

UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS - UFAM
CENTRO DE CIÊNCIAS DO AMBIENTE - CCA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE E
SUSTENTABILIDADE NA AMAZÔNIA - PPGCASA

IASMIN LAÍS DAMASCENO PARANATINGA

**Modelagem da distribuição potencial de espécies de angelim
(Fabaceae) na Amazônia para a conservação e uso dos recursos
genéticos**

Manaus

2022

IASMIN LAÍS DAMASCENO PARANATINGA

**Modelagem da distribuição potencial de espécies de angelim
(Fabaceae) na Amazônia para a conservação e uso dos recursos
genéticos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente e Sustentabilidade na Amazônia da Universidade Federal do Amazonas, como requisito parcial para obtenção do título de mestre em Ciências Ambientais e Sustentabilidade na Amazônia.

Orientadora: Maria Teresa Gomes Lopes, Dra.

Coorientador: Marcos Silveira Wrege, Dr.

**Manaus
2022**

Ficha Catalográfica

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

P223m Paranatinga, Iasmin Laís Damasceno
Modelagem da distribuição potencial de espécies de angelim
(Fabaceae) na Amazônia para a conservação e uso dos recursos
genéticos / Iasmin Laís Damasceno Paranatinga . 2022
75 f.: il. color; 31 cm.

Orientadora: Maria Teresa Gomes Lopes
Coorientador: Marcos Silveira Wrege
Dissertação (Mestrado em Ciências do Ambiente e
Sustentabilidade na Amazônia) - Universidade Federal do
Amazonas.

1. Fabaceae. 2. Conservação florestal. 3. Mudanças climáticas. 4.
Distribuição potencial . I. Lopes, Maria Teresa Gomes. II.
Universidade Federal do Amazonas III. Título

A minha avó, Maria Alice Damasceno
Paranatinga (*in memoriam*), com todo o meu
amor,

Dedico!

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela graça de ter realizado mais um sonho.

A minha mãe, Doristela Damasceno Paranatinga por sempre acreditar e apoiar os meus sonhos, não medir esforços para que eles se realizem, e por todo amor e dedicação durante todo esse tempo.

A minha orientadora Prof.^a Dr.^a. Maria Teresa Gomes Lopes por ter confiado em mim para o desenvolvimento desta pesquisa e por todos os ensinamentos transmitidos no decorrer deste mestrado.

Ao meu coorientador Prof.^o Dr.^o. Marcos Silveira Wrege por ter aceitado essa missão, por todos os ensinamentos e paciência em transmitir o seu conhecimento.

Ao meu amigo e parceiro de pesquisa Diulio Andrew Torres que fez esse trabalho acontecer, que foi paciente e me trouxe tantos ensinamentos, se não fosse por você esse trabalho não seria concluído.

A Polícia Federal pela parceria nesse projeto, em especial a Ricardo Lívio Marques e Samuel Freitas de Souza que foram imprescindíveis para a conclusão desse projeto.

A minha amiga Josiane Elizabeth Almeida que esteve presente em todos os momentos e sempre foi meu amparo.

E a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Agradeço!

RESUMO

A floresta amazônica abriga uma rica biodiversidade, e é responsável por fornecer serviços ecossistêmicos. No entanto, na contramão da preservação desta floresta, observa-se um crescente desmatamento em decorrência das ações antrópicas, como a mudança nos diferentes usos da terra e as queimadas, que contribuem para a posição do Brasil, no cenário internacional, como o quarto maior emissor de gases de efeito estufa na atmosfera. As ações promovidas pelo homem têm causado danos ambientais irreversíveis, alterando o meio natural e causando perda de habitat para muitas espécies, influenciando a distribuição de espécies e de suas populações, principalmente as situadas em zonas periféricas, onde existem populações únicas, endêmicas, devido à mudança de ambiente nas zonas de transição climática. Entre as espécies nativas da Amazônia que sofrem forte pressão de exploração, destacam-se as conhecidas popularmente como “angelim”, dentre elas, as espécies *Hymenolobium excelsum*, *Vatairea sericea* e *Dinizia excelsa*. O objetivo deste estudo foi prever a ocorrência de espécies de angelim para dar suporte à tomada de decisão para a conservação de seus recursos genéticos. Foi delimitada as áreas de ocorrência das espécies, gerando mapas de predição de ocorrência, com o uso de sistemas de informações geográficas – SIG. Quanto ao levantamento de áreas desmatadas, foram utilizados dados de desmatamento acumulado por corte raso (2008-2020) a partir do monitoramento do PRODES, além de séries históricas de imagens de satélite Landsat, referentes ao período 2000-2020, a fim de acompanhar a evolução de áreas desmatadas em pontos no “arco do desflorestamento”. A principal área de distribuição atual de *H. excelsum*, *D. excelsa* e *V. sericea* é a extensão territorial da Amazônia. Os cenários climáticos futuros mostram que essa área continuará sendo a maior de aptidão climática para as espécies, ainda no cenário mais pessimista com a redução de áreas aptas. Os estudos fornecem subsídios ao aprimoramento de políticas públicas voltadas à conservação e ao uso das espécies de angelim.

Palavras-Chave: Fabaceae, conservação florestal, distribuição potencial, mudanças climáticas.

ABSTRACT

The Amazon rainforest is home to a rich biodiversity, and is responsible for providing ecosystem services. However, in the opposite direction to the preservation of this forest, there is a growing deforestation as a result of anthropic actions, such as the change of land use and fires, which places Brazil in the international scenario as the fourth largest emitter of effect gases greenhouse in the atmosphere. The actions promoted by man have caused irreversible environmental damage, changing the natural environment and causing loss of habitat for many species, influencing the distribution of species and their populations, especially those located in peripheral areas, where there are unique, endemic populations, due to environmental change in climate transition zones. Among the native species in the Amazon that are under strong exploitation pressure, those popularly known as “angelim” stand out, among them species *Hymenolobium excelsum*, *Vatairea sericea* and *Dinizia excelsa*. Thus, the aim of this study was to predict the occurrence of angelim species to support decision making for the conservation of their genetic resources. The applied methodology determined the species occurrence areas, generating occurrence prediction maps, with the use of geographic information systems – GIS. As for the survey of deforested areas, accumulated deforestation data by clear cut (2008-2020) were used based on PRODES monitoring, in addition to historical series of Landsat satellite images, referring to the period 2000-2020, in order to monitor the evolution of deforested areas at points in the “arc of deforestation”. The main current distribution area of *H. excelsum*, *D. excelsa* and *V. sericea* is the territorial extension of the Amazon. Future climate scenarios show that this area will continue to have the highest climatic suitability for the species, even in the most pessimistic scenario with the reduction of suitable areas. The studies will provide subsidies for the improvement of public policies aimed at the conservation and use of angelim species.

Key-words: Fabaceae, forest conservation, potential distribution, climate change.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Área de ocorrência de <i>Hymenolobium excelsum</i> a partir de dados do CRIA e GBIF.....	30
Figura 2 – Área de ocorrência de <i>Vatairea sericea</i> a partir de dados do CRIA e GBIF.....	31
Figura 3 – Área de ocorrência de <i>Dinizia excelsa</i> a partir de dados do CRIA e GBIF.....	32
Figura 4 – Predição do período base para <i>Hymenolobium excelsum</i> a partir de dados GBIF e CRIA.....	35
Figura 5 – Predição do período base para <i>Vatairea sericea</i> a partir de dados GBIF e CRIA.....	35
Figura 6 – Predição do período base para <i>Dinizia excelsa</i> a partir de dados GBIF e CRIA.....	35
Figura 7 – Área de desmatamento por corte raso (PRODES) de 2008-2020 sobreposta a área de nicho potencial modelada para <i>H. excelsum</i> , <i>Vatairea sericea</i> e <i>Dinizia excelsa</i>	37
Figura 8 – Mapa comparativo de cobertura vegetal (2000-2020) em uma área no estado do Pará com área potencial de ocorrência de <i>Hymenolobium excelsum</i> , a partir de imagens Landsat.....	39
Figura 9 – Mapa comparativo de cobertura vegetal (2000-2020) em uma área entre os estados do Amazonas e Rondônia com área potencial de ocorrência de <i>Dinizia excelsa</i> e <i>Vatairea sericea</i> , a partir de imagens Landsat.....	40
Figura 10 – Mapa de localização de áreas de interesse com pontos de ocorrência de <i>Hymenolobium excelsum</i> , <i>Vatairea sericea</i> e <i>Dinizia excelsa</i>	41
Figura 11 - Mapa de sobreposição das Unidades de Conservação federais, estaduais e municipais sobre a área potencial de ocorrência de <i>Hymenolobium excelsum</i> , <i>Vatairea sericea</i> e <i>Dinizia excelsa</i>	45
Figura 12 – Relação entre as UC's e a projeção no cenário ssp245 (2061-2080) para <i>H. excelsum</i>	48
Figura 13 – Relação entre as UC's e a projeção no cenário ssp245 (2061-2080) para <i>V. sericea</i>	48
Figura 14 – Relação entre as UC's e a projeção no cenário ssp245 (2061-2080) para <i>D. excelsa</i>	48

Figura 15 – Relação entre as UC's e a projeção no cenário ssp585 (2061-2080) para <i>H. excelsum</i>	48
Figura 16 – Relação entre as UC's e a projeção no cenário ssp585 (2061-2080) para <i>V. sericea</i>	48
Figura 17 – Relação entre as UC's e a projeção no cenário ssp585 (2061-2080) para <i>D. excelsa</i>	48
Figura 18 - Projeção ssp245 (2041-2060) para <i>H. excelsum</i>	52
Figura 19 - Projeção ssp245 (2061-2080) para <i>H. excelsum</i>	52
Figura 20 - Projeção ssp245 (2081-2100) para <i>H. excelsum</i>	52
Figura 21 - Projeção ssp245 (2041-2060) para <i>V. sericea</i>	52
Figura 22 - Projeção ssp245 (2061-2080) para <i>V. sericea</i>	52
Figura 23 - Projeção ssp245 (2081-2100) para <i>V. sericea</i>	52
Figura 24 - Projeção ssp245 (2041-2060) para <i>D. excelsa</i>	52
Figura 25 - Projeção ssp245 (2061-2080) para <i>D. excelsa</i>	52
Figura 26 - Projeção ssp245 (2081-2100) para <i>D. excelsa</i>	52
Figura 27 - Projeção ssp585 (2041-2060) para <i>H. excelsum</i>	53
Figura 27 - Projeção ssp585 (2061-2080) para <i>H. excelsum</i>	53
Figura 28 - Projeção ssp585 (2081-2100) para <i>H. excelsum</i>	53
Figura 29 - Projeção ssp585 (2041-2060) para <i>V. sericea</i>	53
Figura 30 - Projeção ssp585 (2061-2080) para <i>V. sericea</i>	53
Figura 31 - Projeção ssp585 (2081-2100) para <i>V. sericea</i>	53
Figura 32 - Projeção ssp585 (2041-2060) para <i>D. excelsa</i>	53
Figura 33 - Projeção ssp585 (2061-2080) para <i>D. excelsa</i>	53
Figura 34 - Projeção ssp585 (2081-2100) para <i>D. excelsa</i>	53

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Variáveis bioclimáticas (Bioc) selecionadas para uso na modelagem da predição de ocorrência das espécies com o código e sua correspondente variável.....**26**
- Tabela 2** - Variáveis indicadoras e valores de desvio padrão para validação de cinco modelos algoritmos para a elaboração de área potencial de ocorrência de *H. excelsum*.....**33**
- Tabela 3** - Variáveis indicadoras e valores de desvio padrão para validação de cinco modelos algoritmos para a elaboração de área potencial de ocorrência de *V. sericea*.....**33**
- Tabela 4** - Variáveis indicadoras e valores de desvio padrão para validação de cinco modelos algoritmos para a elaboração de área potencial de ocorrência de *D. excelsa*.....**34**
- Tabela 5** - UC's federais, estaduais e municipais com concentração de área potencial de ocorrência para as espécies *H. excelsum*, *V. sericea* e *D. excelsa*.....**42**
- Tabela 6** – Valores de área no cenário ssp245 para as décadas futuras das três espécies.....**49**
- Tabela 7** – Valores de área no cenário ssp585 para as décadas futuras das três espécies.....**49**

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
DOF – Documento de Origem Florestal
UC's – Unidades de Conservação
ITTO – *International Tropical Timber Organization*
APG II - *Angiosperm Phylogeny Group*
ICMBio – Instituto Chico Mendes de Biodiversidade
PRODES – Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Legal por Satélite
PPCDAm – Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal
MMA – Ministério do Meio Ambiente
CRIA – Centro de Referência em Informação Ambiental
GBIF – *Global Biodiversity Information Facility*
CNRM – CM6 -1 – Modelo Climático
ssp245 – Cenário Intermediário de Mudanças Climáticas
ssp585 – Cenário Pessimista de Mudanças Climáticas
IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change
AR6/IPCC – *Sixth Assessment Report/Intergovernmental Panel on Climate Change*
SVM – *Support Vector Machine*
MXS – *Maximum Entropy simple*
DOM – *Domain*
RDF – *Random Forest*
BRT – *Boosted Regression Trees*
ENMTML – Pacote Computacional Estatístico R
AUC – *Area Under the Curve*
TSS – *True Skill Statistics*
NDVI – *Normalized Difference Vegetation Index*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
2. OBJETIVOS	15
2.1 Objetivo Geral	15
2.2 Objetivos Específicos	16
3. REVISÃO DE LITERATURA	16
3.1 Espécies de Angelim	16
3.1.1 <i>Hymenolobium excelsum</i> Ducke	17
3.1.1.1 Classificação botânica e características da espécie	17
3.1.1.2 Área de distribuição natural	17
3.1.1.3 Uso e importância das espécies	18
3.1.2. <i>Vatairea sericea</i>	19
3.1.2.1. Classificação botânica e características da espécie	19
3.1.2.2 Área de distribuição natural	20
3.1.2.3. Uso e importância da espécie	20
3.1.3. <i>Dinizia excelsa</i>	20
3.1.3.1. Classificação botânica e características da espécie	20
3.1.3.2. Área de distribuição natural	22
3.1.3.3. Uso e importância da espécie	22
3.2 Nicho ecológico	23
3.3 Desmatamento na Amazônia	24
3.4 Conservação de espécies	26
4. MATERIAL E MÉTODOS	27
4.1. Obtenção dos pontos de ocorrência e limpeza dos dados	27
4.2 Variáveis bioclimáticas	27
4.3 Construção do modelo preditivo para o cenário atual e futuro	28
4.4 Avaliação dos modelos	29
4.6 Alterações de área de ocorrência das espécies ocasionadas pelas ações antrópicas	29
4.7 Desmatamento acumulado	29
4.8 Mapeamento do Desmatamento	29
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 Limpeza das coordenadas geográficas	30
5.2 Ocorrência das espécies <i>H. excelsum</i> , <i>V. sericea</i> e <i>D. excelsa</i>	30
5.3 Validação dos modelos	33
5.4 Modelo preditivo do cenário atual	35
5.5 Desmatamento acumulado (2008-2020)	37
5.6 Arco do Desflorestamento (estudo de caso)	39
5.7 UC's federais, estaduais e municipais em área de ocorrência potencial das espécies	43
5.8 UC's localizadas atualmente na área de distribuição das espécies e como serão afetadas no cenário ssp245 e ssp585 nas décadas 2061-2080	47
5.9 Projeções climáticas para as décadas 2041-2060, 2061-2080 e 2081-2100 em relação as áreas potenciais de ocorrência de <i>Hymenolobium excelsum</i> , <i>Vatairea sericea</i> e <i>Dinizia excelsa</i>	50
6. CONCLUSÕES	55
REFERÊNCIAS	56
ANEXOS	64

1. INTRODUÇÃO

A floresta amazônica possui grande diversidade de ambientes, uma rica biodiversidade e permite o fornecimento de serviços ecossistêmicos como o suprimento de água em quantidade e em qualidade, captura de carbono da atmosfera, auxilia na regulação do clima, entre outros. Os seus recursos genéticos têm sido estudados para o uso adequado e necessidade da conservação da diversidade genética (GARRETT et al., 2021; MELLO e ARTAXO, 2017; SANTOS et al., 2017).

O desmatamento crescente em função das ações antrópicas e das queimadas contribuíram para o Brasil estar entre os países responsáveis pela emissão de maior volume de gases de efeito estufa para a atmosfera e menor estoque de carbono (PADILLA et al., 2017). Além dos prejuízos ao clima do planeta resultante da redução da cobertura florestal, estudos evidenciam a perda de genótipos mais adaptados às mudanças climáticas, nas bordas das áreas de distribuição das espécies e de transição entre biomas. Nessas áreas a diversidade genética é maior e ocorrem populações únicas, endêmicas, adaptadas à transição de clima (CUNHA et al., 2021; GARRET et al., 2021).

O processo de desmatamento na Amazônia Legal brasileira se deu na década de 1970, quando houve o início de ocupação da região, o que ocasionou um regime imigratório, e conseqüentemente um inchaço populacional concentrado em áreas urbanas. O cenário registrado era de intensificação da exploração das florestas e a entrada do agronegócio (CARVALHO et al., 2016; CASTELO et al., 2018). O Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) registrou um total de áreas desflorestadas de 729.781,76 km² no bioma Amazônia e de 813.063,44 km² na Amazônia Legal (PRODES, 2020).

O uso exploratório de espécies madeireiras na Amazônia, com a substituição da cobertura florestal pela atividade agropecuária, principalmente pela cultura da soja ou da pecuária extensiva, tem grande impacto sobre a biodiversidade, colocando diversas espécies em situação de vulnerabilidade, aumentando o risco de extinção (RIBEIRO et al., 2016). A comercialização de madeira proveniente do desmatamento ilegal, prática antiga na região amazônica, tem sido apontada como vetor impactante do desmatamento na Amazônia (AVILA et al., 2017; DOMINGUES et al., 2020).

A supressão da vegetação e o aumento da fragmentação nas florestas tem resultado em perdas de habitat e redução de populações, diminuindo a capacidade de resiliência das espécies e dos ambientes (LINDENMAYER et al., 2008). A ação de retirada de espécies florestais, a partir da exploração intensa e seletiva da madeira, tem levado a uma grande perda da diversidade arbórea, entre e dentro de populações de cada espécie (KULEVICZ et al., 2020);

RIVERS et al., 2014). Os estudos de modelagem da predição da distribuição potencial de espécies florestais têm sido frequente na literatura para delinear estratégias de uso e conservação dos recursos florestais madeireiros (CHAGAS et al; 2019; SALES et al., 2020; SCIAMARELLI; 2020; SILVA, 2020).

Entre as espécies de angelim, destacam-se *Hymenolobium excelsum*, *Dinizia excelsa* e *Vatairea sericea* pertencentes à família Fabaceae, que são excessivamente exploradas na região amazônica devido a ampla gama de utilização, razão pela qual serão objeto deste estudo para modelar a sua distribuição atual, futura e os riscos de sobrevivência da espécie. Os Documentos de Origem Florestal (DOF) expedidos pelo Ministério do Meio Ambiente, entre os anos de 2007 a 2012, mostram que a espécie *D. excelsa* está em quarto lugar entre as mais comercializadas em tora e madeira serrada, com um volume de retirada de 2.030.805,72 m³. Dentre as vinte espécies mais exploradas, destaca-se pelo menos três espécies do gênero *Hymenolobium*. Entre elas, as espécies *H. petraeum* com uma retirada de 558.173,16 m³, *Hymenolobium* spp. com 471.725,64 m³ e *H. excelsum* 456.266,27 m³.

O uso predatório de espécies florestais, resultante principalmente do desmatamento ilegal, tem colocado em situação de vulnerabilidade, aumentando o risco de extinção de algumas populações, principalmente as marginais, reduzindo sua diversidade na Amazônia (HERNÁNDEZ-RUIZ et al., 2016; KEARNEY et al., 2010). Apesar do avanço do desmatamento, importância de angelins e exploração intensa de sua madeira, os estudos são escassos acerca da sobrevivência futura das populações de suas espécies.

Com o avanço do conhecimento, a partir deste trabalho, sobre a modelagem da distribuição potencial de espécies de angelim (*H. excelsum*, *D. excelsa* e *V. sericea*), podem ser delineadas estratégias para a conservação e uso sustentável, diminuindo a vulnerabilidade e o risco de extinção de suas populações. Será possível identificar regiões da Amazônia com maior aptidão climática e áreas com maior necessidade de conservação da variabilidade genética para cada espécie do estudo.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral:

Estimar a distribuição potencial de espécies *Hymenolobium excelsum*, *Vatairea sericea* e *Dinizia excelsa* na Amazônia para a conservação de seus recursos genéticos e o uso sustentável.

2.2 Objetivos específicos:

- Estimar a distribuição atual de espécies de angelim e projetar cenários climáticos futuros das espécies;
- Identificar as regiões com maior potencial climático para a conservação genética e o uso sustentável das espécies;
- Identificar as Unidades de Conservação (UCs) localizadas atualmente na área de distribuição das espécies e as que serão afetadas em cenários futuros;
- Estimar a evolução do desmatamento no período 2000-2020 em áreas específicas do “arco do desflorestamento”;
- Indicar as áreas prioritárias para resgate de material genético visando a conservação e uso das espécies de angelim.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Espécies de Angelim

A família Fabaceae é a terceira maior dentre as angiospermas, com três subfamílias – Caesalpinioideae, Mimosoideae, e Faboideae ou Papilionoideae. Tem catalogado aproximadamente 727 gêneros e mais de 19.325 espécies a nível mundial. Apresenta uma distribuição cosmopolita e um elevado número de espécies distribuídas nas áreas tropicais e subtropicais, além de ser um importante grupo de árvores da Amazônia (BARTH, 2006; COSTA et al., 2009; MIGUÉIS et al., 2015).

As plantas da família possuem hábitos variados, com potencial econômico bastante elucidado, uma vez que apresentam diversas possibilidades de utilização pelo homem. Os frutos e sementes são utilizados como fontes de alimentos, além de diversas espécies que produzem óleos essenciais e oleorresinas úteis tanto na medicina tradicional, quanto para a fabricação de tinturas, medicamentos e perfumes por segmentos industriais. Outra importante aplicação oriunda destas espécies é a produção de madeiras nobres e valiosas usadas na marcenaria, entalhadura e construções em geral (CHEW et al., 2011; COSTA et al., 2009; LEWIS et al., 2005; LIMA et al., 1994; SOUZA e SILVA, 1994).

Devido à ampla utilização das espécies, a família botânica Fabaceae é reconhecida como uma das mais importantes economicamente. No Brasil ocorrem cerca de 200 gêneros e 1.500 espécies. Levantamentos fitossociológicos mostram que as espécies que compõe esta família se diferenciam entre as áreas, tanto com a ocorrência, e, sobretudo, pela abundância (GUSSON et

al., 2008). Entre as espécies encontradas no Brasil, destaca-se as conhecidas popularmente como angelim, que são amplamente comercializadas e exploradas.

No estado do Pará, entre as diversas espécies comercializadas como “angelim” foram reconhecidas sete: *Andira surinamensis* (Bondt) Splitg. ex Amshoff, *Dinizia excelsa* Ducke, *Hymenolobium excelsum* Ducke, *Hymenolobium petraeum* Ducke, *Hymenolobium pulcherrimum* Ducke, *Hymenolobium modestum* Ducke e *Vatairea paraensis* Ducke (FERREIRA, HOPKINS e SECCO, 2004).

No Estado do Amazonas, as espécies *D. excelsa*, *H. excelsum*, *V. sericea* estão entre as de maior ocorrência de exploração de madeiras apreendidas pela Polícia Federal, portanto, destaca-se a importância do estudo de modelagem de nicho ecológico e estudo de vulnerabilidade destas espécies (Polícia Federal, 2020).

3.1.1. *Hymenolobium excelsum* Ducke

3.1.1.1. Classificação botânica e características da espécie

A International Tropical Timber Organization (ITTO) relata que as árvores pertencentes a esta família são conhecidas popularmente, no Brasil, como angelim, angelim amarelo, angelim comum, angelim do Pará, angelim pedra, angelim rosa, angelim-fava e mirarema (ITTO, 2021).

As árvores possuem grande porte e em florestas primárias apresentam dossel em posição superior ou emergente. As cascas novas têm a presença de lenticelas que ainda são visíveis em cascas velhas. As cascas se desprendem em placas grandes e coriáceas. Na base do tronco há sapopemas de 0,7 a 3,0 m. Do fuste, entre as camadas de casca, uma resina pegajosa é exsudada, com a cor variando entre vermelha e cor de mel, apresentando um odor adocicado (ITTO, 2021).

O número de folíolos de *H. excelsum* é ímpar, alternados, apresentando estípulas como brácteas junto à base das folhas. As são folhas pequenas e medem de 0,5 a 2,5 cm de comprimento e de 3,0 a 8,0 mm de largura, com pubescência curta e esparsa na parte superior. A frutificação desta espécie ocorre de janeiro a dezembro e a floração entre junho a novembro (ITTO, 2021).

3.1.1.2. Área de distribuição natural

Hymenolobium excelsum é nativa e endêmica de floresta de terra firme tanto do Estado do Pará, como do Amazonas (LIMA et al., 2015), com uma estimativa que um ciclo da espécie leve no mínimo 90 anos (CNCFlora, 2012).

As áreas de ocorrência desta espécie na Amazônia brasileira são: Amapá, na Serra do Navio; no Amazonas, em Parintins; e em diversos lugares no Pará como: na Reserva de Desenvolvimento Sustentável Alcobaça, no baixo e médio rio Trombetas (Oriximiná, Lago Erepecuru, rio Acapu), em Belém, Bragança, Breu Branco, Cachoeiras inferiores do Tapajós, Faro, Ilhas altas do Tajuparu (Breves), Melgaço (Caxiuanã), Moju, Monte Dourado, Paragominas (fazenda Cikel), Santarém (Serra), Tailândia e Tucuruí (CNCFlora, 2012).

3.1.1.3. Uso e importância da espécie

A madeira de *H. excelsum* é amplamente utilizada na construção civil e naval, sendo alvo da extração ilegal, principalmente no Pará, o que a levou a compor a lista de espécies ameaçadas, mesmo nas áreas de ocorrência dentro de unidades de conservação (CNCFlora, 2012).

3.1.2. *Vatairea sericea*

3.1.2.1. Classificação botânica e características da espécie

A espécie *V. sericea* pertence à família Fabaceae, gênero *Vatairea* Aubl. É conhecida pelos nomes populares de amargoso (nos estados do AM, AP, PA), angelim-amargoso (PA), fava-amarela (PA), fava-amargosa (AM, PA), faveira (AM, AP, PA), faveira-amarela (PA), faveira-amargosa (PA), faveira-bolacha (PA), faveira-sapupira-amarela (AC, AM, PA), sapupira-amarela (RO) (LIMA, 1982).

As árvores da espécie são de grande porte, medindo entre 30 a 48 m de altura, com Diâmetro a Altura do Peito (DAP) entre 30 a 110 cm, com um fuste reto e cônico, tendo a sua base com sapopemas bem desenvolvidas, cerca de 1,0 a 2,5 m em relação ao solo, ritidoma marrom-avermelhado. As cascas mortas apresentam coloração marrom-avermelhada, clara, fina (<1 mm espessura), quanto as cascas vivas, a cor varia entre o amarelo-alaranjado e o rosa, podendo chegar até 5 mm espessura, do seu tronco exsuda resina incolor (FERREIRA; HOPKINS e SECCO, 2004; LIMA, 1982).

Quanto às folhas, estas são imparipinada, com 8,0 a 11,0 cm de comprimento, pecíolo canescente-tomentoso, raque foliar cilíndrica, tomentosa, estreitamente canaliculada na parte superior. Os folíolos medem entre 1,8 a 6,4 cm de comprimento e 1,3 a 2,9 cm de largura, são alternos, obovados e oblongos, coriáceos (FERREIRA; HOPKINS e SECCO, 2004; LIMA, 1982).

3.1.2.2. Área de distribuição natural

Embora sua principal ocorrência seja em florestas de terra firme do Estado do Pará, já foi registrada também no estado do Amazonas, na Reserva Florestal Ducke. No estado do Pará ocorre em Belém, na estrada do Munguba - Km 14, no Moju (Campo Experimental da Embrapa), em Paragominas, na região do Jari, estrada entre São Miguel e Braço, em Tailândia e em Ulianópolis (FERREIRA; HOPKINS e SECCO, 2004).

3.1.2.3. Uso e importância da espécie

As árvores desta espécie são utilizadas principalmente na construção civil, como dormentes ferroviários, cruzetas, estacas, caibros, vigas, ripas, em mobiliário, partes decorativas de móveis, ou ainda como decoração e adorno, lâminas decorativas, embarcações (quilhas, convés, costados e cavernas), embalagens e cabos de ferramentas (LIMA, 1982).

3.1.3. *Dinizia excelsa* Ducke

3.1.3.1. Classificação botânica e características da espécie

O gênero *Dinizia* Ducke pertence à família Fabaceae Lindl. (1836), ordem Fabales Bromhead (1838) (APG II 2003) e foi descrito em 1922 por Adolpho Ducke. É um gênero monoespecífico, cuja posição taxonômica ficava originalmente entre as subfamílias Mimosoideae e Caesalpinoideae, por apresentar afinidades com gêneros de ambas. Posteriormente foi classificado na subfamília Mimosoideae, tribo Mimoseae. Atualmente, como não há mais a divisão da família em três subfamílias, o gênero está classificado dentro da família Fabaceae, ordem Fabales (APG II, 2003).

É popularmente conhecida como Angelim-vermelho, angelim-pedra, angelim-pedra-verdadeiro, angelim, angelim-falso, angelim-ferro, faveira, faveira-dura, faveira-ferro, faveira-grande, faveira-carvão, faveira-preta (Brasil); Kuraru, parakwa (Guiana). A espécie *D. excelsa* Ducke é muito característica por seu porte arbóreo, tanto em tamanho, pois é uma das maiores árvores da floresta amazônica; quanto pelas grandes placas que se desprendem da casca morta (ritidoma) e ficam acumuladas na base da árvore (MESQUISTA; FERRAZ e CAMARGO, 2009).

É uma árvore de grande porte, emergente, pode atingir até 60 m de altura e mais de 2 m de diâmetro. O tronco é reto e cilíndrico, com base acanalada e sapopemas altas. Ramifica no alto, compondo uma copa frondosa e bem distribuída, com galharia pesada, destacando-se na floresta natural. Tem a casca muito característica, marrom avermelhada. O tronco tem aspecto

escamoso, pelo desprendimento da casca (ritidoma) em placas grandes, lenhosas e irregulares, deixando cicatrizes mais claras. As placas ficam acumuladas na base do tronco, o que se torna uma característica de fácil reconhecimento da espécie. É comum a presença de lenticelas de formatos e distribuição diferentes, que se destacam pela cor alaranjada (MESQUISTA; FERRAZ e CAMARGO, 2009).

Ao corte, há exsudação de seiva pegajosa, inodora e incolor translúcida, tornando-se avermelhada pela oxidação. É comum a ocorrência de troncos ocos, principalmente em árvores maiores. O porte, a copa ramificada e frondosa, o padrão de desprendimento da casca, com o acúmulo das placas na base e as sapopemas enormes a tornam uma das árvores mais distintas e de fácil reconhecimento nas florestas de terra firme da Amazônia Central (MESQUISTA; FERRAZ e CAMARGO, 2009).

Apresenta folhas espiralada, composta, bipinada, com até 20 pinas, subopostas a alternas. O comprimento da folha varia de 13 a 45 cm. O pecíolo é relativamente longo, variando de 2,5 a 5,0 cm, é marrom-acinzentado, canaliculado, liso e densamente coberto por pelos esbranquiçados, curtos, eretos ou curvados. O pulvino mede de 0,5 a 0,7 cm e é da mesma cor do pecíolo, rugoso e densamente coberto por pelos ferrugíneos. A ráquis varia de 10 a 30 cm, é acanalada e apresenta um prolongamento após o último par de folíolos. O peciólulo mede de 0,3 a 0,6 cm. O pulvínulo mede de 0,1 a 0,3 cm de comprimento e é acanalado. A ráquis, o peciólulo e o pulvínulo possuem cor e indumento similares aos do pecíolo. Os foliólulos variam de 1,0 a 2,5 cm, são opostos, subopostos ou alternos, sésseis, deltóides e papiráceos. A lâmina foliar é discolor: face adaxial verde-escura, lustrosa e glabra; face abaxial verde-clara, com pelos esbranquiçados, curtos, deitados e esparsos, distribuídos pela lâmina e mais abundantes na veia central. Base fortemente assimétrica e ápice arredondado e retuso; margem inteira, revoluta e ciliada. A venação é de difícil visualização, com veia central plana, esparsamente coberta por indumento curto, em ambas as faces (MESQUISTA; FERRAZ e CAMARGO, 2009).

As folhas são branco-esverdeada a amarelo-esverdeada, pedunculada, minúscula e fortemente aromática. Pode ser hermafrodita ou unissexual. O cálice (1,5-1,9 mm) e as pétalas (3-4 mm) têm pelos (tricomas) discretos. O cálice é gamossépalo (tem as sépalas fundidas) externamente pubescente. As pétalas são livres e externamente pubescentes, com aglomerados de pelos (tricomas) no ápice. Os estames são livres, com as anteras fixas pelo dorso (dorsifixas), com deiscência longitudinal. O gineceu (3,8-5,5 mm) é gamocarpelar (tem os carpelos unidos). O ovário é externamente pubescente, unicarpelar e bilocular (MESQUISTA; FERRAZ e CAMARGO, 2009).

3.1.3.2. Área de distribuição natural

Dinizia excelsa é endêmica da região Amazônica (DICK et al., 2003). Ocorre no Brasil, nos estados do Acre, Rondônia, Amazonas, Pará, Roraima, Amapá e Maranhão. A única coleta registrada fora do território brasileiro foi no sul da Guiana (FERREIRA et al., 2004). A árvore de *D. excelsa* é emergente, uma das maiores da região amazônica.

É uma espécie-chave na floresta, contribuindo no aumento da biomassa (EMBRAPA/CPAA, 2004). Embora não esteja entre as espécies mais abundantes e mais frequentes, é considerada dominante, pois faz parte de um grupo de 20 espécies que representam cerca de 25% da dominância total da floresta (JARDIM e HOSOKAWA, 1986/87).

A espécie é classificada como pioneira de ciclo longo e compõe o dossel superior de uma floresta (SWAINE e WITHMORE, 1988). Também é considerada como oportunista, secundária, por só se desenvolver até o dossel quando ocorre uma abertura natural (clareira) pela queda ou morte de outras árvores (JARDIM e HOSOKAWA, 1986/87). Além disso, é classificada como atípica na sucessão florestal, devido à combinação das características: madeira pesada e dispersão anemocórica das sementes, que são dormentes, ortodoxas e de tamanho médio (FERRAZ et al., 2004).

A espécie ocorre em platôs nas florestas de terra firme, sobre solos sílico-argilosos ou argilosos, formando geralmente pequenos grupos ou manchas (LOUREIRO et al., 1979; RIBEIRO et al., 1999; SUDAM, 1979). Inventários em florestas de terra firme ao norte de Manaus atestaram para esta espécie a frequência de 0,5 a 93 árvores/ha e volume de 0,8 a 8 m³/ha (LOUREIRO et al., 2000). Na mesma região, a espécie é espécie comum e para árvores maiores, a frequência é de aproximadamente uma árvore adulta a cada 6 ha (DICK, 2001). No Pará, também foi mencionado um indivíduo emergente para cada 1 até 4 ha em floresta de platô (EMBRAPA/CPATU, 2004). No inventário da FAO (1986), o maior número de árvores por hectare foi de 1,1 (no Amapá) e 0,5 (na região entre os rios Tapajós e Xingu); e quanto ao volume madeireiro por hectare foram medidas 7,7 m³ no Amapá, e 7,6 m³ no Acará (região entre os rios Tocantins, Guamá e Capim) (LOUREIRO et al., 1979).

3.1.3.3. Uso e importância da espécie

O uso principal de *D. excelsa* é sua madeira, intensamente explorada, o que a tornou uma das espécies madeireiras mais importantes da região, sendo responsável por cerca de 50% das madeiras vendidas na Amazônia Central (BARBOSA, 1990). Entretanto, várias espécies diferentes são conhecidas e comercializadas pelo mesmo nome popular angelim.

A madeira é utilizada na construção naval e civil, em construções leves e pesadas. É própria para usos externos, como dormentes, postes, torneados, moirões, pontes, estacas, andaimes, esteios, vigamentos, sepos de bigorna e açougue, calçamento de ruas, implementos agrícolas, carrocerias, vagões como partes de veículos, trailers, “containers”. Também em uso interno, como caibros, vigas, ripas, tacos e tábuas para assoalho, molduras, batentes de portas e janelas, marcenaria e carpintaria. Devido ao seu grande porte, a madeira é geralmente usada em peças grandes e inteiras (EMBRAPA AMAZÔNIA ORIENTAL, 2004; FERREIRA et al., 2004; FERREIRA e HOPKINS, 2004; LORENZI, 1992; LOUREIRO et al., 1979). A árvore é majestosa e extremamente decorativa, podendo também ser empregada para arborização de praças e grandes jardins.

3.2. NICHOS ECOLÓGICOS

O nicho ecológico pode ser definido como o conjunto de condições ecológicas que mantêm uma espécie, e populações, sem a necessidade que ocorra imigração (GRINNELL, 1917). O termo está relacionado com as condições ambientais e recursos necessários adequados para a sobrevivência e reprodução das espécies, onde diversos fatores influenciam diretamente, como temperatura, salinidade, pH, disponibilidade de alimentos, presença de predadores, intensidade de luminosidade e população (HUTCHINSON, 1957).

Nicho ecológico pode ser descrito de duas maneiras, o nicho fundamental e o nicho realizado, no qual o primeiro está relacionado as condições abióticas, que as espécies apresentam aptidão a sobrevivência, e o segundo correlaciona-se com a sobrevivência de determinada espécie mesmo com a presença de outras (JIMÉNEZ-VALVERDE et al., 2008).

Estudos de modelos de nicho ecológico são cada vez mais utilizados como ferramenta para prever a distribuição geográfica potencial e real das espécies. Para a modelagem de nicho ecológico leva-se em consideração o ambiente em que a espécie ocorre, ou seja, as condições ambientais, correlacionadas com as variáveis de condições climáticas, de solo e de relevo (LUOTO et al., 2005; PETERSON, 2001; RAXWORTHY et al., 2003).

O uso de modelagens de distribuição potencial das espécies pode ser aplicado para indicar áreas ideais de plantio, determinar áreas com maior risco de invasão por espécies exóticas, prever a distribuição de espécies raras ou ameaçadas de extinção, apontar a espécie mais adequada para a recuperação de áreas degradadas, escolher áreas prioritárias para conservação, guiar levantamentos para detectar espécies novas ou raras e novos padrões de distribuição, além de análise do efeito das mudanças climáticas globais sobre a biodiversidade (MARCO e SIQUEIRA, 2009).

Dentre as possibilidades do uso da modelagem, a estimativa das áreas de distribuição potencial de espécies é uma importante ferramenta na construção de estratégias conservacionistas (AUSTIN, 2002; SOBERON, 2010). A distribuição espacial de uma espécie depende da sua capacidade em tolerar os fatores ambientais (ex. altitude, precipitação, umidade) (FINCH et al., 2006). O compilado desses dados permite estimar a probabilidade de presença de uma espécie em uma determinada área geográfica (ROMERO et al., 2016).

3.3. DESMATAMENTO NA AMAZÔNIA

O bioma Amazônia ocorre desde o oceano Atlântico até as encostas orientais da Cordilheira dos Andes, abarcando cerca de nove países da América do Sul, com uma correspondência total de 6,9 milhões de km². O Brasil abrange aproximadamente 70% deste bioma, ou seja, deste total, 5.015.067,75 milhões de km² se encontra em região brasileira, no qual engloba os estados: Pará, Amazonas, Maranhão, Goiás, Mato Grosso, Acre, Amapá, Rondônia e Roraima, equivalente a 58,9% do território brasileiro (IBGE, 2020).

O Instituto Chico Mendes de Biodiversidade (ICMBio) descreve que o bioma Amazônia comporta 40 mil espécies de plantas, 300 espécies de mamíferos, e 1,3 mil espécies de aves em todo o seu território. No entanto, esta região sofre com o desmatamento crescente da floresta. De acordo com o Projeto de Monitoramento do Desmatamento na Amazônia Brasileira por Satélite, em 2004 na região da Amazônia Legal o desmatamento foi de 27.772 km², entre os anos de 2009 e 2018 se observou uma queda dos índices de desmatamento por corte raso, porém, nos anos de 2019 e 2020 esses dados alcançaram a marca de 10.129 km² e 11.088 km², respectivamente (PRODES, 2020).

Os dados referentes aos anos de 2019 e 2020 (10.129 km² e 11.088 km²) mostram um crescimento alarmante das taxas de desmatamento que não vinham sendo observados a níveis tão altos, pois entre os anos de 2004 a 2018 foi observada uma queda de 72% dessa taxa (INPE, 2018). Esse comportamento de queda (2004-2018) pode ser explicado principalmente ao desenvolvimento de áreas protegidas, sistemas de monitoramentos mais eficazes, e nas intervenções do governo federal e estadual com a implementação de restrições de crédito para quem promove o desmatamento ilegal. No entanto, apesar de todas essas iniciativas e políticas públicas que visam mitigar essas ações, o Brasil ainda desmata cerca de 5.000 km² da floresta amazônica por ano (MARCOVITCH e PINSKY, 2020; MOUTINHO et al., 2016).

Muitas ações podem explicar a ocorrência do desmatamento, entre elas, a agricultura, os desastres naturais, a urbanização, a mineração, a devastação de terras para utilização da agropecuária, e a exploração ilegal de madeira (ARRAES et al., 2012; GEIST e LAMBIN,

2001). Esta última se apresenta com um caráter de exploração predatória, em sua maioria em locais proibidos, o que se torna um fator agravante da degradação ambiental (BRASIL, 2015).

Entre as diversas maneiras de remover a floresta, as queimadas e o corte de árvores são os dois principais métodos. Entre os estados que integram em sua área territorial fragmentos do bioma, os que mais promoveram a derrubada de áreas de floresta foi o estado do Pará com 3.025 km², seguido do Mato Grosso com 1.508 km² e Rondônia com 1.394 km² de área desmatada, juntos, esses três estados compreendem 75% de todo desmatamento registrado no ano de 2016 (AZEVEDO et al., 2016). Esses estados fazem parte do chamado Arco do Desflorestamento, uma faixa contínua que varia entre 200 e 600 km de largura, indo do nordeste do Pará até o estado do Acre (MOREIRA, 2009).

O desmatamento representa um dos vetores da mudança de clima regional e global. Entre as atividades humanas que mais contribuem para as emissões de GEE estão a queima de combustível fóssil e de biomassa e as mudanças no uso da terra, principalmente o desmatamento. Neste último, a urbanização e o desmatamento de áreas de vegetação florestal natural na Amazônia podem mudar os processos físicos entre a atmosfera e os ecossistemas terrestres e oceânicos, levando a alteração nos regimes de chuvas (i.e., precipitação) e na temperatura e na umidade do ar, em escalas local, regional e global (FEARNSIDE e LAWRENCE, 2004; LAWRENCE e VANDECAR, 2015; WOLF et al., 2014).

A exploração de madeiras na Amazônia brasileira foi responsável pelo desaparecimento de espécies de árvores que foram demasiadamente exploradas por produzirem madeiras nobres, popularmente conhecidas como madeiras de “lei”, dentre elas, mogno, acapu e virola (CASTRO, 2005). Este processo de desmatamento, o uso excessivo e as constantes mudanças no cenário florestal da Amazônia brasileira, se dão pela forma como ocorreu tanto a ocupação quanto a exploração dessa região, que teve início na década de 70 com a ocupação desta área, levando a um incentivo do processo migratório e conseqüentemente a um aumento da densidade populacional (BECKER, 2005; FERREIRA e SALATI, 2005).

Diante disso, pensando em uma forma de mitigar os efeitos e diminuir as taxas alarmante de desmatamento, elaborou-se o Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal (PPCDAm) em 2004, como um importante instrumento de política pública ambiental (ASSUNÇÃO et al., 2012; SOARES FILHO et al., 2009), que tinha como objetivo reduzir o desmatamento e criar condições de um desenvolvimento sustentável (MMA, 2020). Contudo, o cenário observado foi de crescimento de 34% de desmatamento entre os anos de 2018-2019 (INPE, 2020), o que evidencia que não houve êxito dessas políticas públicas (MARCOVITCH e PINSKY, 2020).

Não obstante, e mesmo que o desmatamento aconteça em todo mundo, atualmente, ele é uma questão especialmente crítica na Floresta Amazônica, a maior floresta tropical do mundo. Esse cenário torna necessário estudos que visam mitigar tais efeitos, principalmente no que diz respeito à conservação das espécies.

3.4. CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES

Em consequência a demasiada devastação das florestas, em proporções alarmantes, muitas espécies de plantas se encontram em situações de risco de extinção, resultante da descaracterização dos seus habitats (SHIMIZU, 2007).

Dentre as alternativas que visam à conservação das espécies, destaca-se o uso de banco de germoplasma (RIBEIRO et al., 2016). Entre outras medidas, que estão dentro da categoria de políticas públicas e medidas governamentais para conter a perda de espécimes, e garantir a perpetuação das mesmas, encontram-se a promoção do plantio de espécies florestais nativas e a criação de Unidades de Conservação (UC's), nas suas mais diversas categorias, como estratégia fundamental na conservação de ecossistemas (SHIMIZU, 2007).

A conservação de florestas em áreas públicas se dá através do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC), criado pela lei 9.985, de 18 de julho de 2000. Essa mesma lei define Unidades de Conservação como "espaço territorial e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção" (SNIF).

Segundo o Serviço Florestal Brasileiro (2019), no Brasil são estimados que há cerca de 500 milhões de hectares de florestas nativas e 10 milhões de florestas plantadas, tendo, portanto, cerca de 60% do seu território coberto por floresta. As áreas protegidas foram criadas com a finalidade de conservar a biodiversidade, manter os serviços ambientais e proteger as populações locais (VITEL et al., 2009).

A implementação de estratégias para a conservação de espécies se faz necessária, uma vez que os danos ambientais causam impactos direto na reprodução e perdas de indivíduos, sendo, portanto, fundamental conservar a variabilidade genética das espécies para a redução de riscos à vulnerabilidade genética.

Para a conservação são necessários estudos relacionados ao nicho ecológico de cada espécie, que visa elucidar a distribuição geográfica e o seu padrão ambiental, permitindo o seu uso ecossistêmico de forma sustentável (HERNÁNDEZ-RUIZ et al., 2016).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Obtenção dos pontos de ocorrência e limpeza dos dados

Para modelar e gerar camadas, em sistemas de informações geográficas, da distribuição das espécies de angelim presentes na Amazônia, foram utilizados dados primários de presença das espécies coletados em expedições a campo e dados secundários obtidos nos herbários que compõem o sistema SpeciesLink (Centro de Referência em Informação Ambiental – CRIA, 1999) e GBIF (Global Biodiversity Information Facility).

Os dados foram reunidos em planilhas eletrônicas e foram feitas análises de consistência, eliminando pontos repetidos, dados discrepantes (“*outliers*”), ocorrências, de modo geral, onde há impossibilidade certa de presença da espécie (desertos, semiárido, oceano, entre outros). O processo de limpeza de coordenadas é um passo essencial para gerar o modelo consenso, uma vez que a partir disso é possível garantir que os pontos de ocorrência utilizados no processamento dos modelos sejam confiáveis e precisos. Os dados utilizados correspondem a ocorrência das espécies na América Latina.

4.2 Variáveis bioclimáticas

Para a modelagem da predição de ocorrência dos dados climáticos “atuais” – dados históricos de 1970-2000 foram obtidos do banco de dados *Worldclim – Global Climate Data*, constituídos por 19 variáveis bioclimáticas (Tabela 1), dados estes referentes aos valores mensais de temperatura e precipitação global, incluindo temperaturas mínimas e máximas e precipitação pluvial, tanto para a América do Sul, como para a Amazônia Brasileira (INPE, 2020).

As 19 variáveis ambientais têm resolução espacial de 2,5 minutos. O cenário escolhido como base para projeções foi o modelo intermediário (ssp245) e o pessimista (ssp585) CNRM-CM6-1 para as décadas de 2041-2060, 2061-2080, 2081-2100.

Tabela 1. Variáveis bioclimáticas (Bioc) selecionadas para uso na modelagem da predição de ocorrência das espécies com o código e sua correspondente variável.

Código	Variável	Unidade de medida
Bioc1	Temperatura média anual	°C
Bioc2	Média mensal da variação diária da temperatura (temp. máxima - temp. mínima)	°C
Bioc3	Isotermalidade (Bioc2/Bioc7) (* 100)	%
Bioc4	Sazonalidade da temperatura (desvio padrão *100)	%
Bioc5	Temperatura máxima no mês mais quente	°C

Bioc6	Temperatura mínima no mês mais frio	°C
Bioc7	Variação anual da temperatura (Bioc5-Bioc6)	°C
Bioc8	Temperatura média no trimestre mais úmido	°C
Bioc9	Temperatura média no trimestre mais seco	°C
Bioc10	Temperatura média no trimestre mais quente	°C
Bioc11	Temperatura média no trimestre mais frio	°C
Bioc12	Precipitação pluvial acumulada no ano	mm
Bioc13	Precipitação pluvial acumulada no mês mais úmido	mm
Bioc14	Precipitação pluvial acumulada no mês mais seco	mm
Bioc15	Sazonalidade da precipitação pluvial (coeficiente de variação)	mm
Bioc16	Precipitação pluvial acumulada no trimestre mais úmido	mm
Bioc17	Precipitação pluvial acumulada no trimestre mais seco	mm
Bioc18	Precipitação pluvial acumulada no trimestre mais quente	mm
Bioc19	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).

4.3 Construção do modelo preditivo para o cenário atual e futuro

Os mapas de distribuição de *H. excelsum*, *V. sericea* e *D. excelsa* foram construídos para o período “atual” e para cenários futuros, de acordo com as projeções do Sexto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (AR6/IPCC)(IPCC, 2021), considerando os cenários mais pessimistas e os cenários intermediários descritos para as mudanças climáticas.

Para as projeções futuras foi utilizado o modelo de circulação atmosférica CNRM-CM6-1 do CNRM-CERFACS (Centro Nacional de Pesquisas Meteorológicas e Centro Europeu de Pesquisa e Formação Avançada em Cálculo Científico), considerando as décadas de 2041-2060, 2061-2080, 2081-2100, considerando os cenários diferentes de emissões de gases de efeito estufa (CO₂), ssp245 e ssp585.

As camadas dos índices e dos indicadores climáticos foram elaboradas usando regressão linear múltipla, relacionando os índices ou indicadores à latitude, longitude e o modelo numérico do terreno (representando a altitude), como variáveis predictoras.

Para a predição de distribuição geográfica foi desenvolvido um modelo consenso a partir de cinco modelos algoritmos, que foram: *Support Vector Machine* - SVM, *Maximum Entropy simple* - MXS, *Domain* - DOM, *Random Forest* - RDF, *Boosted Regression Trees* - BRT. Para este fim, foi utilizado o programa estatístico R, com o pacote ENMTML (ANDRADE et al., 2020) a partir dos scripts do anexo 1.

A partir desses modelos foram criados mapas binários (presença e ausência) para cada espécie com base no consenso dos modelos com boas métricas de avaliação, além de considerar os valores máximos de sensibilidade e especificidade (MX_TSS).

4.4 Validação dos modelos

A avaliação da qualidade dos modelos ajustados foi realizada a partir do cálculo da área sob a curva (*Area Under the Curve* - AUC), Kappa, *True Skill Statistics* (TSS), Jaccard, Sorensen, Fbp e Boyce, os quais foram utilizados para verificar a robustez dos modelos de caracterização dos envelopes bioclimáticos.

Teoricamente, o resultado 1,0 indica a discriminação perfeita, enquanto valores inferiores a 0,5 denotam baixo desempenho da modelagem. Com isto, neste estudo foram identificados locais de risco de evolução das espécies e onde encontram-se as prioridades para programas de conservação de populações naturais considerando o clima do período atual e o das próximas décadas, projetado de acordo com as análises das mudanças climáticas globais e as informações relacionadas à vulnerabilidade das espécies, as quais foram disponibilizadas para dar suporte a elaboração de políticas públicas voltadas para a conservação de espécies e definir as espécies prioritárias para uso nas ações de fiscalização e a apreensão de madeira provenientes de área de desmatamento ilegal.

4.5 Unidades de conservação localizadas na área de ocorrência das espécies

Shapefile disponibilizados pelo Ministério do Meio Ambiente de UC's federais, estaduais e municipais foram obtidos e sobrepostos ao *shapefile* confeccionados com os pontos de ocorrências das três espécies adquiridos dos herbários digitais. Os dados foram avaliados no software livre QGis onde foram gerados novos *shapefile* confrontando os dados UC's e ocorrência das espécies. Com a predição de ocorrência das espécies foram avaliadas as UC's presentes na área de distribuição de cada espécie e a sugestão de medidas necessárias para sua conservação, visando garantir a manutenção da diversidade genética e reduzir o risco de extinção das espécies.

4.6 Alterações de área de ocorrência das espécies ocasionadas pelas ações antrópicas

A alteração de área de cobertura florestal com a presença de angelim (ganho ou perda) que ocorrerá nas próximas décadas em função das alterações climáticas foi calculada utilizando sistemas de informações geográficas, por meio dos resultados gerados da predição de

ocorrência das espécies, comparando o período atual com os cenários futuros. Foram gerados gráficos de tendência das alterações de área e avaliadas ações necessárias à conservação dos recursos genéticos das espécies do estudo.

4.7 Desmatamento acumulado

O *shapelif* do desmatamento acumulado foi obtido do PRODES, esse dado trata-se da área acumulada do desmatamento por corte raso de 2008-2020 em toda a extensão da Amazônia Legal. Foi elaborado um mapa comparativo das áreas de predição de ocorrência para cada uma das três espécies do estudo em relação ao desmatamento acumulado e calculado alterações de perda de área por espécie.

4.8 Mapeamento do Desmatamento

A região em que foram avaliadas as áreas antropizadas corresponde ao arco do desflorestamento, para isso foram avaliadas imagens comparativas de uma série histórica entre os anos de 2000 a 2020, a partir de imagens Landsat obtidas no catálogo de disseminação disponíveis na internet, o U.S. *Geological Survey* (USGS).

Para isto foram selecionadas as cenas com o mínimo possível de cobertura de nuvens e de datas de aquisição próximas entre elas, compreendidas preferencialmente entre os meses de junho a setembro, por se tratar da estação seca na Amazônia brasileira. Quanto a metodologia de interpretação de imagens, o procedimento foi realizado em cinco etapas, sendo estas seleções de cenas, registros de imagens Landsat, cálculo dos valores de NDVI, classificação das imagens NDVI e cálculo das taxas de desmatamento. As imagens de satélite utilizadas para gerar o mapa de área foram retiradas da Plataforma Web que permite o acesso e compartilhamento das imagens de satélites diárias adquiridas pela constelação PlanetScope (BRASIL MAIS - PF), que utiliza mais de 130 satélites que transmite imagens diárias e mosaicos mensais das regiões monitoradas com a finalidade de combater o desmatamento ilegal na Amazônia.

As áreas locais de estudo correspondem a um total de aproximadamente 27.000 km² para cada área selecionada. Para a espécie *H. excelsum* a área delimitada fica no estado do Pará, de acordo com a ocorrência da espécie, para *V. sericea* e *D. excelsa* a região delimitada para a comparação do desmatamento fica entre os estados do Amazonas e Rondônia, com pontos em consenso de ocorrência para as duas espécies.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Limpeza das coordenadas geográficas

Foi verificado um total de 83 pontos das coordenadas geográficas de ocorrência da espécie *H. excelsum*, a partir de dados do CRIA e GBIF. No entanto, a partir da retirada de *outliers*, houve uma redução de 33 pontos, o equivalente a 39,76% dos pontos de ocorrência da espécie (Anexo 2). Quanto a *V. sericea*, a perda foi de 59 pontos, de um total de 106 pontos (Anexo 3). Para a espécie *D. excelsa*, a redução de ocorrência foi de 5 pontos de 126 totais. Essa redução equivale a 55,66% e 3,97%, respectivamente, do total obtido dos bancos de dados para as espécies (Anexo 4). As reduções refletem a melhor qualidade de dados divulgados para *D. excelsa*.

Após a limpeza prévia em Excel e posteriormente no programa QGIS, todos os dados de ocorrência restante foram utilizados no processo de modelagem da área de ocorrência potencial das três espécies estudadas.

5.2 Ocorrência das espécies *H. excelsum*, *V. sericea* e *D. excelsa*

A partir dos pontos de ocorrência verifica-se que a distribuição de *H. excelsum* no Brasil encontra-se no bioma Amazônia (Figura 1). Com base nisso, é verificado que *H. excelsum* é uma espécie nativa e endêmica de floresta de terra firme, confirmando sua ocorrência principalmente em áreas de floresta de terra firme, como o estado do Amazonas e o estado do Pará (LIMA et al., 2015). Além disso, observa-se que a espécie tende a ter pontos de ocorrência ao sul do Amazonas, indicando vulnerabilidade dessas árvores por estar situada no arco do desmatamento.

A modelagem de nicho para *H. excelsum* foi semelhante aos resultados encontrados na literatura, no qual mostrou que a área predominante de ocorrência da espécie é a Amazônia Legal (MOSCOSO et al. 2013).

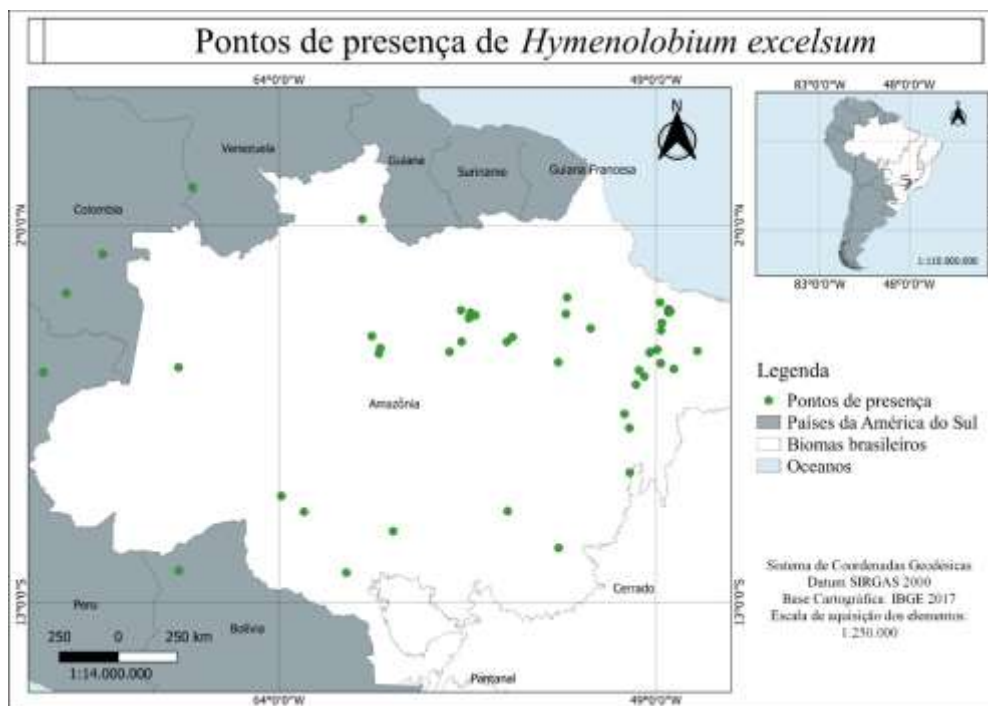


Figura 1 – Área de ocorrência de *Hymenolobium excelsum* a partir de dados do CRIA e GBIF.

Quanto a ocorrência da espécie *V. sericea* nos biomas brasileiros, verifica-se que 96% dos dados obtidos estão distribuídos no bioma Amazônia (Figura 2). Segundo pesquisas realizadas na literatura, a espécie ocorre principalmente em florestas de terra firme no Estado do Pará e em algumas áreas do Estado do Amazonas (FERREIRA; HOPKINS e SECCO, 2004), o que foi possível constatar em sua área de distribuição no mapa, corroborando com os autores.

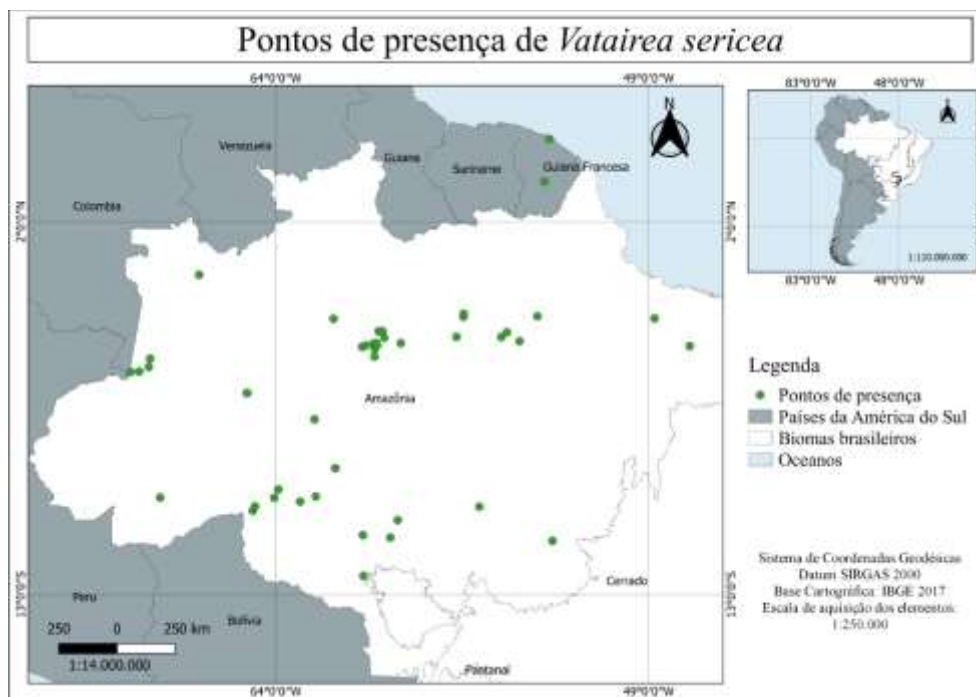


Figura 2 – Área de ocorrência de *Vatairea sericea* a partir de dados do CRIA, GBIF e de literatura.

Para a espécie *D. excelsa*, dos 121 pontos totais de ocorrência, 90% estão distribuídos no bioma Amazônia, no entanto, com presença no bioma cerrado (2,48%) e caatinga (2,48%). Observa-se que *D. excelsa* está situada entre os biomas Caatinga e Cerrado (Figura 3). Vale ressaltar que a espécie *D. excelsa* é muito característica por seu porte arbóreo, pois é uma das maiores árvores da floresta amazônica e endêmica da região Amazônica (DICK et al., 2003). Ocorre no Brasil, nos estados do Acre, Rondônia, Amazonas, Pará, Roraima, Amapá e Maranhão. A única coleta registrada fora do território brasileiro foi no sul da Guiana (FERREIRA et al., 2004).



Figura 3 – Área de ocorrência de *Dinizia excelsa* a partir de dados do CRIA, GBIF e de literatura.

Verifica-se que a ocorrência predominante das espécies de angelim estudadas ocorre no bioma Amazônia, que está situado na região equatorial e possui um clima úmido e quente, com temperaturas elevadas e alta umidade relativa do ar, com médias mínimas variando de 25,8 °C a 27,9 °C de temperatura máxima (FISCH; MARENGO e NOBRE, 1998).

5.3 Validação dos modelos

Os cinco algoritmos utilizados para modelagem foram significativos ($p < 0,001$) e produziram modelos com AUC adequados para as espécies em estudo para que a sua utilização fosse validada. O algoritmo mais representativo, foi selecionado com base na curva AUC, em que o valor máximo de 1,0 indica a discriminação perfeita dos modelos ajustados.

Para *H. excelsum* o algoritmo com maior valor de AUC foi MXS, com valor de 0,91, portanto, considerado o mais adequado, por estar mais próximo de 1. Para *V. sericea* a variação foi de 0,83 para DOM, 0,82 para MXS, 0,80 para BRT e RDF, e 0,79 para SVM, sendo este o menor valor observado para as três espécies. Para *D. excelsa* considerando o valor de AUC, o algoritmo MXS foi considerado o mais adequado (0,91), seguido por SVM (0,90), DOM e RDF denotaram valores semelhantes de 0,89 e para BRT 0,88. Os resultados de AUC encontrados foram aproximados ao estudo de modelagem de nicho ecológico para a espécie madeireira *Swietenia macrophylla* King, com 0,85 para o algoritmo RDF e 0,84 para SVM (SILVA, 2020). Entretanto, para a espécie *D. excelsa*, observa-se que os resultados de AUC para o algoritmo

RDF e SVM, foram superiores (0,89 e 0,90), respectivamente, aos encontrados para *Swietenia macrophylla*, o que indica uma melhor discriminação dos resultados para esta espécie.

O índice Kappa e TSS foram semelhantes em todos os modelos para as três espécies. Para *H. excelsum* a variação do índice de Kappa do menor ao maior foi de 0,63 (RDF) a 0,71 (SVM). Os valores para *V. sericea* variaram de 0,46 (RDF) a 0,57 (BRT, DOM e MXS). Para *D. excelsa* os valores foram de 0,66 (DOM) a 0,74 (MXS),

O índice de Jaccard variou de 0,69 a 0,76 para *H. excelsum*, com melhor desempenho para SVM. Para *V. sericea* os valores foram de 0,60 para SVM a 0,70 para o algoritmo BRT, quanto a *D. excelsa* houve uma leve variação no índice avaliado, de 0,73 para DOM a 0,78 para MXS.

Quanto ao índice de Sorensen, para as espécies *H. excelsum* e *D. excelsa* os valores encontrados ficaram acima de 0,80 para todos os algoritmos. Os dados para *V. sericea* variaram de 0,75 (SVM) a 0,82 (BRT). Todos os resultados apresentados foram considerados adequados para a validação dos modelos utilizados e são corroborados pelos pequenos valores do desvio padrão.

As Tabelas 2, 3 e 4 mostram os valores dos cinco algoritmos utilizados para modelagem e seus respectivos valores de desvio padrão.

Tabela 2 - Variáveis indicadoras e valores de desvio padrão (DP) para validação de cinco modelos algoritmos para a elaboração de área potencial de ocorrência de *H. excelsum*.

Algoritmo*	Índices de avaliação									
	AUC**	DP	Kappa	DP	TSS**	DP	Jaccard	DP	Sorensen	DP
BRT	0,85	0,01	0,65	0	0,65	0,03	0,70	0,01	0,82	0,01
DOM	0,87	0,01	0,67	0,03	0,67	0	0,72	0,04	0,84	0,03
MXS	0,91	0,01	0,69	0	0,69	0,03	0,75	0,01	0,85	0,01
RDF	0,87	0,02	0,63	0,03	0,63	0,03	0,69	0,02	0,82	0,01
SVM	0,87	0,04	0,71	0,03	0,71	0,09	0,76	0,07	0,86	0,04

Fonte: Paranatinga (2021).

* BRT (*Boosted Regression Trees*), DOM (*Domain*), MXS (*Maximum Entropy simple*), RDF (*Random Forest*), SVM (*Support Vector Machine*). ** AUC (*Area Under the Curve*) e TSS (*True Skill Statistics*).

Tabela 3 - Variáveis indicadoras e valores de desvio padrão (DP) para validação de cinco modelos algoritmos para a elaboração de área potencial de ocorrência de *V. sericea*.

Algoritmo	Índices de avaliação									
	AUC	DP	Kappa	DP	TSS	DP	Jaccard	DP	Sorensen	DP
BRT	0,80	0,05	0,57	0,08	0,57	0,08	0,70	0,04	0,82	0,02
DOM	0,83	0,02	0,57	0,01	0,57	0,01	0,69	0,02	0,81	0,01
MXS	0,82	0,04	0,57	0,08	0,57	0,08	0,67	0,06	0,80	0,04
RDF	0,80	0,01	0,46	0,01	0,46	0,01	0,64	0,02	0,78	0,01

SVM	0,79	0,04	0,51	0,11	0,51	0,11	0,60	0,10	0,75	0,07
------------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Fonte: Paranatinga (2021).

* BRT (*Boosted Regression Trees*), DOM (*Domain*), MXS (*Maximum Entropy simple*), RDF (*Random Forest*), SVM (*Support Vector Machine*). ** AUC (*Area Under the Curve*) e TSS (*True Skill Statistics*).

Tabela 4 - Variáveis indicadoras e valores de desvio padrão (DP) para validação de cinco modelos algoritmos para a elaboração de área potencial de ocorrência de *D. excelsa*.

Algoritmo	Índices de avaliação									
	AUC	DP	Kappa	DP	TSS	DP	Jaccard	DP	Sorensen	DP
BRT	0,88	0,04	0,67	0,05	0,67	0,05	0,74	0,03	0,85	0,02
DOM	0,89	0,02	0,66	0,07	0,66	0,07	0,73	0,06	0,84	0,04
MXS	0,91	0,02	0,74	0,07	0,74	0,07	0,78	0,05	0,88	0,03
RDF	0,89	0,04	0,67	0,08	0,67	0,08	0,74	0,05	0,85	0,03
SVM	0,90	0,03	0,68	0,09	0,68	0,09	0,75	0,05	0,86	0,03

Fonte: Paranatinga (2021).

* BRT (*Boosted Regression Trees*), DOM (*Domain*), MXS (*Maximum Entropy simple*), RDF (*Random Forest*), SVM (*Support Vector Machine*). ** AUC (*Area Under the Curve*) e TSS (*True Skill Statistics*).

5.4 Modelo preditivo do cenário atual

Quanto ao modelo preditivo consenso do período base “atual” gerado (Figuras 4, 5 e 6) mostram é possível verificar que quanto mais próximo do valor de 1 e com coloração vermelha mais intensa, maior a probabilidade de ocorrência da espécie na região, em contrapartida, quanto mais próximo for de zero e da coloração azul, infere-se que é menor a probabilidade de ocorrência e de possível zona de área de predição das espécies.

Considerando apenas a região da Amazônia Legal, a somatória da área total potencial de ocorrência das três espécies estudadas é de aproximadamente 391.284.920, 8602 km², uma vez que elas apresentam sua maior área de ocorrência no território geográfico da Amazônia, na sua extensão brasileira.

Quanto a área individual potencial de ocorrência de cada espécie, *H. excelsum* apresenta uma área de 469.041.009,10 ha, *V. sericea* com 500.489.318,8 ha e *D. excelsa* com 408.324.826,51 ha. A espécie *H. excelsum* é nativa e endêmica do Brasil, ocorre em florestas de terra-firme e pluvial no Amazonas e no Pará (LIMA, 2015). A espécie *Vatairea sericea*, de acordo com a literatura, está distribuída na América Latina (GBIF). A espécie *Dinizia excelsa* é nativa da região Amazônica, principalmente no Amazonas, Pará, Acre, Rondônia, Roraima e Amapá (FORTES, 2018).

A partir do modelo preditivo consenso do período base “atual” gerado para *H. excelsum*, *V. sericea* e *D. excelsa*, é possível confirmar a preferência de ocorrência das espécies principalmente na Amazônia.

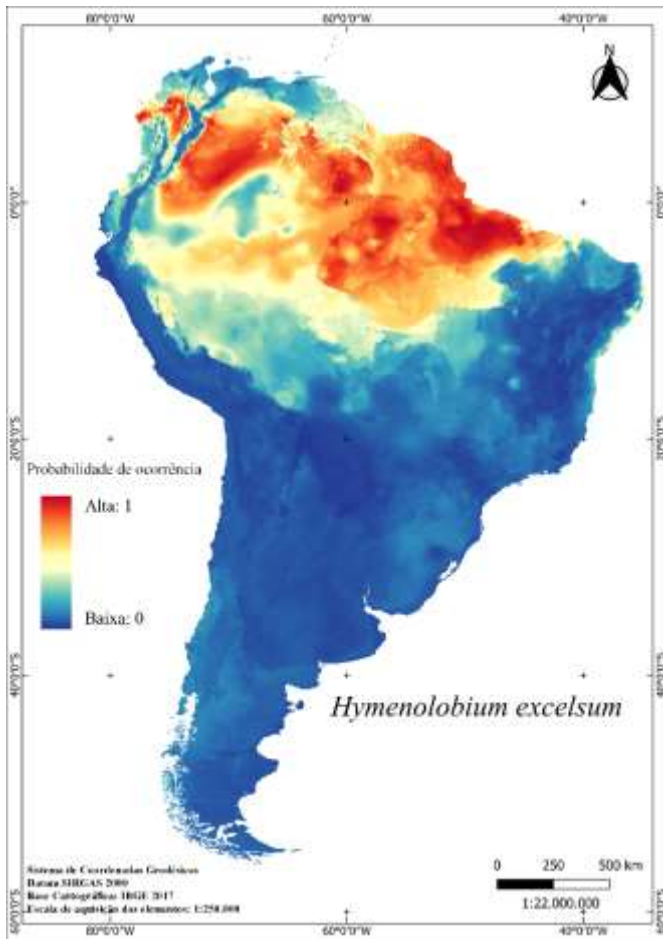


Figura 4 – Predição do período base para *Hymenolobium excelsum* a partir de dados GBIF e CRIA.

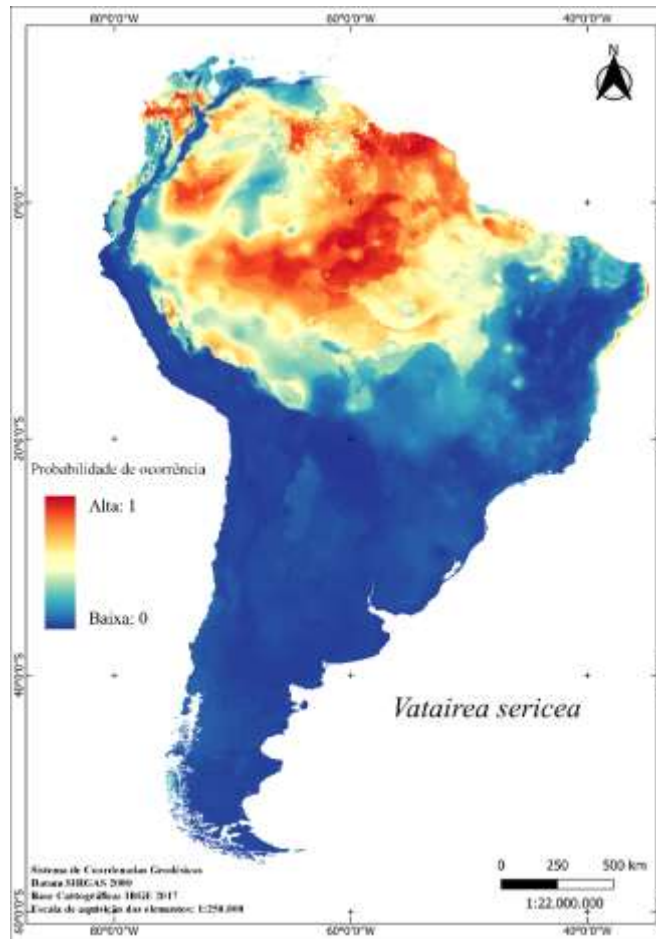


Figura 5 – Predição do período base para *Vatairea sericea* a partir de dados GBIF e CRIA.

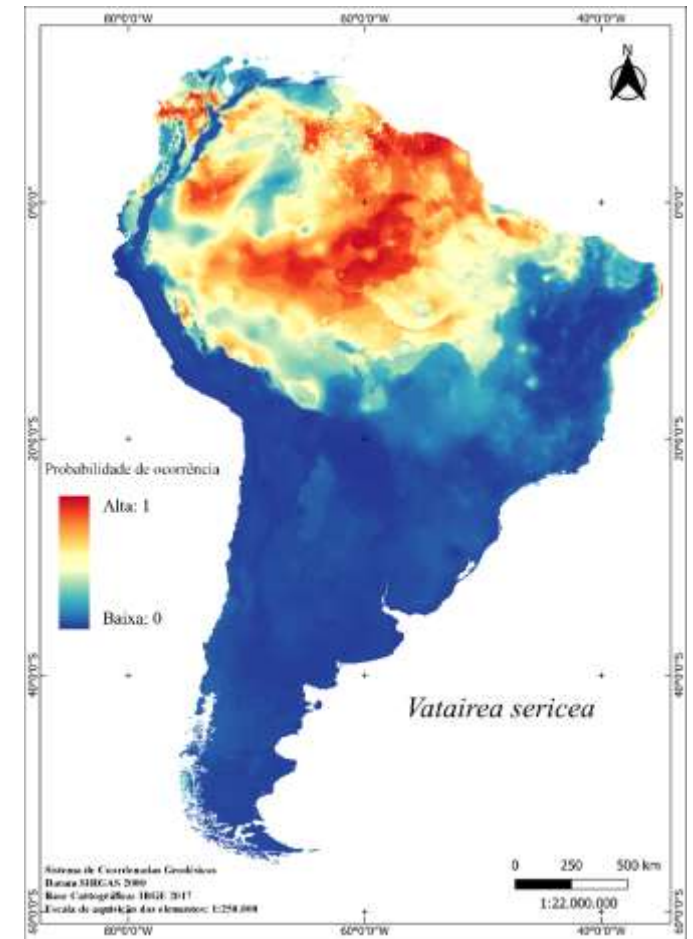


Figura 6 – Predição do período base para *Dinizia excelsa* a partir de dados GBIF e CRIA.

5.5 Desmatamento acumulado (2008-2020)

O total de áreas desmatadas por corte raso entre os anos de 2008 a 2020 na área modelada com ocorrência potencial de *H. excelsum*, *V. sericea* e *D. excelsa* é de aproximadamente 8.360.669,05 km², o que representa cerca de 2,14% do total indicado como área potencial, com uma área total de 391.284.920, 8602 km² (Figura 7), indicando, dessa forma, que houve uma redução de área de ocorrência das espécies.

A redução (2,14%) da área potencial de ocorrência das espécies desmatadas nos últimos doze anos, indica uma baixa probabilidade de ocorrência das espécies nessa área. Tal redução pode ser explicada pela possível perda expressiva de indivíduos, uma vez que são espécies madeireiras com alto valor comercial e sofrem intensa exploração.

De acordo com dados do DOF estas espécies florestais configuraram durante os anos de 2007-2012, entre as mais exploradas e comercializadas na região. No ano de 2020, na Amazônia, a espécie *D. excelsa* ficou em primeiro lugar entre essa lista.

No que tange as discussões a respeito do desmatamento geral na Amazônia, e a considerar que a área consenso de distribuição das três espécies é este bioma, estudos realizados pelo Inpe através do PRODES, evidenciam um constante desequilíbrio no controle do desmatamento florestal, resultando na perda de milhares de quilômetros quadrados de vegetação a cada ano (AMORIM et al., 2019), colocando diversas espécies arbóreas em situação de vulnerabilidade, como é o caso das espécies estudadas.

Quanto ao desmatamento por estado, o Pará apresentou os maiores índices de perda de área, com 44.972,09 km² (41,89%) desflorestadas. Um fator que coloca o estado do Pará como destaque do desmatamento é a sua localização estratégica quando se considera o avanço do arco do desflorestamento, considerada uma das regiões mais desmatadas no Brasil, com grandes modificações da floresta devido, principalmente, a expansão agrícola e a distribuição de terra de reforma agrária (BRASIL et al., 2014; FARIAS et al., 2018).

O desmatamento apresenta uma correlação direta com o processo de descaracterização do habitat e perda de áreas verdes (Figura 7). A fragmentação do habitat provoca impactos diretos no aumento dos efeitos de borda, modificando as interações ecológicas e os processos reprodutivos de espécies, além da perda de biodiversidade (LINDENMAYER et al., 2008). Além disso, ressalta-se que a ausência desses fatores acarreta no desaparecimento de diversas espécies arbóreas (CUNHA et al., 2021).

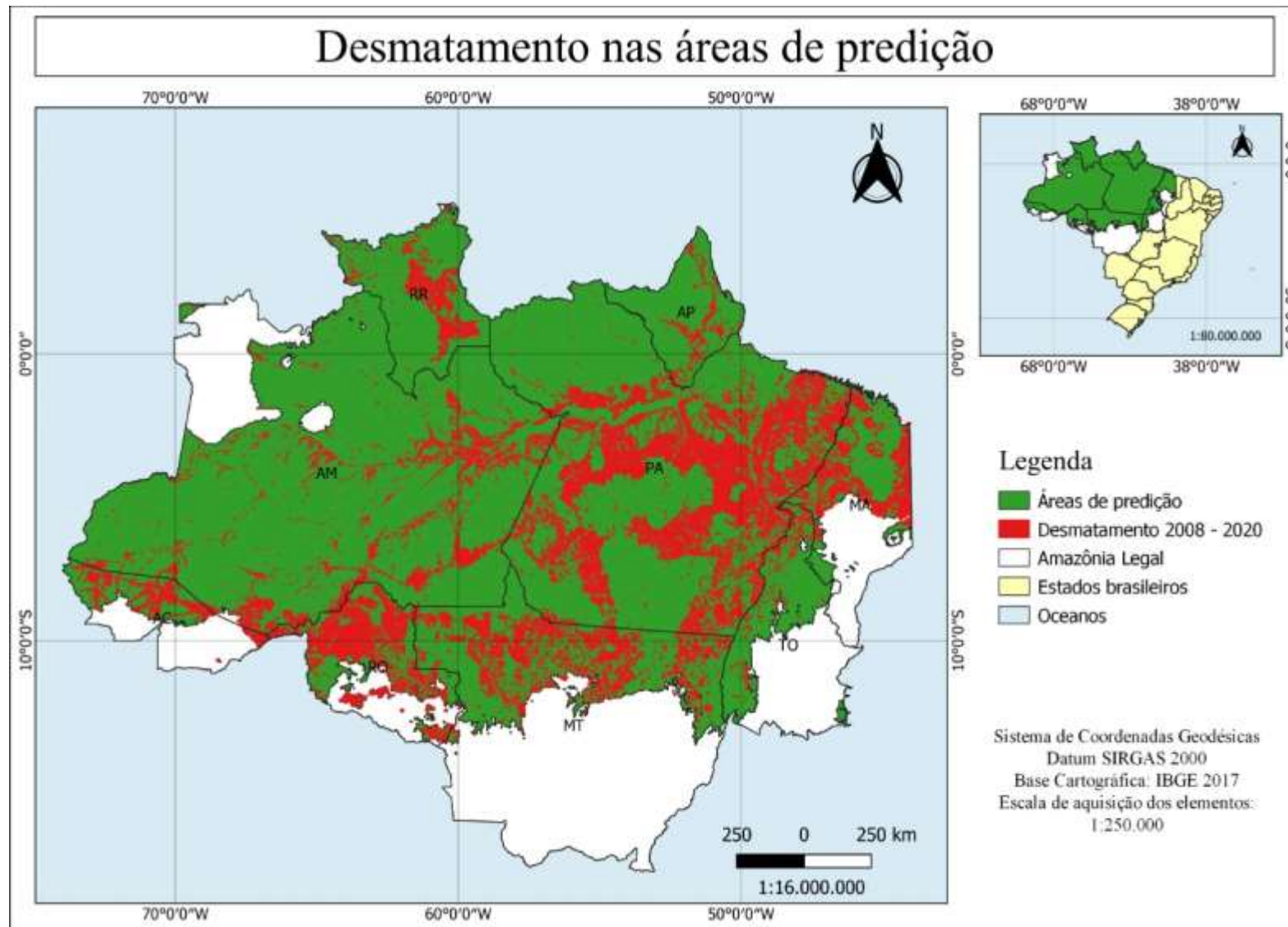


Figura 7 – Área de desmatamento por corte raso (PRODES) de 2008-2020 sobreposta a área de nicho potencial modelada para *Hymenolobium excelsum*, *Vatairea sericea* e *Dinizia excelsa*.

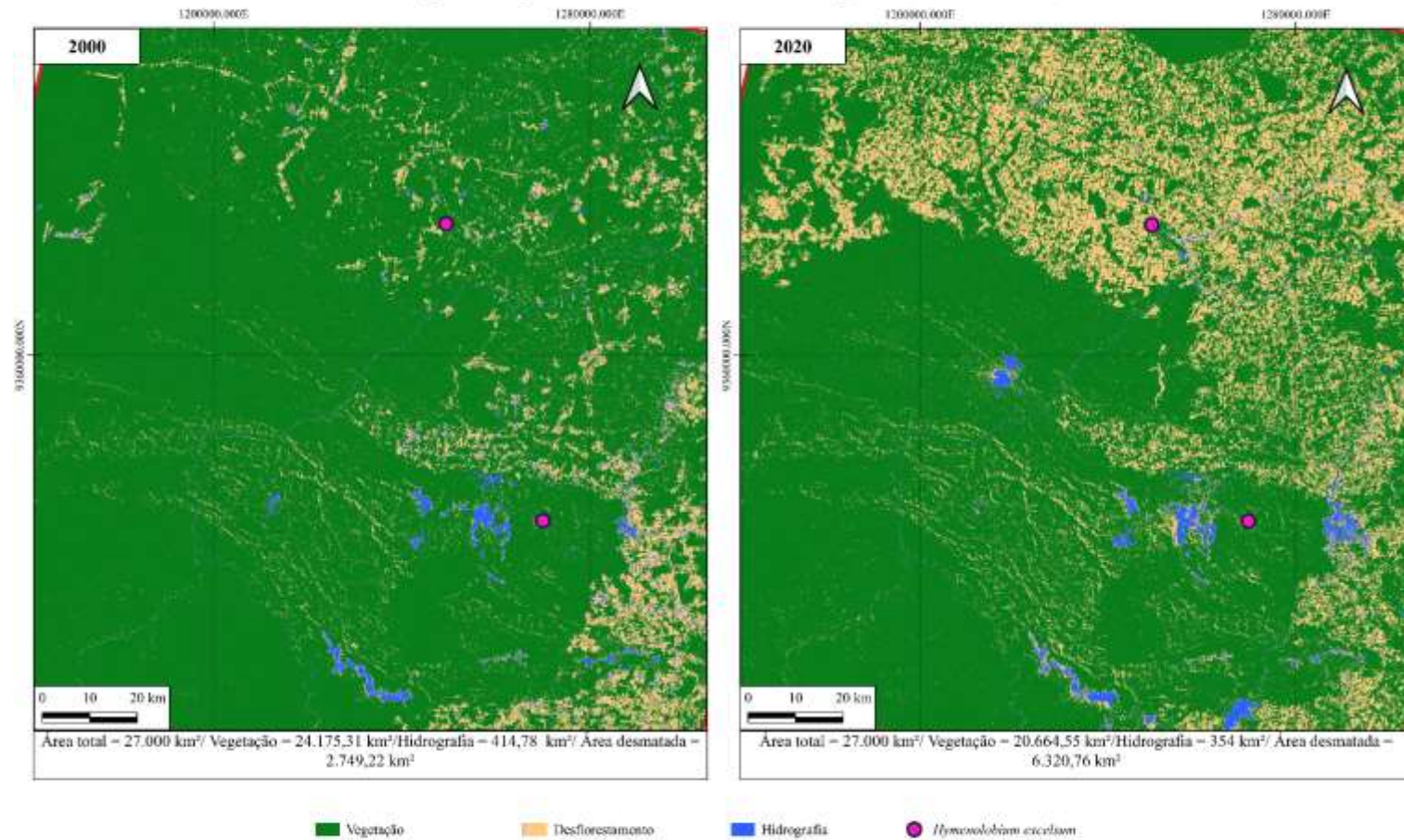
5.6 Arco do Desflorestamento (estudo de caso)

O estudo de caso sobre a comparação da evolução do desmatamento no período de 2000-2020 em áreas específicas do “arco do desflorestamento” foi realizado para a espécie *H. excelsum* em uma região situada no estado do Pará, para as espécies *D. excelsa* e *V. sericea*, a área selecionada foi entre o limite dos estados do Amazonas e Rondônia, uma vez que essa região é um ponto em comum de ocorrência das duas espécies. As imagens apresentadas mostram uma evolução do desflorestamento nos últimos vinte anos (Figuras 8 e 9) e um mapa de área para localização das áreas de interesse para a ocorrência das espécies (Figura 10).

Para a espécie *H. excelsum*, da área total de 27.000 km² selecionada para esse estudo, 24.175,34 km² ainda permanecem de área com cobertura florestal, 414,78 km² é referente a área com hidrografia, sendo, portanto, o total de desmatamento nessa região 2.749,22 km², correspondente a aproximadamente 11%. Para *D. excelsa* e *V. sericea*, o mesmo total de 27.000 km² foram selecionados a fim de comparar a evolução de perda de cobertura vegetal, desse montante, 23.808,72 km² correspondem a vegetação, 833,35 km² a hidrografia e 2.515,31 km² à área desmatada, representando cerca de 10% do desmatamento da área total. Esse avanço contínuo do desmatamento leva à perda da cobertura florestal, modificando ecossistemas nativos, extremamente ricos em espécies vegetais e animais (VITEL et al., 2009).

Ressalta-se, que o estudo não considerou o corte seletivo. A perda de áreas destinadas ao corte raso é aproximada entre as três espécies, sendo apenas 1% a mais no arco do desflorestamento, que é a região conhecida onde a fronteira agrícola avança em direção a floresta, apresentando os maiores índices de desmatamento da Amazônia. Com uma área corresponde 500 mil km² que vai do leste e sul do Pará em direção oeste, abarcando os estados do Mato Grosso, Rondônia e Acre (IPAM, 2015). Esse território concentra, aproximadamente, 75% da área desmatada da Amazônia (PRODES, 2018). A principal atividade responsável pelo desmatamento e que tem avançado é a pecuária (DOMINGUES e BERMANN, 2012). No entanto, operações da Polícia Federal também apontam a extração ilegal de madeira como vetor do desmatamento.

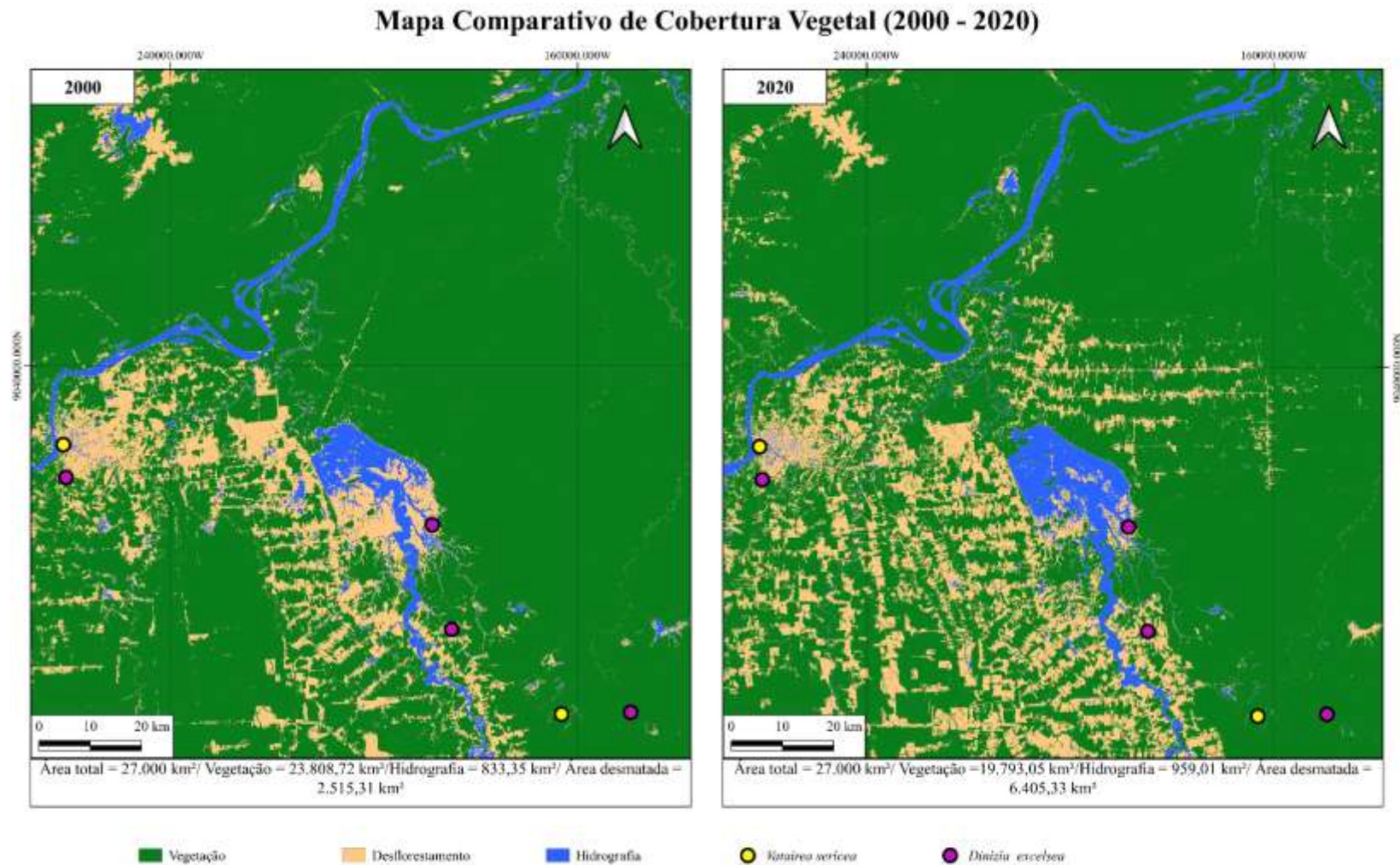
Mapa Comparativo de Cobertura Vegetal (2000 - 2020)



Imagens Landsat: LT05_L1TP_224064_20000612_20200906_02_T1; LC08_L1TP_224064_20200705_20200913_02_T1.

Sistemas de Coordenadas projetadas
SIRGAS 2000 zona UTM 22S

Figura 8 – Mapa comparativo de cobertura vegetal (2000-2020) em uma área no estado do Pará com área potencial de ocorrência de *Hymenolobium excelsum*, a partir de imagens Landsat.



Imagens Landsat: LE07_L2SP_232066_20000831_20200918_02_T1; LC08_L2SP_232066_20200729_20200908_02_T1.

Sistemas de Coordenadas projetadas
SIRGAS 2000 zona LTM 26S

Figura 9 – Mapa comparativo de cobertura vegetal (2000-2020) em uma área entre os estados do Amazonas e Rondônia com área potencial de ocorrência de *Dinizia excelsa* e *Vatairea sericea*, a partir de imagens Landsat.

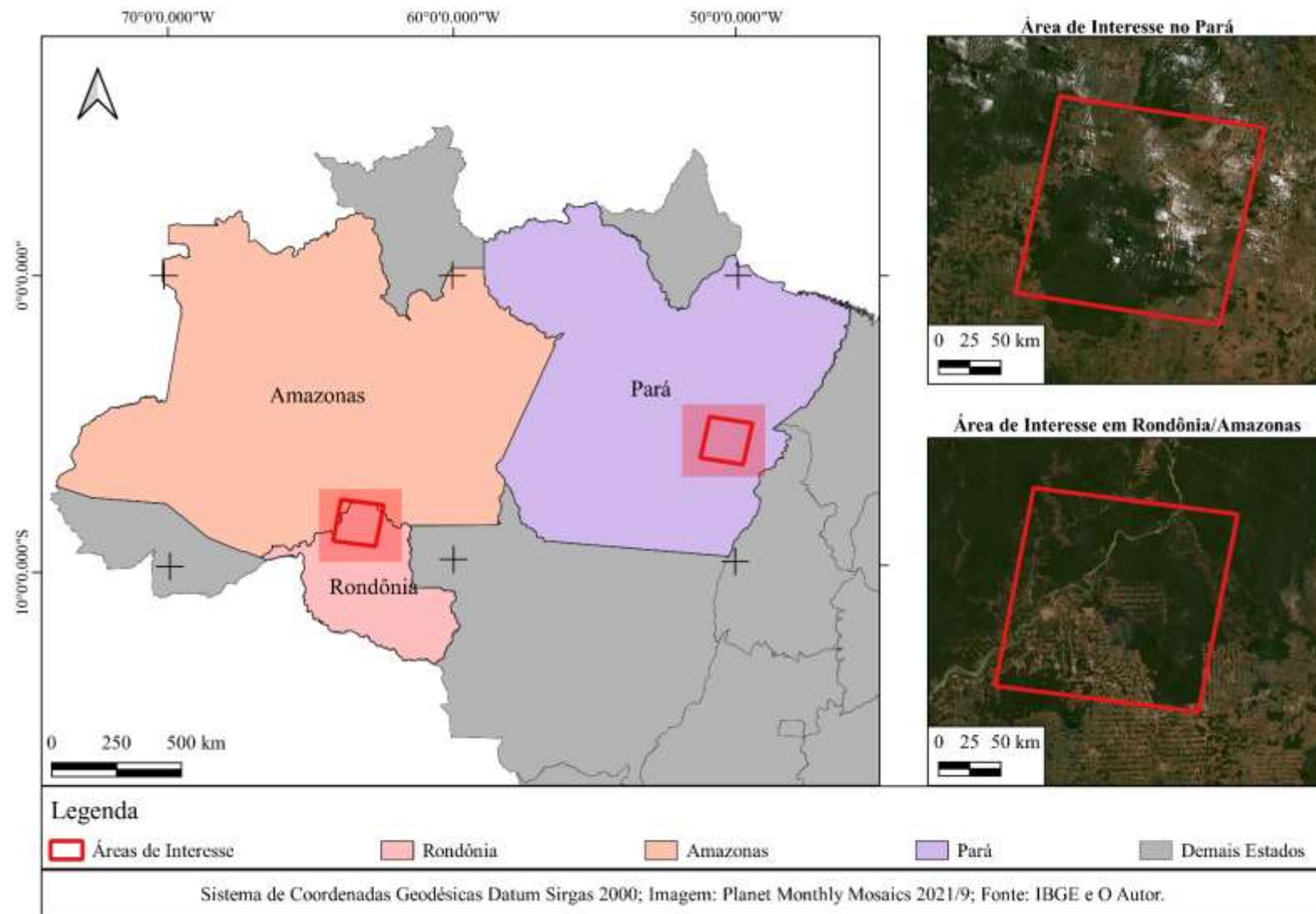


Figura 10 – Mapa de localização de áreas de interesse com pontos de ocorrência de *Hymenolobium excelsum*, *Vatairea sericea* e *Dinizia excelsa*.

5.7 UC's federais, estaduais e municipais em área de ocorrência potencial das espécies

Considerando as UC's e a área de ocorrência potencial consenso para *H. excelsum*, *V. sericea* e *D. excelsa*, têm-se 26 áreas protegidas na região para ocorrência das três espécies, totalizando 19.080.531,25 ha (Tabela 5). O número de UC's nas esferas federais, estaduais e municipais é 14, 10 e 2, respectivamente, com um total de área preservada de 8.985.316,78 ha, 8.454.269,96 ha e 1.691.687,93 respectivamente.

A Amazônia Legal tem 46% de sua área florestal considerada área protegida (2.306.931,165 km²) e o total das UC's que abrangem as espécies do presente estudo (1.931,127 km²), o que representam 0,084 dessa área. As UC's apresentam benefícios para a manutenção da biodiversidade, estoques de carbono, além de gerar serviços ambientais a nível global. No entanto, mesmo sendo áreas protegidas, elas sofrem com o avanço do desmatamento e a extração madeireira, ameaçando os serviços ambientais ofertados (FONSECA et al., 2020).

Tabela 5 – UC's federais, estaduais e municipais com concentração de área potencial de ocorrência para as espécies *Hymenolobium. excelsum*, *Vatairea sericea* e *Dinizia excelsa*.

ID	Unidades de Conservação	Esfera	UF	Área UC (ha)
1	Floresta Nacional do Tapajós	Federal	PA	530.618,24
2	Estação Ecológica do Jari	Federal	PA/AP	231.107,84
3	Reserva Extrativista Rio Cajari	Federal	AP	481.650,00
4	Reserva Biológica do Rio Trombetas	Federal	PA	407.752,54
5	Floresta Nacional de Caxiuanã	Federal	PA	317.942,85
6	Parque Nacional Mapinguari	Federal	RO/AM	1.776.913,00
7	Reserva Biológica do Jaru	Federal	RO	346.857,86
8	Parque Nacional de Anavilhanas	Federal	AM	350.233,33
9	Floresta Nacional de Saracá-Taquera	Federal	PA	441.280,78
10	Floresta Nacional de Carajás	Federal	PA	391.254,17
11	Parque Nacional do Jaú	Federal	AM	2.367.323,16
12	Parque Nacional da Amazônia	Federal	PA	1.066.294,01
13	Floresta Nacional do Jamari	Federal	RO	222.165,59
14	Área de Relevante Interesse Ecológico	Federal	AM	3.179,98
	Total de iniciativa federal			8.934.573,35
15	Área de Proteção Ambiental - Aturiá-Apuauzinho	Estadual	AM	568.320,61
16	Área de Proteção Ambiental - Lago de Tucuruí	Estadual	PA	568.220,83
17	Reserva de Desenvolvimento Sustentável Puranga Conquista	Estadual	AM	86.027,71
18	Área de Proteção Ambiental - Nhamundá	Estadual	AM	201.595,49
19	Parque Estadual Cristalino	Estadual	MT	59.019,35
20	Parque Estadual do Utinga	Estadual	PA	1.397,66
21	Estação Ecológica Samuel	Estadual	RO	68.991,93
22	Área de Proteção Ambiental - Região Metropolitana de Belém	Estadual	PA	5.646,57

23	Área de Proteção Ambiental - Arquipélago do Marajó	Estadual	PA	4.524.746,94
24	Floresta Estadual do Amapá	Estadual	AP	2.370.302,88
	Total de iniciativa estadual			8.454.269,97
25	Área de Proteção Ambiental - Tarumã/Ponta Negra	Municipal	AM	22.632,09
26	Área de Proteção Ambiental - Xeriuini	Municipal	RR	1.669.055,84
	Total de iniciativa municipal			1.691.687,93
Total geral				19.080.531,25

Fonte: Paranatinga (2021).

Dentre os estados da Amazônia Legal, o Pará apresenta maior número de áreas protegidas em regiões de potencial ocorrência das espécies em estudo (11 UC's) totalizando 8.486.262,43 ha. O segundo estado em maior número de área protegida é o Amazonas, com 8 UC's, perfazendo 5.376.225,37 ha. Posteriormente, Rondônia com 4 UC's (2.414.928,38 ha), Amapá com 3 UC's (3.083.060,72 ha) e Roraima com 1 UC (1.669.055,84 ha).

A Figura 11, mostra a distribuição das espécies na Amazônia Legal em relação a ocorrência de áreas de proteção. No que se refere aos pontos de ocorrência considerados neste trabalho, os estados do Acre, Tocantins e Maranhão não apresentaram UC's em pontos de ocorrência das espécies.

Os resultados mostraram o maior número de UC's no Pará, nas áreas de distribuição das espécies do estudo, no entanto, ressalta-se que neste estado da região Norte, houve um dos maiores avanços em área de desmatamento, possui hoje 41,89% (44,972,09 km²) da área total desmatada (PRODES, 2021). Ressalta-se também que suas UC's sofrem pressão de desmatamento, a exemplo da Floresta Nacional do Tapajós e a Floresta Nacional de Saracá-Taquera, que são áreas de proteção federais, a Área de Proteção Ambiental do Lago do Tucuruí e Área de Proteção Ambiental do Arquipélago do Marajó, de esfera estadual, configuram entre as dez unidades de conservação que mais sofrem ameaça do desmatamento. No geral, o estado do Pará tem 60% das suas áreas de proteção no ranking das dez mais ameaçadas na Amazônia (FONSECA et al., 2020).

Amazonas e Rondônia com 11,46% (12.305,26 km²) e 13,09% (14.057,07 km² ha), respectivamente (PRODES, 2021) são os estados que lideram em número de UC's com área de distribuição das espécies do estudo posteriormente ao Pará. Ressalta-se que entre esses estados, está o Parque Nacional do Mapinguari, UC federal, e a Floresta Estadual do Amapá que estiveram entre as mais ameaçadas pelo desmatamento (FONSECA et al., 2020). O total desmatado em áreas de proteção em 2016 foi de 1.225 km², responsável por 15,5% do total de desmatamento na Amazônia. Em 2017, o desmatamento nessas mesmas áreas foi de 929 km². Esses dados evidenciam uma redução de 13% do desmatamento no comparativo dos dois anos.

No entanto, apesar da redução da pressão de desmatamento nestes anos, as UC's continuam sob alta pressão de desmatamento. Essa pressão se distribui da seguinte forma: 12% nas Terras Indígenas (116 km²), 82% nas unidades de conservação de uso sustentável (759 km²), e 6% nas unidades de conservação de Proteção Integral (54 km²) (FONSECA et al., 2020).

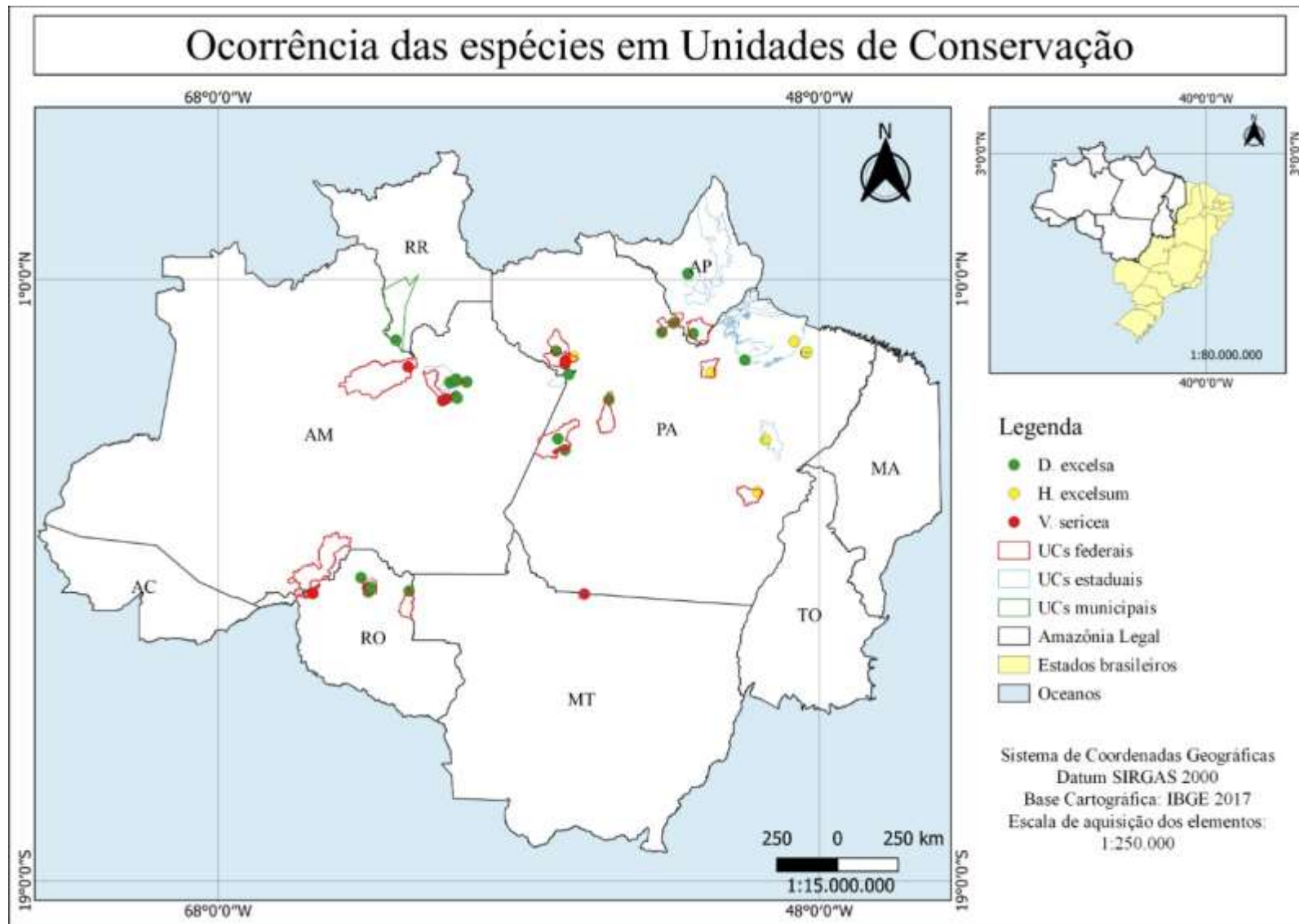


Figura 11 - Mapa de sobreposição das Unidades de Conservação federais, estaduais e municipais sobre a área potencial de ocorrência de *Hymenolobium excelsum*, *Vatairea sericea* e *Dinizia excelsa*.

5.8 UC's localizadas atualmente na área de distribuição das espécies e como serão afetadas no cenário ssp245 e ssp585 nas décadas 2061-2080

De acordo com a classificação feita pelo *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), o cenário ssp245 representa emissões intermediárias de emissão de Gases de Efeito Estufa (GEE) e emissões de CO₂ permanecendo em torno dos níveis atuais até meados do século. O cenário ssp585 reflete a emissões muito altas de GEE e emissões de CO₂ praticamente dobradas em relação aos níveis atuais até 2100. Estes cenários, quando comparados o período 2081-2100 ao período de 1850-1890, considera um aumento de temperatura de aproximadamente 3,5 °C e 4,5 °C para ssp245 e ssp585, respectivamente.

Diante disso, a correlação das áreas de UC's atuais com a projeção para as décadas de 2061-2080, em um cenário intermediário (ssp245), evidencia que serão importantes as áreas de preservação, uma vez que aponta alta probabilidade de ocorrência das espécies na região, tanto para *H. excelsum*, *V. sericea* e *D. excelsa* no cenário intermediário (ssp245) (Figuras 12, 13 e 14) e significativas perdas de áreas aptas ao desenvolvimento das espécies estão previstas, com base no cenário ssp585 (Figuras 15, 16 e 17). Além do desmatamento, mudanças climáticas significativas na Amazônia podem afetar os padrões de diversidade vegetal (OLIVARES et al., 2015). Considerando que as espécies do estudo são de grande porte e de áreas de florestas, a fim de evitar a extinção, essas espécies precisarão rastrear um clima propício por meio da migração ou se adaptar a novas condições climáticas (NEPSTAD et al., 2007; PHILLIPS et al., 2010). Dessa forma, manter essas espécies em UC's garante o fluxo gênico o que é essencial para a continuidade da variabilidade genética das espécies (VAN DYCK e BAGUETTE, 2005).

O estado de Roraima é a área mais sensível à redução de populações das espécies. Para *H. excelsum* o cenário ssp245 e ssp585 nas décadas de 2061-2080 (figuras 12 e 15) evidenciam que esta área será mais sensível à redução de populações desta espécie, levando-se em consideração a probabilidade de ocorrência das espécies a partir do gradiente de cores evidenciadas nas figuras, uma vez que uma coloração mais clara é um indicativo que a região não apresenta condições climáticas propícias para a sobrevivência da espécie.

Esse mesmo comportamento foi verificado para as espécies *V. sericea* e *D. excelsa* (figuras 16 e 17) no cenário pessimista de mudanças nas condições climáticas (ssp585), levando em consideração a escala de probabilidade de ocorrência mostrado nas figuras, revelando uma maior possibilidade de perda de área potencial. Considerando o mesmo padrão de avaliação, infere-se que para *V. sericea* e *D. excelsa* no cenário intermediário (ssp245) (figuras 13 e 14), não haverá drásticas mudanças nas áreas de potencial ocorrência das espécies.

No geral, os resultados revelam que as áreas protegidas continuaram a ser em regiões estratégicas para a sobrevivência das três espécies, considerando a escala de probabilidade de ocorrência mostrado nas figuras 16 e 17.

O padrão de distribuição das espécies em função das modificações nas áreas potenciais de ocorrência sofreu alterações em função dos cenários de mudanças climáticas (ssp245 e spp585), comportamento este previsto para toda a biodiversidade (THUILLER, 2007). Além disso, somam-se a esse efeito as alterações em decorrência do avanço do desmatamento dentro das UC's, principalmente nas unidades de uso sustentável e de proteção integral (MARENGO e SOUZA JÚNIOR et al., 2018). Essas categorias de UC's são as principais encontradas neste trabalho como regiões de ocorrência da espécie dentro de áreas protegidas. A atuação desses dois fatores (mudanças climáticas e desmatamento) poderá se tornar um fator determinante para a redução drástica da ocorrência de espécies de angelins.

Os resultados evidenciam, portanto, a importância de reduzir o desmatamento como questão urgente nas agendas ambientais, principalmente no que se refere ao seu importante papel na regulação do clima global e ao seu impacto na diversidade cultural e biológica (MARENGO e SOUZA JÚNIOR, 2018).

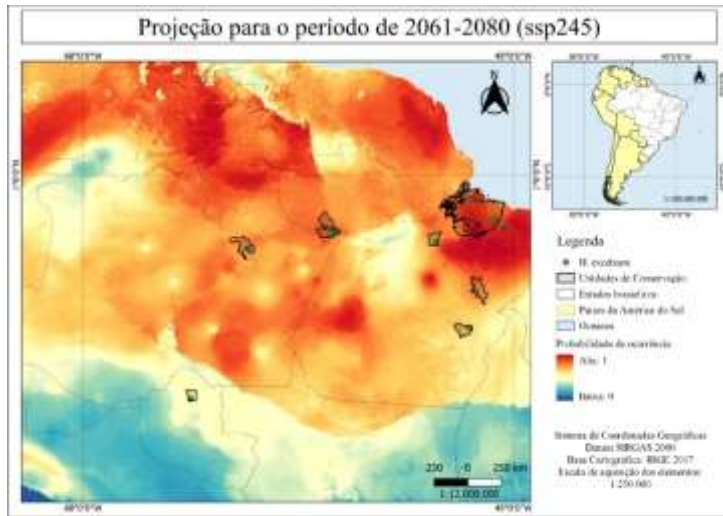


Figura 12 – Relação entre as UC's e a projeção no cenário ssp245 (2061-2080) para *H. excelsum*.

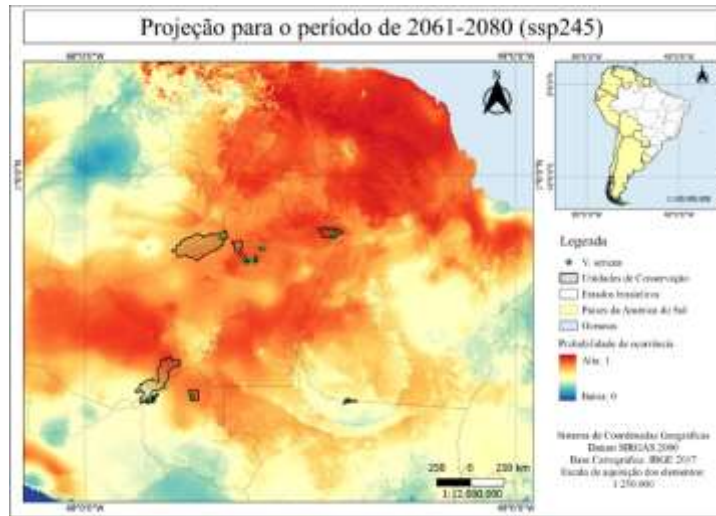


Figura 13 – Relação entre as UC's e a projeção no cenário ssp245 (2061-2080) para *V. sericea*.

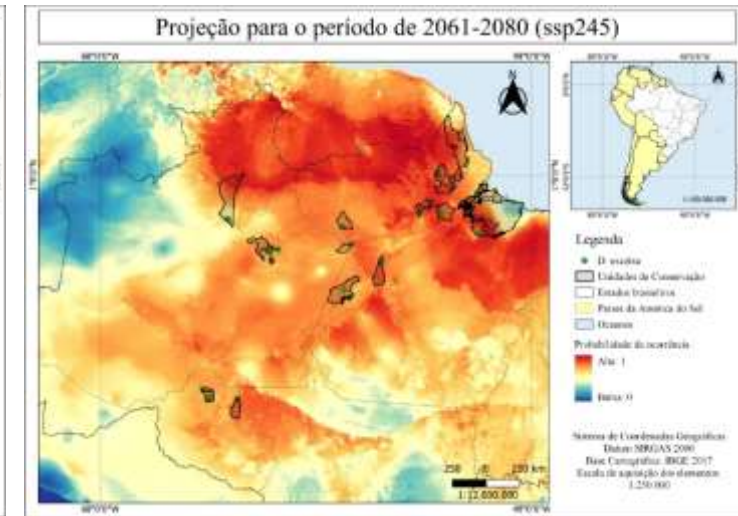


Figura 14 – Relação entre as UC's e a projeção no cenário ssp245 (2061-2080) para *D. excelsa*.

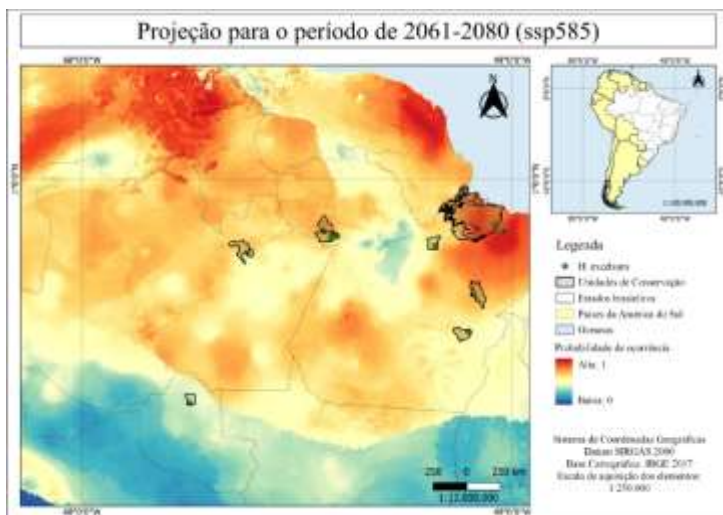


Figura 15 – Relação entre as UC's e a projeção no cenário ssp585 (2061-2080) para *H. excelsum*.

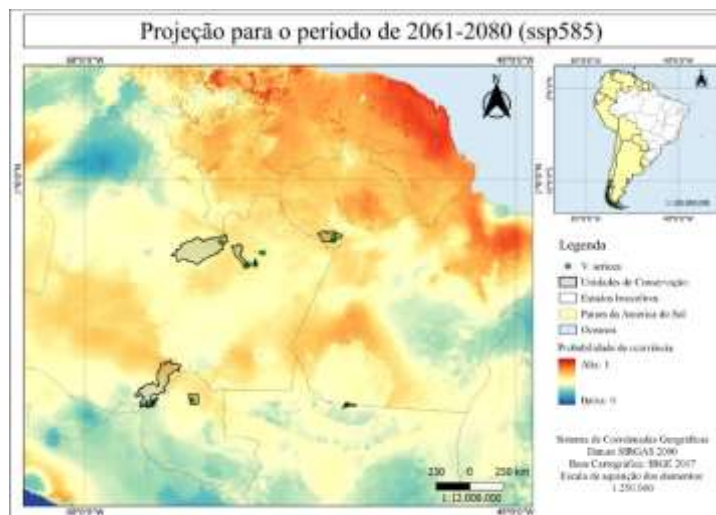


Figura 16 – Relação entre as UC's e a projeção no cenário ssp585 (2061-2080) para *V. sericea*.

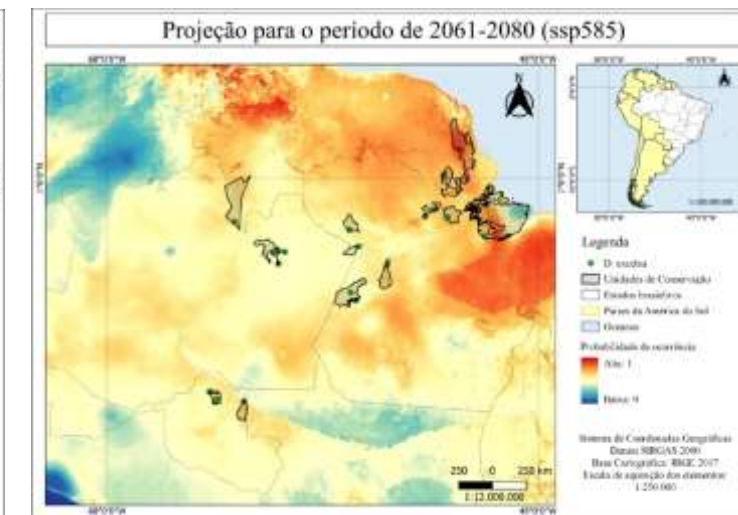


Figura 17 – Relação entre as UC's e a projeção no cenário ssp585 (2061-2080) para *D. excelsa*.

5.9 Projeções climáticas para as décadas 2041-2060, 2061-2080 e 2081-2100 em relação as áreas potenciais de ocorrência de *Hymenolobium excelsum*, *Vatairea sericea* e *Dinizia excelsa*

A partir das projeções feitas em relação a área potencial de cada espécie estudada, foi possível verificar o quanto de área que cada espécie irá ganhar ou perder nos dois cenários (ssp245 e ssp585), entre as décadas de 2041-2060, 2061-2080, 2081-2100. A Tabela 6, mostra os valores de área em hectare dos comparativos do cenário ssp245 e os diferentes períodos.

Tabela 6 – Valores de área no cenário ssp245 para as décadas futuras das três espécies. Fonte: Paranatinga, 2021.

	Cenário ssp245 (Área em ha)			
	Presente	2041-2060	2061-2080	2081-2100
<i>H. excelsum</i>	469.041.009,10	544.389.657,8	539.770.398,55	549.562.743,04
<i>V. sericea</i>	500.489.318,8	175.691.719,6	563.684.869,8	553.685.129,76
<i>D. excelsa</i>	408.324.826,5	184.691.609,03	587.813.776,07	598.748.770,38

Estes resultados mostram que tanto a espécies *V. sericea*, quanto a *D. excelsa* terão redução significativa em sua área potencial de ocorrência para o período de 2041-2060, com perda de 35% e 45%, respectivamente. No entanto, os resultados evidenciam que para o período 2061-2080 e 2081-2100 haverá uma recuperação dessas áreas. O que mostra que as espécies apresentarão mecanismos de adaptação que a tornarão mais resistentes as mudanças de temperatura neste cenário. Para a espécie *H. excelsum* é verificado uma estabilidade dos valores de áreas, sem perdas ou ganhos significativos. Esses resultados apresentados na tabela corroboram com os apresentados nas figuras 18-26, no qual, a partir dos gradientes de cores é possível observar uma queda, aumento ou estabilidade da área potencial das três espécies.

Os resultados para o cenário mais pessimista (ssp585) são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 – Valores de área no cenário ssp585 para as décadas futuras das três espécies. Fonte: Paranatinga, 2021.

	Cenário ssp585 (Área em ha)			
	Presente	2041-2060	2061-2080	2081-2100
<i>H. excelsum</i>	512.904.038,7	544.389.657,85	539.770.398,55	294.552.524,1
<i>V. sericea</i>	500.489.318,8	511.885.040,31	452.954.720,75	175.691.719,6
<i>D. excelsa</i>	408.324.826,5	581.900.252,5	540.314.486,5	184.691.609,03

Diante dos resultados apresentados, as três espécies denotam uma redução nas suas áreas potenciais de ocorrência. Para *H. excelsum* a perda é de 57%, para *V. sericea* de 35% e para *D. excelsa* 45%, esses dados validam os resultados exibidos nos mapas gerados (Figuras 27-35), onde a cada passagem de período a intensidade da colaboração que denota alta probabilidade de ocorrência vai sendo modificada.

De acordo com o sexto relatório do IPCC (2021), as mudanças na temperatura da superfície global para médio prazo (2041-2060) em um cenário intermediário (ssp245), em uma melhor estimativa, o planeta

sofrerá um aumento de 2,0 °C, no entanto, com alta probabilidade de aumentar dentro de uma faixa de 1,6 a 2,5 °C. Para longo prazo (2081-2100), o prenúncio de melhor hipótese de aumento de temperatura é de 2,7 °C, com uma faixa muito provável de aumento de 2,1 a 3,5 °C.

No cenário mais pessimista (ssp585), para o intervalo de tempo de 2041-2060, a previsão de aumento de temperatura é de 2,4 °C, com alta possibilidade de aumentar de 1,9 a 3,0 °C. Ao considerar o espaço de tempo 2081-2100, a indicação é que em uma melhor estimativa, a temperatura irá aumentar 4,4 °C, com faixa muito provável de acréscimo na temperatura global variando de 3,3 a 5,7 °C.

Diante disso, com a concretização desses cenários, mesmo que o Brasil não configure entre os países ou regiões mais vulneráveis a essas mudanças climáticas, por ser um país tropical e diverso, a sua população arbórea possui pouca elasticidade adaptativa às mudanças abruptas, ou seja, o patrimônio biológico se torna vulnerável (CORRÊA, 2021; NOBRE, 2008), o que representa um iminente risco as espécies de angelim, que poderão ser extintas ou sofrerem drástica redução das suas populações, não se estabelecendo mais na natureza, visto que atualmente o estado de degradação em que se encontram as áreas potencialmente viáveis para a ocorrência das espécies no futuro já estão atualmente em avançado nível de degradação devido as intensas ações antrópicas.

Outro fator é que as mudanças climáticas ao provocarem redução da distribuição das espécies podem reduzir a variabilidade genética, acarretando o acasalamento endogâmico delas. Esse processo somado ao tamanho populacional e as alterações ambientais são fatores que influenciam na adaptação das espécies florestais, a endogamia causa efeitos deletérios na sobrevivência e vigor das espécies florestais arbóreas, ficando suscetíveis a extinção em consequência das mudanças climáticas extremas e fragmentação do habitat (BROOK et al., 2002; KRAMER et al., 2008; RIBEIRO et al., 2016).

Diversos trabalhos com plantas demonstram uma redução na distribuição geográfica potencial para cenários futuros (COLLEVATTI et al., 2011; MENDONZAGONZALES et al., 2013; VAZ e NABOUT, 2016).

Ressalta-se que o período total do estudo (2041 a 2100) perfaz aproximadamente um ciclo completo das espécies, em média mais de 90 anos, ou seja, as plantas que estão em estágio reprodutivo atualmente, provavelmente deixarão descendentes com possibilidade de sobrevivência até 2100. Outros estudos, de como o aumento de temperatura vai afetar a reprodução das espécies e a germinação necessitam ser realizados para inferir sobre a capacidade futura de deixar sobreviventes, uma vez que em 2100, as árvores adultas estarão presentes na floresta, mas não se sabe sobre a perda do potencial de reprodução. Estudos mostram que espécies em estágios iniciais de sucessão apresentam melhor tendência em tolerar as mudanças climáticas uma vez que se movem mais rápido e são menos exigentes em nutrientes do que aquelas em estágios avançados (MEIER et al., 2012; RIBEIRO, 2017; ZHU et al., 2014).

Com base nos resultados obtidos infere-se que a região amazônica continuará sendo de maior aptidão climática para a ocorrência das espécies, mesmo em situação de perda de área de habitat. Os

resultados indicam também que essa área é recomendada para a criação de bancos *in situ*, possibilitando a conservação de material genético das espécies.

Para as espécies do estudo, no presente, a conservação *in situ* é a mais recomendada. O tipo de conservação reduz custo e é mais adequado para arbóreas que necessitam de grandes áreas devido ao porte das plantas. Adicionalmente, a conservação no habitat natural permite a continuidade dos processos evolutivos. Ressalta-se ainda que as espécies são de extrema importância dada a sua função ecológica no ecossistema, por serem árvores de grande porte, são espécie-chave nas florestas e são grandes acumuladoras de biomassa (EMBRAPA, 2004; SCIPIONI, 2019), além de desempenharem papéis ecológicos que influenciam na dinâmica de toda a floresta (MOURÃO, 2021). Essas espécies são fundamentais pois apresentam impactos significativos na distribuição de diversos fatores, como umidade, nutrientes e alteram o microclima (elevando a umidade e diminuindo temperatura do ar) (HARDWICK et al., 2015; JUCKER et al., 2018; LINDENMAYER e LAURANCE, 2016; LUTZ et al., 2018; MANNING; FISCHER e LINDENMAYER, 2006).

A conservação *ex situ* para as espécies do estudo poderá tornar mais relevante com o avanço do desmatamento e de temperatura ao longo dos anos, que podem causar prejuízos a processos reprodutivos e de germinação no ambiente natural de ocorrência.

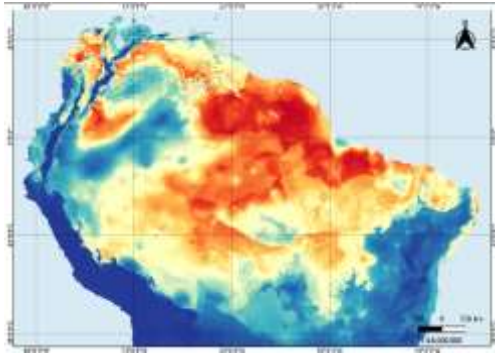


Figura 18 - Projeção ssp245 (2041-2060) para *H. excelsum*.

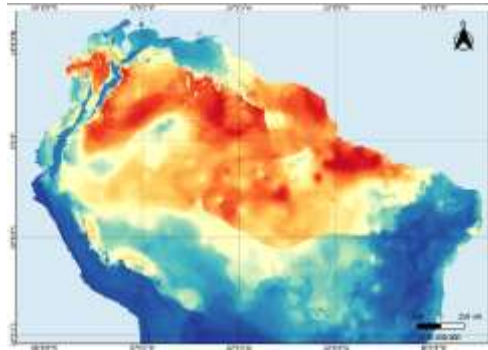


Figura 19 - Projeção ssp245 (2061-2080) para *H. excelsum*.

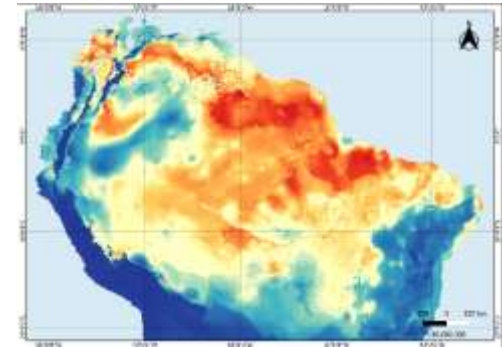


Figura 20 - Projeção ssp245 (2081-2100) para *H. excelsum*.

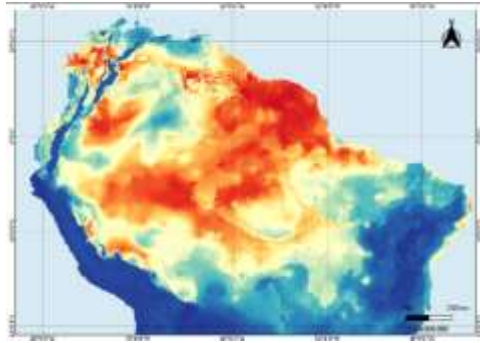


Figura 21 - Projeção ssp245 (2041-2060) para *V. sericea*.

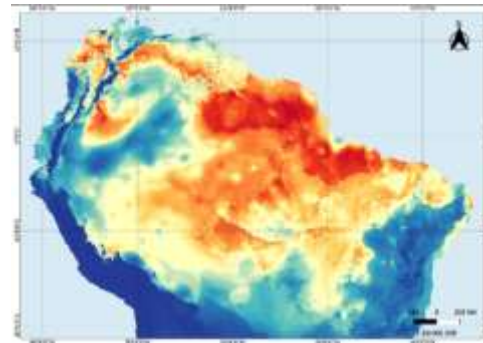


Figura 22 - Projeção ssp245 (2061-2080) para *V. sericea*.

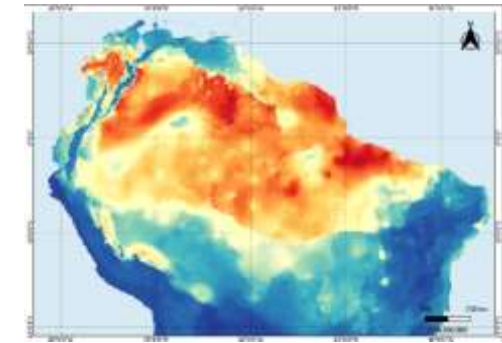


Figura 23 - Projeção ssp245 (2081-2100) para *V. sericea*.

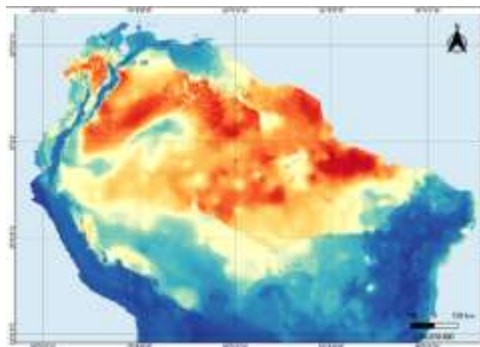


Figura 24 - Projeção ssp245 (2041-2060) para *D. excelsa*.

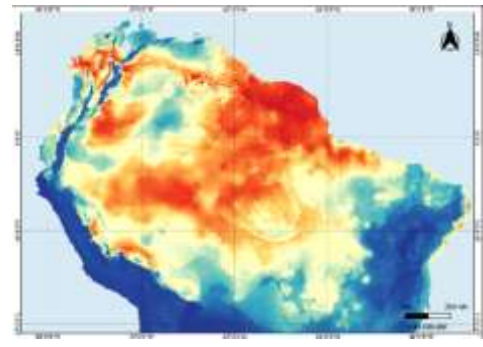


Figura 25 - Projeção ssp245 (2061-2080) para *D. excelsa*.

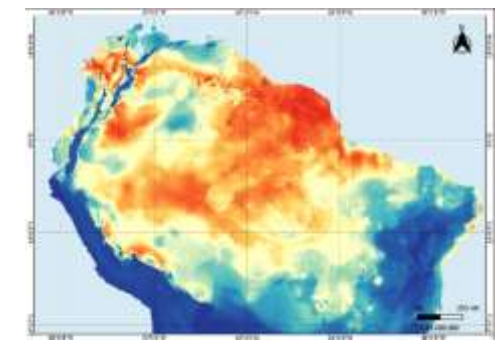


Figura 26 - Projeção ssp245 (2081-2100) para *D. excelsa*.

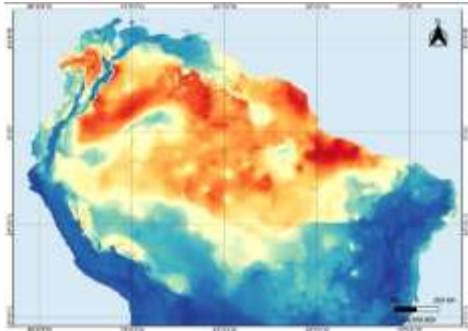


Figura 27 - Projeção ssp585 (2041-2060) para *H. excelsum*

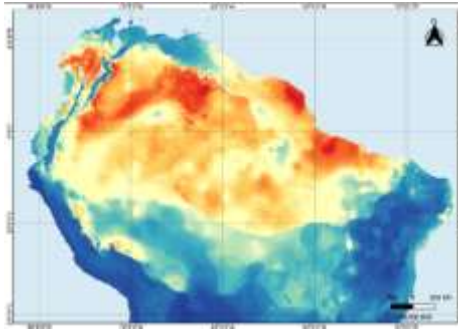


Figura 28 - Projeção ssp585 (2061-2080) para *H. excelsum*

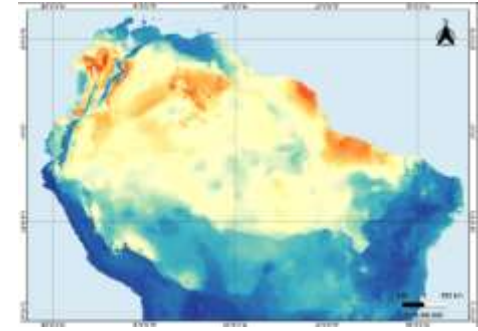


Figura 29 - Projeção ssp585 (2081-2100) para *H. excelsum*

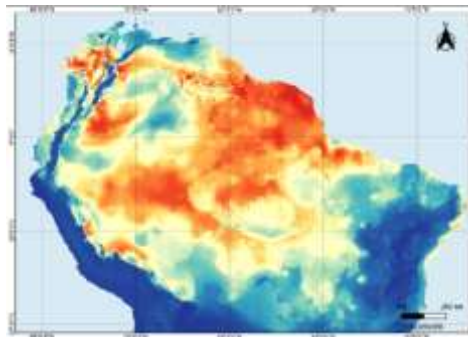


Figura 30 - Projeção ssp585 (2041-2060) para *D. excelsa*

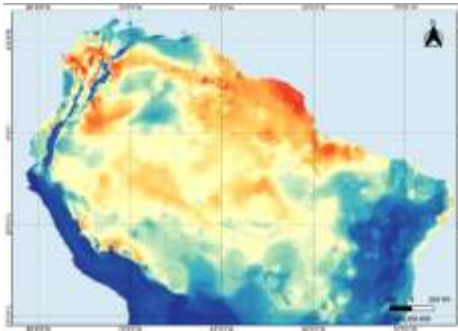


Figura 31 - Projeção ssp585 (2061-2080) para *D. excelsa*

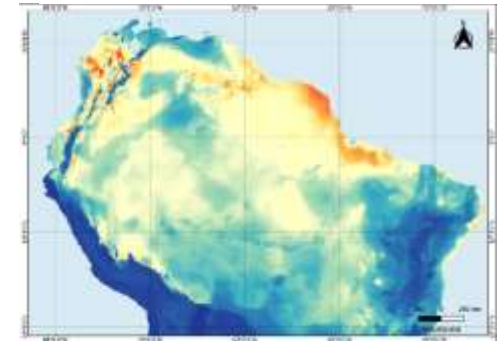


Figura 32 - Projeção ssp585 (2081-2100) para *D. excelsa*.

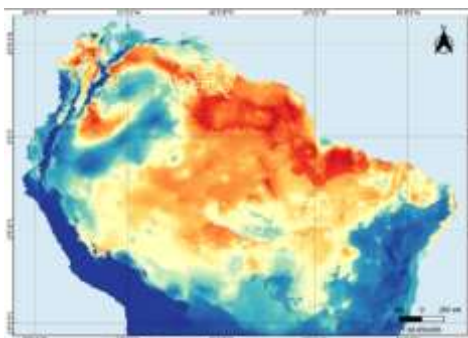


Figura 33 - Projeção ssp585 (2041-2060) para *V. sericea*.

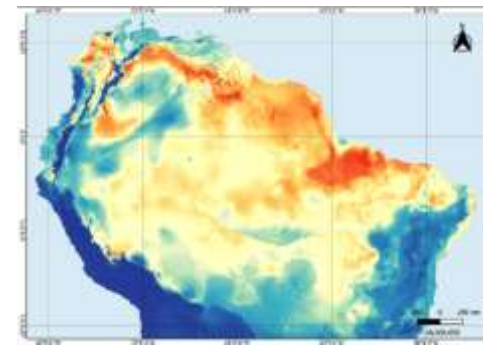


Figura 34 - Projeção ssp585 (2061-2080) para *V. sericea*.

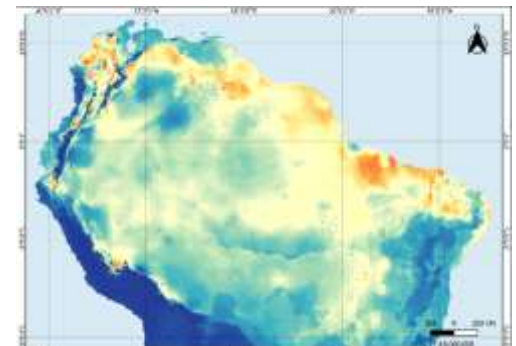


Figura 35 - Projeção ssp585 (2081-2100) para *V. sericea*.

6. CONCLUSÕES

A área de ocorrência natural de *H. excelsum*, *D. excelsa* e *V. sericea* será significativamente afetada, em decorrência das mudanças climáticas e desmatamento, reduzindo áreas favoráveis ao estabelecimento dessas espécies.

A principal área de distribuição atual de *H. excelsum*, *D. excelsa* e *V. sericea* é a extensão territorial da Amazônia. Os cenários climáticos futuros mostram que essa área continuará sendo a maior de aptidão climática para as espécies, ainda no cenário mais pessimista com a redução de áreas aptas.

A Amazônia Legal se apresenta como a região com maior potencial de área para conservação genética da espécie, com possibilidade de criação de bancos *in situ* e o uso sustentável das espécies.

As espécies *H. excelsum*, *D. excelsa* e *V. sericea* localizadas em UC's da Amazônia, nos cenários futuros mais pessimista serão áreas importantes para a conservação das espécies.

As áreas prioritárias para resgate de material genético visando a conservação e uso das espécies de angelim nos cenários climáticos futuros será a Amazônia legal, por ainda conter maior distribuição das espécies.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, T. X.; SENNA, M. A. C.; CATALDI, M. Impactos do desmatamento progressivo da Amazônia na precipitação do Brasil. **Revista Brasileira de Climatologia**, v.24, n.15, p. 151-174, 2019.
- ANDRADE, A. F. A.; VELAZCO, S. J. E.; DE MARCO JÚNIOR, P. ENMTML: An R package for a straightforward construction of complex ecological niche models. **Environmental Modelling and Software**, v.125, n.1, p. 01-11, 2020.
- APG II – **Angiosperm Phylogeny Group**. 2003. The Linnean Society of London. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 141:399-436.
- ARRAES, R. A.; MARIANO F. Z.; SIMONASSI, A. G. Causas do Desmatamento no Brasil e seu Ordenamento no Contexto Mundial. **RESR**, v. 50, n. 1, p. 119-140, 2012.
- ASSUNÇÃO, J. J. GANDOUR, C.; ROCHA, R. **Deforestations slowdown in the Legal Amazon: Pricesor policies? Climate policy initiative. Working Paper**, 2012. Disponível em: <<http://climatepolicyinitiative.org/publication/deforestation-slowdown-in-the-legal-amazon-prices-or-policie/>>. Acesso em: 15 Jan. 2021.
- AVILA, S. R. S. A.; BERNARDI, J. V. E.; COUTOR JUNIOR, A. F. Rural settlements and the possible relations with the dynamics of deforestation in the Amazon: a systematic review. **Ibero-American Journal of Environmental Science**, v. 8, n. 4, p. 170-188, 2017.
- AZEVEDO, A.; ALENCAR, A.; MOUTINHO, P.; RIBEIRO, V.; REIS, T.; STABILE, M.; GUIMARÃES, A. **Panorama sobre o desmatamento na Amazônia em 2016**. IPAM, Brasília, DF, 2016.
- BARBOSA, R.I. Análise do setor madeireiro do estado de Roraima. **Acta Amazônica**, v. 20, p. 193-209, 1990.
- BARTH, O. M. Plantas da família Fabaceae (Leguminosas) com aptidão forrageira e interesse apícola. Aspectos botânicos e palinológicos. Nova Odessa, São Paulo, 45p, 2006.
- BRASIL MAIS – **Polícia Federal, Secretaria Nacional de Segurança Pública e Ministério da Justiça e Segurança Pública**. Disponível em: <https://plataforma-pf.scon.com.br/#/>. Acesso em:31/01/2022.
- BECKER, B.K. Geopolítica da Amazônia. **Estudos Avançados**, v.19, n.53, p. 01-16, 2005.
- BRASIL, L. S.; BATISTA, J. D.; GIEHL, N. F. D. S.; VALADÃO, M. B. X.; SANTOS, J. O. D.; DIAS-SILVA, K. Environmental integrity and damselfly species composition in Amazonian streams at the “arc of deforestation” region, Mato Grosso, Brazil. **Acta Limnologica Brasiliensia**, v. 26, n. 3, p. 278-287, 2014.
- BROOK, B.W.; TONKYN, D.W.; O’GRADY, J.J.; FRANKHAM, R. Contribution of inbreeding to extinction risk in threatened species. **Conserv. Ecol.**, v. 6, n.16, 2002.

CARVALHO, T. S.; MAGALHÃES, A. S.; DOMINGUES, E. P. Desmatamento e a contribuição econômica da floresta na Amazônia. **Estud. Econ.**, v.46, n.2, p. 499-531, 2016.

CASTELO, T. B. Legislação florestal brasileira e políticas do governo de combate ao desmatamento na Amazônia Legal. **Ambiente e Sociedade**, v. 18, n. 4, p. 221-242, 2015.

CASTELO, T. B.; ADAMI, M.; ALMEIDA, C. A.; ALMEIDA, O. T. Governos e mudanças nas políticas de combate ao desmatamento na Amazônia. **Revista Iberoamericana de Economia Ecológica**, v. 28, n. 1, p. 125-148, 2018.

CASTRO, E. Dinâmica socioeconômica e desmatamento na Amazônia. **Novos Cadernos NAEA**, v. 8, n. 2, p. 5-39, 2005.

CHAGAS, K. P. T.; LUCAS, F. M. F.; VIEIRA, F. A. Predictive modeling of *Mimosa tenuiflora* (willd) poiret: how can climate change affect its potential distribution range? **Floresta**, v. 50, n. 2, p. 1315 - 1324, 2020.

CHEW, Y.L.; LING-CHAN, E.W.; TAN, P.L.; LIM Y.Y; STANSLAS, J.; GOH, J.K. Assessment of phytochemical content, polyphenolic composition, antioxidant and antibacterial activities of Leguminosae medicinal plants in Peninsular Malaysia. **BMC Complement Altern Med**, v.11, n.12, p. 01-10, 2011.

CNCFlora. **Hymenolobium excelsum** in **Lista Vermelha da flora brasileira versão 2012**. Centro Nacional de Conservação da Flora. Disponível em <[http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Hymenolobium excelsum](http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/profile/Hymenolobium%20excelsum)>. Acesso em 26 maio 2021.

COLLEVATTI, R. G.; NABOUT, J. C.; DINIZ-FILHO, J. A. F. Range shift and loss of genetic diversity under climate change in *Caryocar brasiliense*, a Neotropical tree species. **Tree genetics & genomes**, v.7, n.6, p.1237-1247, 2011.

CORRÊA, A. J. M. **Banco de germoplasma de populações de *Astronium urundeuva* (M. Allemão) Engl. procedentes do Cerrado e sua importância frente às mudanças climáticas**. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais) - Universidade Federal de São Carlos, SP. 193p. 2021.

COSTA, C. C.; SILVA, R. C. V. M.; SANTO, J. U. M. **Levantamento das espécies de leguminosae (Caesalpinioideae: tribo cassieae) no estado do Pará**. Anais do 7º Seminário de Iniciação Científica da UFRA e 13º Seminário de Iniciação Científica da EMBRAPA 01 a 04 de dezembro de 2009.

CUNHA, S. D.; CRIVILIN, B. S.; ARAÚJO, M. S.; BORGES, L. A. C. Forest fragmentation in the landscape in the Atlantic Forest Biome: A systematic review of the literature. **Fórum Ambiental da Alta Paulista**, v. 17, n. 1, p. 15-22, 2021.

DICK, C.W. Genetic rescue of remnant tropical trees by an alien pollinator. **Proc. R. Soc. Lond. B**, v.268, p. 2391-2396, 2001.

DICK, C.W.; ETCHELECU, G.; AUSTERLITZ, F. Pollen dispersal of tropical trees (*Dinizia excelsa*: Fabaceae) by native insects and African honeybees in pristine and fragmented Amazonian rainforest. **Molecular Ecology**, v.12, p. 753-764, 2003.

DOMINGUES, S. C. O.; SILVA, I. C. O.; SANTOS, J. S.; YAMASHITA, O. M.; CARVALHO, M. A. C. Dinâmica do arco do desmatamento: fronteiras agrícolas. **Scientific Electronic Archives**, v.13, n.8, p. 104-110, 2020.

DOMINGUES, M. S.; BERMAN, C. O arco de desflorestamento na Amazônia: da pecuária à soja. **Ambiente e Sociedade**, v. 15, n. 2, p. 1 -22, 2012.

EMBRAPA - Embrapa Amazônia Oriental. 2004. **Espécies arbóreas da Amazônia no. 6: Angelim-vermelho, Dinizia excelsa**. Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA. 6p.

FARIAS, M. H. C. S.; BELTRÃO, N. E. S.; SANTOS, C. A.; CORDEIRO, Y. E. M. Impacto dos assentamentos rurais no desmatamento da Amazônia. **Mercator**, v.17, n.1, p.01-20, 2018.

FEARNSIDE, P.M.; LAURANCE, W.F. Tropical deforestation and greenhouse gas emissions. **Ecological Applications**, v.14, n.4, p.982-986, 2004.

FERRAZ, I.D.K.; LEAL FILHO, N.; IMAKAWA, A.M.; VARELA, V.P.; PIÑA-RODRIGUES, F.C.M. Características básicas para um agrupamento ecológico preliminar de espécies madeireiras da floresta de terra firme da Amazônia Central. **Acta Amazônica**, v.34, n.4, p.621-633, 2004.

FERREIRA, G. C.; GOMES, I. J.; HOPIKNS, G. J. M. Estudo anatômico das espécies de Leguminosae comercializadas no Estado do Pará como “angelim”. **Acta Amazônica**, v.34, n.3, p.71-76, 2004.

FERREIRA, G.C.; HOPKINS, M.J.G. 2004. **Manual de identificação botânica e anatômica – Angelim**. Embrapa Amazônia Oriental. Belém, PA. 101p.

FERREIRA, G.C; HOPKINS, M. J. G.; SECCO, R. S. S. Contribution to the morphologic knowledge of the species of leguminosae in the state of Pará, traded as "angelim". *Ciências Florestais - Acta Amaz.*, v. 34, n.2, p. 219-232, 2004.

FERREIRA, A.M.M.; SALATI, E. Forças de transformação do ecossistema amazônico. **Estudos Avançados**, v.19, n.54, p. 01-20, 2005.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. INPE. **Clima da Amazônia**. 1998. Disponível em: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/cliesp10a/fish.html>. Acesso em: 16 jun 2021.

FONSECA, A.; ALVES, A.; RIBEIRO, J.; SOUZA JÚNIOR, C. **Ameaça e Pressão e Desmatamento em Áreas Protegidas: SAD de Novembro de 2019 a Janeiro de 2020** (p. 2). Belém: Imazon. Disponível em: <https://imazon.org.br/publicacoes/ameaca-e-pressao-e-desmatamento-em-areas-protegidas-sad-de-novembro-de-2019-a-janeiro-de-2020/>. Acesso em: 10 jan. 2022.

FORTES, M. M. **Efeito da umidade e da acústica na torrefação de madeiras de *Eucalyptus grandis*, *Pinus elliottii* e *Dinizia excelsa***. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 68p., 2018.

GARRETT, R. D.; CAMMELLI, F.; FERREIRA, J. LEVY, S. A.; VALENTIM, J.; VIEIRA, I. Forests and Sustainable Development in the Brazilian Amazon: History, Trends, and Future Prospects. **Annu. Rev. Environ. Resour**, v. 46, n.1, p. 625–52, 2021.

GEIST, H.; LAMBIN, E. **What drives tropical deforestation? A meta analysis of proximate and undelyng causes of deforestation based on subnational case study evidence**. Lucc International Project Office, Louvain-la-neuve - Belgium, 2001.

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

GUSON, A. E; LOPES, S. F.; OLIVEIRA, A. P.; VALE, V. S.; DIAS NETO, O. C.; SCHIAVINI, I. **A família Fabaceae nas florestas estacionais semidecíduais do triângulo mineiro**. IX Simpósio Nacional Cerrado: Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Brasília, DF, 2008.

HARDWICK, S. R.; TOUMIA, R.; PFEIFER, M.; TURNER, E. C.; NILUS, R.; EWERS, R. M. The relationship between leaf area index and microclimate in tropical forest and oil palm plantation: forest disturbance drives changes in microclimate. **Agricultural And Forest Meteorology**, v.201, n.1, p. 187-195, 2015.

HERNÁNDEZ-RUÍZ, 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.

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

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Amazônia Legal – O que é?** Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e>. Acesso em: 12/01/2022.

INPE. **INPE estima 7.900 km² de desmatamento por corte raso na Amazônia em 2018**. 7 dez. 2018. Disponível em: <http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia= 4957>. Acesso em: 26 abr. 2021.

INPE. **Prodes Amazônia. Monitoramento do Desmatamento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. 2020** Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>>. Acesso em: 20 abr. 2020.

IPAM. **Arco do desmatamento**. 2015. Disponível em: <https://ipam.org.br/glossario/arco-do-desmatamento/>. Acesso em: 05/01/2022.

IPCC. Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate change 2021: the physical Science basis. Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**. 2021.

ITTO - The International Tropical Timber Organization. **Angelim da mata** (*Hymenolobium excelsum*). Disponível em: <http://www.tropicaltimber.info/specie/angelim-da-mata-hymenolobium-excelsum/>. Acesso em: 20 abr. 2021.

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

JARDIM, F.C.S.; HOSOKAWA, R.T. Estrutura da Floresta equatorial úmida da estação experimental de silvicultura Tropical do INPA. **Acta Amazônica**, v.16/17, n. único, p. 411-508, 1986/87.

JUCKER, T.; HARDWICK, S. R.; BOTH, S.; ELIAS, D. M. O.; EWERS, R. M.; MILODOWSKI, D. T.; SWINFIELD, T.; COOMES, D. A. Canopy structure and topography jointly constrain the microclimate of human-modified tropical landscapes. **Global Change Biology**, v.24, n.11, p.5243-5258, 2018.

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

KRAMER, A.T.; ISON, J.L.; ASHLEY, M.V.; HOWE, H.F. The paradox of forest fragmentation genetics. **Conserv. Biol.**, v. 22, n.1, p.878–885, 2008.

KULEVICZ, R. A.; OLIVEIRA, O. Z.; POMPEU, N.; SILVA, B. A.; SOUZA, E. C. Análise da vulnerabilidade genética das florestas e argumentos para redução do desmatamento. **Ambiente e Sociedade**, v. 23, n.1, p. 01-18, 2020.

LAWRENCE, D.; VANDECAR, K. Effects of tropical deforestation on climate and agriculture. **Nature Climate Change**, v.5, n.1, p.27-36, 2015.

LEWIS, G.; SCHRINE, B.; MACKINDER, B. e LOCK, M. 2005. **Legumes of the world**. **Royal Botanic Gardens**, Kew, 577p.

LIMA, H.C. Revisão taxonômica do gênero *Vatairea* Aubl. (Leguminosae-Faboideae). **Arquivos do Jardim Botânico do Rio de Janeiro**, v.26, p. 173–214, 1982.

LIMA, H. C. DE; CORREIA, C.M.B.; FARIAS, D. S. 1994. *Leguminosae*. In: M.P.M. de Lima; R.R. Guedes-Bruni (eds). **Reserva Ecológica de Macaé de Cima: Nova Friburgo-RJ: Aspectos Florísticos das Espécies Vasculares**. Jard. Bot. do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro. p.167-228.

LIMA, H. C. ***Hymenolobium* in Lista de Espécies da Flora do Brasil, 2015**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, [2015]. Disponível em: <https://dados.gov.br/dataset/floradobrasil>. Acesso em: 15 fev. 2021.

LINDENMAYER, D. B.; HOBBS, R. J.; DRAKE, R. M.; ALEXANDRA, J.; BENNETT, A.; BURGAMN, M.; CALE, P.; CALHOUN, A.; CRAMER, V.; CULLEN, P.; DISCOLL, D. A checklist for ecological management of landscapes for conservation. **Ecology Letters, Oxford**, v. 11, n. 1, p. 78-91, 2008.

LINDENMAYER, D. B.; LAURANCE, W. F. The ecology, distribution, conservation and management of large old trees. **Biological Reviews**, Cambridge, 000-000, 2016.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352 p.

LOUREIRO, A.A.; SILVA, M.F.; ALENCAR, J.C. **Essências madeireiras da Amazônia**. Manaus: INPA/SUFRAMA, U.A, 1979. 245p.

LOUREIRO, A.A.; FREITAS, J.A.; RAMOS, K.B.; FREITAS, C.A.A. **Essências Madeireiras da Amazônia**. Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, v. 4, 191p., 2000.

LUOTO, M., J.; POYRY, R.K.; HEIKKINEN, K. S. Uncertainty of bioclimate envelope models based on the geographical distribution of species. **Global Ecology and Biogeography**, v.14, p. 575-584, 2005.

LUTZ, J. A. et al. Global importance of large-diameter trees. **Global Ecol Biogeogr.**, Oxford, p.1- 16, 2018.

MANNING, A. D.; FISCHER, J.; LINDENMAYER, D. B. Scattered trees are keystone structures – Implications for conservation. **Biological Conservation** v.132, n.3, p.311-321, 2006.

MARCO JÚNIOR, P.; SIQUEIRA, M. F. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista? **Megadiversidade**, v. 5, n. 1-2, p.01-12 2009.

MARCOVITCHI, J.; PINSKY, V. Bioma Amazônia: atos e fatos. **Estudos Avançados**, v. 34, n.100, p. 01-24, 2020.

MARENGO, J. A.; SOUZA JÚNIOR, C. **Mudanças Climáticas: impactos e cenários para a Amazônia**. 33p. 2018.

MEIER, E. S.; LISCHKE, H.; SCHMATZ, D. R.; ZIMMERMANN, N. E. Climate, competition and connectivity affect future migration and ranges of European trees. **Global Ecology and Biogeography**, v. 21, n. 2, p. 164-178, 2012.

MELLO, N. G. R.; ARTAXO, P. Evolução do Plano de Ação para Prevenção e Controle do Desmatamento na Amazônia Legal. **Rev. Inst. Estud. Bras.**, v. 66, p. 108-119, 2017.

MENDOZA-GONZÁLEZ, G.; MARTÍNEZ, M. L.; ROJAS-SOTO, O. R.; VÁZQUEZ, G.; GALLEGO-FERNÁNDEZ, J. B. Ecological niche modeling of coastal dune plants and future potential distribution in response to climate change and sea level rise. **Global Change Biology** v.19, n.1, p.2524-2535, 2013.

MESQUITA, M. R.; FERRAZ, I. D. K.; CAMARGO, J. L.C. **Angelim-vermelho *Dinizia excelsa* Ducke Fabaceae**. Manual de Sementes da Amazônia. (Fascículo 8) *Dinizia excelsa* Ducke, 2009.

MIGUÉIS, G. S.; GOMIDES, N. A. M. T. P.; GUARIM NETO, G. Espécies Fabacea Papilionoideae ocorrentes no estado de mato grosso. **Biodiversidade**, v.14, n.3, p. 94-116, 2015.

MMA. **Plano de Ação para Prevenção e Combate do Desmatamento na Amazônia Legal - Plano Operativo 2016-2020**. Brasília, DF, 2016. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/images/arquivo/80120/Anexo%20II%20-%20PLANO%20OPERATIVO%20DO%20PPCDAm%20-%20GPTI%20_%20p%20site.pdf>. Acesso em: 26 abr. 2021.

MOREIRA, H. M. **A importância da Amazônia na definição da posição brasileira no regime internacional de mudanças climáticas**. LASA. São Paulo, 2009.

MOSCOSO, V.; ALBERNAZ, A. L.; SALOMÃO, R. P. Niche modelling for twelve plant species (six timber species and six palm trees) in the Amazon region, using collection and field survey data. **Forest Ecology and Management**, v.310, n.1, p.652–662, 2013.

MOURÃO, G. H. O. **Distribuição espacial de árvores emergentes na Amazônia a Partir de dados oriundos de escaneamento laser aerotransportado**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 85p., 2021.

MOUTINHO, P.; GUERRA, R.; AZEVEDO-RAMOS, C. Achieving zero deforestation in the Brazilian Amazon: What is missing? **Elementa: Science of the Anthropocene**, v.4, n.000125, 2016.

NEPSTAD, D.C.; TOHVER, I.M.; RAY, D.; MOUTINHO, P., & CARDINOT, G. Mortality of large trees and lianas following experimental drought in an Amazon forest. **Ecology**, v.88, n.1, p.2259–2269, 2007.

NOBRE, C. A. Mudanças climáticas e o Brasil - Contextualização. Parcerias Estratégicas, Brasília, DF, v.27, dez. 2008.

OLIVARES, I.; SVENNING, J. C.; VAN BODEGOM, P. M.; BALSLE, E. H. Efeitos do aquecimento e da seca sobre a vegetação e a diversidade de plantas na Bacia Amazônica. **Botanical Review**, v.81, n.1, p.42-69, 2015.

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, n.1, p. 240–255, 2017.

PETERSON, A. T.; SÁNCHEZ-CORDERO, V.; SOBERÓN, J.; BARTLEY, J.; BUDDEMEIER, R. H.; NAVARRO-SIGÜENZA, A. G. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. **Ecological Modelling**, v.144, n.1, p. 21-30, 2001.

PHILLIPS, O. L.; VAN DER HEIJDEN, G.; LEWIS, S. L.; LOPEZ-GONZALES, G.; ARAGÃO, L.E.O. C., LLOYD, J.; VILANOVA, E. Drought-mortality relationships for tropical forests. **The New Phytologist**, v.187, n.1, p.631– 46, 2010.

PRODES. **Desmatamento – Incrementos de desmatamento acumulado, Amazônia Legal, Estados.** 2021. Disponível em: http://terrabrasilis.dpi.inpe.br/app/dashboard/deforestation/biomes/legal_amazon/increments. Acesso em: 05/01/2022.

QUIÑONES, U. M.; VALERIO, P. D.; RAMOS, J. H.; SÁNCHEZ, A. M.; MAGAÑA, J. J. G.; GRANADOS, M. C. R. Similaridad del nicho ecológico de *Pinus montezumae* y *P. pseudostrobus* (Pinaceae) en México: implicaciones para la selección de áreas productoras de semillas y de conservación. **Act. Bot. Mex.**, n.126, p. 01-22, 2020.

RAXWORTHY, C.J.; MARTINEZ-MEYER, E.; HORNING, N.; NUSSBAUM, R.A.; SCHNEIDER, G.E.; ORTEGA-HUERTA, M.; PETERSON, A.T. Predicting distributions of known and unknown reptile species in Madagascar. **Nature**, v.426, p. 837-841, 2003.

RIBEIRO, J.E.L.S.; HOPKINS, M.J.G.; VICENTINI, A.; SOTHERS, C.A.; COSTA, M.A.S.; BRITO, J.M.; SOUZA, M.A.D.; MARTINS, L.H.P.; LOHMANN, L.G.; ASSUNÇÃO, P.A.C.L.; PEREIRA, E.C.; SILVA, C.F.; MESQUITA, M.R.; PROCÓPIO, L.C. 1999. **Flora da Reserva Ducke: Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central.** INPA-DFID. Midas Printing Ltd. China. 816p.

RIBEIRO, N. P.; SANCHES, C. C.; OLIVEIRA, M. A. C; COSTA, R. B. Biodiversidade e conservação de recursos genéticos de espécies arbóreas. **Multitemas**, v. 21, n. 50, p. 31-49, 2016.

RIBEIRO, R. M. **Efeito do aquecimento global em atributos da germinação e distribuição geográfica potencial de *Dipteryx alata* vog. (Fabaceae) Anápolis.** Dissertação (Mestrado em Recursos Naturais do Cerrado) – Universidade Estadual de Goiás. 40p. 2017.

RIVERS, M. C.; BRUMMITT, N. A.; LUGHADHAB, E. N.; MEAGHERA, T. R. Do species conservation assessments capture genetic diversity? **Global Ecology and Conservation**, v. 2, n.1, p. 81–87, 2014.

SALES, L.; MASIERO, R. C. Climate change drives spatial mismatch and threatens the biotic interactions of the Brazil nut tree. **Global Ecology and Biogeography**, 2020.

SANTOS, M. R. S.; VITORINO, M. I.; PIMENTEL, M. A. S. Vulnerability and climate change: socio-environmental analysis in a mesoregion of Amazonia. **Rev. Ambient. Água**, v. 12, n. 5, p. 842-854, 2017.

SCIAMARELLI, A. Do areas of environmental suitability of a native Brazilian essence vary with data from the Aqua and Terra satellites - MODIS / EVI? **Braz. J. of Develop.**, v. 6, n.5, p.31672-31682, 2020.

SCIPIONI, M. C. Troncos de árvores monumentais como indicadores de degradação florestal no sul do Brasil. **Ci. Fl.**, v.29, n.4, p.1712-1725, 2019.

SHIMIZU, J. Estratégia complementar para conservação de espécies florestais nativas: resgate e conservação de ecótipos ameaçados. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 1, n. 54, p. 07-35, 2007.

SILVA, M. C. **Modelo de distribuição de nicho ecológico para *Swietenia macrophylla* King na Amazônia Brasileira**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Pará, 72p, 2020.

SOARES FILHO, B. S.; DIETZSCH, L.; MOUTINHO, P.; FALIERI, A.; RODRIGUES, H.; PINTO, E.; MARETTI, C. C.; SUASSUNA, K.; SCARAMUZZA, C. A. M.; ARAÚJO, F. V. **Redução das Emissões de Carbono do Desmatamento no Brasil: O papel do programa Áreas Protegidas da Amazônia (ARPA)**, WWF, 2009. 30 p.

SOBERON, J.; PETERSON, A. T. Interpretation of Models of Fundamental Ecological Niches and Species' Distributional Areas. **Biodiversity Informatics**, v. 2, n.0, p.0–10, 2005.

SOUZA, L. A. G.; DA SILVA, M. F. **Bioeconomical potential of Leguminosae from the lower Negro river**, Amazon, Brazil. 1994.

SUDAM. 1979. **Pesquisa e informações sobre espécies florestais da Amazônia. Departamento de Recursos Naturais - Tecnologia da Madeira**. Belém-PA. 111p.

SWAINE, M.D.; WITHMORE, T.C. On the definition of ecological species groups in tropical rain forests. **Vegetation**, v.75, p. 81-86, 1988.

THUILLER, W. Climate change and the ecologist. **Nature**, v. 448, n.1, p.550–552, 2007.

VAN DYCK, H.; BAGUETTE, M. Dispersal behaviour in fragmented landscapes: routine or special movements? **Basic Appl Ecol.**, v. 6, n.1, p.535–545, 2005.

VAZ, Ú. L.; NABOUT, J. C. Using ecological niche models to predict the impact of global climate change on the geographical distribution and productivity of *Euterpe oleracea* Mart. (Arecaceae) in the Amazon. **Acta Bot. Bras.**, v. 30, n. 2, p. 290-295, 2016.

VITEL, C. S. M. N.; FEARNSSIDE, P. M.; GRAÇA, P. M. L. A. Análise da inibição do desmatamento pelas áreas protegidas na parte sudoeste do arco de desmatamento. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 6377-6384.

ZHU, K.; WOODALL, C. W.; GHOSH, S.; GELFAND, A. E.; CLARK, J. S. Dual impacts of climate change: forest migration and turnover through life history. **Global Change Biology**, v. 20, n.1, p. 251-264, 2014.

ANEXOS

ANEXO 1. Script (ANDRADE et al., 2020).

```
ENMTML(pred_dir = d_preditores, proj_dir = d_fut,  
        result_dir = NULL,  
        occ_file = d_oc,  
        sp = 'species',  
        x = 'x',  
        y = 'y',  
        min_occ = 10,  
thin_occ = c(method='USER-DEFINED', distance='5'),  
        eval_occ = NULL,  
        colin_var = c(method='PCA'),  
        imp_var = FALSE,  
        sp_accessible_area = NULL,  
pseudoabs_method = c(method = 'RND'),  
        pres_abs_ratio = 1,  
part=c(method= 'KFOLD', folds='2'),  
        save_part = FALSE,  
        save_final = TRUE,  
algorithm = c( 'RDF', 'DOM', 'MXS', 'BRT', 'SVM'),  
        thr = c(type='MAX_TSS'),
```

```
msdm = NULL,  
ensemble = c(method='PCA'),  
extrapolation = FALSE,  
cores = 1  
)
```

ANEXO 2. Informações de ocorrência de *Dinizia excelsa*

Tabela 1 – Dados de ocorrência de *Dinizia excelsa*, em 2021.

Longitude	Latitude	País	Estado	Coletor
-74,14	-9,1839	Peru	-	
-67,81	-9,9747	Brasil	Acre	R.L. Fróes
-65,35561	-4,89833	Brasil	Amazonas	Félix-da-Silva, MM
-65,18	-4,88	Brasil	Mato Grosso	Assis, M,C, et al.
-65,15722	-4,88583	Brasil	Amazonas	Melo, MGG de
-65,145	-4,88055	Brasil	Amazonas	Melo, MGG de
-65,14472	-4,88111	Brasil	Amazonas	Nogueira, LB
-65,10213	-4,86788	Brasil	Amazonas	Souza, LAG de
-64,95	-9,64694	Brasil	Rondônia	Pereira-Silva, G,
-64,79810	-7,258609	Brasil	Amazonas	Ducke, A
-64,73611	-9,44472	Brasil	Rondônia	Gomes, B.M.
-64,61722	-9,26305	Brasil	Rondônia	Pereira-Silva, G
-64,3489	-9,2442	Brasil	Rondônia	Simon, MF
-64,21388	-9,17333	Brasil	Rondônia	Simon, MF
-64,04805	-9,08166	Brasil	Rondônia	Aécio Amaral-Santos
-63,9878	-8,9714	Brasil	Rondônia	Marcelo Fragomeni Simon
-63,90390	-8,76194	Brasil	Rondônia	Araújo, J
-63,9	-8,82	Brasil	Rondônia	Tiburcio, DAS
-63,25097	-8,91527	Brasil	Rondônia	Bigio, NC
-63,22	-9,1	Brasil	Rondônia	W. W. Thomas
-63,00388	-9,39361	Brasil	Rondônia	Frigeri, RBC
-62,90378	-9,25191	Brasil	Rondônia	D. da Silva Costa

-62,08595	-9,60879	Brasil	Rondônia	Geremia, WJM
-62,08333	-1,01666	Brasil	Roraima	Soler, JG
-61,6469	-9,3592	Brasil	Rondônia	Geremia, WJM
-61,59513	-7,94851	Brasil	Amazonas	Amoêdo, S.C. et al.
-61,1281	1,81611	Brasil	Roraima	-
-60,89970	-12,55220	Brasil	Rondônia	DRL
-60,67330	2,81972	Brasil	Roraima	Capucho, P
-60,63364	-3,55493	Brasil	Amazonas	Gregório, BS
-60,28505	-2,43917	Brasil	Amazonas	Marra, D.M. et al.
-60,0931	-2,3828	Brasil	Amazonas	Gauí, TD
-60,08333	-2,31666	Brasil	Amazonas	Nee, MH
-60,05	-2,80232	Brasil	Amazonas	Mota, CDA da
-60,04722	-2,95	Brasil	Amazonas	Coêlho, DF
-60,02527	-3,11333	Brasil	Amazonas	-
-60,02086	-2,92633	Brasil	Amazonas	Albuquerque, JM de
-60,01151	-2,54947	Brasil	Amazonas	Webber, AC
-59,98583	-3,09611	Brasil	Amazonas	Carmo, EM
-59,97472	-2,92944	Brasil	Amazonas	Queiroz, L.P.de
-59,96666	-2,88333	Brasil	Amazonas	Albuquerque, JM de
-59,95641	-2,342	Brasil	Amazonas	Julião, GR
-59,94067	-3,00402	Brasil	Amazonas	Eden Fontes
-59,91139	0,95055	Brasil	Roraima	Rodrigues, IA
-59,88858	-2,42922	Brasil	Amazonas	M. H. Nee
-59,87	-2,4	Brasil	Amazonas	J, C, Costa e et al.
-59,86068	-2,44248	Brasil	Amazonas	C. Dick
-59,80055	-2,99138	Brasil	Amazonas	Rodrigues, W,A,
-59,79	-2,45	Brasil	Amazonas	Santos, GGA
-59,74583	-2,41625	Brasil	Amazonas	S. Mori et al.

-59,68547	-2,31537	Brasil	Amazonas	C. Dick
-59,5	-2,7	Brasil	Amazonas	Rodrigues, WA
-59,5	-1,83333	Brasil	Amazonas	Arnaldo
-59,45940	-10,16670	Brasil	Mato Grosso	Assis, M.C. et al.
-59,41088	-1,91006	Brasil	Amazonas	Melo, MFF
-59,4	-2,75	Brasil	Amazonas	Rodrigues, WA
-59,35	-10,2	Brasil		Berg CC; Steward WC
-59,2861	2,08	Guiana	U. Takutu-U. Essequibo	H. D. Clarke, S. Adkins e C. Bernard
-59	-1	Brasil	Amazonas	Carvalho-Sobrinho, JG de
-58,96666	-4,11666	Brasil	Amazonas	Zarucchi, JL
-58,73833	1,78944	Guiana	U. Takutu-U. Essequibo	Clarke HD
-58,7017	4,7364	Guiana		-
-58,63	1,65	Guiana	U, Takutu-U, Essequibo	M, J, Jansen-Jacobs e et al.
-58,55694	1,65	Guiana	Utrecht	Jansen-Jacobs, MJ
-56,89388	-2,15805	Brasil	Pará	Ramos, M.B.
-56,7889	2,325	Suriname	Sipaliwini	B. Hoffman
-56,7722	2,35056	Suriname	Sipaliwini	B. Hoffman
-56,7575	-1,38277	Brasil	Pará	Soares, E.; Fonseca, D.
-56,7	-4,3	Brasil	Amazonas	S.C.
-56,46425	-4,66725	Brasil	Pará	B, M, Torke
-56,46416	-4,67222	Brasil	Pará	Torke, BM; Couvreur, T; Reis, IP
-56,33333	-2,16666	Brasil	Pará	Revilla, J
-56,3	-1,4	Brasil	Pará	Soares, E
-56	-4	Brasil	Pará	Torke, B.M. et al.
-55,51810	-1,91750	Brasil	Pará	Ducke, W.A.
-55	-3	Brasil	Pará	Pires, JM

-54,7083	-2,44306	Brasil	Pará	Fróes, RL
-54,2	-2,8	Brasil	Pará	Pessoal do L.P.F./Brasília
-53,47999	-1,79999	Brasil	Pará	Fróes, RL
-53,24467	-0,76475	Brasil	Pará	Silva-Campelo, W; Moraes, F
-53,08982	-10,77310	Brasil	-	Walter Adolpho Ducke
-52,8731	-10,8339	Brasil	-	A. Ducke
-52,85	-0,45	Brasil	Pará	-
-52,85	-1,05	Brasil	Rondônia	-
-52,7	-0,78333	Brasil	Pará	-
-52,58169	-1,52332	Brasil	Pará	Oliveira, E
-52,37008	1,19216	Brasil	Amapá	Ceccantini,G.C.T.
-52,36991	1,19072	Brasil	Amapá	Ceccantini,G.C.T.
-52,23830	-1,74832	Brasil	Pará	Fróes, RL
-52,2	-0,8	Brasil	Pará	Silva, NT da
-51,97222	0,97388	Brasil	Amapá	Carvalho-Sobrinho, J.G.de
-51,63999	-1,40499	Brasil	Pará	Ducke, W.A.
-51,61666	0,16666	Brasil	Amapá	Mori, SA
-51,41329	0,71333	Brasil	Amapá	Freitas, J
-50,48030	-1,68221	Brasil	Pará	Pires, JM
-50,36373	-3,1735	Brasil	Pará	Flores, W M
-49,6725	-3,76611	Brasil	Pará	Silva, S.
-49,46099	-4,00899	Brasil	Pará	Nascimento, SM do
-49,26669	-3,06483	Brasil	Pará	Freitas, JC
-49,265	-3,06405	Brasil	Pará	Soler, JG; Melo, ATS de; Freitas, JC
-48,95309	-2,94722	Brasil	Pará	Rodrigues, IA
-48,81002	-3,48294	Brasil	Pará	Oliveira, JCL de
-48,79916	-2,18055	Brasil		Queiroz, LP de
-48,79222	-2,17416	Brasil	Pará	Ferreira, AM

-48,78380	-3,48397	Brasil	Pará	Ferreira, AM
-48,78172	-3,47433	Brasil	Pará	Ferreira, AM
-48,76890	-1,88389	Brasil	Pará	Procópio, L.C.
-48,58319	-3,79469	Brasil	Pará	Soares, CRA
-48,55138	-3,56694	Brasil	Pará	Ferreira, GC
-48,50613	-3,59525	Brasil	Pará	Soler, JG; Freitas, JC
-48,50513	-3,5975	Brasil	Pará	Oliveira, JCL de
-48,5044	-1,45583	Brasil	Pará	Souza, E.R.de
-48,28822	-3,72566	Brasil	Pará	Ferreira, G.C.
-47,4917	-5,52639	Brasil	Maranhão	-
-47,35279	-2,99583	Brasil	Pará	Carvalho, ACM
-43,50970	-7,08777	Brasil	Piauí	Vasconcelos, J. R.
-43,02249	-6,76694	Brasil	Piauí	Vasconcelos, J. R.
-42,13109	-7,02527	Brasil	Piauí	CASTRO, J. A.
-41,77669	-2,90472	Brasil	Piauí	Sousa, R.L
-41,33610	-2,92777	Brasil	Piauí	Oliveira, K. S.

ANEXO 3. Informações de ocorrência de *Hymenolobium excelsum* Ducke

Tabela 2 – Dados de ocorrência de *Hymenolobium excelsum* Ducke, em 2021.

Longitude	Latitude	País	Estado	Coletor
-78,67	1,25	Equador	Esmeraldas	H. T. Beck
-73,37833	-3,84278	Peru	Loreto	García, Roosevelt
-72,46472	-0,69861	Colômbia	-	Cárdenas, D,
-71,01472	0,86139	Colômbia	Vaupés	Cárdenas, D,
-68	-3,6528	Brasil	Amazonas	Mike Hopkins
-67,98333	-11,73333	Bolívia	Pando	Antony Jardim
-67,43139	3,50083	Colômbia	Guainía	Cárdenas, D,
-63,90390	-8,76194	Brasil	Rondônia	Araújo, J
-63,00389	-9,39361	Brasil	Rondônia	Frigeri, RBC
-61,32280	-11,81690	Brasil	Rondônia	DRL
-60,68735	2,24713	Brasil	Roraima	Silva, SJR. da
-60,30838	-2,40723	Brasil	Amazonas	Marra, DM.; Neves, AF; Souza, IG.
-60,02544	-3,10232	Brasil	Amazonas	Rodrigues, W.
-59,96667	-2,88333	Brasil	Amazonas	Souza, JAC de
-59,4594	-10,1667	Brasil	Mato Grosso	-
-57,21667	-3,03333	Brasil	Amazonas	Mike Hopkins
-56,75750	-1,38278	Brasil	Pará	Soares, E.; Fonseca, D.
-56,73580	-2,62833	Brasil	Amazonas	Ducke, W.A.
-56,45	-1,7	Brasil	Pará	Soares, E.
-56,37917	-1,46694	Brasil	Pará	Faria, S.M.
-56,18611	-1,57861	Brasil	Pará	W, Castro; E, C, Oliveira; H, Medeiros
-54,93720	-2,63639	Brasil	Pará	Nascimento, MP do; et al.
-54,9	-9,36666	Brasil	Pará	M.N. Silva

-54,70830	-2,44306	Brasil	Pará	-
-52,88890	-3,44611	Brasil	Pará	Ferreira, GC
-52,87310	-10,83390	Brasil	-	A. Ducke
-52,58170	-1,52333	Brasil	Pará	Oliveira, E
-52,53972	-0,86785	Brasil	Pará	E. de Oliveira
-51,6	-2,1	Brasil	Pará	Pena, BS da
-50,25	-5,5	Brasil	Pará	Pires, JM; Belém, RP
-50,05861	-6,06417	Brasil	Pará	HC, de Lima; DF, Silva; RO, Teixeira
-50,04440	-7,83306	Brasil	Pará	Grogan, J
-49,79640	-4,33056	Brasil	Pará	Ferreira, GC
-49,6725	-3,76611	Brasil	Pará	-
-49,4609985	-4,00899	Brasil	Pará	Fróes, RL
-49,2475830	-3,06069	Brasil	Pará	Soler, JG; Freitas, JC
-49,23475	-3,03806	Brasil	Pará	Ferreira, GC; Procópio, LC
-48,95310	-2,94722	Brasil	Pará	-
-48,83333	-1,06667	Brasil	Pará	Ducke, A
-48,81092	-3,48278	Brasil	Pará	Ferreira, AM; Oliveira, JCL de
-48,80950	-3,49492	Brasil	Pará	Ferreira, AM; Oliveira, JCL de
-48,79889	-2,18056	Brasil	Pará	Queiroz, L.P.de
-48,76890	-1,88389	Brasil	Pará	Ribeiro, BGS; Oliveira, JCL de
-48,50440	-1,45583	Brasil	Pará	Pires
-48,50000	-1,33333	Brasil	Pará	Pires, JM
-48,45694	-1,41667	Brasil	Pará	Melchor-Castro, B.
-48,44475	-1,43810	Brasil	Pará	Pires, JM
-48,44444	-1,42611	Brasil	Pará	Melchor-Castro, B.
-48,43889	-1,42806	Brasil	Pará	Cordeiro, MR
-48,42052	-1,41568	Brasil	Pará	W. A. Ducke
-48,29125	-3,71481	Brasil	Pará	Carvalho, AMV de; Ferreira, GC

-47,35280

-2,99583

Brasil

Pará

Ferreira, GC; et al.

ANEXO 3. Informações de ocorrência de *Vatairea sericea*

Tabela 3 – Dados de ocorrência de *Vatairea sericea*, em 2021.

Longitude	Latitude	País	Estado	Coletor
-69,84568	-4,03796	Brasil	Amazonas	Cardoso, DBOS
-69,50444	-4,02167	Brasil	Amazonas	Cardoso, D; et al.
-69,11852	-3,83873	Brasil	Amazonas	Cardoso, DBOS
-69,066667	-3,501944	Brasil	Amazonas	Cardoso, D; et al.
-68,66363	-9,08756	Brasil	Acre	Daly, DC; et al.
-67,08920	-0,13028	Brasil	Amazonas	Stropp, J.; Assunção, P.
-65,17194	-4,88806	Brasil	Amazonas	Soares, ML
-65,15	-4,883333	Brasil	Amazonas	Mike Hopkins
-64,92944	-9,61806	Brasil	RO	Glocimar Pereira-Silva
-64,84250	-9,43972	Brasil	RO	Glocimar Pereira-Silva
-64,07750	-9,09611	Brasil	RO	Aécio Amaral-Santos
-63,90390	-8,76194	Brasil	Rondônia	Lobato, LCB
-63,02695	-9,25326	Brasil	Rondônia	Prance, GT
-62,450639	-5,94044	Brasil	Amazonas	Giacomin, LL
-62,4	-9,05	Brasil	Rondônia	Teixeira, PS
-61,683889	-1,901111	Brasil	Amazonas	H, Medeiros et al.
-61,608275	-7,90734	Brasil	Amazonas	Amoêdo, SC et al.
-60,533333	-3,03333	Brasil	Amazonas	Hopkins, HC
-60,5	-10,6	Brasil	Mato Grosso	Miranda, S
-60,48	-12,24	Brasil	Rondônia	Santos, LAS
-60,402589	-2,97151	Brasil	Amazonas	Marra, D.M. et al.
-60,088005	-2,90565	Brasil	Amazonas	Rodrigues, WA
-60,033333	-3,41667	Brasil	Amazonas	Ducke, A

-60,02500153	-3,10194	Brasil	Amazonas	Rodrigues, WA.; Monteiro, OP.
-59,974722	-2,92944	Brasil	Amazonas	Queiroz, L.P.de
-59,966667	-2,88333	Brasil	Amazonas	Assunção, P.A.C.L. et al.
-59,928056	-2,960556	Brasil	Amazonas	Dexter, K, G, Souza, P,
-59,866667	-2,4	Brasil	Amazonas	Ferreira, AJC
-59,73	-2,41	Brasil	-	Freitas, M, A,
-59,716667	-2,4	Brasil	Amazonas	Mike Hopkins
-59,648332	-2,656966	Brasil	Amazonas	O, P, Monteiro
-59,4	-10,7	Brasil	Mato Grosso	Gomes, M
-59,1	-10	Brasil	Mato Grosso	Rylands, AB
-58,98	-2,88	Brasil	-	Sothers, C, A, et al.
-56,7358017	-2,62833	Brasil	Amazonas	Ducke, A
-56,457222	-1,815556	Brasil	Pará	H, C, de Lima et al.
-56,45	-1,7	Brasil	Pará	Lobato, C.B.L. et al.
-55,82	-9,46	Brasil	-	Zappi, D, C, et al.
-54,93719864	-2,63639	Brasil	Pará	Assunção, PA CL; Oliveira, GJ
-54,70830154	-2,44306	Brasil	Pará	Fróes, RL
-54,2	-2,8	Brasil	Pará	Pessoal do L.P.F./Brasília
-53,47999954	-1,79999000	Brasil	Pará	Fróes, RL
-53,2	3,62	Guiana Francesa	Saint-Laurent-du-Maroni	S. A. Mori
-53	5,3333333	Guiana Francesa	-	D. Sabatie; M. F. Prévost
-52,8731	-10,8339	Brasil	-	-
-48,768901	-1,88389	Brasil	Pará	Ferreira, GC; Procópio, LC
-47,35279	-2,99583	Brasil	Pará	Oliveira, MCO; Nascimento, MP