BIOLÓGICA DO RIO TROMBETAS	Federal	Proteção Integral	4077,5638
RESERVA BIOLÓGICA DO TAPIRAPÉ	Federal	Proteção Integral	992,7232
RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL ILHAS ALEXANDRE RODRIGUES FERREIRA	Federal	Uso Sustentável	0,2474
RESERVA BIOLÓGICA DO UATUMÁ	Federal	Proteção Integral	9381,2303
RESERVA BIOLÓGICA NASCENTES SERRA DO CACHIMBO	Federal	Proteção Integral	3258,9277
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO IGARAPÉ GELADO	Federal	Uso Sustentável	232,8325
RESERVA EXTRATIVISTA AUATÍ-PARANÁ	Federal	Uso Sustentável	33,2856
RESERVA EXTRATIVISTA BARREIRO DAS ANTAS	Federal	Uso Sustentável	1061,9724
RESERVA EXTRATIVISTA CHICO MENDES	Federal	Uso Sustentável	9307,3585
RESERVA EXTRATIVISTA SÃO JOÃO DA PONTA	Federal	Uso Sustentável	0,8489
RESERVA EXTRATIVISTA BAIXO JURUÁ	Federal	Uso Sustentável	1735,9171

RESERVA EXTRATIVISTA LAGO DO CUNIÃ	Federal	Uso Sustentável	764,0999
RESERVA EXTRATIVISTA MÉDIO JURUÁ	Federal	Uso Sustentável	2869,5493
RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO CAUTÁRIO	Federal	Uso Sustentável	751,2542
RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO JUTAI	Federal	Uso Sustentável	2337,404
RESERVA EXTRATIVISTA EXTREMO NORTE DO TOCANTINS	Federal	Uso Sustentável	90,7012
RESERVA EXTRATIVISTA DO LAGO DO CAPANÃ GRANDE	Federal	Uso Sustentável	3026,8837
RESERVA EXTRATIVISTA MAE GRANDE DE CURUÇA	Federal	Uso Sustentável	0,6568
RESERVA EXTRATIVISTA MAPUÁ	Federal	Uso Sustentável	937,5855
RESERVA EXTRATIVISTA MARINHA CAETÉTAPERAÇU	Federal	Uso Sustentável	5,7451
RESERVA EXTRATIVISTA MARINHA TRACUATEUA	Federal	Uso Sustentável	7,7452
RESERVA EXTRATIVISTA RIO OURO PRETO	Federal	Uso Sustentável	2046,3045
RESERVA EXTRATIVISTA RIOZINHO DA LIBERDADE	Federal	Uso Sustentável	3249,0171
RESERVA EXTRATIVISTA RIOZINHO DO ANFRÍSIO	Federal	Uso Sustentável	7370,3976
RESERVA EXTRATIVISTA VERDE PARA SEMPRE	Federal	Uso Sustentável	11650,2352
PARQUE NACIONAL DO RIO NOVO	Federal	Proteção Integral	5381,1417
FLORESTA NACIONAL DO TRAIRÃO	Federal	Uso Sustentável	2575,2765
FLORESTA NACIONAL DO JAMANXIM	Federal	Uso Sustentável	13015,6593
PARQUE NACIONAL DO JAMANXIM	Federal	Proteção Integral	8628,9001
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO TAPAJÓS	Federal	Uso Sustentável	20387,0917
FLORESTA NACIONAL DO CREPORI	Federal	Uso Sustentável	7403,9113
FLORESTA NACIONAL DO AMANÁ	Federal	Uso Sustentável	6826,5016
RESERVA EXTRATIVISTA ARIÓCA PRUANÃ	Federal	Uso Sustentável	838,1779
RESERVA EXTRATIVISTA RIO IRIRI	Federal	Uso Sustentável	3972,9079
PARQUE NACIONAL DO JURUENA	Federal	Proteção Integral	19570,279
RESERVA EXTRATIVISTA TERRA GRANDE PRACUUBA	Federal	Uso Sustentável	1948,588
RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO UNINI	Federal	Uso Sustentável	74,4444
PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS AMAZÔNICOS	Federal	Proteção Integral	9613,1362
RESERVA EXTRATIVISTA ARAPIXI	Federal	Uso Sustentável	1337,0608
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS CAMPOS DE MANICORÉ	Federal	Uso Sustentável	1523,9141
FLORESTA NACIONAL DE URUPADI	Federal	Uso Sustentável	5379,984
FLORESTA NACIONAL DO ARIPUANÃ	Federal	Uso Sustentável	7512,9588
PARQUE NACIONAL DO ACARI	Federal	Proteção Integral	8964,2913
RESERVA BIOLÓGICA DO MANICORÉ	Federal	Proteção Integral	3591,4361
ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLÓGICA JAVARI BURITI	Federal	Uso Sustentável	131,7708
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA TERRA DO MEIO	Federal	Proteção Integral	33731,5291

ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE CUNIÃ	Federal	Proteção Integral	1826,0764
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE JUTAI-SOLIMÕES	Federal	Proteção Integral	2893,6333
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE NIQUIÃ	Federal	Proteção Integral	2806,0035
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO JARI	Federal	Proteção Integral	2311,1069
ESTAÇÃO ECOLÓGICA RIO ACRE	Federal	Proteção Integral	755,7556
FLORESTA NACIONAL ALTAMIRA	Federal	Uso Sustentável	7254,1811
FLORESTA NACIONAL DE ANAUÃ	Federal	Uso Sustentável	2535,6395
FLORESTA NACIONAL DE BALATA-TUFARI	Federal	Uso Sustentável	10866,3974
FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS	Federal	Uso Sustentável	3912,624
FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ	Federal	Uso Sustentável	3171,6558
FLORESTA NACIONAL DE HUMAITÁ	Federal	Uso Sustentável	4765,9923
FLORESTA NACIONAL DE ITAITUBA I	Federal	Uso Sustentável	2130,8917
FLORESTA NACIONAL DE ITAITUBA II	Federal	Uso Sustentável	3977,5
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL JARÁ	Municipal	Uso Sustentável	42,6533
PARQUE MUNICIPAL NATURAL DE PIMENTA BUENO	Municipal	Proteção Integral	5,4664
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO MADEIRA, CATEGORIA DE UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DE PROTEÇÃO INTEGRAL	Municipal	Proteção Integral	0,228
ESTAÇÃO ECOLÓGICA DAS CAPIVARAS, CATEGORIA DE PROTEÇÃO INTEGRAL	Municipal	Proteção Integral	0,0345
APA PARQUE DAS MANGUEIRAS	Municipal	Uso Sustentável	0,0714
ARIE PARQUE DAS ÁGUAS MARECHAL RONDON.	Municipal	Uso Sustentável	0,0299
PARQUE NATURAL MUNICIPAL RAIMUNDO PARAGUASSU DE OLIVEIRA	Municipal	Proteção Integral	3,9104
PARQUE NATURAL MUNICIPAL CANINDÉ	Municipal	Proteção Integral	0,066
AREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLOGICO PARQUE AMBIENTAL ANTONIO DANUBIO LOURENÇO DA SILVA	Municipal	Uso Sustentável	0,0375
RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO TUPÉ	Municipal	Uso Sustentável	121,4496
RESERVA EXTRATIVISTA MUNICIPAL BEIJA FLOR BRILHO DE FOGO	Municipal	Uso Sustentável	682,2133
AREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLOGICO MUSEU PARQUE SERINGAL	Municipal	Uso Sustentável	0,0123
AREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TARUMA/PONTA NEGRA	Municipal	Uso Sustentável	226,3228
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL PARQUE LINEAR DO BINDÁ	Municipal	Uso Sustentável	0,0617
PARQUE NATURAL MUNICIPAL DO CANCÃO	Municipal	Proteção Integral	3,7068
AREA DE PROTECAO AMBIENTAL XERIUINI	Municipal	Uso Sustentável	15865,0591
MONUMENTO NATURAL MORRO CHICO MENDES	Municipal	Proteção Integral	1,9108
PARQUE NATURAL MUNICIPAL VEREDAS DOS CARAJÁS	Municipal	Proteção Integral	8,3127
REFÚGIO DE VIDA SILVESTRE LAGO MOLE	Municipal	Proteção Integral	6,5295
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TAPURUQUARA	Municipal	Uso Sustentável	27630,196

ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE ALTER DO CHÃO	Municipal	Uso Sustentável	146,6623
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA SERRA DO SAUBAL	Municipal	Uso Sustentável	1,6734
ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO JUÁ	Municipal	Uso Sustentável	1,2635
PARQUE NATURAL MUNICIPAL VALE DO ESPERANÇA	Municipal	Proteção Integral	1,1697
PARQUE NATURAL MUNICIPAL COLONIZADOR JOSE BIANCHINI	Municipal	Proteção Integral	0,1412
REFUGIO DA VIDA SILVESTRE DE COLÍDER	Municipal	Proteção Integral	0,1741
PARQUE NATURAL MUNICIPAL DE CASTANHAL/PARÁ	Municipal	Proteção Integral	0,1536
PARQUE NATURAL MUNICIPAL JARDIM BOTÂNICO	Municipal	Proteção Integral	0,3391
PARQUE NATURAL MUNICIPAL LAGOA DAS GARÇAS	Municipal	Proteção Integral	0,3924
PARQUE NATURAL MUNICIPAL DO MORRO DOS VENTOS	Municipal	Proteção Integral	0,4601
PARQUE NATURAL MUNICIPAL DE REDENÇÃO	Municipal	Proteção Integral	0,1643
PARQUE MUNICIPAL DA CACIMBA	Municipal	Proteção Integral	0,0717

