



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS FLORESTAIS**

MIZAEL CIRINEU DA SILVA

**MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE NICHOS ECOLÓGICOS PARA *Swietenia
macrophylla* King NA AMAZÔNIA BRASILEIRA.**

**BELÉM
2020**

MIZAEL CIRINEU DA SILVA

MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE NICHOS ECOLÓGICOS PARA *Swietenia macrophylla* King NA AMAZÔNIA BRASILEIRA.

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais na área de concentração Manejo de Ecossistemas Florestais, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Natalino Macedo Silva.

Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Gracialda Costa Ferreira.

**BELÉM
2020**

FICHA CATALOGRÁFICA

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas da Universidade Federal Rural da Amazônia
Gerada automaticamente mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

SILVA, MIZAEAL CIRINEU

MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE NICHOS ECOLÓGICOS PARA *Swietenia macrophylla* King NA
AMAZÔNIA BRASILEIRA. / MIZAEAL CIRINEU SILVA. - 2020.

72 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) - Programa de PÓS-GRADUAÇÃO em Ciências Florestais (PPGCF), Campus
Universitário de Belém, Universidade Federal Rural Da Amazônia, Belém, 2020.

Orientador: Prof. Dr. José Natalino Macedo Silva Coorientador: Profa. Dra. Gracialda Costa Ferreira.

1. BIBLIOTECA LOURENÇO JOSÉ TAVARES VIEIRA DA SILVA. I. Macedo Silva, José
Natalino, *orient.* II. Título

CDD 634.92

MIZAEEL CIRINEU DA SILVA

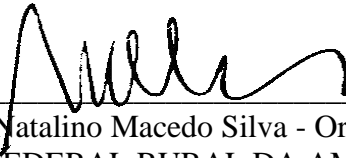
MODELO DE DISTRIBUIÇÃO DE NICHOS ECOLÓGICOS PARA *Swietenia macrophylla* King NA AMAZÔNIA BRASILEIRA.

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Ciências Florestais na área de concentração Manejo de Ecossistemas Florestais, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. José Natalino Macedo Silva.
Coorientadora: Prof. Dr^a. Gracialda Costa Ferreira.

Aprovado em 30 de junho de 2020

BANCA EXAMINADORA:



Dr. José Natalino Macedo Silva - Orientador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA



Dr. Leandro Schlemmer Brasil – 1º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ - UFPA



Dr. Moises Mourão Junior – 2º Examinador
Embrapa Amazônia Oriental



~~Prof. Dr. Rodrigo Geroni Mendes Nascimento~~
Dr. Rodrigo Geroni Mendes Nascimento – 3º Examinador
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA - UFRA

AGRADECIMENTOS

Agradeço à minha família, que sempre deu apoio em minha vida acadêmica, em especial à minha mãe, Maria de Nazaré Cirineu da Silva, a qual nunca mediu esforços para proporcionar-me a melhor educação possível e contribuir a moldar meu caráter quanto pessoa.

À Universidade Federal Rural da Amazônia e ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, por oferecer acessibilidade à educação de qualidade e suporte para o desenvolvimento das atividades acadêmicas.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo fornecimento da bolsa de estudos no período de mestrado.

Aos meus orientadores, Dr^o. José Natalino Macedo Silva e Dr^a Gracialda Ferreira Costa, aos quais, sou muito grato por sempre estarem dispostos a ajudar em minha formação e por suas valiosas contribuições para o desenvolvimento deste trabalho. Sem elas nada disto seria possível.

Ao Dr^o Fernando Carvalho, pela grande contribuição neste trabalho, sempre disposto a ajudar no desenvolvimento das etapas metodológicas, lhe sou muito grato.

À todos que participaram de forma direta e indireta para minha formação e construção pessoal.

RESUMO

A degradação e a fragmentação dos habitats são consideradas sérias ameaças à biodiversidade da Amazônia. Estas perdas alteram a integridade estrutural e o funcionamento dos ecossistemas. Por conta da exploração intensiva, muitas populações naturais de *Swietenia macrophylla* King. (mogno brasileiro), foram suprimidas ou tiveram seu estoque florestal reduzido drasticamente, com destaque na Amazônia legal brasileira. Considerando a importância da conservação da espécie, as técnicas de distribuição potencial de espécies podem servir de base na tomada de decisão para definição de áreas de conservação prioritárias para a preservação da espécie. Assim, esse trabalho teve como objetivo, predizer áreas de distribuição de *S. macrophylla*, no espaço geográfico da Amazônia legal brasileira utilizando modelo de nicho ecológico. Os pontos de ocorrência da espécie foram obtidos através das bases de dados da *Global Biodiversity Information Facility* – GBIF e do projeto RadamBrasil com dados de ocorrência para a América do Sul e Central. Foi usado o programa estatístico R, para limpeza do banco de dados de ocorrência de *Swietenia macrophylla* King e aplicação de Análise de Componentes Principais (PCA) as variáveis preditoras com valores climáticos, topográficos e de caracterização de propriedade do solo. A modelagem de nicho ecológico foi efetuada a partir de uma função de criação de modelos de nicho ecológico “ENMTML”, no programa R, utilizando quatro algoritmos. O mapa de Consenso, foi sintetizado a partir do conjunto de previsões fundamentadas pelos 14 primeiros eixos de componentes principais dos modelos gerados. A imagem de saída processada, foi recortada para limites da área geográfica da Amazônia legal brasileira e, comparada com delimitações de área de ocorrência de mogno, inferidas por Lamb (1966) e Barros et al. (1992), para a Amazônia legal brasileira. Áreas desmatadas no período de 2008 a 2019 foram excluídas do modelo de nicho ecológico e calculado o quantitativo de área nicho em Unidades de Conservação (UC), nas esferas Estadual e Federal no bioma amazônico. Como resultados tivemos um total aproximado de 2.395.593,72 km² de área de nicho ecológico para *S. macrophylla*. A sobreposição da área predita correspondeu a 65,25% da área demarcada por Lamb (1966) e cerca de 81,56% da delimitação de Barros et al. (1992). O desmatamento incidente sobre o total da área modelada foi de cerca de 49.562,74 Km², com ocorrência de desmatamento em áreas de Unidades de Conservação Estaduais e Federais, corroborando perda de áreas de nicho ecológico da *S. macrophylla*, em áreas definidas por lei como regiões destinadas a conservação integral ou de uso sustentável. Portanto, o presente estudo foi desenvolvido para atualizar os limites geográficos de possível ocorrência do mogno brasileiro e, subsidiar melhorias nas políticas públicas direcionadas a sua conservação ambiental da *S. macrophylla* King, na Amazônia legal brasileira.

Palavras-chave: Modelagem de nicho. Distribuição geográfica. Conservação de espécies. Áreas de proteção.

ABSTRACT

Habitat degradation and fragmentation are considered serious threats to the biodiversity of the Amazon. These losses alter the structural integrity and functioning of ecosystems. Due to intensive exploitation, many natural populations of *Swietenia macrophylla* King. (Brazilian mahogany), were suppressed or had their forest stock drastically reduced, especially in the Brazilian legal Amazon. Considering the importance of the conservation of the species, the techniques of potential distribution of species can serve as a basis in decision-making for the definition of priority conservation areas for the preservation of the species. Thus, this work aimed to predict areas of distribution of *S. macrophylla*, in the geographical space of the Brazilian legal Amazon using an ecological niche model. The species' occurrence points were obtained through the databases of the Global Biodiversity Information Facility - GBIF and the *RadamBrasil* project with occurrence data for South and Central America. The statistical program R was used to clean the *Swietenia macrophylla* King occurrence database and to apply Principal Component Analysis (PCA) to the predictor variables with climatic, topographic and soil property characterization values. The ecological niche modeling was performed using a function of creating ecological niche models "ENMTML", in the R program, using four algorithms. The Consensus map was synthesized from the set of predictions based on the first 14 axes of the main components of the generated models. The processed output image was cropped to the limits of the geographical area of the Brazilian legal Amazon and, compared with delimitations of the area of occurrence of mahogany, inferred by Lamb (1966) and Barros et al. (1992), for the Brazilian legal Amazon. Areas deforested in the period from 2008 to 2019 were excluded from the ecological niche model and the quantitative of niche area in Conservation Units (UC), at the State and Federal levels in the Amazon biome was calculated. As a result, we had a total of approximately 2,395,593.72 km² of ecological niche area for *S. macrophylla*. The overlap of the predicted area corresponded to 65.25% of the area demarcated by Lamb (1966) and about 81.56% of the delimitation of Barros et al. (1992). Deforestation on the total modeled area was approximately 49,562.74 km², with deforestation occurring in areas of State and Federal Conservation Units, corroborating the loss of areas of ecological niche of *S. macrophylla*, in areas defined by law as regions for integral conservation or sustainable use. Therefore, the present study was developed to update the geographical limits of possible occurrence of Brazilian mahogany and, to subsidize improvements in public policies directed to its environmental conservation of *S. macrophylla* King, in the Brazilian legal Amazon.

Key words: Niche modeling. Geographic distribution. Species conservation. Protection areas.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.** Zona de ocorrência de *Swietenia macrophylla* King na América Central, América do Sul e América do Norte. Fonte: Adaptado de Lamb (1966). 16
- Figura 2.** Ocorrência de *Swietenia macrophylla* King na Amazônia brasileira. Fonte: Adaptado de Barros et al. (1992). 17
- Figura 3.** Teoria de nicho ambiental, segundo Soberón e Peterson (2005). A área verde (A) representa a região geográfica com o conjunto apropriado de fatores abióticos para as espécies, e pode ser considerada como a expressão geográfica do Nicho Fundamental (NF). 20
- Figura 4.** Componentes principais com maior contribuição da variabilidade total do banco de dados, geradas para 138 variáveis preditoras, correspondendo a 96,66% da variabilidade total do banco de dados. Fonte: o próprio autor, 2020. 29
- Figura 5.** Quatro modelos lineares de nicho ecológico para *Swietenia macrophylla* King, processados nos algoritmos Máxima Entropia – Maxent, Floresta Aleatória – RDF, Suport Vector Machine – SVM e Processos Gaussianos - GAU, contemplando as regiões geográficas da América do Sul e Central. Fonte: o próprio autor, 2020. 33
- Figura 6.** Modelo linear consenso (PCA), derivado do processamento de 14 componentes principais a partir de 138 variáveis climáticas, ambientais e topográficas, utilizadas na modelagem de nicho ambiental em quatro algoritmos de distribuição potencial de espécies, contemplando as regiões geográficas da América do Sul e Central. Fonte: o próprio autor, 2020. 34
- Figura 7.** Mapa binário de modelo de nicho ecológico para *Swietenia macrophylla* King, baseado em modelo consenso a partir de quatro métodos de modelagem distintos, abrangendo a região da Amazônia legal brasileira, com valores percentuais de área modelada em relação a área geográfica do estado. Fonte: o próprio autor, 2020. 36
- Figura 8.** Mapa comparativo entre a distribuição de *Swietenia macrophylla* King, realizada por Lamb (1966), com modelo consenso de nicho ecológico, na área geográfica da Amazônia legal brasileira. Fonte: o próprio autor, 2020. 39
- Figura 9.** Mapa comparativo entre a distribuição geográfica referente a concentração volumétrica de *Swietenia macrophylla* King, realizada por Barros et al., no ano de 1992, com modelo consenso de nicho ecológico, na área geográfica da Amazônia legal brasileira. Fonte: o próprio autor, 2020. 41
- Figura 10.** Áreas de desmatamento por corte raso (PRODES), segundo sistema de monitoramento por satélite, realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no período de 2008 a 2019, identificadas sobre área nicho ecológico modelada para *Swietenia macrophylla* King, na Amazônia legal brasileira. Fonte: o próprio autor, 2020. 43
- Figura 11.** Distribuição geográfica de unidades de conservação estaduais sobre área de nicho ecológico de *Swietenia macrophylla* King na Amazônia legal brasileira, e áreas de ocorrência de desmatamento por corte raso segundo projeto PRODES do INPE. Fonte: o próprio autor, 2020. 46

Figura 12. Distribuição geográfica de unidades de conservação federais sobre área de nicho ecológico de *Swietenia macrophylla* King na Amazônia legal brasileira, e áreas de ocorrência de desmatamento por corte raso segundo projeto PRODES do INPE. Fonte: o próprio autor, 2020..... 49

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Variáveis climáticas *Worldclim* versão 2, de 1970 a 2000 e, variáveis ambientais do banco de dados Ambdata (INPE). 22
- Tabela 2.** Variância cumulativa em cada componente principal (PC's), utilizados no processamento do modelo consenso. Os componentes de 1 a 14 correspondem aproximadamente a 96,66% da variabilidade total dos dados. **Fonte:** Elaborado pelo autor, 2020. 30
- Tabela 3.** Variáveis indicadoras de qualidade de quatro modelos de nicho ecológico para *Swietenia macrophylla* King e um modelo consenso entre os componentes principais de quatro algoritmos de modelagem e valores de desvio padrão para seis variáveis de avaliação de modelos. Fonte: o próprio autor, 2020. 31
- Tabela 4.** Unidades de Conservação (UC) estaduais com maior concentração de área de nicho ecológico para *Swietenia macrophylla* King na Amazônia legal brasileira. As áreas desmatadas foram subtraídas das áreas modeladas que se sobrepõem as UC. Fonte: o próprio autor, 2020. 45
- Tabela 5.** Unidades de Conservação (UC) federais com maior concentração de área de nicho ecológico para *Swietenia macrophylla* King na Amazônia legal brasileira. As áreas de desmatamento foram subtraídas do valor total de área modelada constante em cada unidade de conservação. Fonte: o próprio autor, 2020. 50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. QUESTÕES CIENTÍFICAS, HIPÓTESES E OBJETIVOS	13
2.1. Questões científicas	13
2.2. Objetivos.....	14
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	15
3.1. Distribuição geográfica de <i>Swietenia macrophylla</i> King.....	15
3.2. <i>Swietenia macrophylla</i> King na Amazônia Legal brasileira.....	16
3.3. Distribuição potencial de espécies	18
3.4. Teoria de nicho ecológico de espécies	18
4. MATERIAL E MÉTODOS	21
4.1. Obtenção dos pontos de ocorrência de <i>Swietenia macrophylla</i> King.....	21
4.2. Limpeza de dados	21
4.3. Modelagem de distribuição potencial de espécies	22
4.4. Análise de componentes principais	24
4.5. Procedimento de modelagem, validação e previsão.....	25
4.6. Mapa binário para modelo consenso	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1. Limpeza de coordenadas geográficas	27
5.2. Análise de componentes principais	28
5.3. Modelos lineares de nicho ecológicos para <i>Swietenia macrophylla</i> King.....	31
5.4. Mapa binário de nicho ecológico de <i>Swietenia macrophylla</i> King.....	34
5.5. Comparação com as distribuições propostas por Lamb (1966) e Barros et al. (1992).....	37
5.6. Desmatamento acumulado (2008 – 2019) em áreas potenciais de nicho ecológico de <i>Swietenia macrophylla</i> King.....	42
5.7. Nicho ecológico de <i>Swietenia macrophylla</i> King em áreas de unidade de conservação estadual	44
5.8. Nicho ecológico de <i>Swietenia macrophylla</i> King em áreas de unidade de conservação federal	47
6. CONCLUSÃO	50
REFERÊNCIAS.....	53
APÊNDICES	57

1. INTRODUÇÃO

A degradação e a fragmentação dos habitats são consideradas sérias ameaças à biodiversidade da Amazônia (ROSSI et al., 2016). Estas perdas alteram a integridade estrutural e o funcionamento dos ecossistemas (BARNOSKY et al., 2011), bem como contribuem com o aumento do número de espécies de plantas ameaçadas de extinção (ADHIKARI; BARIK; UPADHAYA, 2012).

O desmatamento na Amazônia legal brasileira no ano de 2019, teve aumento significativo de aproximadamente 34% em relação ao ano de 2018. Esta taxa teve projeção crescente desde o ano de 2012. Entretanto, se comparado o desmatamento referente ao ano de 2004, houve uma diminuição de 17.643,00 km² (63,53%) em relação ao ano de 2019 (INPE, 2019).

As causas do desmatamento estão intimamente ligadas à atividades humanas, que na maioria dos casos, expõem os serviços do ecossistema florestal à riscos ambientais (BARLOW et al., 2016). Apenas no mês de abril de 2020, foram detectados 529 km² de área desmatada na Amazônia legal brasileira, representando aumento de 171% em relação ao mesmo período de 2019, principalmente nos estados do Pará (32%), Mato Grosso (26%), Rondônia (19%), Amazonas (18%), Roraima (4%) e Acre (1%), sendo que 22% do total de área desmatada foi registrado em Unidades de Conservação (FONSECA et al., 2020a).

A floresta representa um valioso componente para o equilíbrio ambiental natural, e as consequências da remoção da cobertura vegetal podem ser observadas na deterioração do ecossistema, com a redução da qualidade do solo, diminuição da precipitação, alteração da concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera, disponibilidade de recursos naturais (ADEDIRE, 2009) e efeitos sobre as mudanças na temperatura local da superfície terrestre (WOLFF et al., 2018).

Nesse contexto, a conservação ambiental ganha extrema importância, pois pode contribuir com a preservação da biodiversidade das espécies, principalmente as ameaçadas de extinção ou endêmicas (TYLIANAKIS et al., 2010), portanto é fundamental o estabelecimento de áreas com prioridade para conservação (SILVEIRA et al., 2016). Para tanto, os modelos de distribuição de espécies têm sido amplamente utilizados (PORFIRIO et al., 2014).

As estimativas de distribuição geográfica potencial das espécies são críticas para inúmeras aplicações de modelagem de nicho, bem como podem ser usadas para estimar

a distribuição das espécies, sob condições. A área ocupada por uma espécie é de interesse em estudos teóricos e empíricos, especialmente aplicações em biologia da conservação, onde é determinante conhecer a distribuição real das espécies. Por outro lado, sua extensão total provavelmente permanecerá desconhecida na prática, mesmo que, teoricamente, seja possível executar amplos conjuntos de experimentos para realizar a descrição (PETERSON et al., 2011).

O Ministério do Meio Ambiente (MMA) divulgou, em 2014, a lista nacional oficial de espécies da flora brasileira que estão sob ameaça de extinção, onde as espécies são classificadas conforme o risco de ameaça. As espécies madeireiras classificadas como criticamente em perigo e em perigo não podem ser exploradas, enquanto é permitida a exploração das espécies classificadas como vulneráveis (BRASIL, 2014).

Entre as espécies classificadas como vulneráveis, está *Swietenia macrophylla* King, conhecida como mogno brasileiro, é uma espécie arbórea, nativa da América do Sul (SEABRA et al., 2017), que pertence à Meliaceae. Apresenta elevado valor econômico devido à alta qualidade da sua madeira, com boa trabalhabilidade e propriedades físicas, químicas e mecânicas (COLARES et al., 2016). A exploração intensiva, por conta da qualidade e valor da madeira levou ao declínio de muitas populações naturais da espécie (MEDINA et al., 2014), com destaque na Amazônia brasileira.

S. macrophylla foi inserida no Anexo II da Cites (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*), e classificada como espécie ameaçada de extinção. Considerando a vulnerabilidade que esta espécie apresenta, é determinante estabelecer áreas prioritárias para a conservação de *Swietenia macrophylla* King e atualizar os limites geográfico de ocorrência da espécie, descrito em literaturas. Nesse contexto, o objetivo foi predizer áreas de distribuição de *S. macrophylla*, no espaço geográfico da Amazônia legal brasileira utilizando modelos de nicho ecológico.

2. QUESTÕES CIENTÍFICAS, HIPÓTESES E OBJETIVOS

2.1. Questões científicas

Nesta perspectiva o presente estudo buscou responder às seguintes questões científicas:

- a. (Q.1). A delimitação de ocorrência natural de *Swietenia macrophylla* King proposta por Lamb (1966) e Barros et al. (1992) para a Amazônia legal brasileira, reflete em totalidade o nicho ecológico da espécie?
 - a. (H0). Sim. As delimitações propostas pelos autores estão contempladas totalmente no modelo de nicho ecológico para *S. macrophylla*.
 - b. (H1). Não. A delimitação oferecida pelos autores sobrepõe parcialmente a área de nicho ecológico da espécie.
- b. (Q.2). Quanto das áreas adequadas para a distribuição de *S. macrophylla* já se encontram desmatadas?
 - a. (H0). Todas as áreas adequadas para a distribuição de *S. macrophylla* foram desmatadas.
 - b. (H1). Apenas algumas áreas adequadas para a distribuição de *S. macrophylla* foram desmatadas.
- c. (Q.3). Quais Unidades de Conservação (UCs), federais e estaduais, mais importantes para a conservação de *S. macrophylla*?
 - a. (H0). Todas as unidades de conservação são importantes para a conservação de *Swietenia macrophylla* King.
 - b. (H1). Apenas algumas das unidades de conservação são importantes para a conservação de *Swietenia macrophylla* King.

2.2. Objetivos

2.2.1. Objetivo geral

Predizer áreas de distribuição de *S. macrophylla*, no espaço geográfico da Amazônia legal brasileira utilizando modelos de nicho ecológico.

2.2.2. Objetivos específicos

- a. Modelar área de nicho ecológico para *Swietenia macrophylla* King;
- b. Quantificar sua porcentagem em relação a área do estado onde está inserida;
- c. Comparar o resultado da modelagem com as distribuições propostas por Lamb (1966) e Barros et al. (1992);
- d. Identificar e excluir das áreas de nicho ecológico, áreas que foram desmatadas em período de onze anos e;

- e. Relacionar unidades de conservação estaduais e federais que apresentam maior quantidade de área de nicho ecológico de *Swietenia macrophylla* King estimado pelo presente trabalho.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Distribuição geográfica de *Swietenia macrophylla* King

A *S. macrophylla* foi caracterizada originalmente como espécie ribeirinha que ocorre na costa do Atlântico nas Honduras Britânicas, atual Belize, e na América Central (LAMB, 1966; WEAVER; SABIDO, 1997).

A espécie apresenta elevada densidade populacional em sua área de ocorrência, geralmente associada com solos profundos e bem drenados de vales de rios e em encostas úmidas (LAMB, 1966). As descrições feitas na América do Sul associam o estabelecimento de *S. macrophylla* à áreas de cabeceiras de rios de várzea na Amazônia legal (GROGAN; BARRETO; VERÍSSIMO, 2002)

Há relatos da intensa ocorrência natural de *S. macrophylla* nas florestas do Equador, Peru, e oeste do Brasil (Figura 2), em solos secos e firmes, localizados acima de áreas alagadas, com ocorrência de enchentes esporádicas (GULLISON; HUBBELL, 1992). Foram encontrados indivíduos adultos agrupados ao longo da rede de drenagem e partes mais altas de florestas baixas da Amazônia boliviana, em paralelo com fendas criadas por erosão (GULLISON et al., 1996).

A *S. macrophylla* é encontrado em floresta tropical seca, onde a temperatura média anual é de aproximadamente 24°C, com precipitação anual variando de 1000 a 2000 mm e índice anual de evapotranspiração de 1,0 – 2,0 mm e também em florestas úmidas e zonas subtropicais (HOLDRIDGE, 1967; WHITMORE, 1983).

A ocorrência de *S. macrophylla* está associada a solo ácidos, profundos a rasos, com boa e má drenagem (GULLISON et al., 1996), em condições ambientais distintas, contemplando também argissolos, solos pantanosos, alcalinos derivados de planaltos calcáreos e solos formados a partir de rochas ígneas e metamórficas (LAMB, 1966) (Figura 1).



Figura 1. Zona de ocorrência de *Swietenia macrophylla* King na América Central, América do Sul e América do Norte. **Fonte:** Adaptado de Lamb (1966).

3.2. *Swietenia macrophylla* King na Amazônia Legal brasileira

No Brasil, *S. macrophylla* ocorre ao sul da Amazônia legal brasileira e sua densidade populacional no país é mais elevada em comparação ao conjunto de registros de todos os países com presença da espécie, compreendendo 74% da totalidade de registros. As áreas com maior presença da espécie situam-se em zonas de transição de floresta-cerrado do sudeste estado do Pará, com densidade de três indivíduos por hectare em área de floresta nativa, bem como na região central e norte do estado de Rondônia. Para demais regiões a taxa aproximada é de 0,2 árvores por hectare (GROGAN, 2001).

Segundo delimitação de Barros et al. (1992) (Figura 2), sua ocorrência natural abrange os estados do Maranhão com aproximadamente 0,85% da área do estado, Tocantins (0,27%), Pará (46,7%), Mato Grosso (23,60%), Rondônia (97,20%), Acre (100%) e cerca de 21,40% do estado do Amazonas. É importante ressaltar que a área de distribuição da ocorrência natural de mogno, na Amazônia legal brasileira, de Lamb (1966) e Barros et al. (1992), sobrepõe-se a área conhecida como o “arco do desmatamento”.

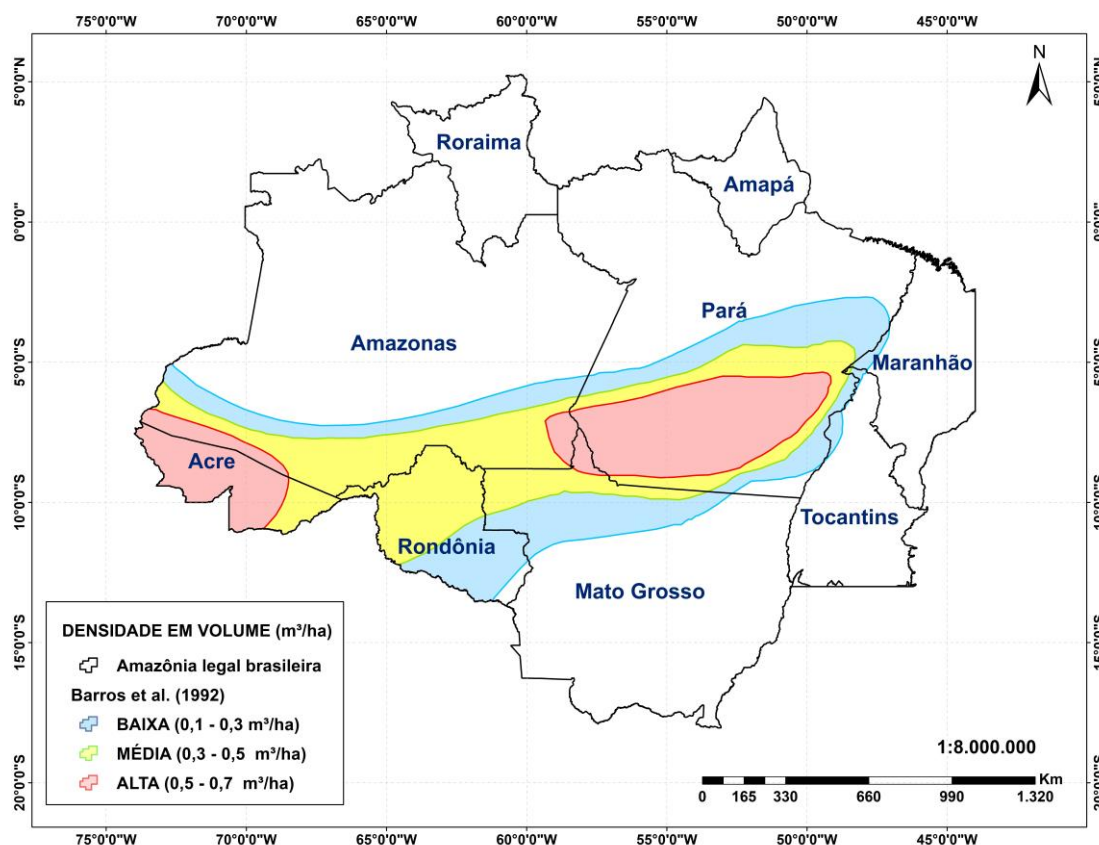


Figura 2. Ocorrência de *Swietenia macrophylla* King na Amazônia brasileira. **Fonte:** Adaptado de Barros et al. (1992).

A distribuição de *S. macrophylla* no Brasil está associada a florestas com terrenos levemente ondulados, cabeceiras de rios, perímetros de igapós ocorrentes sazonalmente em terrenos onduliforme entre rios principais, assim como no topo das serras da Amazônia legal. Em Rondônia a ocorrência de *S. macrophylla* está relacionada a solos nutricionalmente ricos de terra roxa, e que, geralmente, à medida que a taxa anual de precipitação aumenta, sua densidade diminui (GROGAN, 2001).

No sul do estado do Pará, foi constatada as margens de igarapés sazonais, grande concentração de *S. macrophylla* (GROGAN, 2001; VERÍSSIMO et al., 1995). Esta concentração é explicada pelo aumento na presença de distúrbios hidrológicos na área, provocados por estações climáticas bem definidas. A grande densidade populacional de *S. macrophylla* nestas áreas também se fundamenta pelo desenvolvimento das mudas ocorrer em áreas baixas do terreno, onde são concentrados grande parte dos nutrientes (GROGAN, 2001).

3.3. Distribuição potencial de espécies

Comumente conhecida como modelagem de envelope climático, modelagem de habitat e modelagem de nicho (ambiental ou ecológico), a modelagem de distribuição espacial de espécies, tem aplicação comum na predição de faixas de ocorrência de espécies utilizando dados climáticos como variáveis ambientais preditoras (HIJMANS; ELITH, 2016).

Os modelos de distribuição potencial são utilizados no manejo de espécies (CRASE et al., 2012) para estimar sua ocorrência espacial, obtida a partir da identificação de relações estatísticas entre observações de espécies em campo e variáveis ambientais (GUISAN et al., 2013). Eles representam papel determinante na tomada de decisões sobre conservação de espécies, desde que utilizados de maneira apropriada (ADDISON et al., 2013).

A modelagem espacial pode auxiliar nos trabalhos de campo destinados a obtenção de novos registros de uma espécie em particular (SIQUEIRA et al., 2009), pois é fundamentada na estimação da similaridade ambiental entre áreas de ocorrência (e talvez de não ocorrência) de um fenômeno e as condições em locais geográficos aleatórios (HIJMANS; ELITH, 2016).

Técnicas de SDM (*Spatial distribution modeling*) em distintos períodos de tempo, podem ser utilizadas na identificação de regiões com estabilidade ambiental propícias ao estabelecimento de determinada espécie, assim como na determinação de áreas instáveis, que por conta de algum distúrbio climático, afetou por algum período de tempo a ocorrência da espécie de interesse (CARNAVAL; MORITZ, 2008).

Os modelos podem servir de base na tomada de decisão e definição de áreas de conservação prioritárias (MILLER; PORTER MORGAN, 2011). A SDM pode ser aplicada à ecologia, epidemiologia, desastres ambientais e manejo florestal, conservação e proteção de espécies, bem como na caracterização de nicho ecológico (PEARSON et al., 2007)

3.4. Teoria de nicho ecológico de espécies

O nicho fundamental de uma espécie pode ser estimado por dois métodos: (i) por “abordagem mecanicista”, baseada na mensuração ou modelagem da interação de indivíduos com parâmetros físicos do ambiente, tais como a temperatura e umidade entre outros, que, a partir de combinações, obtém-se resultados processados em plataformas de

SIG (Sistema de Informações Geográficas) de regiões geográficas com potencialidade de ocorrência de um evento (PORTER et al., 2000; PORTER, 2002). (ii) pelo procedimento da “abordagem correlativa” em que são relacionadas as variáveis ambientais com maior associação na ocorrência real das espécies, onde a topografia, condições climáticas, edáficas e demais condições ecológicas são combinadas em plataformas SIG, para projeção de áreas apropriadas para o estabelecimento da espécie (SOBERON; PETERSON, 2005).

Por desconsiderar as interações bióticas sobre a ocorrência real de uma espécie, a modelagem mecanicista apresenta estimativas de área potencial distintas das encontradas a partir de abordagem correlativa, a qual utiliza em seu processo de estimativa, as interações bióticas sobre a distribuição espacial de espécies (SOBERON; PETERSON, 2005).

A teoria de nicho ecológico é a fundamentação para diversas técnicas de distribuição espacial de espécies, sendo abordada em primeiro momento por Grinnell (1917), que definiu o nicho como locais (habitats) onde há os requisitos necessários para estabelecimento e reprodução de uma determinada espécie.

Elton (1927), acrescentou o nível trófico das espécies à ideia ainda em formação de nicho que foi incrementada por Gause (1934), com a intensidade da competição entre espécies. Hutchinson (1957), implementou uma definição robusta que define o nicho como um espaço de hipervolume n-dimensional, onde cada dimensão consiste em intervalos com condições ambientais ou recursos necessários a uma espécie sobreviver e se reproduzir, tais como: temperatura, umidade, salinidade, pH, recursos alimentares, locais para nidificação, intensidade luminosa, pressão predatória e densidade populacional.

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

O nicho ecológico é composto por quatro classes de fatores, que determinam a área de ocorrência (SOBERON; PETERSON, 2005): i) os fatores abióticos, que incluem aspectos do clima, ambiente físico e condições edáficas que são fatores cruciais na imposição de limites fisiológicos de desenvolvimento e manutenção das espécies; ii) os fatores bióticos, que se referem ao conjunto de interações interespecíficas que podem afetar positiva ou negativamente a perpetuação e distribuição de um indivíduo; iii) as

áreas acessíveis à dispersão, as quais são fundamentais para alcance de novos locais e são determinantes para evidenciar a distribuição real. A partir das características da paisagem e alcance da espécie, é possível distinguir áreas com potencial ocorrência, e iv) a capacidade evolutiva que está intimamente ligada à capacidade de adaptação em áreas com condições diferentes às adequadas para a espécie (SOBERON; PETERSON, 2005).

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

O círculo verde (A) na Figura 3, representa a área geográfica que abriga as condições ambientais com o conjunto de fatores abióticos necessários para a sobrevivência e reprodução de uma determinada espécie. Ela pode ser denominada como nicho fundamental (FN). O círculo azul (B) corresponde à região, que pode ou não sobrepor geograficamente o FN, onde há interações ecológicas entre espécies, necessárias e favoráveis à sobrevivência e reprodução da espécie (SOBERON; PETERSON, 2005)

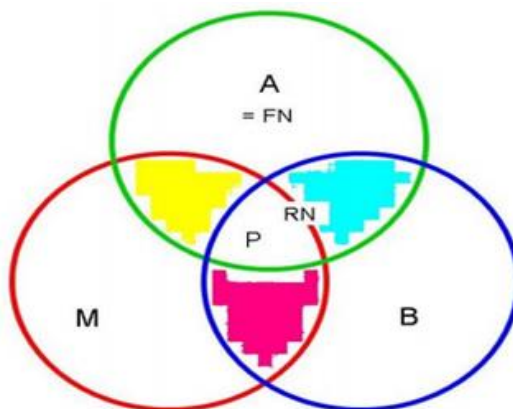


Figura 3. Teoria de nicho ambiental, segundo Soberón e Peterson (2005). A área verde (A) representa a região geográfica com o conjunto apropriado de fatores abióticos para as espécies, e pode ser considerada como a expressão geográfica do Nicho Fundamental (NF). A área B (azul) é a região em que ocorre a combinação certa de espécies em interação, o que pode ou não se sobrepor extensivamente com A. $A \cap B$ representa a extensão geográfica do nicho realizado (RN) das espécies. M (vermelho) é composto pelas partes do mundo "acessível" às espécies em algum sentido ecológico, sem barreiras ao movimento e colonização. $A \cap B \cap M = P$ é a região que possui o conjunto certo de bióticos e abióticos fatores e acessível às espécies e é equivalente à distribuição geográfica das espécies **Fonte:** Soberón e Peterson (2005).

Outro ponto interessante a ser observado é a interseção entre o nicho fundamental (A) e a zona de interações bióticas (B). Essa sobreposição de áreas é caracterizada como

nicho realizado (RN), que abriga condições bióticas e abióticas favoráveis à reprodução e estabelecimento da espécie (SOBERON; PETERSON, 2005).

Há uma dimensão muito importante a ser considerada para definição da ideia de nicho ambiental, que é a área acessível (M), a qual representa os locais fisiologicamente possíveis da espécie alcançar, sem a presença de barreiras ao movimento e colonização. A interseção entre as regiões A e M, pode ser interpretada como área de exclusão competitiva, por não apresentar relações bióticas entre as espécies, onde a competição entre os indivíduos da mesma espécie aumentará (SOBERON; PETERSON, 2005).

A zona de interseção que reúne o conjunto de fatores bióticos e abióticos e acessibilidade, é a área geográfica de ocorrência real da espécie (P). Nela a taxa de reprodução é mais alta que a taxa de mortalidade (SOBERON; PETERSON, 2005).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Obtenção dos pontos de ocorrência de *Swietenia macrophylla* King

Os pontos de ocorrência da espécie foram obtidos por meio da união de duas bases de dados com registro de incidência de *S. macrophylla* King. Duzentos e quarenta e quatro pontos de ocorrências se originam do banco de dados GBIF - *Global Biodiversity Information Facility*, para a América do Sul e Central, e 88 pontos de ocorrência de *S. macrophylla* em território brasileiro, são originários do inventário florestal conduzido pelo projeto RadamBrasil, disponível na plataforma BDiA – Banco de Dados de Informações Ambientais, do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

4.2. Limpeza de dados

Os 332 pontos de ocorrência da espécie foram submetidos a um processo de limpeza no programa estatístico R, versão 3.6.2. Foram excluídos pontos de ocorrência sem os campos descritivos sobre a coleta, tais como informações de espécie; coordenadas X; coordenadas Y; município; estado ou província; país; autor/identificador; instituição e ano de coleta.

Após selecionados apenas os dados com os campos citados acima, foram verificados e excluídos pontos que representam capitais de regiões geográficas, pontos duplicados, pontos sem coordenadas geográficas e pontos de ocorrência localizados no oceano. Os pontos centroides de estados ou municípios, ou que estavam a um raio de 50 quilômetros de um ponto centroide também foram excluídos.

4.3. Modelagem de distribuição potencial de espécies

Para realizar a predição de áreas com nicho ambiental que propiciem, estatisticamente, o estabelecimento e perpetuação de *S. macrophylla*, os seguintes passos foram seguidos:

4.3.1. Escolha de espécie

A escolha de *Swietenia macrophylla* King, justifica-se pela sua inclusão como vulnerável, na Portaria do MMA, Ministério do Meio Ambiente, nº 443, de 17 de dezembro de 2014, que indica grau de risco de extinção de cada espécie: em extinção na natureza (EW), criticamente em perigo (CR), em perigo (EN) e vulnerável (VU) (BRASIL, 2014). Nas duas últimas classes estão espécies passíveis de exploração em planos de Manejo Florestal Sustentável, respeitando os critérios descritos na legislação vigente. Pelo fato de *S. macrophylla* estar inserida na lista da CITES e IN 06/2008 do MMA (Ministério do Meio Ambiente), foi classificada como espécie ameaçada de extinção, sendo, por conseguinte, de grande importância para conservação.

4.3.2. Variáveis ambientais

Com intuito de se obter uma caracterização aproximada do nicho ecológico de *S. macrophylla*, foram utilizadas 138 variáveis, correspondentes a dados climáticos, topográficos e caracterização de propriedade do solo.

As variáveis climáticas preditoras utilizadas na modelagem tiveram origem no banco de dados *WorldClim - Global Climate Data* versão 2, constituído por 19 variáveis com valores mensais de temperatura e precipitação global. Para este trabalho utilizou-se as médias anuais do período de 1970 a 2000 (Tabela 1).

Tabela 1. Variáveis climáticas *Worldclim* versão 2, de 1970 a 2000 e, variáveis ambientais do banco de dados *Ambdata* (INPE).

ID	Variáveis climáticas e ambientais
bio1	Temperatura média anual - °C
bio2	Varição Diurna Média de Temperatura - °C
bio3	Isotermalidade - °C
bio4	Sazonalidade da Temperatura - °C
bio5	Temperatura máxima do mês mais quente - °C

bio6	Temperatura mínima do mês mais frio - °C
bio7	Amplitude térmica anual - °C
bio8	Temperatura média do trimestre mais úmido - °C
bio9	Temperatura média do trimestre mais seco - °C
bio10	Temperatura média do trimestre mais quente - °C
bio11	Temperatura média do trimestre mais frio - °C
bio12	Precipitação Anual - mm
bio13	Precipitação do mês mais chuvoso - mm
bio14	Precipitação do mês mais seco - mm
bio15	Sazonalidade da Precipitação - mm
bio16	Precipitação do trimestre mais chuvoso - mm
bio17	Precipitação do trimestre mais seco - mm
bio18	Precipitação do trimestre mais quente - mm
bio19	Precipitação do trimestre mais frio - mm

Fonte: Adaptada pelo autor de Ambdata - Variáveis Ambientais para Modelagem de Distribuição de Espécies, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

A variável bioclimática Isotermalidade (bio3) é o resultado da divisão da variação diurna média de temperatura (bio2) pela amplitude térmica anual (bio7) e o resultado multiplicado por 100. Para encontrar a variável variação diurna média de temperatura (bio2), é necessário multiplicar a média mensal de temperatura pela subtração dos valores de temperatura máxima e mínima. A amplitude térmica anual (bio7) é a diferença entre a variável bio5 (temperatura máxima do mês mais quente) e a temperatura mínima do mês mais frio (FISH; R. J. HIJMANS, 2017).

As 117 variáveis de caracterização de propriedades do solo foram oriundas da base de dados *SoilGrids* (informações globais sobre o solo em grade), do *International Soil Reference and Information Centre (ISRIC – World Soil Information)* (ISRIC, 2017).

O sistema *SoilGrids* utiliza método de aprendizado de máquina para o mapeamento da distribuição espacial das características do solo para o planeta inteiro, ajustando modelos de previsão de solo com utilização de mais de 230.000 observações de perfil de solo da base de dados do *World Soil Information Service - WoSIS* e covariáveis ambientais, obtidas a partir de observação da terra e demais informações ambientais (ISRIC, 2017).

Como produto tem-se mapas globais de propriedades do solo, diferenciadas em seis níveis de profundidade padrão. As principais variáveis disponíveis são: pH, teor de carbono orgânico do solo, densidade aparente, teor de fragmentos grossos, teor de areia, teor de silte, teor de argila, capacidade de troca catiônica (CEC), nitrogênio total e densidade de carbono orgânico do solo estoque de carbono orgânico (ISRIC, 2017).

Com finalidade de proporcionar maior caracterização do nicho ambiental, onde a espécie tem ocorrência comprovada, foram incluídas ainda as variáveis de Elevação do Território e Declividade, disponível na base de dados *EarthEnv*. Essa base dispõe de camadas ambientais de variação topográfica globais, aplicável para as técnicas de sensoriamento remoto, utilização na avaliação de tendências em biodiversidade, ecossistemas e clima. (AMATULLI et al., 2018).

As variáveis, da base de dados *EarthEnv*, utilizadas na modelagem são baseadas em produto multivariado do modelo de elevação digital de imagem SRTM4.1 dev global, com resolução espacial de 90 metros, com agregação média (AMATULLI et al., 2018).

As 138 variáveis climáticas e ambientais passaram por análise estatística para exclusão de variáveis autoexplicativas, visando redução do banco de dados e utilização das variáveis de maior poder explicativo do total da variabilidade total do banco de dados. Todas as variáveis têm resolução espacial de 5 minutos, ou aproximadamente 10 km².

4.4. Análise de componentes principais

A escolha das variáveis ambientais, de interesse para modelagem, pode ser realizada intrinsicamente pelo pesquisador ou de forma consistente e matemática. Para o presente estudo, foi proposta a Análise de Componentes Principais (PCA) para as 138 variáveis selecionadas, no programa estatístico R-3.6.2, com uso do pacote *ENMTML* para determinar os componentes que mais contribuirão no modelo.

A PCA, é uma técnica matemática multivariada que a partir de componentes principais não correlacionados, explica e classifica a quantidade de variância total explicativa do banco de dados original (VELAZCO et al., 2017).

Para redução do banco de dados e utilização de variáveis que compreendam a maior variabilidade amostral, foram selecionados os eixos de maior contribuição na análise de componentes principais (VELAZCO et al., 2017), que explicassem o valor mínimo de 95% da variabilidade total dos dados (SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ; LOBO; HERNANDEZ-MANRIQUE, 2011).

Com os procedimentos metodológicos da PCA, esperou-se como principais vantagens, a correção da multicolinearidade entre as variáveis preditoras originais, utilização de maior porcentagem da variação total de informações contidas no banco de dados capturado nos PCs (*Principal Components*) e redução do número de variáveis utilizadas no modelo. (VELAZCO et al., 2017).

Mesmo com a utilização de dados ambientais juntamente com variáveis climáticas, um dos fatores determinantes para qualidade do modelo, está relacionado à extensão territorial de distribuição utilizada na modelagem, pois geralmente ela não abrange a distribuição geográfica real das espécies, podendo não compreender a variabilidade ambiental que caracteriza a distribuição real de uma espécie. (SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ; LOBO; HERNANDEZ-MANRIQUE, 2011).

Na modelagem foi utilizada máscara espacial limitante, este método é aplicado para delimitar a área de modelagem, sendo seu encaixe feito com base no polígono que estabelece limites geográficos onde a espécie tem ocorrência. Com o uso do polígono de determinada ecorregião é possível definir a área de calibração do modelo (ANDRADE; VELAZCO; MARCO JÚNIOR, 2020).

4.5. Procedimento de modelagem, validação e previsão

A modelagem de distribuição foi efetuada a partir de uma função de criação de modelos de nicho ecológico “ENMTML” (<https://github.com/andrefaa/ENMTML>) que fornece um procedimento ajustado de modelagem com argumentos de programação de entrada. Como preditores ambientais utilizou-se os componentes principais das 138 variáveis bioclimáticas e ambientais. Empregou-se como área de ajuste (máscara) o polígono dos interflúvios da América do Sul e do Norte.

Ademais, para avaliar a existência de autocorrelação espacial entre as variáveis ambientais e identificar a distância em que os pontos de ocorrência devem ser separados (os pontos de ocorrência devem ser isolados), calculou-se o correlograma de Moran (MORAN, 1950). Utilizou-se o método de seleção de pseudo-ausência que leva em consideração características ambientais do modelo *Bioclim* e o espaço geográfico (ANDRADE; VELAZCO; MARCO JÚNIOR, 2020).

Em relação à validação a partir dos dados de presença, aplicou-se o método *Block*, que efetua a estruturação dos dados como um “tabuleiro de xadrez”, controlando a autocorrelação espacial entre as informações de treinamento e teste (ANDRADE; VELAZCO; MARCO JÚNIOR, 2020).

Os algoritmos utilizados foram: Máxima Entropia – *MAXENT*, Floresta Aleatória – *RDF*, *Support Vector Machine* – *SVM* e Processos Gaussianos – *GAU*. Além disso, o corte foi selecionado por intermédio da soma mais alta da sensibilidade e especificidade (*MAX_TSS*).

As imagens geradas a partir das sobreposições dos dados de ocorrência no ambiente selecionado foram o Mapa de Consenso (*Ensemble*), sintetizando o conjunto de previsões fundamentadas pelos 14 primeiros eixos de componentes principais dos modelos gerados (ANDRADE; VELAZCO; MARCO JÚNIOR, 2020).

Prever distribuições a partir de modelos com baixo erro de comissão e omissão, ou seja, ter um modelo que não superestime ou subestime a ocorrência de uma espécie é em geral, o objetivo almejado por modeladores (DALAPICOLLA, 2016; LI; GUO, 2013). No presente estudo os índices de valor de área sob a curva (AUC), Kappa, Estatística de Habilidade Verdadeira (TSS), Jaccard, Sorensen, Fpb e Boyce, foram usados para avaliar a precisão e robustez dos modelos de caracterização de nicho ecológico.

Os índices de similaridade são de fácil entendimento de sua base conceitual, por medirem a afinidade entre a previsão e as observações, com presença de falsos positivos ou não, onde, o valor igual a 1 corresponde à similaridade perfeita entre previsão e a observação. Entretanto valor de similaridade igual a zero significa a desigualdade total entre previsão e a observação. Portanto, quanto mais elevado o valor de similaridade, menor o número de falsos positivos ou falsos negativos, em relação ao número de verdadeiros (LEROY et al., 2018).

4.6. Mapa binário para modelo consenso

Confirmada a possibilidade de utilização do modelo de consenso, a imagem de saída processada, usando o valor máximo de sensibilidade e especificidade, foi recortada para limites da área geográfica da Amazônia brasileira, afim de expor nicho ecológico de *S. macrophylla* apenas para essa região.

O mapa binário contém valores de pixel 0 e 1, onde o valor zero corresponde aos locais estatisticamente não caracterizados como nicho ecológico da espécie, e os valores iguais a um representam estatisticamente área com potencial de ocorrência para *S. macrophylla*.

As delimitações de área de ocorrência real de *S. macrophylla*, inferidas por Lamb (1966) e Barros et al. (1992), para a Amazônia brasileira, foram comparadas a área definida pelo modelo de consenso como nicho ecológico da espécie, com intuito de verificar porcentagem de área modelada existente na área classificada pelos autores. Para

isto, seus mapas foram georreferenciados com uso da ferramenta *Georeferencing* do *Software Arcgis 10.5*. Após o georreferenciamento foram contornados manualmente os limites de áreas de ocorrência definidos por Lamb (1966) e Barros et al. (1992).

O mapa binário foi comparado aos *shapefiles* de área acumulada de desmatamento na Amazônia brasileira, no período de 2008 a 2019, para subtração de áreas desmatadas das áreas caracterizadas, a partir da modelagem, como nicho ecológico de *S. macrophylla*. Com a exclusão objetivou-se estabelecer locais com maior potencialidade de ocorrência da espécie. Todavia em áreas de desmatamento, a probabilidade de possíveis supressões de populações de *S. macrophylla* é mais elevada se comparadas às áreas não alteradas.

Foi calculada a área descrita a partir da modelagem como nicho da espécie, com ocorrência em Unidades de Conservação (UC), nas esferas Estadual e Federal no bioma amazônico. Como resultado foram listadas as unidades de conservação com maior quantitativo de área de nicho ecológico de *S. macrophylla*.

Os arquivos *shapefile* de desmatamento acumulados em 12 anos foram obtidos na plataforma TerraBrasilis do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os dados relacionados às UCs federais são originados da base de dados do Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), o *download* dos polígonos das UCs estaduais foi realizado do portal I3Geo do Ministério do Meio Ambiente (MMA).

Todos os arquivos foram transformados para o mesmo *datum* (SIRGAS2000) e sistema de coordenadas geográficas, afim de evitar conflitos espaciais.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Limpeza de coordenadas geográficas

O processo de limpeza de coordenadas foi um dos fatores importantes pra obtenção do modelo consenso, por assegurar que os pontos utilizados no processamento dos modelos sejam confiáveis e precisos. Após a limpeza de dados de coordenadas geográficas de ocorrência de *S. macrophylla*, obteve-se redução de 142 (42,77%) do número inicial de pontos de ocorrência.

Os 190 (cento e noventa) pontos restantes foram submetidos a análise para excluir pontos repetidos, resultando em um perda adicional de 18,95% do total de pontos, o quantitativo de pontos de ocorrência final ficou subdividido em 61 pontos de ocorrência derivados do projeto RadamBrasil e 93 do GBIF, totalizando 154 pontos de ocorrência utilizáveis para o processo de modelagem de nicho ecológico de *S. macrophylla*.

5.2. Análise de componentes principais

O resultado da análise de componentes principais, derivou 138 componentes, dos quais apenas 14 PC's (Figura 4) foram utilizados no processamento do modelo de nicho ecológico da espécie. A somatória compreendeu 96,66% do total da variabilidade total do banco de dados (Tabela 2).

Os eixos que melhor explicaram a variação foram observados no primeiro e segundo componentes principal, explicando 62,14% da variabilidade total do banco de dados. A variável mais importante, com maior autovetor, no primeiro componente foi o teor de água saturada derivado (fração volumétrica) teta-S para profundidade 5 cm; no componente dois o pH do solo x 10 em KCl a profundidades de 0,30 m e 0,60 m foram as variáveis de maior importância.

Os demais componentes principais não apresentaram valores satisfatórios para explicar a variabilidade total dos dados, com valor nulo observado no último eixo do componente 138.

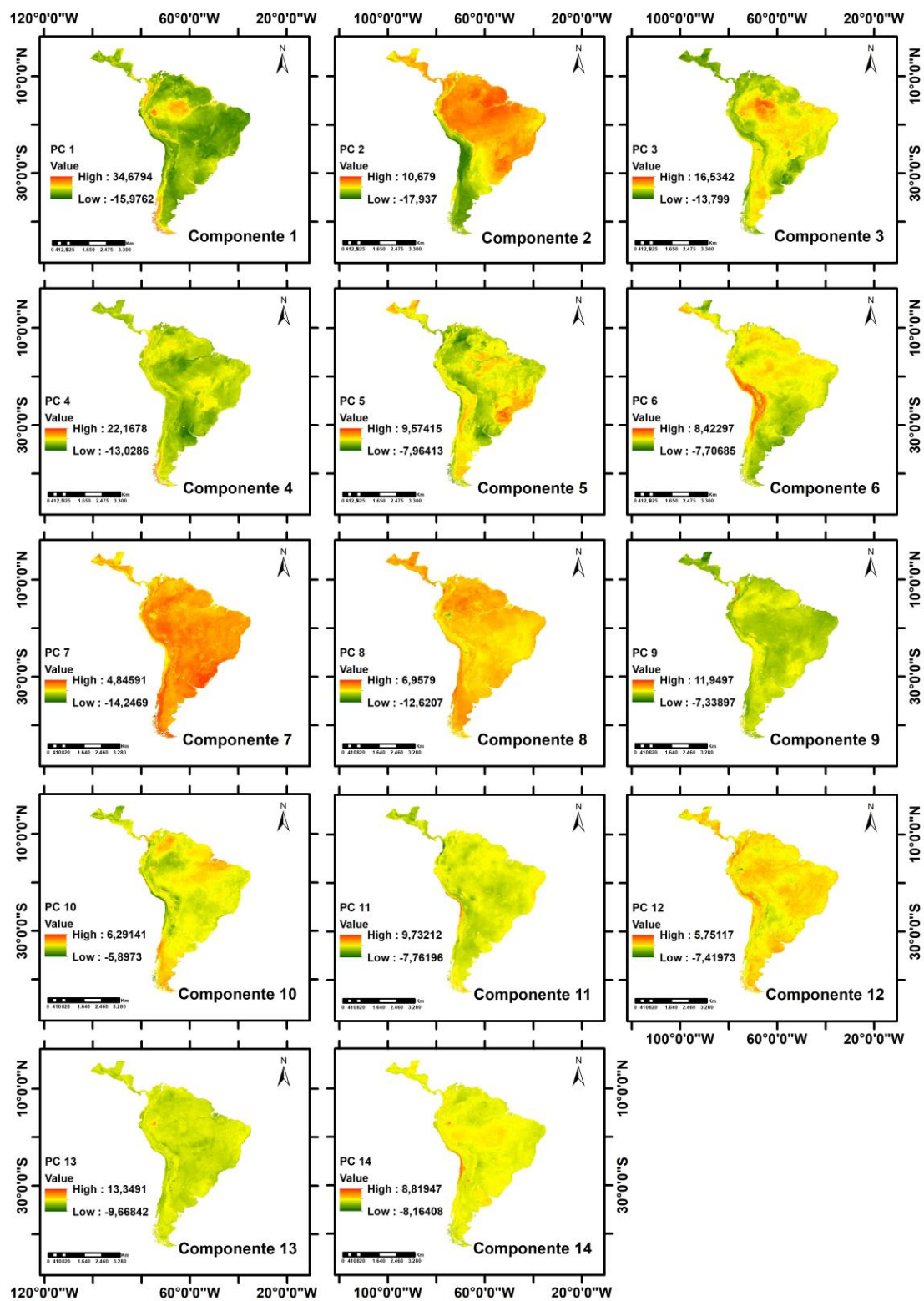


Figura 4. Componentes principais com maior contribuição da variabilidade total do banco de dados, geradas para 138 variáveis preditoras, correspondendo a 96,66% da variabilidade total do banco de dados. **Fonte:** o próprio autor, 2020.

Tabela 2. Variância cumulativa em cada componente principal (PC's), utilizados no processamento do modelo consenso. Os componentes de 1 a 14 correspondem aproximadamente a 96,66% da variabilidade total dos dados. **Fonte:** Elaborado pelo autor, 2020.

Eixo	Variação	Eixo	Variação	Eixo	Variação	Eixo	Variação
Comp.1	0,3613	Comp.36	0,0003	Comp.71	1,11E+00	Comp.106	1,57E-02
Comp.2	0,2601	Comp.37	0,0002	Comp.72	1,03E+00	Comp.107	1,47E-02
Comp.3	0,1198	Comp.38	0,0002	Comp.73	8,53E-02	Comp.108	1,43E-02
Comp.4	0,0793	Comp.39	0,0002	Comp.74	8,18E-02	Comp.109	1,32E-02
Comp.5	0,0348	Comp.40	0,0001	Comp.75	7,78E-06	Comp.110	1,28E-02
Comp.6	0,0274	Comp.41	0,0001	Comp.76	7,10E-02	Comp.111	1,23E-02
Comp.7	0,0202	Comp.42	0,0001	Comp.77	6,80E-02	Comp.112	1,09E-02
Comp.8	0,0154	Comp.43	9,3E+00	Comp.78	6,07E-02	Comp.113	1,01E-02
Comp.9	0,0128	Comp.44	8,9E+00	Comp.79	5,91E-02	Comp.114	9,57E-04
Comp.10	0,0095	Comp.45	8,2E+00	Comp.80	5,72E-02	Comp.115	8,26E-04
Comp.11	0,0077	Comp.46	8,0E+00	Comp.81	5,29E-02	Comp.116	7,59E-07
Comp.12	0,0069	Comp.47	7,4E+00	Comp.82	5,09E-02	Comp.117	7,09E-04
Comp.13	0,0060	Comp.48	6,7E+00	Comp.83	4,96E-02	Comp.118	6,76E-04
Comp.14	0,0054	Comp.49	6,1E+00	Comp.84	4,73E-02	Comp.119	5,84E-04
Comp.15	0,0046	Comp.50	5,9E-02	Comp.85	4,50E-02	Comp.120	5,44E-04
Comp.16	0,0036	Comp.51	5,2E+00	Comp.86	4,16E-02	Comp.121	4,81E-07
Comp.17	0,0034	Comp.52	4,8E+00	Comp.87	3,98E-02	Comp.122	3,95E-04
Comp.18	0,0031	Comp.53	4,4E+00	Comp.88	3,67E-02	Comp.123	3,43E-04
Comp.19	0,0026	Comp.54	4,1E+00	Comp.89	3,54E-03	Comp.124	3,22E-04
Comp.20	0,0020	Comp.55	3,8E+00	Comp.90	3,47E-03	Comp.125	2,80E-04
Comp.21	0,0018	Comp.56	3,6E+00	Comp.91	3,12E-02	Comp.126	2,37E-04
Comp.22	0,0015	Comp.57	3,2E+00	Comp.92	3,03E-02	Comp.127	1,91E-04
Comp.23	0,0013	Comp.58	2,9E-01	Comp.93	2,90E-02	Comp.128	1,80E-07
Comp.24	0,0010	Comp.59	2,8E+00	Comp.94	2,71E-02	Comp.129	1,76E-04
Comp.25	0,0009	Comp.60	2,6E+00	Comp.95	2,70E-02	Comp.130	1,72E-04
Comp.26	0,0008	Comp.61	2,4E+00	Comp.96	2,59E-02	Comp.131	1,67E-04
Comp.27	0,0007	Comp.62	2,2E+00	Comp.97	2,54E-02	Comp.132	1,58E-04
Comp.28	0,0007	Comp.63	2,1E+00	Comp.98	2,26E-03	Comp.133	1,49E-04
Comp.29	0,0006	Comp.64	2,0E+00	Comp.99	2,20E-02	Comp.134	1,04E-04
Comp.30	0,0005	Comp.65	1,8E+00	Comp.100	2,16E-02	Comp.135	1,58E-08
Comp.31	0,0005	Comp.66	1,7E+00	Comp.101	2,05E-02	Comp.136	2,30E-09
Comp.32	0,0005	Comp.67	1,5E+00	Comp.102	1,84E-02	Comp.137	4,00E-10
Comp.33	0,0003	Comp.68	1,5E+00	Comp.103	1,76E-02	Comp.138	0
Comp.34	0,0003	Comp.69	1,3E+00	Comp.104	1,72E-02		
Comp.35	0,0003	Comp.70	1,2E+00	Comp.105	1,63E-02		

Os autovetores mais expressivos encontrados em cada eixo foram: 0,1308, -0,1522, -0,1448, 0,1729, 0,2162, 0,3096, -0,2000, 0,3099, 0,3214, -0,3992, 0,4181, -0,2261, -0,5012 e 0,6895 para os componentes principais de 1 a 14 respectivamente. Todos os autovetores estão apresentados no Apêndice 1 deste estudo. Valores negativos

não representam parâmetros avaliativos, pois apenas descrevem a posição no eixo dimensional, onde o autovetor está localizado.

De um modo geral, as variáveis ambientais preditoras com maior importância nos componentes de 3 a 14, foram fortemente relacionados à temperatura, precipitação e a algumas características do solo. Neste estudo observou-se que para o componente seis a variável elevação foi a mais importante.

A variável declividade não se destacou em nenhum dos componentes, resultado interessante, pois, talvez a variável não tenha sido selecionada para simplificar a gama de variação dos dados. Entretanto, a variável altitude contribuiu significativamente para a construção do modelo de NAVARRO-MARTÍNEZ et al., (2018), com cerca de 16,5% de valor de importância.

5.3. Modelos lineares de nicho ecológicos para *Swietenia macrophylla* King

Os quatro algoritmos modelagem produziram modelos com AUC satisfatórios para validação de sua utilização, o algoritmo Floresta Aleatória (RDF), registrou o maior valor de AUC (0,856), seguido pelos algoritmos Processos Gaussianos (GAU) e *Support Vector Machine* (SVM), ambos com 0,845. Por outro lado, para o método Máxima Entropia (*Maxent*) foi observado o menor valor de AUC, igual a 0,83. Este resultado se assemelha ao do modelo desenvolvido por Navarro-Martínez et al., (2018) para a mesma espécie, que obteve valor de AUC de 0,88.

Os índices Kappa e TSS (Estatística de Habilidade Verdadeira), foram semelhantes em todos os modelos, com valores de similaridade variando de 0,58 a 0,63. Entretanto o TSS apresenta tendência a relatar resultados com deficiências, semelhantes aos da AUC e Kappa, sobre a sua dependência da prevalência da amostra e da Área de Ocupação da Espécie (LEROY et al., 2018). O índice de Jaccard apresentou valores levemente maiores em comparação a Kappa e TSS, com valores de proporção entre 0,65 a 0,68 entre previsão e observações.

Para o índice de Sorensen, nos produtos encontrados para os modelos, foram observados valores mais elevados que nos demais índices já citados, onde o índice de Sorensen, para o modelo PCA, foi de 0,80. Tais resultados satisfatórios, são corroborados por valores baixos de Desvio Padrão em todos os modelos de nicho ecológico (Tabela 3).

Tabela 3. Variáveis indicadoras de qualidade de quatro modelos de nicho ecológico para *Swietenia macrophylla* King e um modelo consenso entre os componentes principais de quatro algoritmos de

modelagem e valores de desvio padrão para seis variáveis de avaliação de modelos. **Fonte:** o próprio autor, 2020.

Algoritmo	Índices de avaliação do modelo de nicho													
	AUC	SD	Kappa	SD	TSS	SD	Jaccard	SD	Sorensen	SD	Fpb	SD	Boyce	SD
GAU	0,85	0,05	0,58	0,12	0,58	0,12	0,66	0,08	0,79	0,06	1319,00	0,16	0,82	0,11
MXD	0,84	0,02	0,58	0,09	0,58	0,09	0,65	0,05	0,79	0,04	1309,00	0,10	0,78	0,04
PCA	0,85	0,03	0,61	0,10	0,61	0,10	0,66	0,07	0,80	0,05	13295,00	0,13	0,80	0,14
RDF	0,86	0,05	0,63	0,13	0,63	0,13	0,68	0,08	0,81	0,06	13625,00	0,17	0,90	0,09
SVM	0,85	0,04	0,60	0,14	0,60	0,14	0,68	0,08	0,81	0,06	1367,00	0,17	0,86	0,04

Onde: GAU = Processos Gaussianos; MXD = Máxima Entropia (Maxent); PCA = Modelo Consenso; RDF = Floresta Aleatória; SVM = Support Vector Machine e; SD = Desvio Padrão.

Os valores da Estatística de Habilidade Verdadeira (TSS) diminuem com a prevalência em casos de superestimação pelo modelo. Em contrapartida aumentam nos casos de subestimação de distribuição. Por outro lado, os valores de Sorensen, permaneceram semelhantes, independentemente da prevalência da espécie, confirmando que em panoramas onde a prevalência da espécie é igual a prevalência da amostra, o índice de similaridade de Sorensen é mais apropriado para discriminação de modelos em comparação ao TSS (LEROY et al., 2018).

Quando queremos avaliar a precisão da previsão de modelos binários, sem o uso de dados reais de ausência da espécie ou pseudo-ausências, o índice Fpb é aplicado, por não apresentar dependência destes dados (LI; GUO, 2013). Nesta análise o algoritmo *Support Vector Machine* apresentou maior capacidade de estimar a prevalência da espécie sem dados de ausência, seguido pelo algoritmo Floresta Aleatória.

O índice de Boyce é marcado pela utilização da porcentagem de pontos definidos para a etapa de teste do modelo, com objetivo de avaliar a diferença entre a predição do modelo, as presenças observadas e as presenças esperadas, seguindo uma distribuição aleatória ao longo do gradiente de predição (BOYCE. et al., 2002). Na avaliação do processo de validação de modelo, observou-se que, segundo o índice de Boyce, o algoritmo *Maxent* teve o menor desempenho, diferente do algoritmo Floresta Aleatória, que apresentou valor de índice de 0,90.

Os valores para as variáveis avaliativas foram próximos ou equivalentes, entretanto, suas predições indicam distribuições espaciais diferentes em seu gradiente de predição de nicho. No modelo processado pelo algoritmo *Support Vector Machine*

tivemos a melhor definição de áreas com alto potencial de ocorrência de *S. macrophylla* (Figura 5).

No modelo do algoritmo Floresta Aleatória podemos observar distribuição espacial similar a saída dada pelo SVM, mas para RDF as áreas com médio potencial são mais evidentes, assim como no algoritmo Processos Gaussianos. O modelo *Maxent* apresentou resultado mais conservador, mas, com áreas bem definidas, seguindo o padrão dos demais métodos de modelagem usados.

Com os modelos foram constatadas áreas com alto potencial de caracterização do nicho de *S. macrophylla*, em países da América Central, como Nicarágua, Honduras, Belize, El Salvador, Guatemala e parte do México. Na América do Sul, as regiões com potencial de ocorrência, ocorrem na Guiana Francesa, Suriname, Venezuela, Colômbia, Peru e Bolívia. O Brasil contém grande faixa de nicho modelado, que se concentra em grande parte na região da Amazônia brasileira, resultado coerente com o encontrado por Lamb (1966) e Barros et al. (1992).

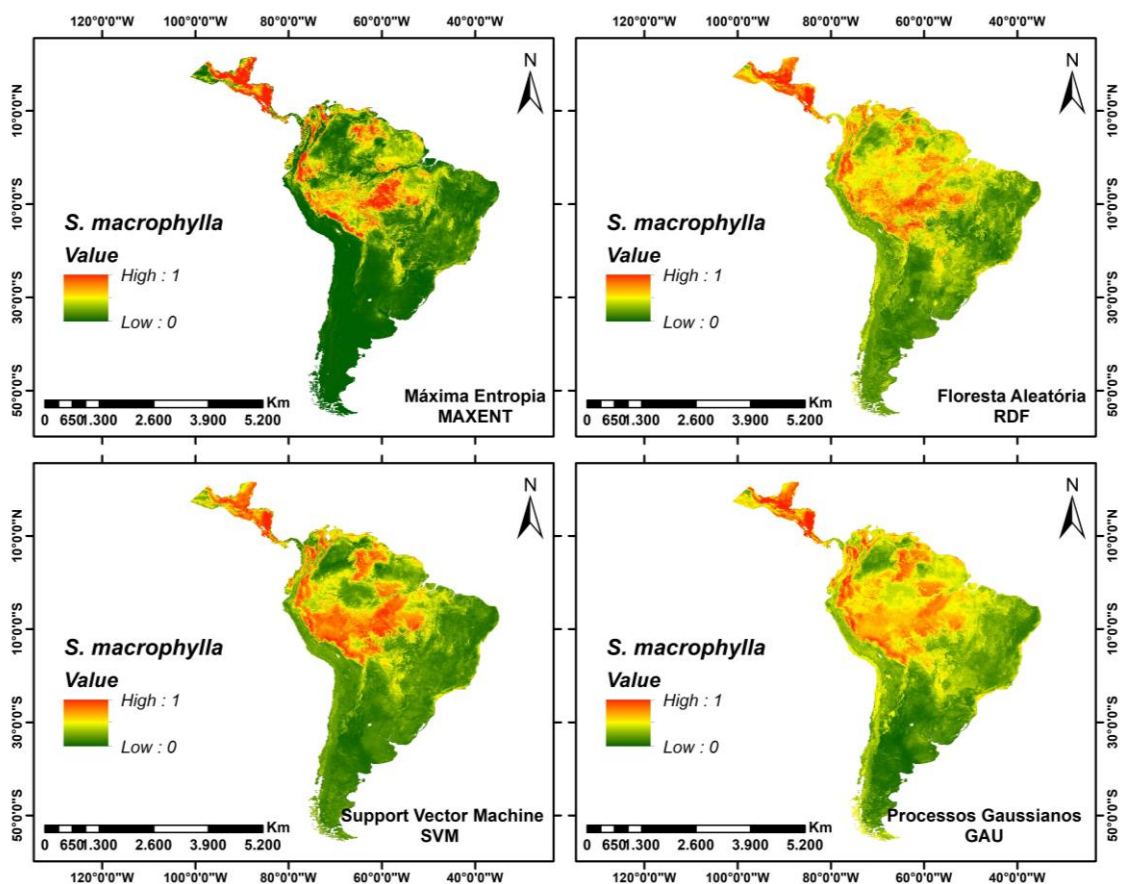


Figura 5. Quatro modelos lineares de nicho ecológico para *Swietenia macrophylla* King, processados nos algoritmos Máxima Entropia – Maxent, Floresta Aleatória – RDF, Suport Vector Machine – SVM e Processos Gaussianos - GAU, contemplando as regiões geográficas da América do Sul e Central. **Fonte:** o próprio autor, 2020.

O Modelo Consenso (PCA) (Figura 6), processado a partir dos componentes principais derivados do processo de modelagem para os quatro algoritmos, apresentou valores próximos do centro do intervalo de cada variável utilizada para avaliar a qualidade dos modelos. Os resultados são relevantes para legitimar a possibilidade de utilização do modelo PCA em prever áreas de nicho ecológico para *Swietenia macrophylla* King

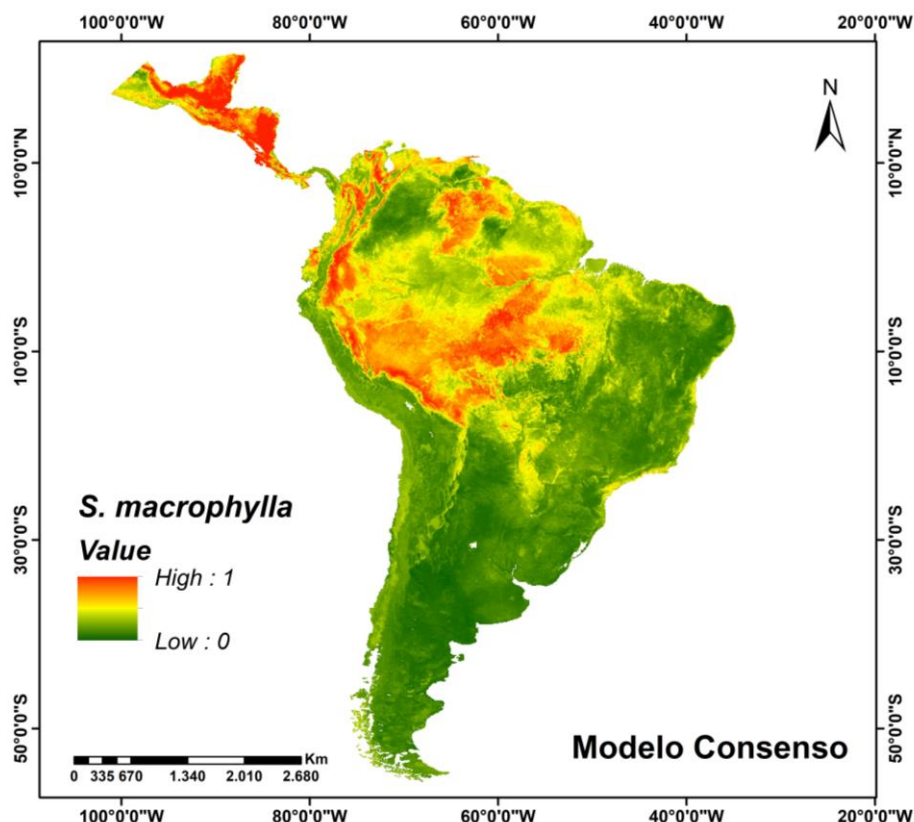


Figura 6. Modelo linear consenso (PCA), derivado do processamento de 14 componentes principais a partir de 138 variáveis climáticas, ambientais e topográficas, utilizadas na modelagem de nicho ambiental em quatro algoritmos de distribuição potencial de espécies, contemplando as regiões geográficas da América do Sul e Central. **Fonte:** o próprio autor, 2020.

5.4. Mapa binário de nicho ecológico de *Swietenia macrophylla* King

Com a modelagem e processamento de um modelo consenso, obteve-se como resposta, um total aproximado de 2.395.593,72 km² de área de nicho ecológico para a espécie. Essas áreas dispõem, estatisticamente, de alto potencial de ocorrência para *S. macrophylla* no território geográfico da Amazônia legal brasileira.

Pela razão entre a área de nicho ecológico e a área de cada estado na Amazônia legal brasileira, foi possível inferir ao estado do Acre a posição de estado com maior porcentagem de área geográfica sobreposta pelo resultado da modelagem de nicho, com aproximadamente 100% (152.320,97 Km²) de sua área com potencial para ocorrência de *S. macrophylla*, seguido pelo estado de Rondônia com cerca de 93,97% (223.183,58 km²).

Para os demais estados foi observado menor percentual de cobertura de área de nicho, nos estados do Amazonas, Pará, Roraima, Mato Grosso, Amapá, Tocantins e Maranhão a porcentagem da área de nicho pela área do estado foi de 58,78%, 53,86%, 43,65%, 30,75%, 10,62%, 8,47% e 4,04% respectivamente (Figura 7).

Quando os estados foram classificados pelo maior quantitativo de área com potencial de ocorrência, foi revelada uma mudança de cenário, onde o estado do Amazonas apresenta maior potencial de ocorrência, com cerca de 923.288,47 Km² descritos, a partir do modelo consenso, como área de nicho ecológico de *S. macrophylla*.

Mesmo com 100% de sua área geográfica sobreposta pelo modelo, o estado do Acre alcançou a quinta posição entre os estados de maior concentração de área de nicho ecológico, ficando atrás dos estados do Pará, Mato Grosso e Rondônia com aproximadamente 672.013,00 Km², 277.765,17 Km² e 223.183,57 Km² respectivamente. Logo abaixo seguem os estados de Roraima (97.826,83 km²), Tocantins (23.007,02 Km²), Amapá (15.171,43 Km²) e Maranhão (10.612,46 Km²).

Barros et al., (1992), destacaram em sua delimitação de faixa de ocorrência de *S. macrophylla* por densidade em volume, que a baixa taxa de ocorrência de *S. macrophylla* nos estados do Maranhão e do Tocantins, 0,85% e 0,27% respectivamente, está vinculada à grande cobertura dessas regiões pelo Cerrado (Savanas), onde não há ocorrência da espécie. As áreas com ocorrência de *S. macrophylla* são pequenas regiões de vegetação densa, próximas do “bico do papagaio”, com baixa densidade de ocorrências da espécie.

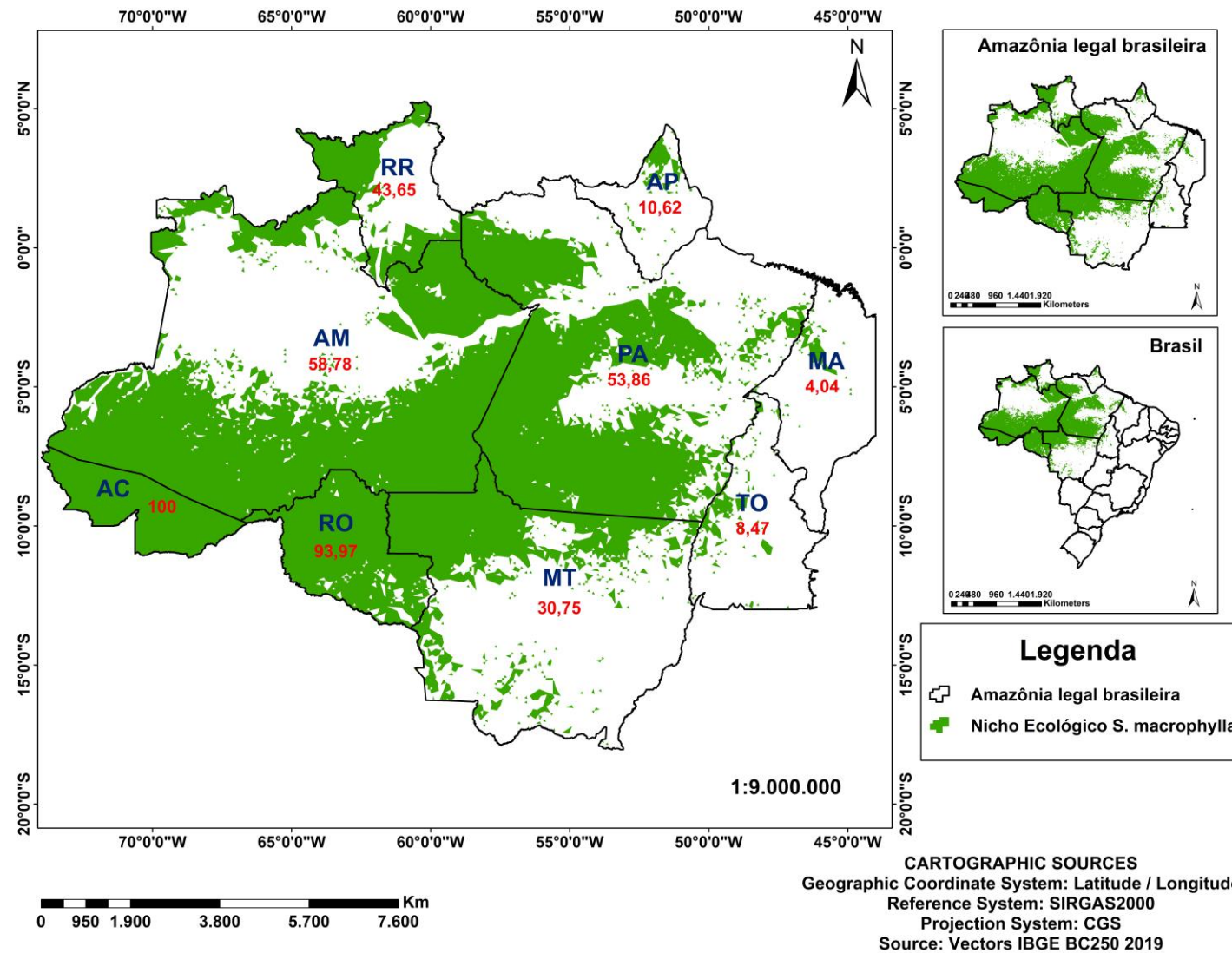


Figura 7. Mapa binário de modelo de nicho ecológico para *Swietenia macrophylla* King, baseado em modelo consenso a partir de quatro métodos de modelagem distintos, abrangendo a região da Amazônia legal brasileira, com valores percentuais de área modelada em relação a área geográfica do estado. **Fonte:** o próprio autor, 2020.

5.5. Comparação com as distribuições propostas por Lamb (1966) e Barros et al. (1992)

Para fundamentação teórica e observância de coerência com os padrões de ocorrência real de *S. macrophylla* da Amazônia legal brasileira, o modelo consenso de nicho ecológico foi comparado com as delimitações de ocorrência real da espécie, segundo Lamb (1966) e Barros et al. (1992).

A sobreposição da área de nicho ecológico para *S. macrophylla*, correspondeu a 65,25% da área demarcada por Lamb. Quando comparada a área modelada presente na delimitação de Lamb (1966), pela porcentagem total do modelo de nicho ecológico, em cada estado, foi observado que os estados do Acre e Rondônia não evidenciaram alterações nas áreas de nicho total. Contudo, observa-se que o modelo consenso predisse cerca de 39,33%, 21,29%, 3,92%, 7,51% e 0,64% de área de nicho, fora da delimitação de Lamb (1966), nos estados do Amazonas, Pará, Maranhão, Tocantins e Mato Grosso respectivamente (Figura 8).

O resultado da modelagem tem relevância por agregar áreas de possível ocorrência natural da espécie, não evidenciada na faixa de ocorrência delimitada por Lamb (1966), nos estados de Roraima e Amapá. Entretanto, é observada ausência de sobreposição total pelo modelo de nicho sobre a área delimitada pelo autor, a subestimação dessas áreas, pelo modelo consenso, pode estar relacionada à falta de dados sobre a dispersão da espécie e as interações intraespecíficas que ajudam a caracterizar a área de acessibilidade para o *S. macrophylla*.

Contudo, a hipótese de que as áreas não preditas pelo modelo, dentro da delimitações de Lamb (1966), não apresentam adequabilidade ambiental também é válida, uma vez que a área de ocorrência de *S. macrophylla* estabelecida por pelo autor, engloba algumas áreas dos estados do Tocantins e Mato Grosso, com predominância de características do bioma cerrados (savanas), onde é comprovado a não existência de ocorrência de *S. macrophylla* (BARROS et al., 1992).

É importante observar que as particularidades de cada espécie definem o ponto ótimo fisiológico de ocorrência, com fatores biológicos, abióticos e com áreas acessíveis favoráveis e necessários para o estabelecimento da espécie (SOBERON; PETERSON, 2005). NAVARRO-MARTÍNEZ et al., (2018), relatou que na Península de Yucatán a *S. macrophylla* tem distribuição mais acentuada em áreas de floresta semi-semi-verde, com associação de solos profundos como os gleissolos e vertissolos.

Comparando a distribuição proposta por Lamb (1966) pelo modelo de nicho

ecológico deste trabalho, pôde-se inferir que mesmo após 28 anos, a delimitação feita por Lamb (1966), possui grande relevância para conhecer os padrões de distribuição da espécie. Entretanto, a degradação ambiental deve ser avaliada para constatar possível perda de habitat da espécie nessas áreas.

A realização de uma caracterização de uso do solo e suas transições, nos locais delimitados por Lamb (1966), resultaria em resultados expressivos para averiguar possíveis mudanças no ambiente, por mostrar de fato se uma área modelada como nicho, continua com sua estrutura ambiental requerida para o estabelecimento da espécie ou foi transformada em pastagem, solo exposto ou qualquer outra paisagem que desfavoreça a ocorrência da espécie.

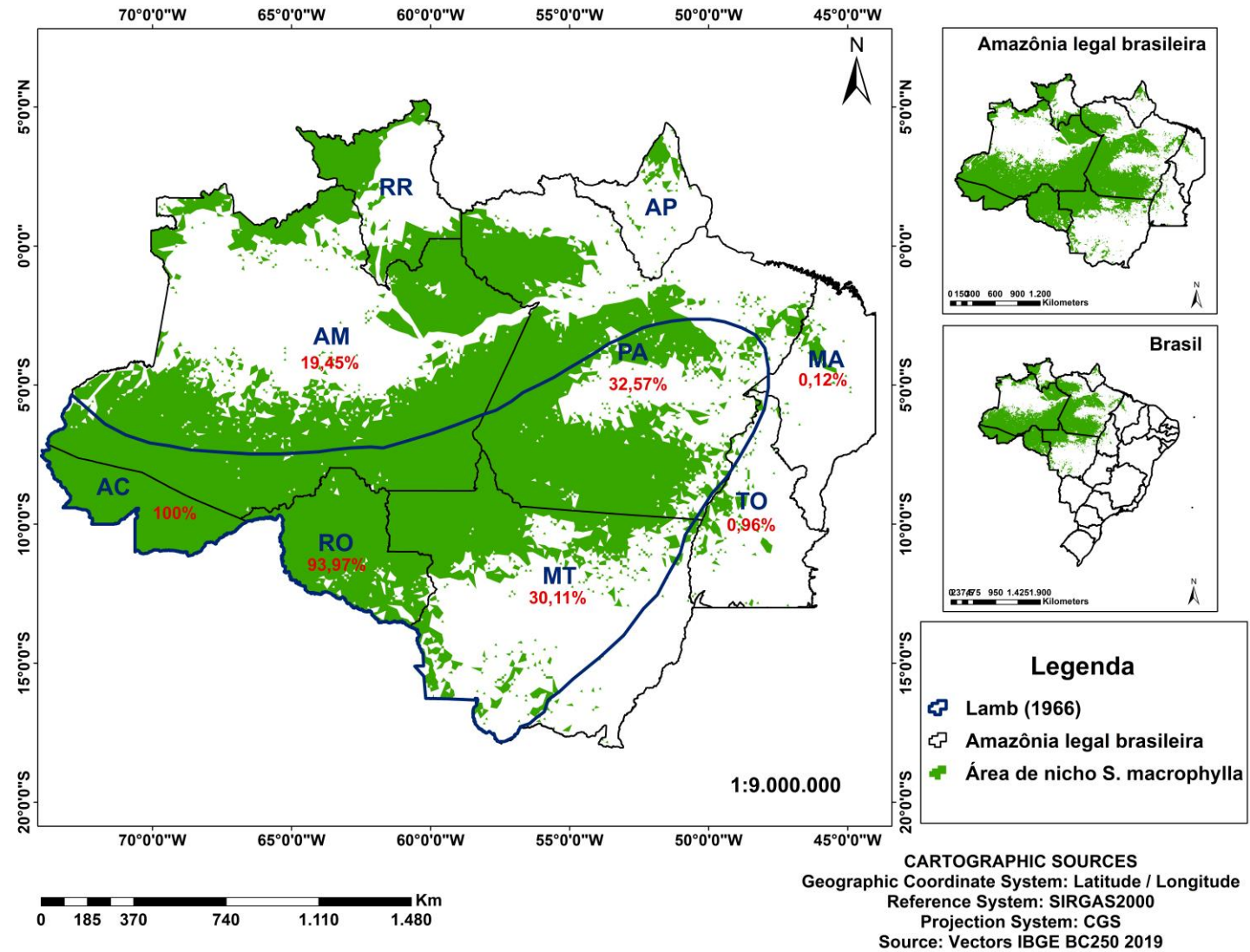


Figura 8. Mapa comparativo entre a distribuição de *Swietenia macrophylla* King, realizada por Lamb (1966), com modelo consenso de nicho ecológico, na área geográfica da Amazônia legal brasileira. **Fonte:** o próprio autor, 2020.

A definição da área de ocorrência de *S. macrophylla* feita por Barros et al. (1992), refinou a área geral de ocorrência de *S. macrophylla* na América do Sul e Norte e América Central, descrita por Lamb (1966), e obteve uma delimitação da área real de ocorrência da espécie específica para a Amazônia legal brasileira.

A distribuição geográfica de *S. macrophylla*, descrita por Barros et al. (1992), é mais restrita que a delimitação feita por Lamb (1966), contemplando menores áreas nos estados do Mato Grosso, Rondônia e Pará de maneira mais facilmente observada que em outras localidades (Figura 9). Porém, a comparação do modelo de nicho com a delimitação proposta por Barros et al. (1992), revelou resultados mais similares aos padrões de distribuição do autor do que a delimitação feita por Lamb (1966).

O modelo consenso sobrepôs aproximadamente 81,56% da área proposta por Barros et al. (1992). Observou-se que em áreas definidas como de baixa densidade volumétrica de *S. macrophylla* o modelo compreendeu 71,5% de seu território, em áreas com densidade volumétrica média a sobreposição foi de 85,66% e para localidades com alta densidade volumétrica de *S. macrophylla* foi observada a maior taxa de ocupação, com aproximadamente 87% de superposição do modelo.

A porcentagem de área de ocorrência de *S. macrophylla* pré-estabelecida por Barros et al. (1992), nos estados de Rondônia (97,2%) e Acre (100%) se aproximou aos resultados alcançados pelo modelo nicho ecológico, Por outro lado o modelo consenso subestimou a ocorrência no estados de Rondônia, com 93, 97% de sua área sobreposta pelo modelo e se igualou para o estado do Acre (100% em Barros et al. 1992 e neste estudo).

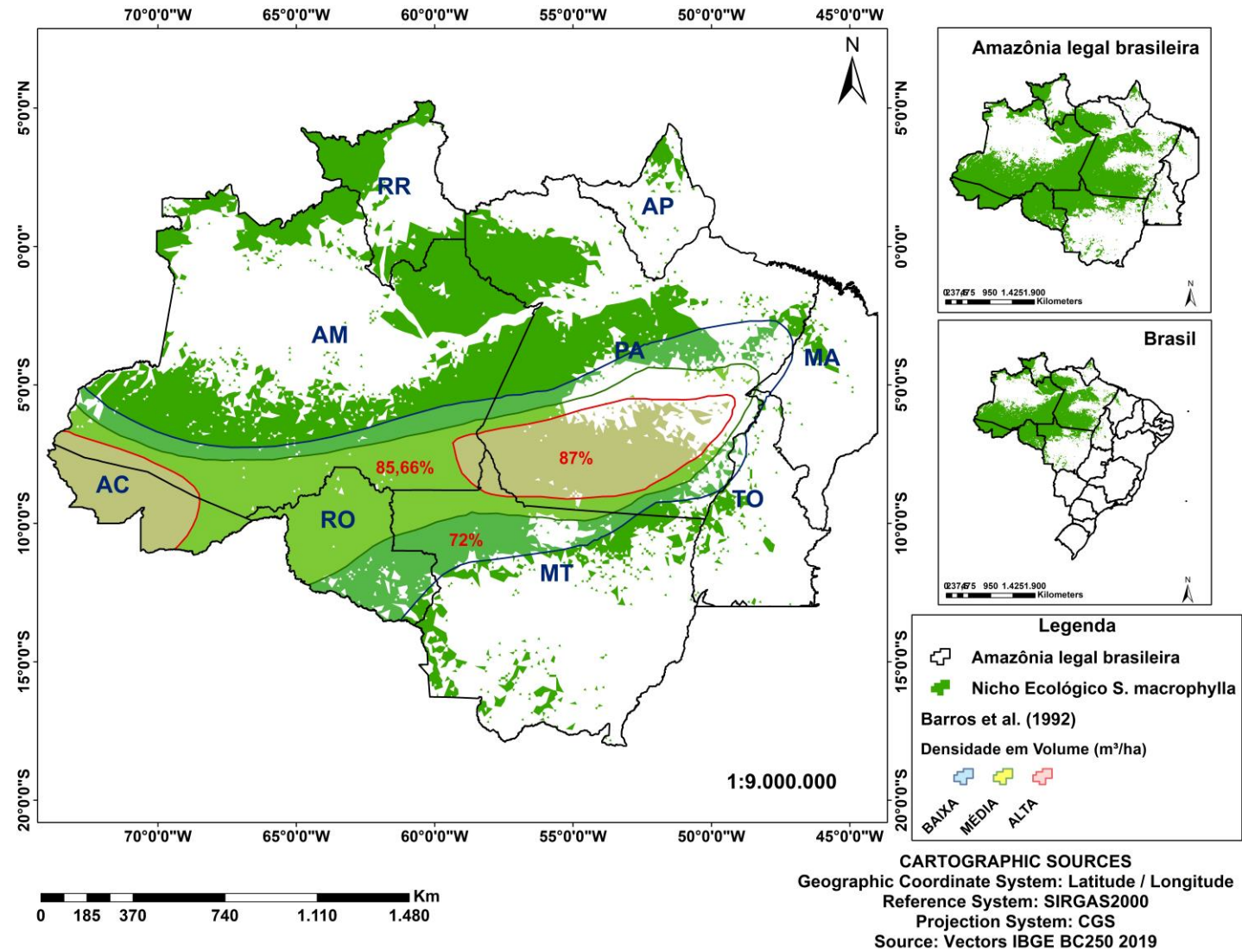


Figura 9. Mapa comparativo entre a distribuição geográfica referente a concentração volumétrica de *Swietenia macrophylla* King, realizada por Barros et al., no ano de 1992, com modelo consenso de nicho ecológico, na área geográfica da Amazônia legal brasileira. **Fonte:** o próprio autor, 2020.

5.6. Desmatamento acumulado (2008 – 2019) em áreas potenciais de nicho ecológico de *Swietenia macrophylla* King

A área desmatada no ano de 2008 a 2019 tem extensão territorial, ocorrente na área modelada como nicho ecológico de *S. macrophylla*, de aproximadamente 49.562,74 Km². Este montante de área representa cerca de 2,07% do total caracterizado pelo modelo, como área de nicho da espécie (2.395.593,72 Km²) (Figura 10). Portanto com a exclusão das áreas com presença de corte raso, a área de potencial ocorrência de *S. macrophylla* teve redução.

Quando comparado o modelo de nicho com os dados de desmatamento do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), pressupôs-se que as áreas desmatadas, indicadas pelo sistema PRODES, apresentam baixa probabilidade de ocorrência da espécie. Por serem áreas com presença de corte raso (legal ou não), a probabilidade de ocorrência da espécie nestes locais foi minimizada em razão da possível perda expressiva de indivíduos, por se tratar de uma espécie madeireira de alto valor comercial.

É importante ressaltar que o desmatamento em um período de 12 anos, apesar de não apresentar grandes porcentagens em relação a área total do modelo, como resultado dessa prática, derivou uma possível perda de fragmentos de nicho ecológico de *S. macrophylla* em todos os estados da Amazônia legal brasileira.

O desmatamento está intimamente conectado ao processo de descaracterização de habitat de *S. macrophylla*, e o corte seletivo frente ao desenvolvimento lento da espécie tendem a impossibilitar ou reduzir o recuperação do estoque florestal onde ocorrem (GRANADOS; CORNER, 2004). Na Amazônia a espécie tem sido mantida em áreas protegidas ou de difícil acesso. Entretanto, mesmo em regiões de proteção ambiental a atividade de corte ilegal não é evitada. Essa exploração pode acarretar perdas de até 30 árvores próximas, agravando os efeitos do desmatamento (WWF, 2019).

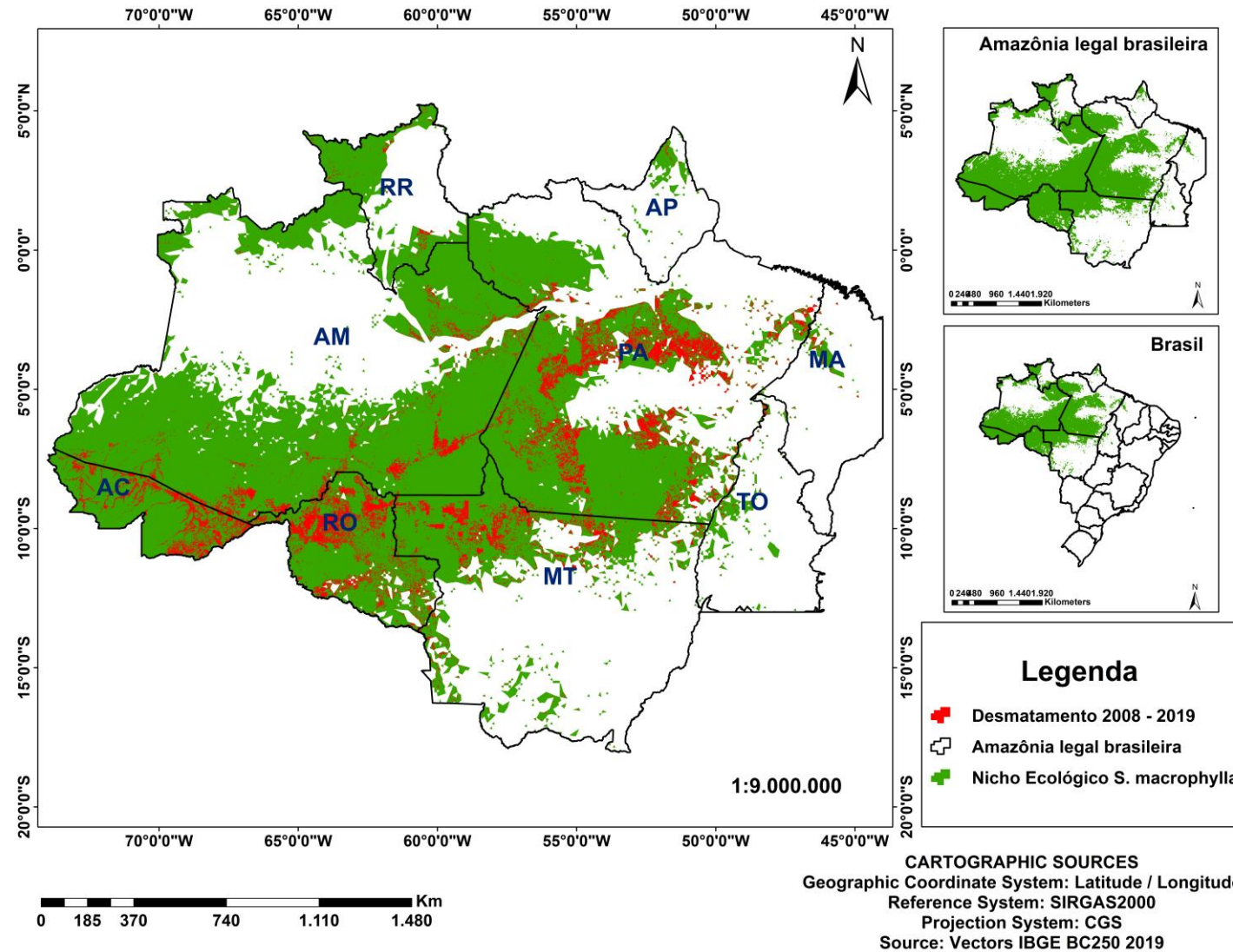


Figura 10. Áreas de desmatamento por corte raso (PRODES), segundo sistema de monitoramento por satélite, realizado pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) no período de 2008 a 2019, identificadas sobre área nicho ecológico modelada para *Swietenia macrophylla* King, na Amazônia legal brasileira. **Fonte:** o próprio autor, 2020.

5.7. Nicho ecológico de *Swietenia macrophylla* King em áreas de unidade de conservação estadual

A dimensão das áreas protegidas na Amazônia legal brasileira (46%), pode ser considerada como patrimônio nacional, que proporciona benefícios ambientais ao país e aos países vizinhos. Entretanto estas áreas vem sofrendo ameaças e pressões, tendo o desmatamento como um dos maiores vetores (FONSECA et al., 2020b).

Com a exclusão de áreas desmatadas em área de nicho, observou-se a perda de 2.692,45 Km² ou cerca de 1,04%, localizados em territórios de Unidades de conservação (UC) estadual, de um total de 257.974,03 km² preditos pelo modelo consenso. O quantitativo de área de nicho ecológico, sem ocorrência de desmatamento, em área de unidade de conservação estadual foi de 255.281,58 Km², correspondendo a 58,01% do total do território de UC estaduais existentes na Amazônia legal brasileira.

Por serem regiões regulamentadas como áreas de proteção integral ou de uso sustentável, acredita-se que as unidades de conservação estaduais integrais, são áreas mais propensas à ocorrência de *S. macrophylla*. Entretanto, no período de novembro a janeiro de 2020, 64% das Unidades de Conservação apresentaram risco de ocorrência de desmatamento em seu interior e 36% restantes tiveram algum tipo de desmatamento potencialmente nocivo aos serviços ambientais (FONSECA et al., 2020b).

Na Tabela 4, estão dispostos os valores de área, localizadas dentro dos limites da Amazônia legal brasileira, em cada unidade de conservação e sua respectiva quantidade de área de nicho ecológico sem áreas desmatadas, e a porcentagem da ocupação do modelo em relação a área total da UC. Na Figura 11 está evidenciada a disposição das unidades, as áreas de nicho ecológico e áreas desmatadas.

A unidade de conservação com maior relevância quanto a sua potencialidade por dispor estatisticamente de maior área de adequabilidade ambiental para ocorrência de *S. macrophylla*, de um total de 123, foi a Floresta Estadual de Trombetas, com cerca de 28.247,07 Km² de área potencial, aproximadamente 89,86% do território da Unidade de Conservação. A Reserva de Desenvolvimento Sustentável Cujubim ocupou a segunda posição, com 89,54% (21.886,51 Km²) da sua área sobreposta pelo modelo consenso. Em contrapartida o Parque Estadual Sumaúma ficou na última posição, mesmo tendo 100% de sua área sobreposta pelo modelo (0,53 Km²).

Tabela 4. Unidades de Conservação (UC) estaduais com maior concentração de área de nicho ecológico para *Swietenia macrophylla* King na Amazônia legal brasileira. As áreas desmatadas foram subtraídas das áreas modeladas que se sobrepõem as UC. **Fonte:** o próprio autor, 2020.

ID	Unidade de Conservação Estadual	UF	Área UC (Km ²)	Área Nicho (Km ²)	%
1	Floresta Estadual do Trombetas	PA	31.435,56	28.247,07	89,86
2	Reserva de Desenvolvimento Sustentável Cujubim	AM	24.219,27	21.686,51	89,54
3	Parque Estadual Serra do Aracá	AM	18.720,10	17.739,69	94,76
4	Floresta Estadual do Paru	PA	36.101,39	12.638,95	35,01
5	Estação Ecológica do Grão Pará	PA	42.023,87	11.438,84	27,22
6	Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu	PA	16.796,35	8.638,48	51,43
7	Área de Proteção Ambiental Ilha do Bananal/Cantão	TO	15.700,05	8.312,62	52,95
8	Parque Estadual Sucunduri	AM	7.957,71	7.953,80	99,95
9	Área de Proteção Ambiental - Baixo Rio Branco	RR	15.647,30	7.669,07	49,01
10	Floresta Estadual de Tapauá	AM	8.817,04	7.610,99	86,32
11	Parque Estadual Chandless	AC	6.938,65	6.938,57	100,00
12	Floresta estadual do Amapá	AP	23.703,15	6.368,70	26,87
13	Floresta Estadual de Faro	PA	6.140,08	6.134,91	99,92
14	Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Juma	AM	5.807,87	5.802,13	99,90
15	Área de Proteção Ambiental Margem Esquerda do Rio Negro-Setor Aturiá-Apuauzinho	AM	5.683,10	5.541,59	97,51
16	Floresta Estadual Sucunduri	AM	4.810,00	4.810,35	100,01
17	Reserva de Desenvolvimento Sustentável Uacará	AM	6.202,97	4.636,89	74,75
18	Floresta Estadual Maúes	AM	4.501,33	4.484,69	99,63
19	Reserva Extrativista do Rio Gregório	AM	4.250,39	4.247,49	99,93
20	Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã	AM	4.234,63	4.169,51	98,46

Onde: ID = ranque da unidade de conservação estadual com quantitativo de área de nicho ecológico para *S. macrophylla*; Área UC = área de unidade de conservação estadual e; % = porcentagem de área de nicho ecológico e relação área total da unidade de conservação estadual.

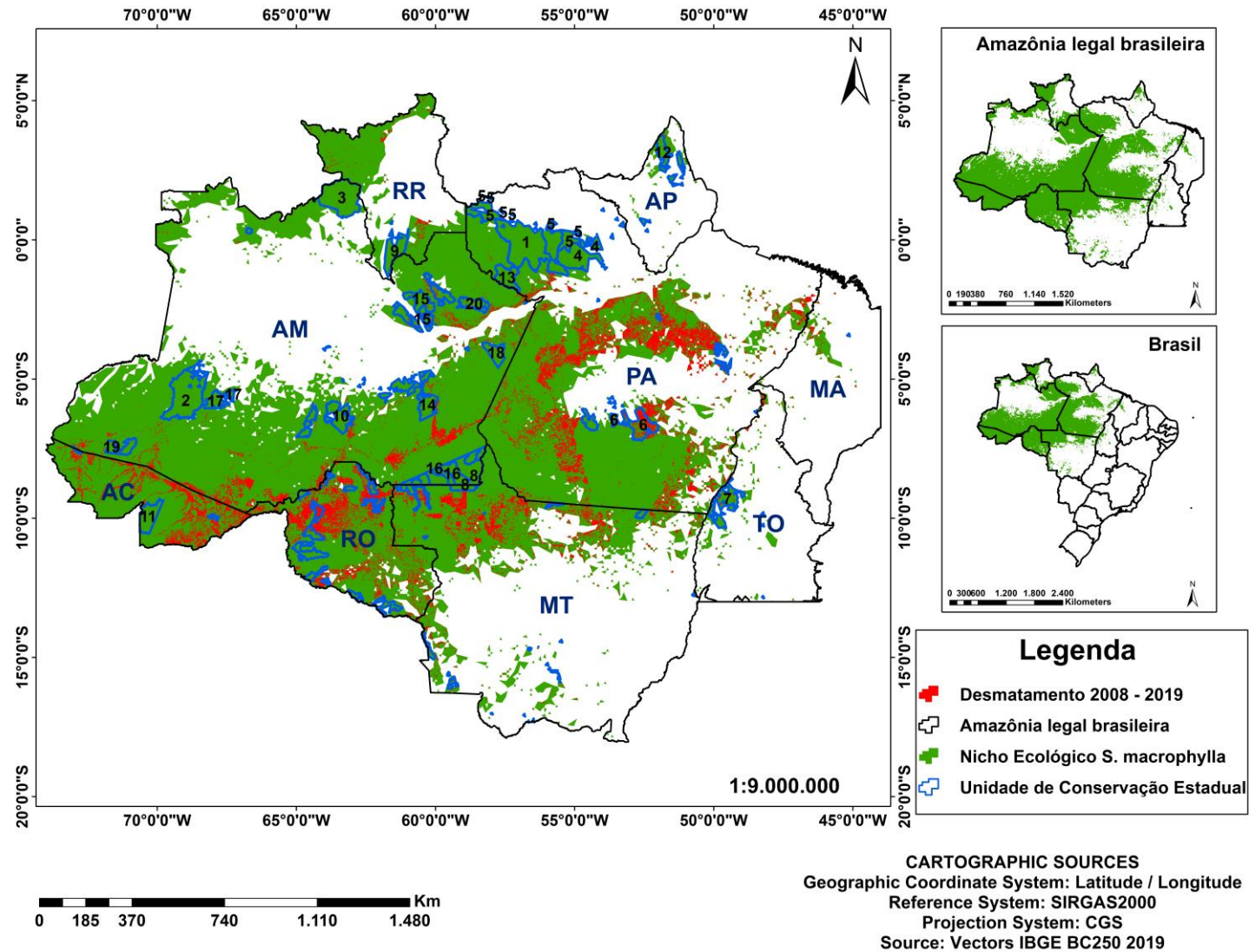


Figura 11. Distribuição geográfica de unidades de conservação estaduais sobre área de nicho ecológico de *Swietenia macrophylla* King na Amazônia legal brasileira, e áreas de ocorrência de desmatamento por corte raso segundo projeto PRODES do INPE. **Fonte:** o próprio autor, 2020.

5.8. Nicho ecológico de *Swietenia macrophylla* King em áreas de unidade de conservação federal

No período de novembro de 2019 a janeiro de 2020, 54% das Unidades de Conservação federais apresentaram ameaça de ocorrência de desmatamento. Em 46% foi constatado desmatamento em seu interior (FONSECA et al., 2020b). Todavia, assim como em unidades de conservação estadual, neste trabalho considerou-se as UCs federais como áreas com maior probabilidade de ainda possuírem ambientes inalterados ou com pouca alteração, colaborando assim, para uma maior taxa de áreas com potencial para ocorrência de *S. macrophylla*.

Avaliar se a distribuição potencial ocupa áreas com relevância ambiental é um valioso meio de fortalecer os resultados obtidos a partir de modelos de distribuição de espécies pelo fato de que, nessas áreas, a conservação ser teoricamente mais expressiva. A partir da análise de seu modelo, Navarro-martínez et al., (2018) observou que a distribuição potencial de *S. macrophylla* está de acordo com o Corredor Biológico Mesoamericano, o qual tem como principal foco a conservação da biodiversidade.

Em áreas da modelagem de nicho, constante em espaço geográfico de Unidades de Conservação Federais, foi observado 2.147,39 Km² de área desmatada, essa perda de biodiversidade representou 0,50% do total de regiões considerada pelo algoritmo como área de provável nicho ecológico da espécie.

Na Península do Yucatán, a distribuição de *S. macrophylla* é observada em grande parte áreas protegidas (Reserva da Biosfera de Calakmul) em *ejidos* florestais comunitários, apesar do desmatamento, mudanças no uso da terra e atividades florestais, sua densidade não foi reduzida drasticamente quantos em outros locais neotropicais. Em Zonas de Manejo Florestal de Quintana Roo, a abundância de espécies de maior porte é garantida pela prioridade da conservação da espécie (NAVARRO-MARTÍNEZ et al., 2018).

As 100 unidades de conservação federais, localizadas nos limites espaciais da Amazônia legal brasileira, possuem 64,75% de sua área total sobrepostas pela área do modelo, correspondente a 428.156,43 Km² de área de nicho ecológico, excluindo as áreas desmatadas (Figura 12). A Unidade de Conservação a nível federal que dispôs de maior quantidade de área de nicho foi a Área de Proteção Ambiental do Tapajós. A Estação Ecológica Niquiá ocupou a centésima colocação.

As áreas de conservação apresentam grande potencialidade para a ocorrência da espécie. Entretanto, as pressões antrópicas devem ser combatidas para que as populações de *S. macrophylla* possam recuperar seu estoque florestal. O estado do Amazonas abriga

mais de 50% das vinte UCs com as maiores áreas de nicho ecológico de *S. macrophylla*, nas esferas estadual e federal, evidenciando a importância dessas áreas para a conservação da espécie. Não menos importante, o estado do Pará detém a segunda maior quantidade de nicho em suas UCs.

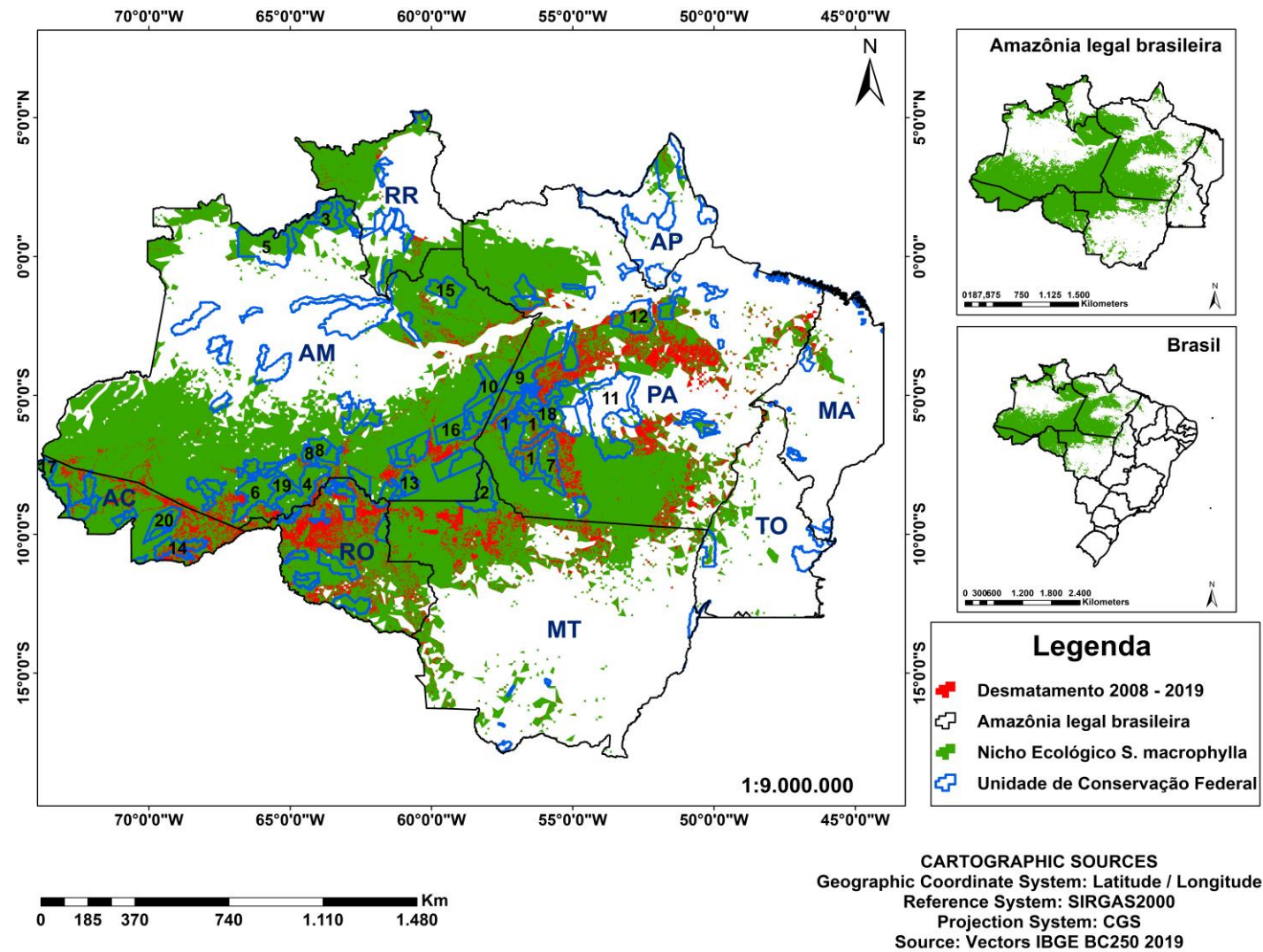


Figura 12. Distribuição geográfica de unidades de conservação federais sobre área de nicho ecológico de *Swietenia macrophylla* King na Amazônia legal brasileira, e áreas de ocorrência de desmatamento por corte raso segundo projeto PRODES do INPE. **Fonte:** o próprio autor, 2020.

Para as Unidades de Conservação federais, a Área de Proteção Ambiental do Tapajós apresentou a maior quantidade de área de nicho ecológico, com 19.927,55 Km² ou cerca de 97,67% de sua área total contendo adequabilidade ambiental, seguida pelo Parque Nacional do Juruena com 19.573,93 km² (99,67%). A unidade de conservação classificada na vigésima posição foi a Reserva extrativista do Cazumbá-Iracema com aproximadamente 7.526,48 km² de nicho ecológico para *S. macrophylla* (Tabela 5).

Tabela 5. Unidades de Conservação (UC) federais com maior concentração de área de nicho ecológico para *Swietenia macrophylla* King na Amazônia legal brasileira. As áreas de desmatamento foram subtraídas do valor total de área modelada constante em cada unidade de conservação. **Fonte:** o próprio autor, 2020.

ID	Unidade de Conservação Federal	UF	Área UC (Km ²)	Área Nicho (Km ²)	%
1	Área de Proteção Ambiental do Tapajós	PA	20403,31	19927,55	97,67
2	Parque Nacional do Juruena	AM/MT	19580,14	19573,93	99,97
3	Floresta Nacional do Amazonas	AM/RR	19442,30	17778,76	91,44
4	Parque Nacional Mapinguari	AM/RO	17769,29	17558,26	98,81
5	Parque Nacional do Pico da Neblina	AM	22526,39	16327,84	72,48
6	Floresta Nacional do Iquiri	AM	14726,10	14709,04	99,88
7	Floresta Nacional do Jamanxim	PA	13016,97	12266,03	94,23
8	Floresta Nacional de Balata-Tufari	AM	10799,12	10774,71	99,77
9	Parque Nacional da Amazônia	AM/PA	10662,08	10651,00	99,90
10	Floresta Nacional de Pau-Rosa	AM	9881,87	9852,28	99,70
11	Estação Ecológica da Terra do Meio	PA	33731,75	9671,70	28,67
12	Reserva Extrativista Verde para Sempre	PA	12893,80	9573,91	74,25
13	Parque Nacional dos Campos Amazônicos	RO/MT/AM	9613,27	9544,18	99,28
14	Reserva Biológica de Uatumã	AM	9315,43	9206,20	98,83
15	Reserva Extrativista Chico Mendes	AC	9387,32	9097,20	96,91
16	Parque Nacional do Acari	AM	8964,11	8963,36	99,99
17	Parque Nacional da Serra do Divisor	AC	8375,60	8344,61	99,63
18	Parque Nacional do Jamanxim	PA	8628,95	8138,64	94,32
19	Reserva Extrativista Ituxí	AM	7763,30	7756,65	99,91
20	Reserva Extrativista do Cazumbá-Iracema	AC	7549,87	7526,48	99,69

Onde: ID = ranque da unidade de conservação federal com quantitativo de área de nicho ecológico para *S. macrophylla*; Área UC = área de unidade de conservação federal e; % = porcentagem de área de nicho ecológico e relação área total da unidade de conservação federal.

6. CONCLUSÃO

O modelo proposto neste estudo, teve resultados estatísticos satisfatórios em seu poder de predição, comprovando a possibilidades de seu uso para predizer áreas de nicho

ecológico para *S. macrophylla* na Amazônia legal brasileira

O modelo de nicho ecológico de consenso se sobrepôs parcialmente às áreas de ocorrência estabelecidas por Lamb (1966) e Barros et al. (1992). Foi observado que o modelo proposto se ajusta melhor à distribuição de Barros et al. (1992) com aproximadamente 81,56% de sua área.

A distribuição geral para *S. macrophylla* proposta por Lamb (1966), apresenta áreas mais amplas e uma menor cobertura pelo modelo de nicho ecológico. Todavia os resultados revelaram que o modelo está de acordo com distribuição da espécie.

O desmatamento incidente em área de nicho resultou em perda parcial sobre a área do modelo, essas perdas foram observadas em todos os estados da Amazônia legal brasileira, com aproximadamente 49.562,74 km².

As Unidades de Conservação estaduais e federais, localizadas na Amazônia legal brasileira, não foram totalmente sobrepostas pelo modelo consenso, quando comparadas entre si, notou-se diferença de tamanho nas áreas sobrepostas pelo modelo nicho ecológico para *S. macrophylla* em cada UC.

As 20 unidades de conservação federais mais importantes foram o Parque Nacional do Juruena, Floresta Nacional do Amazonas, Parque Nacional Mapinguari, Parque Nacional do Pico da Neblina, Floresta Nacional do Iquiri, Floresta Nacional do Jamanxim, Floresta Nacional de Balata-Tufari, Parque Nacional da Amazônia, Floresta Nacional de Pau-Rosa, Estação Ecológica da Terra do Meio, Reserva Extrativista Verde para Sempre, Parque Nacional dos Campos Amazônicos, Reserva Biológica de Uatumã, Reserva Extrativista Chico Mendes, Parque Nacional do Acari, Parque Nacional da Serra do Divisor, Parque Nacional do Jamanxim, Reserva Extrativista Ituxí e Reserva Extrativista do Cazumbá-Iracema.

Na esfera estadual as 20 unidades de conservação de maior relevância para a conservação de *S. macrophylla* foram a Floresta Estadual do Trombetas, Reserva de Desenvolvimento Sustentável Cujubim, Parque Estadual Serra do Aracá, Floresta Estadual do Paru, Estação Ecológica do Grão Pará, Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu, Área de Proteção Ambiental Ilha do Bananal/Cantão, Parque Estadual Sucunduri, Área de Proteção Ambiental - Baixo Rio Branco, Floresta Estadual de Tapauá, Parque Estadual Chandless, Floresta estadual do Amapá, Floresta Estadual de Faro, Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Juma, Área de Proteção Ambiental Margem Esquerda do Rio Negro-Setor Aturiá-Apuauzinho, Floresta Estadual Sucunduri, Reserva de Desenvolvimento Sustentável Uacari, Floresta Estadual Maúes, Reserva Extrativista do Rio Gregório e Reserva de Desenvolvimento Sustentável do Uatumã

As áreas de nicho ecológico fora do padrão de distribuição real da espécie descrita por Lamb (1966 e Barros et al. (1992), ou qualquer área com constatação de ocorrência real de *S. macrophylla*, devem ser alvos de pesquisa quanto a possível ocorrência da espécie, para isso, faz-se necessário validação em campo para revelar uma possível ocorrência de *S. macrophylla* na região.

As técnicas de modelagem de nicho ambiental associadas à conservação de espécies, mostraram-se como ferramentas valiosas para a averiguação de áreas com adequabilidade ambiental para uma espécie, proporcionando um arcabouço científico para a definição de áreas prioritárias para a conservação de espécies florestais.

REFERÊNCIAS

- ADDISON, P. F. E. et al. Practical solutions for making models indispensable in conservation decision-making. **Diversity and Distributions**, v. 19, n. 5–6, p. 490–502, 2013.
- ADEDIRE, M. O. Environmental implications of tropical deforestation. **International Journal of Sustainable Development and World Ecology**, v. 9, n. 1, p. 33–40, 2009.
- ADHIKARI, D.; BARIK, S. K.; UPADHAYA, K. Habitat distribution modelling for reintroduction of *Ilex khasiana* Purk., a critically endangered tree species of northeastern India. **Ecological Engineering**, v. 40, p. 37–43, 2012.
- AMATULLI, G. et al. Data Descriptor: A suite of global, cross-scale topographic variables for environmental and biodiversity modeling. **Scientific Data**, v. 5, p. 1–15, 2018.
- ANDRADE, A. F. A. DE; VELAZCO, S. J. E.; MARCO JÚNIOR, P. ENMTML: An R package for a straightforward construction of complex ecological niche models. **Environmental Modelling and Software**, v. 125, p. 1–38, 2020.
- BARLOW, J. et al. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. **Nature**, v. 535, n. 7610, p. 144–147, 2016.
- BARNOSKY, A. D. et al. Has the Earth's sixth mass extinction already arrived? **Nature**, v. 471, n. 7336, p. 51–57, 2011.
- BARROS, R. C. L. C. DE et al. Reservas naturais e artificiais de *Swietenia macrophylla* King na Amazônia Brasileira numa perspectiva de conservação. **I International Congress on Tropical Timber Plywood**, p. 221, 1992.
- BOYCE., M. et al. Evaluating resource selection functions. **Ecological Modelling**, v. 157, p. 281–300, 2002.
- BRASIL. PORTARIA MMA Nº 443, DE 17 DE DEZEMBRO DE 2014. **Diário Oficial da União**, p. 110–121, 2014.
- CARNAVAL, A. C.; MORITZ, C. Historical climate modelling predicts patterns of current biodiversity in the Brazilian Atlantic forest. **Journal of Biogeography**, v. 35, n. 7, p. 1187–1201, 2008.
- COLARES, C. J. G. et al. Near infrared hyperspectral imaging and MCR-ALS applied for mapping chemical composition of the wood specie *Swietenia Macrophylla* King (Mahogany) at microscopic level. **Microchemical Journal**, v. 124, p. 356–363, 2016.
- CRASE, B.; LIEDLOFF, A. C.; WINTLE, B. A. A new method for dealing with residual spatial autocorrelation in species distribution models. **Ecography**, v. 35, p. 879–888, 2012.
- DALAPICOLLA, J. **Tutorial de Modelos de Distribuição de Espécies : Guia Prático Usando o Maxent e o Arcgis 10**, 2016. (Nota técnica).
- ELTON, C. *Animal Ecology*. **The Macmillan Company**, p. 256, 1927.

FISH, S. E.; R. J. HIJMANS. Worldclim 2: New 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology**, 2017.

FONSECA, A. et al. **Boletim do desmatamento da Amazônia Legal (abril 2020) SAD (p. 1). Belém: Imazon**. Disponível em: <<https://imazon.org.br/publicacoes/boletim-do-desmatamento-da-amazonia-legal-abril-2020-sad/>>. Acesso em: 5 jun. 2020a.

FONSECA, A. et al. **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: 6 jun. 2020b.

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

GRANADOS, J.; CORNER, C. Respuesta de las selvas tropicales al incremento de CO₂ en la atmósfera. **Revista Forestal Iberoamericana**, v. 1, p. 63–70, 2004.

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

GROGAN, E. J. Bigleaf mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in southeast Pará, Brazil: a life history study with management guidelines for sustained production from natural forests. **Yale University School of Forestry & Environmental Studies**, v. Tese de Ph, p. 422, 2001.

GROGAN, J.; BARRETO, P.; VERÍSSIMO, A. MOGNO NA AMAZÔNIA BRASILEIRA: Ecologia e Perspectivas de Manejo. **Imazon**, p. 42, 2002.

GUISAN, A. et al. Predicting species distributions for conservation decisions. **Ecology Letters**, v. 16, n. 12, p. 1424–1435, 2013.

GULLISON, E. R. et al. Ecology and management of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) in the Chimanes Forest, Bed, Bolivia. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 122, n. 41, p. 9–34, 1996.

GULLISON, E. R.; HUBBELL, P. S. Regeneración natural de la mara (*Swietenia macrophylla*) en el bosque Chimanes. **Ecología en Bolivia**, v. 19, p. 43–56, 1992.

HIJMANS, R. J.; ELITH, J. **Species distribution modeling**. Disponível em: <<https://rsatial.org/sdm/>>. Acesso em: 24 jun. 2019.

HOLDRIDGE, R. L. Life Zone Ecology. **Tropical Science Center**, p. 206, 1967.

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

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

ISRIC. **SoilGrids — global gridded soil information**. Disponível em: <<https://www.isric.org/explore/soilgrids>>. Acesso em: 2 mar. 2020.

- LAMB, B. F. Mahogany of Tropical America: its Ecology and Management. **University of Michigan**, p. 220, 1966.
- LEROY, B. et al. Without quality presence–absence data, discrimination metrics such as TSS can be misleading measures of model performance. **Journal of Biogeography**, v. 45, n. 9, p. 1994–2002, 2018.
- LI, W.; GUO, Q. How to assess the prediction accuracy of species presence-absence models without absence data? **Ecography**, v. 36, n. 7, p. 788–799, 2013.
- MEDINA, E. et al. Conservative nutrient use by big-leaf mahogany (*Swietenia macrophylla* king) planted under contrasting environmental conditions. **Revista Arvore**, v. 38, n. 3, p. 479–488, 2014.
- MILLER, J. S.; PORTER MORGAN, H. A. Assessing the effectiveness of Madagascars changing protected areas system: A case study of threatened Boraginales. **Oryx**, v. 45, n. 2, p. 1–9, 2011.
- MORAN, P. A. P. Notes on continuous stochastic phenomena. *Biometrika*. **Biometrika, london**, v. V.37, p. 17–23, 1950.
- NAVARRO-MARTÍNEZ, A. et al. Distribution and Abundance of Big-Leaf Mahogany (*Swietenia macrophylla*) on the Yucatan Peninsula, Mexico. **Tropical Conservation Science**, v. 11, p. 1–17, 2018.
- PEARSON, R. G. et al. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. **Journal of Biogeography**, v. 34, n. 1, p. 1–16, 2007.
- PETERSON, A. T. et al. Ecological Niches and Geographic Distributions. **Princeton University Press, Princeton and Oxford**, p. 329, 2011.
- PORFIRIO, L. L. et al. Improving the Use of Species Distribution Models in Conservation Planning and Management under Climate Change. **PLoS ONE**, v. 9, n. 11, p. 1–21, 2014.
- PORTER, W. P. et al. Calculating climate effects on birds and mammals: Impacts on biodiversity, conservation, population parameters, and global community structure. **Annual Meeting of the Society-for-Integrative-and-Comparative-Biology**, v. 40, n. 4, p. 597–630, 2000.
- PORTER, W. P. Physiology on a Landscape Scale: Plant-Animal Interactions. **Integrative and Comparative Biology**, v. 42, n. 3, p. 431–453, 2002.
- ROSSI, J.-P. et al. Trees outside forests in agricultural landscapes: spatial distribution and impact on habitat connectivity for forest organisms. **Landscape Ecology**, v. 31, p. 243–254, 2016.
- SÁNCHEZ-FERNÁNDEZ, D.; LOBO, J. M.; HERNÁNDEZ-MANRIQUE, O. Species distribution models that do not incorporate global data misrepresent potential distributions: a case study using Iberian diving beetles. **Diversity and Distributions**, v. 17, p. 163–171, 2011.
- SEABRA, C. E. B. C. et al. Influence of phosphorus limitations on the growth, nutrient

partitioning and physiology of mahogany (*Swietenia macrophylla* King) seedlings. **Journal of Plant Nutrition**, v. 41, n. 3, p. 358–370, 2017.

SILVEIRA, F. A. O. et al. Ecology and evolution of plant diversity in the endangered campo rupestre : a neglected conservation priority. **Plant and Soil**, v. 403, p. 129–152, 2016.

SIQUEIRA, M. F. et al. Something from nothing: Using landscape similarity and ecological niche modeling to find rare plant species. **Journal for Nature Conservation**, v. 17, n. 1, p. 25–32, 2009.

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.

TYLIANAKIS, J. M. et al. Conservation of species interaction networks. **Biological Conservation**, v. 143, n. 10, p. 2270–2279, 2010.

VELAZCO, S. J. E. et al. Using worldwide edaphic data to model plant species niches: An assessment at a continental extent. **PLOS ONE**, v. 12, n. 10, p. e0186025, 19 out. 2017.

VERÍSSIMO, A. et al. Extraction of a high-value natural resource in Amazonia: the case of mahogany. **Forest Ecology and Management**, v. 72, n. 1, p. 39–60, 1995.

WEAVER, P. L.; SABIDO, O. A. Mahogany in Belize: A Historical Perspective. **International Institute of Tropical Forestry**, p. 1–34, 1997.

WHITMORE, L. J. *Swietenia macrophylla* and *S. humilis* (caoba, mahogany). **Costa Rican Natural History**, v. In: D. H., p. 331–333, 1983.

WOLFF, N. H. et al. Impacts of tropical deforestation on local temperature and human well-being perceptions. **Global Environmental Change**, v. 52, n. December 2017, p. 181–189, 2018.

WWF. **Mogno: a poucos passos da extinção**. Disponível em: <https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/especiais/biodiversidade/especie_do_mes/julho_mogno.cfm>. Acesso em: 17 jun. 2020.

APÊNDICES

Apêndice 1. Autovetores de 14 componentes principais, utilizados no processamento do modelo consenso de nicho ecológico de *Swietenia macrophylla* King na Amazônia legal brasileira. **Fonte:** O próprio autor, 2020.

ID	VARIÁVEIS	Comp. 1	Comp. 2	Comp. 3	Comp. 4	Comp. 5	Comp. 6	Comp. 7	Comp. 8	Comp. 9	Comp. 10	Comp. 11	Comp. 12	Comp. 13	Comp. 14
1	ACDWRB_M_ss_10km_ll	0,0404	0,1357	0,0750	0,0347	0,0187	0,0903	0,0377	0,0906	0,0584	0,0591	0,0446	0,0621	0,0293	0,1461
2	AWCh1_M_sl1_10km_ll	0,1018	-0,0358	0,1185	-0,0671	0,0085	-0,0285	0,1127	0,0846	-0,0426	-0,0149	-0,0021	-0,2156	-0,0671	0,1054
3	AWCh1_M_sl2_10km_ll	0,0998	-0,0703	0,1114	-0,0623	0,0293	0,0118	0,0786	0,0308	-0,0338	0,0185	0,0123	-0,1575	-0,0491	0,0588
4	AWCh1_M_sl3_10km_ll	0,1023	-0,0616	0,1273	-0,0698	0,0270	0,0112	0,0172	0,0223	-0,0129	-0,0136	0,0140	-0,0372	0,0055	-0,0032
5	AWCh1_M_sl4_10km_ll	0,1027	-0,0604	0,1339	-0,0560	0,0177	0,0172	-0,0223	0,0173	-0,0075	-0,0048	0,0088	0,0024	0,0052	-0,0371
6	AWCh1_M_sl5_10km_ll	0,0974	-0,0678	0,1368	-0,0492	0,0160	0,0163	-0,0584	0,0013	0,0116	-0,0185	-0,0052	0,0510	0,0087	-0,0666
7	AWCh1_M_sl6_10km_ll	0,0933	-0,0716	0,1384	-0,0557	0,0098	0,0114	-0,0666	-0,0043	0,0253	-0,0184	0,0005	0,0644	0,0121	-0,0639
8	AWCh1_M_sl7_10km_ll	0,0914	-0,0729	0,1396	-0,0563	0,0066	0,0134	-0,0727	-0,0032	0,0403	-0,0263	0,0074	0,0655	0,0039	-0,0483
9	AWCh2_M_sl1_10km_ll	0,1138	-0,0304	0,0851	-0,0789	-0,0180	-0,0074	0,1126	0,0712	-0,0410	-0,0118	0,0005	-0,2066	-0,0555	0,0893
10	AWCh2_M_sl2_10km_ll	0,1115	-0,0624	0,0808	-0,0753	0,0023	0,0280	0,0812	0,0214	-0,0305	0,0195	0,0128	-0,1546	-0,0390	0,0487
11	AWCh2_M_sl3_10km_ll	0,1118	-0,0560	0,1022	-0,0815	0,0041	0,0253	0,0225	0,0118	-0,0115	-0,0109	0,0132	-0,0442	0,0130	-0,0060
12	AWCh2_M_sl4_10km_ll	0,1108	-0,0556	0,1138	-0,0671	-0,0032	0,0300	-0,0169	0,0062	-0,0074	-0,0035	0,0063	-0,0057	0,0144	-0,0396
13	AWCh2_M_sl5_10km_ll	0,1050	-0,0645	0,1196	-0,0597	-0,0058	0,0281	-0,0530	-0,0099	0,0092	-0,0172	-0,0101	0,0403	0,0175	-0,0708
14	AWCh2_M_sl6_10km_ll	0,1011	-0,0684	0,1210	-0,0670	-0,0129	0,0237	-0,0615	-0,0159	0,0230	-0,0192	-0,0039	0,0534	0,0201	-0,0673
15	AWCh2_M_sl7_10km_ll	0,0996	-0,0686	0,1226	-0,0678	-0,0160	0,0258	-0,0669	-0,0141	0,0371	-0,0276	0,0028	0,0553	0,0130	-0,0523
16	AWCh3_M_sl1_10km_ll	0,1193	-0,0254	0,0668	-0,0794	-0,0303	0,0034	0,1115	0,0623	-0,0410	-0,0086	0,0012	-0,1985	-0,0492	0,0803
17	AWCh3_M_sl2_10km_ll	0,1172	-0,0558	0,0644	-0,0770	-0,0103	0,0355	0,0819	0,0149	-0,0299	0,0217	0,0115	-0,1499	-0,0334	0,0437
18	AWCh3_M_sl3_10km_ll	0,1167	-0,0511	0,0884	-0,0837	-0,0067	0,0319	0,0246	0,0055	-0,0116	-0,0070	0,0118	-0,0460	0,0185	-0,0080

19	AWCh3_M_sl4_10km_ll	0,1151	-0,0513	0,1028	-0,0702	-0,0133	0,0361	-0,0149	-0,0003	-0,0077	-	0,0042	-0,0091	0,0219	-0,0410
20	AWCh3_M_sl5_10km_ll	0,1092	-0,0607	0,1103	-0,0625	-0,0165	0,0341	-0,0505	-0,0167	0,0073	-	-0,0135	0,0346	0,0250	-0,0726
21	AWCh3_M_sl6_10km_ll	0,1054	-0,0645	0,1117	-0,0704	-0,0242	0,0305	-0,0590	-0,0231	0,0211	-	-0,0069	0,0476	0,0272	-0,0686
22	AWCh3_M_sl7_10km_ll	0,1043	-0,0642	0,1134	-0,0713	-0,0271	0,0328	-0,0641	-0,0209	0,0346	-	-0,0003	0,0501	0,0206	-0,0539
23	AWCtS_M_sl1_10km_ll	0,1276	0,0292	0,0216	0,0085	0,0930	-0,0677	0,0770	0,0650	-0,0738	0,0169	-0,0349	-0,1232	-0,0930	0,1087
24	AWCtS_M_sl2_10km_ll	0,1308	0,0043	0,0245	-0,0003	0,1253	-0,0425	0,0399	0,0286	-0,0624	0,0451	-0,0305	-0,0850	-0,0779	0,0877
25	AWCtS_M_sl3_10km_ll	0,1298	0,0008	0,0568	-0,0294	0,1234	-0,0336	-0,0282	0,0193	-0,0396	0,0163	-0,0248	0,0130	-0,0118	0,0357
26	AWCtS_M_sl4_10km_ll	0,1272	0,0015	0,0726	-0,0356	0,1137	-0,0378	-0,0596	0,0135	-0,0304	0,0318	-0,0251	0,0439	0,0083	0,0129
27	AWCtS_M_sl5_10km_ll	0,1215	0,0118	0,0888	-0,0367	0,1195	-0,0338	-0,0916	0,0022	-0,0118	0,0194	-0,0231	0,0914	0,0347	0,0026
28	AWCtS_M_sl6_10km_ll	0,1186	0,0123	0,0952	-0,0425	0,1202	-0,0335	-0,1017	0,0011	0,0014	0,0215	-0,0202	0,1053	0,0430	0,0008
29	AWCtS_M_sl7_10km_ll	0,1175	0,0103	0,0989	-0,0445	0,1171	-0,0290	-0,1098	0,0022	0,0088	0,0138	-0,0157	0,1070	0,0375	0,0184
30	BDRICM_M_10km_ll	-0,0423	0,0820	0,0712	-0,0875	-0,0761	-0,1966	0,0085	-0,0568	0,1488	0,2040	0,0078	0,1737	-0,0199	-0,0080
31	BDRLOG_M_10km_ll	0,0333	-0,0921	-0,0914	0,0867	0,1155	0,1719	0,0078	0,0764	-0,1444	-	0,0195	-0,1710	0,0699	-0,0029
32	BDTICM_M_10km_ll	-0,0210	-0,0266	0,0278	-0,0619	-0,1716	-0,0121	-0,1880	-0,0560	0,1597	0,3647	0,0298	0,0500	-0,5012	0,0166
33	Bio_1	-0,0273	0,1378	0,0528	-0,0319	-0,1142	-0,0355	-0,1762	0,0125	-0,1285	-	-0,0085	-0,1322	-0,0057	-0,0326
34	Bio_10	-0,0386	0,1189	0,0542	-0,0701	-0,1267	-0,1339	-0,1497	0,0283	-0,1173	-	-0,0460	-0,2231	-0,0307	-0,0625
35	Bio_11	-0,0169	0,1434	0,0482	-0,0056	-0,1021	0,0320	-0,1879	0,0153	-0,1277	-	0,0288	-0,0647	0,0168	-0,0062
36	Bio_12	0,0518	0,1280	0,0131	0,0520	-0,0826	0,0131	-0,0526	0,1830	0,1590	-	-0,2077	0,0439	-0,0959	0,0178
37	Bio_13	0,0247	0,1331	0,0053	0,0536	-0,0681	0,0941	-0,1077	0,1229	0,0446	0,0460	-0,2539	0,0374	-0,2101	-0,0126
38	Bio_14	0,0756	0,0623	0,0055	0,0418	-0,0442	-0,1269	0,0389	0,2369	0,3214	-	-0,0491	0,0146	0,1281	-0,0412
39	Bio_15	-0,0599	-0,0192	0,0045	-0,0032	0,0203	0,2958	-0,1392	-0,2254	-0,2253	0,0286	-0,1804	-0,0478	-0,1852	-0,0709
40	Bio_16	0,0268	0,1339	0,0115	0,0538	-0,0706	0,0928	-0,0940	0,1254	0,0512	0,0439	-0,2530	0,0383	-0,2093	0,0010
41	Bio_17	0,0759	0,0681	0,0037	0,0464	-0,0508	-0,1215	0,0335	0,2406	0,3194	-	-0,0543	0,0083	0,1193	-0,0352
42	Bio_18	0,0447	0,0906	-0,0012	0,0304	-0,0210	-0,0665	0,0715	-0,0690	0,1085	-	-0,3536	0,1300	-0,1373	0,0525

43	Bio_19	0,0406	0,0838	0,0031	0,0423	-0,0872	0,0421	-0,1117	0,3099	0,2224	0,2234	-0,0014	-0,0926	-0,0334	-0,0543
44	Bio_2	-0,0583	-0,0675	0,0216	-0,0498	0,0934	0,1204	0,0748	-0,2707	0,0633	-0,1277	-0,3740	0,0309	-0,0902	0,2574
45	Bio_3	0,0118	0,1092	0,0364	0,0294	-0,0336	0,2575	-0,1904	-0,0199	-0,0465	-0,0893	0,0098	0,1653	0,1111	0,1503
46	Bio_4	-0,0172	-0,1196	-0,0225	-0,0760	0,0352	-0,2279	0,1670	0,0013	0,0918	0,0688	-0,1139	-0,1572	-0,0711	-0,0679
47	Bio_5	-0,0560	0,1048	0,0631	-0,0837	-0,1022	-0,1153	-0,1367	-0,0405	-0,1031	-0,1304	-0,1483	-0,2261	-0,0640	-0,0039
48	Bio_6	-0,0051	0,1443	0,0389	0,0020	-0,1084	0,0229	-0,1921	0,0554	-0,1250	-0,0860	0,0911	-0,0609	0,0349	-0,0410
49	Bio_7	-0,0397	-0,1204	-0,0033	-0,0732	0,0707	-0,1298	0,1626	-0,1140	0,0940	0,0148	-0,2559	-0,1018	-0,1042	0,0560
50	Bio_8	-0,0322	0,1221	0,0440	-0,0632	-0,1246	-0,0614	-0,1397	-0,0822	-0,1005	-0,2150	-0,0621	-0,1641	-0,0494	-0,0379
51	Bio_9	-0,0152	0,1344	0,0504	0,0072	-0,0921	0,0092	-0,2000	0,1222	-0,1379	-0,0067	0,0739	-0,0901	0,0377	-0,0121
52	BLDFIE_M_sl1_10km_ll	-0,1260	-0,0327	-0,0439	-0,0219	-0,0722	0,0557	-0,0941	-0,0696	0,0780	-0,0266	0,0363	0,1140	0,0806	-0,1176
53	BLDFIE_M_sl2_10km_ll	-0,1300	-0,0080	-0,0486	-0,0145	-0,1030	0,0301	-0,0596	-0,0337	0,0674	-0,0566	0,0320	0,0758	0,0650	-0,0973
54	BLDFIE_M_sl3_10km_ll	-0,1285	-0,0046	-0,0787	0,0143	-0,1015	0,0223	0,0091	-0,0227	0,0451	-0,0255	0,0267	-0,0206	0,0010	-0,0436
55	BLDFIE_M_sl4_10km_ll	-0,1258	-0,0035	-0,0927	0,0171	-0,0922	0,0240	0,0445	-0,0151	0,0375	-0,0365	0,0283	-0,0502	-0,0137	-0,0163
56	BLDFIE_M_sl5_10km_ll	-0,1205	-0,0088	-0,1067	0,0159	-0,0963	0,0199	0,0792	-0,0025	0,0205	-0,0209	0,0307	-0,0972	-0,0327	-0,0006
57	BLDFIE_M_sl6_10km_ll	-0,1176	-0,0083	-0,1133	0,0214	-0,0967	0,0201	0,0896	-0,0009	0,0074	-0,0217	0,0275	-0,1111	-0,0404	0,0009
58	BLDFIE_M_sl7_10km_ll	-0,1165	-0,0063	-0,1163	0,0235	-0,0934	0,0162	0,0976	-0,0022	-0,0015	-0,0135	0,0222	-0,1126	-0,0347	-0,0154
59	CECSOL_M_sl1_10km_ll	0,0748	-0,0797	-0,1440	0,0188	-0,0371	-0,1076	-0,0229	0,1024	-0,1401	0,0250	-0,0485	0,1060	-0,0054	0,0373
60	CECSOL_M_sl2_10km_ll	0,0772	-0,0756	-0,1429	0,0168	-0,0294	-0,1059	-0,0408	0,1275	-0,1511	0,0067	-0,0654	0,1121	-0,0069	0,0725
61	CECSOL_M_sl3_10km_ll	0,0653	-0,0887	-0,1448	0,0022	-0,0252	-0,0994	-0,0574	0,1079	-0,1691	0,0079	-0,0771	0,1233	-0,0059	0,0843
62	CECSOL_M_sl4_10km_ll	0,0603	-0,0940	-0,1443	-0,0069	-0,0278	-0,1043	-0,0587	0,0956	-0,1670	-0,0003	-0,0803	0,1259	-0,0006	0,0773
63	CECSOL_M_sl5_10km_ll	0,0550	-0,0976	-0,1437	-0,0172	-0,0338	-0,1084	-0,0619	0,0947	-0,1651	0,0003	-0,0860	0,1222	0,0102	0,0657
64	CECSOL_M_sl6_10km_ll	0,0528	-0,0999	-0,1421	-0,0212	-0,0361	-0,1085	-0,0648	0,0988	-0,1585	-0,0050	-0,0870	0,1225	0,0135	0,0639
65	CECSOL_M_sl7_10km_ll	0,0524	-0,0992	-0,1420	-0,0214	-0,0357	-0,1096	-0,0688	0,1029	-0,1620	-0,0092	-0,0899	0,1213	0,0149	0,0660

66	CLYPPT_M_sl1_10km_ll	0,0087	0,0985	-0,1301	-0,0727	0,2147	-0,0257	-0,1078	-0,0518	0,0741	-	0,0398	0,0100	-0,0657	-0,0929	-0,0740
67	CLYPPT_M_sl2_10km_ll	0,0090	0,0987	-0,1299	-0,0730	0,2144	-0,0285	-0,1073	-0,0500	0,0744	-	0,0390	0,0105	-0,0651	-0,0921	-0,0740
68	CLYPPT_M_sl3_10km_ll	0,0076	0,0990	-0,1281	-0,0779	0,2162	-0,0251	-0,1099	-0,0340	0,0830	-	0,0266	0,0228	-0,0618	-0,0779	-0,0696
69	CLYPPT_M_sl5_10km_ll	-0,0039	0,1316	-0,0778	-0,0854	0,1818	-0,0337	-0,0340	-0,0139	0,0671	0,0258	0,0612	-0,0490	0,0181	0,0212	
70	CLYPPT_M_sl6_10km_ll	-0,0019	0,1351	-0,0715	-0,0790	0,1812	-0,0243	-0,0313	-0,0115	0,0599	0,0319	0,0553	-0,0497	0,0209	0,0171	
71	CLYPPT_M_sl7_10km_ll	-0,0025	0,1357	-0,0681	-0,0776	0,1834	-0,0200	-0,0302	-0,0151	0,0495	0,0371	0,0506	-0,0507	0,0215	0,0223	
72	CRFVOL_M_sl1_10km_ll	0,0194	-0,1332	-0,0754	0,0443	0,0368	0,1565	-0,0826	0,1604	0,0692	0,0307	-0,0338	-0,0894	-0,0510	-0,0261	
73	CRFVOL_M_sl2_10km_ll	0,0211	-0,1316	-0,0770	0,0470	0,0365	0,1594	-0,0807	0,1629	0,0654	0,0321	-0,0320	-0,0888	-0,0507	-0,0287	
74	CRFVOL_M_sl3_10km_ll	0,0228	-0,1313	-0,0790	0,0505	0,0363	0,1544	-0,0755	0,1638	0,0622	0,0399	-0,0321	-0,0827	-0,0444	-0,0338	
75	CRFVOL_M_sl4_10km_ll	0,0215	-0,1307	-0,0779	0,0523	0,0379	0,1664	-0,0787	0,1591	0,0661	0,0259	-0,0361	-0,0838	-0,0334	-0,0423	
76	CRFVOL_M_sl5_10km_ll	0,0244	-0,1287	-0,0800	0,0586	0,0389	0,1814	-0,0718	0,1413	0,0597	0,0187	-0,0415	-0,0747	-0,0195	-0,0436	
77	CRFVOL_M_sl6_10km_ll	0,0260	-0,1296	-0,0815	0,0629	0,0381	0,1721	-0,0666	0,1349	0,0500	0,0244	-0,0410	-0,0696	-0,0134	-0,0586	
78	Elevação_10kmmn_SRTM	0,0120	-0,0852	-0,0475	0,0414	0,1252	0,3096	0,0630	-0,1274	0,1097	-	0,1017	-0,0969	0,1562	0,0364	0,0902
79	OCDENS_M_sl1_10km_ll	0,1095	0,0499	-0,0277	0,0866	0,0013	-0,0234	0,0886	0,0409	-0,0237	-	0,1249	0,1098	0,0318	-0,0473	-0,1410
80	OCDENS_M_sl2_10km_ll	0,1166	0,0075	-0,0576	0,1101	0,0039	-0,0393	0,1277	0,0374	-0,0452	-	0,0517	0,0945	0,0546	-0,1277	-0,1042
81	OCDENS_M_sl3_10km_ll	0,1208	0,0028	-0,0504	0,0992	0,0182	-0,0462	0,1093	-0,0113	-0,0212	-	0,0812	0,0886	0,0868	-0,1411	-0,1168
82	OCDENS_M_sl4_10km_ll	0,1233	0,0076	-0,0274	0,0965	0,0156	-0,0180	0,0463	-0,0951	-0,0374	-	0,0981	0,1017	0,0666	-0,1732	-0,1267
83	OCDENS_M_sl5_10km_ll	0,1232	0,0061	-0,0022	0,1016	0,0105	-0,0018	0,0004	-0,0962	-0,0231	-	0,1048	0,1108	0,0616	-0,1638	-0,1349
84	OCDENS_M_sl6_10km_ll	0,1232	0,0057	0,0085	0,0980	0,0078	0,0058	-0,0123	-0,0899	-0,0276	-	0,1024	0,1135	0,0525	-0,1654	-0,1326
85	OCDENS_M_sl7_10km_ll	0,1234	0,0164	0,0142	0,0902	-0,0014	0,0127	-0,0190	-0,0859	-0,0394	-	0,1233	0,1253	0,0595	-0,1581	-0,1101
86	OCSTHA_M_100cm_10k m_ll	0,1187	0,0047	-0,0531	0,1308	-0,0501	-0,0392	-0,0264	-0,1055	0,0463	0,0034	0,0225	-0,0371	-0,0354	-0,0199	
87	OCSTHA_M_200cm_10k m_ll	0,1203	0,0071	-0,0330	0,1207	-0,0548	-0,0285	-0,0567	-0,1213	0,0725	0,0033	0,0258	-0,0424	-0,0245	-0,0070	
88	OCSTHA_M_30cm_10km _ll	0,1148	0,0081	-0,0781	0,1327	-0,0425	-0,0490	0,0407	-0,0477	0,0110	0,0065	0,0299	-0,0109	-0,0506	-0,0316	

89	OCSTHA_M_sd1_10km_ll	0,1101	0,0240	-0,0820	0,1290	-0,0462	-0,0351	0,0643	0,0074	-0,0109	-	0,0541	0,0046	-0,0368	-0,0731
90	OCSTHA_M_sd2_10km_ll	0,1136	0,0037	-0,0821	0,1317	-0,0386	-0,0551	0,0580	-0,0245	0,0089	0,0136	0,0282	-0,0061	-0,0532	-0,0251
91	OCSTHA_M_sd3_10km_ll	0,1155	0,0039	-0,0711	0,1324	-0,0429	-0,0495	0,0140	-0,0928	0,0232	0,0119	0,0189	-0,0222	-0,0540	-0,0161
92	OCSTHA_M_sd4_10km_ll	0,1174	0,0041	-0,0467	0,1292	-0,0508	-0,0380	-0,0477	-0,1355	0,0516	0,0024	0,0161	-0,0460	-0,0343	-0,0133
93	OCSTHA_M_sd5_10km_ll	0,1180	0,0013	-0,0287	0,1235	-0,0551	-0,0275	-0,0804	-0,1386	0,0777	0,0007	0,0183	-0,0563	-0,0179	-0,0115
94	OCSTHA_M_sd6_10km_ll	0,1185	0,0096	-0,0082	0,1050	-0,0587	-0,0149	-0,0908	-0,1362	0,1013	0,0031	0,0289	-0,0475	-0,0110	0,0085
95	ORCDRC_M_sl1_10km_ll	0,1011	-0,0112	-0,0838	0,1468	-0,0560	-0,0056	0,0339	-0,0253	-0,0510	0,0670	0,0066	-0,0457	0,0172	0,0104
96	ORCDRC_M_sl2_10km_ll	0,1098	-0,0211	-0,0684	0,1424	-0,0452	-0,0399	0,0154	-0,0385	0,0004	0,0879	-0,0124	-0,0605	0,0499	0,0517
97	ORCDRC_M_sl3_10km_ll	0,1096	-0,0208	-0,0623	0,1411	-0,0503	-0,0347	-0,0293	-0,0986	0,0103	0,1027	-0,0353	-0,0856	0,0940	0,0752
98	ORCDRC_M_sl4_10km_ll	0,1097	-0,0131	-0,0404	0,1347	-0,0649	-0,0392	-0,0881	-0,1466	0,0698	0,0927	-0,0585	-0,1076	0,1501	0,0887
99	ORCDRC_M_sl5_10km_ll	0,1062	-0,0164	-0,0348	0,1306	-0,0713	-0,0358	-0,1251	-0,1573	0,0923	0,0787	-0,0758	-0,1313	0,1848	0,0971
100	ORCDRC_M_sl6_10km_ll	0,1060	-0,0186	-0,0286	0,1301	-0,0720	-0,0295	-0,1276	-0,1534	0,1061	0,0670	-0,0746	-0,1341	0,2011	0,0926
101	ORCDRC_M_sl7_10km_ll	0,1131	-0,0099	-0,0112	0,1147	-0,0684	-0,0146	-0,1294	-0,1365	0,0945	0,0460	-0,0637	-0,1020	0,2165	0,1047
102	PHIHOX_M_sl1_10km_ll	-0,0414	-0,1468	-0,0470	-0,0495	0,0010	-0,0821	-0,0857	-0,0312	-0,0086	-	0,0135	-0,0513	-0,0242	-0,0451
103	PHIHOX_M_sl2_10km_ll	-0,0410	-0,1472	-0,0468	-0,0492	0,0010	-0,0798	-0,0863	-0,0303	-0,0103	-	0,0129	-0,0516	-0,0238	-0,0444
104	PHIHOX_M_sl3_10km_ll	-0,0399	-0,1481	-0,0454	-0,0504	-0,0008	-0,0806	-0,0837	-0,0282	-0,0057	-	0,0073	-0,0471	-0,0250	-0,0408
105	PHIHOX_M_sl4_10km_ll	-0,0358	-0,1498	-0,0386	-0,0580	-0,0043	-0,0846	-0,0844	-0,0127	0,0090	-	0,0035	-0,0419	-0,0187	-0,0372
106	PHIHOX_M_sl5_10km_ll	-0,0340	-0,1498	-0,0367	-0,0630	-0,0077	-0,0915	-0,0767	-0,0078	0,0160	-	-0,0044	-0,0374	-0,0159	-0,0407
107	PHIHOX_M_sl6_10km_ll	-0,0335	-0,1487	-0,0397	-0,0672	-0,0140	-0,0965	-0,0691	-0,0087	0,0185	-	-0,0064	-0,0325	-0,0167	-0,0384
108	PHIHOX_M_sl7_10km_ll	-0,0332	-0,1485	-0,0393	-0,0690	-0,0150	-0,0977	-0,0692	-0,0088	0,0188	-	-0,0081	-0,0293	-0,0170	-0,0390
109	PHIKCL_M_sl1_10km_ll	-0,0492	-0,1469	-0,0202	-0,0263	0,0297	-0,0232	-0,1187	-0,0565	0,0497	-	0,0516	0,0013	0,0078	-0,0217
110	PHIKCL_M_sl2_10km_ll	-0,0454	-0,1491	-0,0217	-0,0282	0,0273	-0,0295	-0,1133	-0,0457	0,0540	-	0,0513	-0,0096	0,0043	-0,0280
111	PHIKCL_M_sl3_10km_ll	-0,0399	-0,1513	-0,0210	-0,0297	0,0281	-0,0327	-0,1099	-0,0262	0,0722	-	0,0480	-0,0109	0,0024	-0,0210
112	PHIKCL_M_sl4_10km_ll	-0,0370	-0,1522	-0,0209	-0,0293	0,0280	-0,0341	-0,1094	-0,0159	0,0782	-	0,0438	-0,0108	0,0026	-0,0171

113	PHIKCL_M_sl5_10km_ll	-0,0369	-0,1522	-0,0221	-0,0315	0,0286	-0,0449	-0,1005	-0,0130	0,0819	-	0,0357	0,0382	-0,0086	0,0050	-0,0192
114	PHIKCL_M_sl6_10km_ll	-0,0374	-0,1516	-0,0248	-0,0365	0,0240	-0,0530	-0,0892	-0,0149	0,0883	-	0,0322	0,0374	-0,0039	0,0087	-0,0115
115	PHIKCL_M_sl7_10km_ll	-0,0385	-0,1512	-0,0241	-0,0358	0,0269	-0,0512	-0,0896	-0,0247	0,0885	-	0,0357	0,0327	0,0021	0,0064	-0,0113
116	SLGWRB_10km_ll	-0,0144	-0,0541	0,0039	-0,0373	-0,0823	-0,0074	-0,1317	0,0362	0,1394	-	0,2227	0,4181	0,0560	-0,2697	0,6895
117	Declividade_10kmmn_SRTM	0,0387	-0,0323	-0,1009	0,0961	0,1250	0,2416	0,0603	0,0179	-0,0722	-	0,1522	0,1013	-0,1238	0,0325	0,0155
118	SLTPPT_M_sl1_10km_ll	0,0903	-0,0130	-0,0698	-0,1552	-0,1959	0,0816	0,0899	-0,0117	0,0170	0,0032	0,0143	0,0348	0,0408	0,0089	
119	SLTPPT_M_sl2_10km_ll	0,0898	-0,0144	-0,0711	-0,1551	-0,1963	0,0822	0,0898	-0,0151	0,0173	0,0021	0,0132	0,0327	0,0378	0,0071	
120	SLTPPT_M_sl3_10km_ll	0,0895	-0,0152	-0,0720	-0,1546	-0,1963	0,0817	0,0926	-0,0238	0,0163	-	0,0009	0,0100	0,0279	0,0367	0,0042
121	SLTPPT_M_sl4_10km_ll	0,0905	-0,0164	-0,0701	-0,1505	-0,1977	0,0994	0,0803	-0,0326	0,0086	-	0,0086	0,0058	0,0294	0,0337	-0,0114
122	SLTPPT_M_sl5_10km_ll	0,0867	-0,0280	-0,0745	-0,1487	-0,2061	0,0974	0,0662	-0,0385	0,0072	-	0,0105	-0,0076	0,0211	0,0218	-0,0415
123	SLTPPT_M_sl6_10km_ll	0,0823	-0,0308	-0,0789	-0,1516	-0,2124	0,0956	0,0585	-0,0394	0,0126	-	0,0208	0,0006	0,0246	0,0163	-0,0358
124	SLTPPT_M_sl7_10km_ll	0,0837	-0,0248	-0,0810	-0,1486	-0,2123	0,0989	0,0613	-0,0326	0,0159	-	0,0245	0,0038	0,0237	0,0223	-0,0302
125	SNDPPT_M_sl1_10km_ll	-0,0696	-0,0594	0,1396	0,1596	-0,0118	-0,0393	0,0118	0,0444	-0,0636	0,0252	-0,0170	0,0211	0,0361	0,0454	
126	SNDPPT_M_sl2_10km_ll	-0,0692	-0,0589	0,1405	0,1596	-0,0123	-0,0376	0,0119	0,0456	-0,0641	0,0255	-0,0166	0,0224	0,0379	0,0468	
127	SNDPPT_M_sl3_10km_ll	-0,0676	-0,0593	0,1404	0,1625	-0,0161	-0,0388	0,0131	0,0406	-0,0700	0,0192	-0,0230	0,0239	0,0299	0,0465	
128	SNDPPT_M_sl4_10km_ll	-0,0624	-0,0689	0,1313	0,1729	-0,0185	-0,0316	-0,0034	0,0398	-0,0648	-	0,0026	-0,0293	0,0221	0,0025	0,0303
129	SNDPPT_M_sl5_10km_ll	-0,0528	-0,0929	0,1137	0,1680	-0,0203	-0,0343	-0,0141	0,0367	-0,0612	-	0,0151	-0,0468	0,0276	-0,0293	0,0090
130	SNDPPT_M_sl6_10km_ll	-0,0509	-0,0969	0,1120	0,1648	-0,0209	-0,0399	-0,0103	0,0351	-0,0597	-	0,0145	-0,0481	0,0271	-0,0284	0,0082
131	SNDPPT_M_sl7_10km_ll	-0,0509	-0,1001	0,1093	0,1602	-0,0220	-0,0455	-0,0131	0,0337	-0,0524	-	0,0163	-0,0457	0,0282	-0,0325	0,0002
132	WWP_M_sl1_10km_ll	0,1086	0,0393	-0,1381	-0,0350	0,0245	-0,0123	0,0005	0,0092	-0,0377	0,0175	-0,0119	-0,0055	-0,0222	0,0016	
133	WWP_M_sl2_10km_ll	0,1072	0,0432	-0,1371	-0,0457	0,0392	-0,0114	-0,0173	0,0093	-0,0300	0,0178	-0,0211	-0,0016	-0,0196	0,0135	
134	WWP_M_sl3_10km_ll	0,1047	0,0432	-0,1361	-0,0664	0,0508	-0,0076	-0,0472	0,0009	-0,0264	0,0198	-0,0254	0,0127	0,0063	0,0158	
135	WWP_M_sl4_10km_ll	0,0996	0,0518	-0,1329	-0,0845	0,0564	-0,0238	-0,0491	-0,0056	-0,0308	0,0358	-0,0297	0,0193	0,0379	0,0257	
136	WWP_M_sl5_10km_ll	0,0890	0,0780	-0,1228	-0,0881	0,0613	-0,0241	-0,0474	-0,0051	-0,0362	0,0411	-0,0201	0,0231	0,0717	0,0446	

137	WWP_M_sl6_10km_ll	0,0862	0,0832	-0,1198	-0,0900	0,0643	-0,0171	-0,0521	-0,0015	-0,0332	0,0376	-0,0198	0,0243	0,0737	0,0428
138	WWP_M_sl7_10km_ll	0,0866	0,0850	-0,1157	-0,0887	0,0644	-0,0128	-0,0534	0,0006	-0,0422	0,0350	-0,0230	0,0259	0,0766	0,0508

Onde: ACDWRB_M_ss_10kmm_ll = Grau de sub-solos ácidos; AWCh1_M_sl_10kmm_ll = Capacidade disponível da água no solo (fração volumétrica) para h1; AWCh2_M_sl_10kmm_ll = Capacidade disponível da água no solo (fração volumétrica) para h2; AWCh3_M_sl_10kmm_ll = Capacidade disponível da água no solo (fração volumétrica) para h3; AWCtS_M_sl_10kmm_ll = Teor de água saturada (fração volumétrica) para tS; BDRICM_M_10kmm_ll = Profundidade da rocha (horizonte R) até 200 cm; BDRLOG_M_10kmm_ll = Probabilidade de ocorrência do horizonte R; BDTICM_M_10kmm_ll = Profundidade absoluta em rocha (em cm); BLDFIE_M_sl_10kmm_ll = Densidade a granel (terra fina) em kg / metro cúbico; CECSOL_M_sl_10kmm_ll = Capacidade de troca catiônica do solo em cmolc / kg; CLYPPT_M_sl_10kmm_ll = Fração de massa do conteúdo de argila (0-2 micrômetros) em%; CRFVOL_M_sl_10kmm_ll = Fragmentos grossos volumétricos em%; OCDENS_M_sl_10kmm_ll = Densidade de carbono orgânico do solo em kg por cúbico-m; OCSTHA_M_100cm_10kmm_ll = Estoque de carbono orgânico do solo em toneladas por ha; ORCDRC_M_sl_10kmm_ll = Teor de carbono orgânico do solo (fração terra fina) em g por kg; PHIHOX_M_sl_10kmm_ll = Solo pH x 10 em H2O; PHIKCL_M_sl_10kmm_ll = Solo pH x 10 em KCl; SLGWRB_10kmm_ll = Grau de solo sódico; SLTPPT_M_sl_10kmm_ll = Fração de massa de conteúdo de silte (2-50 micrômetros) em%; SNDPPT_M_sl_10kmm_ll = Fração de massa do conteúdo de areia (50-2000 micrômetros) em%; WWP_M_sl_10kmm_ll = Capacidade disponível da água no solo (fração volumétrica) até a secura.

Apêndice 2. Total de Unidades de conservação estaduais, na Amazônia legal brasileira, que apresentam nicho ecológico de *Swietenia macrophylla* King. **Fonte:** o próprio autor, 2020.

ID	UNIDADE DE CONSERVAÇÃO ESTADUAL	Área UC (Km ²)	Área Nicho (Km ²)	%
1	FLORESTA ESTADUAL DO TROMBETAS	31435,56	28247,07	89,86
2	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL CUJUBIM	24219,27	21686,51	89,54
3	PARQUE ESTADUAL SERRA DO ARACÁ	18720,10	17739,69	94,76
4	FLORESTA ESTADUAL DO PARU	36101,39	12638,95	35,01
5	ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO GRÃO PARÁ	42023,87	11438,84	27,22
6	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL TRIUNFO DO XINGU	16796,35	8638,48	51,43
7	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL ILHA DO BANANAL/CANTÃO	15700,05	8312,62	52,95
8	PARQUE ESTADUAL SUCUNDURI	7957,71	7953,80	99,95
9	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL - BAIXO RIO BRANCO	15647,30	7669,07	49,01
10	FLORESTA ESTADUAL DE TAPAUÁ	8817,04	7610,99	86,32
11	PARQUE ESTADUAL CHANDLESS	6938,65	6938,57	100,00
12	FLORESTA ESTADUAL DO AMAPÁ	23703,15	6368,70	26,87
13	FLORESTA ESTADUAL DE FARO	6140,08	6134,91	99,92
14	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO JUMA	5807,87	5802,13	99,90
15	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MARGEM ESQUERDA DO RIO NEGRO-SETOR ATURIÁ-APUAUZINHO	5683,10	5541,59	97,51
16	FLORESTA ESTADUAL SUCUNDURI	4810,00	4810,35	100,01
17	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL UACARÍ	6202,97	4636,89	74,75
18	FLORESTA ESTADUAL MAÚES	4501,33	4484,69	99,63
19	RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO GREGÓRIO	4250,39	4247,49	99,93
20	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO UATUMÃ	4234,63	4169,51	98,46
21	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE PRESIDENTE FIGUEIREDO - CAVERNA DO MOROAGA	4085,57	3948,29	96,64
22	RESERVA EXTRATIVISTA RIO PACAÁS NOVOS	3462,46	3461,43	99,97
23	FLORESTA ESTADUAL ARIPUANÃ	3287,45	3287,45	100,00

24	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MARGEM DIREITA DO RIO NEGRO- SETOR PADUARI-SOLIMÕES	4617,41	3285,63	71,16
25	PARQUE ESTADUAL DO MATUPIRI	5095,92	3124,81	61,32
26	FLORESTA ESTADUAL DE IRIRI	4392,39	2873,48	65,42
27	PARQUE ESTADUAL DE CORUMBIARA	3802,36	2623,96	69,01
28	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL DO RIO MADEIRA	2796,33	2259,71	80,81
29	PARQUE ESTADUAL IGARAPÉS DO JURUENA	2238,92	2237,33	99,93
30	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO LAGO DE TUCURUI	5682,02	2223,38	39,13
31	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ARIPUANÃ	2180,93	2180,93	100,00
32	PARQUE ESTADUAL DE GUAJARÁ-MIRIM	2050,49	1978,57	96,49
33	FLORESTA ESTADUAL APUÍ	1826,93	1826,93	100,00
34	RESERVA EXTRATIVISTA CANUTAMA	1979,86	1807,58	91,30
35	RESERVA EXTRATIVISTA DO GUARIBA	1480,70	1480,70	100,00
36	RESERVA EXTRATIVISTA RIO CAUTÁRIO	1486,83	1480,13	99,55
37	FLORESTA ESTADUAL CANUTAMA	1505,89	1456,46	96,72
38	RESERVA EXTRATIVISTA GUARIBA-ROOSEVELT	1376,59	1344,87	97,70
39	PARQUE ESTADUAL SERRA RICARDO FRANCO	1568,72	1254,69	79,98
40	RESERVA EXTRATIVISTA JACI-PARANÁ	1970,93	1208,42	61,31
41	RESERVA BIOLÓGICA DE MAICURU	11732,75	1187,42	10,12
42	RESERVA EXTRATIVISTA PEDRAS NEGRAS	1242,33	1184,34	95,33
43	FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO DO RIO MACHADO	1172,51	1146,79	97,81
44	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL BARARATI	1108,00	1108,00	100,00
45	ESTAÇÃO ECOLÓGICA DO RIO ROOSEVELT	979,66	976,01	99,63
46	PARQUE ESTADUAL DO XINGU	953,27	953,27	100,00
47	RESERVA EXTRATIVISTA RIO PRETO-JACUNDÁ	1013,54	952,65	93,99
48	PARQUE ESTADUAL SERRA SANTA BÁRBARA	1204,30	937,11	77,81
49	PARQUE ESTADUAL DO CANTÃO	1004,14	900,81	89,71
50	ESTAÇÃO ECOLÓGICA SERRA DOS TRÊS IRMÃOS	889,61	889,58	100,00
51	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTAVEL PURANGA CONQUISTA	860,28	859,62	99,92

52	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO RIO NEGRO	1029,79	858,89	83,40
53	FLORESTA ESTADUAL MANICORÉ	831,49	831,49	100,00
54	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL RIO AMAPÁ	2143,16	813,97	37,98
55	PARQUE ESTADUAL TUCUMÃ	809,98	809,19	99,90
56	PARQUE ESTADUAL RIO NEGRO SETOR SUL	779,51	779,51	100,00
57	PARQUE ESTADUAL GUARIBA	711,00	711,00	100,00
58	ESTAÇÃO ECOLÓGICA SAMUEL	689,92	683,40	99,05
59	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO MATUPIRI	1770,15	619,51	35,00
60	RESERVA BIOLÓGICA RIO OURO PRETO	591,38	591,25	99,98
61	PARQUE ESTADUAL CRISTALINO	590,00	587,55	99,59
62	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL MARGEM ESQUERDA DO RIO NEGRO- SETOR TARUMÃ AÇU-TARUMÃ MIRIMA	559,36	552,12	98,70
63	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO RIO IRATAPURU	8735,56	499,91	5,72
64	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA CHAPADA DOS GUIMARÃES	2534,46	469,02	18,51
65	FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO DO RIO MADEIRA ""B""	473,45	459,20	96,99
66	RESERVA BIOLÓGICA MORRO DOS SEIS LAGOS	382,88	382,76	99,97
67	PARQUE ESTADUAL SERRA DOS REIS	364,39	363,42	99,74
68	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL IGARAPÉ SÃO FRANCISCO	300,19	285,73	95,18
69	PARQUE ESTADUAL RIO NEGRO SETOR NORTE	1481,16	271,24	18,31
70	FLORESTA ESTADUAL RIO URUBU	270,53	270,53	100,00
71	ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLÓGICO JAPIIM PENTECOSTE	256,54	256,54	100,00
72	RESERVA BIOLÓGICA TRAÇADAL	241,50	241,50	100,00
73	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PIAGAÇU PURUS	8008,72	190,55	2,38
74	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL ALCOBAÇA	224,61	186,58	83,07
75	RESERVA EXTRATIVISTA AQUARIQUARA	179,23	178,44	99,56
76	RESERVA EXTRATIVISTA CATUÁ-IPIXUNA	2123,22	117,39	5,53
77	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL SERRA DO LAJEADO	1118,83	106,12	9,48
78	RESERVA EXTRATIVISTA CASTANHEIRA	99,24	99,01	99,76

79	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL NASCENTES DO RIO PARAGUAI	708,57	96,57	13,63
80	PARQUE ESTADUAL ENCONTRO DAS ÁGUAS	1080,27	96,10	8,90
81	RESERVA EXTRATIVISTA MARACATIARA	95,12	94,77	99,64
82	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL VITÓRIA DE SOUZEL	229,69	92,72	40,37
83	ESTAÇÃO ECOLÓGICA RIO FLOR DO PRADO	85,35	85,35	100,00
84	RESERVA EXTRATIVISTA ANGELIM	89,28	75,70	84,79
85	FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO MUTUM	112,21	58,93	52,52
86	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DA BAIXADA MARANHENSE	17284,87	58,25	0,34
87	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DAS CABECEIRAS DO RIO CUIABÁ	4732,12	56,72	1,20
88	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO RIO MADEIRA	56,38	55,98	99,29
89	RESERVA EXTRATIVISTA MASSARANDUBA	55,69	55,67	99,96
90	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL NHAMUNDÁ	2015,97	54,62	2,71
91	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL CANUMÃ	227,58	54,43	23,92
92	REFÚGIO DE VIDA SILVESTRE CORIXÃO DA MATA AZUL	357,08	52,72	14,76
93	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL LAGO DO AMAPÁ	51,77	51,22	98,95
94	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL PAYTUNA	574,18	43,57	7,59
95	FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO RIO VERMELHO (C)	41,01	39,93	97,37
96	PARQUE ESTADUAL DA SERRA DOS MARTÍRIOS/ANDORINHAS	250,32	33,26	13,29
97	RESERVA EXTRATIVISTA SUCUPIRA	30,58	30,58	100,00
98	PARQUE ESTADUAL DO GUIRÁ	1046,15	29,68	2,84
99	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL LAGO DE SÃO SALVADOR DO TOCANTINS, PARANÁ E PALMEIRÓPOLIS	84,51	29,29	34,66
100	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DE SÃO GERALDO DO ARAGUAIA	267,03	27,27	10,21
101	REFÚGIO DE VIDA SILVESTRE TABULEIRO DO EMBAUBAL	40,36	26,30	65,17
102	FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO CEDRO	25,68	25,46	99,13
103	RESERVA EXTRATIVISTA <i>S. MACROPHYLLA</i>	24,52	24,50	99,94
104	RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL CRISTALINO I	24,51	24,50	99,96
105	RESERVA EXTRATIVISTA DO ITAÚBA	18,15	18,10	99,70
106	RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL PEUGEOT-ONF-BRASIL	17,60	17,60	100,00

107	RESERVA PARTICULAR DO PATRIMÔNIO NATURAL CRISTALINO III	16,17	16,17	100,00
108	RESERVA EXTRATIVISTA CURRALINHO	17,51	15,77	90,06
109	PARQUE ESTADUAL DE ÁGUAS QUENTES	15,07	15,07	100,00
110	RESERVA EXTRATIVISTA PIQUIÁ	14,50	14,33	98,86
111	RESERVA EXTRATIVISTA JATOBÁ	12,53	12,51	99,85
112	RESERVA EXTRATIVISTA ROXINHO	9,64	9,64	100,00
113	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL PUCURUÍ - ARARÃO	291,67	9,21	3,16
114	FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO PERIQUITO	11,53	8,81	76,43
115	RESERVA EXTRATIVISTA GARROTE	8,60	8,60	100,00
116	RESERVA EXTRATIVISTA FREIJÓ	6,01	5,98	99,51
117	RESERVA EXTRATIVISTA SERINGUEIRA	5,56	5,56	99,98
118	RESERVA DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL IGAPÓ-AÇU	3946,23	5,29	0,13
119	RESERVA EXTRATIVISTA IPÊ	8,15	5,19	63,69
120	FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO ARARAS	10,86	5,07	46,66
121	FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO TUCANO	7,25	4,31	59,41
122	FLORESTA ESTADUAL DE RENDIMENTO SUSTENTADO GAVIÃO	4,56	2,81	61,67
123	PARQUE ESTADUAL SUMAÚMA	0,53	0,53	100,00
TOTAL		440053,05	255281,58	

Apêndice 3. Total de Unidades de Conservação federais, na Amazônia legal brasileira, que apresentam nicho ecológico de *Swietenia macrophylla* King. **Fonte:** o próprio autor, 2020.

ID	UNIDADE DE CONSERVAÇÃO FEDERAL	UF	Área UC (Km ²)	Área Nicho (Km ²)	%
1	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO TAPAJÓS	PA	20403,31	19927,55	97,67
2	PARQUE NACIONAL DO JURUENA	AM/MT	19580,14	19573,93	99,97
3	FLORESTA NACIONAL DO AMAZONAS	AM/RR	19442,30	17778,76	91,44
4	PARQUE NACIONAL MAPINGUARI	AM/RO	17769,29	17558,26	98,81
5	PARQUE NACIONAL DO PICO DA NEBLINA	AM	22526,39	16327,84	72,48
6	FLORESTA NACIONAL DO IQUIRI	AM	14726,10	14709,04	99,88
7	FLORESTA NACIONAL DO JAMANXIM	PA	13016,97	12266,03	94,23
8	FLORESTA NACIONAL DE BALATA-TUFARI	AM	10799,12	10774,71	99,77
9	PARQUE NACIONAL DA AMAZÔNIA	AM/PA	10662,08	10651,00	99,90
10	FLORESTA NACIONAL DE PAU-ROSA	AM	9881,87	9852,28	99,70
11	ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA TERRA DO MEIO	PA	33731,75	9671,70	28,67
12	RESERVA EXTRATIVISTA VERDE PARA SEMPRE	PA	12893,80	9573,91	74,25
13	PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS AMAZÔNICOS	RO/MT/AM	9613,27	9544,18	99,28
14	RESERVA BIOLÓGICA DE UATUMÃ	AM	9387,32	9206,20	98,07
15	RESERVA EXTRATIVISTA CHICO MENDES	AC	9315,43	9097,20	97,66
16	PARQUE NACIONAL DO ACARI	AM	8964,11	8963,36	99,99
17	PARQUE NACIONAL DA SERRA DO DIVISOR	AC	8375,60	8344,61	99,63
18	PARQUE NACIONAL DO JAMANXIM	PA	8628,95	8138,64	94,32
19	RESERVA EXTRATIVISTA ITUXÍ	AM	7763,30	7756,65	99,91
20	RESERVA EXTRATIVISTA DO CAZUMBÁ-IRACEMA	AC	7549,87	7526,48	99,69
21	FLORESTA NACIONAL DO ARIPUANÃ	AM	7513,02	7499,51	99,82
22	FLORESTA NACIONAL DO CREPORI	PA	7403,96	7392,99	99,85
23	PARQUE NACIONAL DE PACAÁS NOVOS	RO	7086,70	7019,77	99,06
24	FLORESTA NACIONAL DO AMANA	PA/AM	6825,61	6796,82	99,58
25	ESTAÇÃO ECOLÓGICA ALTO MAUÉS	AM	6656,74	6664,24	100,11

26	RESERVA EXTRATIVISTA DO MÉDIO PURÚS	AM	6042,36	5987,43	99,09
27	RESERVA BIOLÓGICA DO GUAPORÉ	RO	6157,76	5864,02	95,23
28	FLORESTA NACIONAL DO JATUARANA	AM	5694,28	5694,44	100,00
29	PARQUE NACIONAL NASCENTES DO LAGO JARI	AM	8127,53	5424,12	66,74
30	RESERVA EXTRATIVISTA RIOZINHO DO ANFRÍSIO	PA	7370,89	5395,07	73,19
31	FLORESTA NACIONAL DE URUPADI	AM	5380,81	5373,13	99,86
32	PARQUE NACIONAL DO RIO NOVO	PA	5381,57	5362,22	99,64
33	RESERVA EXTRATIVISTA DO ALTO JURUÁ	AC	5379,49	5327,32	99,03
34	FLORESTA NACIONAL DO TAPAJÓS	PA	5306,21	5272,28	99,36
35	RESERVA EXTRATIVISTA TAPAJÓS-ARAPIUNS	PA	6775,21	4954,06	73,12
36	FLORESTA NACIONAL DE HUMAITÁ	AM	4724,55	4723,18	99,97
37	FLORESTA NACIONAL DE SARACÁ-TAQUERA	PA	4412,88	4106,49	93,06
38	RESERVA EXTRATIVISTA BAIXO RIO BRANCO-JAUAPERI	AM/RR	5806,31	4025,46	69,33
39	RESERVA BIOLÓGICA DO RIO TROMBETAS	PA	4077,59	3961,58	97,15
40	FLORESTA NACIONAL DE ITAITUBA II	PA	3977,56	3921,06	98,58
41	FLORESTA NACIONAL MAPIÁ - INAUINI	AM	3689,50	3689,06	99,99
42	RESERVA BIOLÓGICA DO MANICORÉ	AM	3591,38	3590,85	99,99
43	RESERVA BIOLÓGICA DO JARU	RO	3468,64	3465,46	99,91
44	RESERVA EXTRATIVISTA RIOZINHO DA LIBERDADE	AC/AM	3249,06	3238,73	99,68
45	PARQUE NACIONAL MONTANHAS DO TUMUCUMAQUE	AP	38651,72	3110,08	8,05
46	FLORESTA NACIONAL DE CAXIUANÃ	PA	3179,51	3061,78	96,30
47	PARQUE NACIONAL SERRA DA CUTIA	RO	2835,03	2833,96	99,96
48	RESERVA EXTRATIVISTA DO LAGO DO CAPANÃ GRANDE	AM	3043,13	2656,68	87,30
49	RESERVA BIOLÓGICA NASCENTES DA SERRA DO CACHIMBO	PA	3421,96	2587,32	75,61
50	FLORESTA NACIONAL DO TRAIRÃO	PA	2575,29	2566,90	99,67
51	FLORESTA NACIONAL DO PURUS	AM	2561,23	2557,81	99,87
52	FLORESTA NACIONAL DE CARAJÁS	PA	3912,63	2553,31	65,26
53	PARQUE NACIONAL DO ARAGUAIA	TO	5555,24	2408,67	43,36
54	FLORESTA NACIONAL DE SANTA ROSA DO PURUS	AC	2315,57	2308,87	99,71

55	FLORESTA NACIONAL DO JAMARI	RO	2221,57	2219,45	99,90
56	FLORESTA NACIONAL DE JACUNDÁ	RO	2212,20	2209,17	99,86
57	FLORESTA NACIONAL DE ITAITUBA I	PA	2131,05	2128,05	99,86
58	RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO OURO PRETO	RO	2046,33	2019,36	98,68
59	RESERVA EXTRATIVISTA RENASCER	PA	2096,67	1865,75	88,99
60	ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE CUNIÃ	RO/AM	1853,14	1847,20	99,68
61	FLORESTA NACIONAL DO MACAUÃ	AC	1763,47	1763,13	99,98
62	FLORESTA NACIONAL DE ALTAMIRA	PA	7249,74	1642,20	22,65
63	RESERVA EXTRATIVISTA DO ALTO TARAUCÁ	AC	1541,34	1526,36	99,03
64	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS CAMPOS DE MANICORÉ	AM	1524,10	1522,86	99,92
65	PARQUE NACIONAL DE ANAVILHANAS	AM	3502,43	1369,02	39,09
66	FLORESTA NACIONAL DE ANAUÁ	RR	2594,03	1338,87	51,61
67	RESERVA EXTRATIVISTA ARAPIXI	AM	1337,12	1328,08	99,32
68	RESERVA EXTRATIVISTA RIO IRIRI	PA	3989,98	1201,23	30,11
69	PARQUE NACIONAL DO MONTE RORAIMA	RR	1167,49	1157,14	99,11
70	PARQUE NACIONAL DA SERRA DO PARDO	PA	4454,13	1119,06	25,12
71	FLORESTA NACIONAL DE MULATA	PA	2166,04	1107,19	51,12
72	PARQUE NACIONAL DO CABO ORANGE	AP	6573,28	1078,70	16,41
73	RESERVA EXTRATIVISTA BARREIRO DAS ANTAS	RO	1061,99	1061,91	99,99
74	RESERVA EXTRATIVISTA DO MÉDIO JURUÁ	AM	2869,55	961,72	33,51
75	FLORESTA NACIONAL DO BOM FUTURO	RO	1000,75	961,12	96,04
76	ESTAÇÃO ECOLÓGICA RIO ACRE	AC	793,95	791,81	99,73
77	RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO DO CAUTÁRIO	RO	751,25	746,83	99,41
78	PARQUE NACIONAL DO JAÚ	AM/RR	23673,57	699,83	2,96
79	FLORESTA NACIONAL DE TEFÉ	AM	8651,27	684,19	7,91
80	RESERVA EXTRATIVISTA DO LAGO DO CUNIÃ	RO	758,77	681,68	89,84
81	FLORESTA NACIONAL DE RORAIMA	AM/RR	1696,29	588,13	34,67
82	RESERVA EXTRATIVISTA GURUPÁ-MELGAÇO	PA	1455,74	465,71	31,99
83	PARQUE NACIONAL SERRA DA MOCIDADE	AM/RR	3599,44	463,58	12,88

84	FLORESTA NACIONAL DO ITACAIUNAS	PA	1367,01	386,71	28,29
85	PARQUE NACIONAL DOS CAMPOS FERRUGINOSOS	PA	790,86	383,34	48,47
86	RESERVA BIOLÓGICA DO ABUFARI	AM	2238,67	382,62	17,09
87	FLORESTA NACIONAL DO TAPIRAPÉAQUIRI	PA	1965,06	367,60	18,71
88	ESTAÇÃO ECOLÓGICA DA SERRA DAS ARARAS	MT	271,60	262,45	96,63
89	RESERVA BIOLÓGICA DO GURUPI	MA	2712,01	245,54	9,05
90	FLORESTA NACIONAL DE SÃO FRANCISCO	AC	211,48	211,48	100,00
91	ESTAÇÃO ECOLÓGICA DE MARACÁ	RR	1035,20	208,30	20,12
92	RESERVA EXTRATIVISTA RIO XINGU	PA	3030,05	201,00	6,63
93	RESERVA EXTRATIVISTA DO RIO CAJARI	AP	5324,05	118,88	2,23
94	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DOS MEANDROS DO RIO ARAGUAIA	MT/GO	3591,94	50,57	1,41
95	PARQUE NACIONAL DA CHAPADA DOS GUIMARÃES	MT	326,47	49,59	15,19
96	ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLÓGICO PROJETO DINÂMICA BIOLÓGICA DE FRAGMENTOS FLORESTAIS	AM	31,80	31,80	100,00
97	RESERVA BIOLÓGICA DO TAPIRAPÉ	PA	992,73	29,93	3,02
98	ÁREA DE RELEVANTE INTERESSE ECOLÓGICO SERINGAL NOVA ESPERANÇA	AC	25,74	18,62	72,35
99	ÁREA DE PROTEÇÃO AMBIENTAL DO IGARAPÉ GELADO	PA	232,85	11,49	4,94
100	ESTAÇÃO ECOLÓGICA NIQUIÁ	RR	3063,95	10,18	0,33
TOTAL			601130,01	428156,43	