

*Distribuição natural de *Trema micrantha* (L.) Blume no presente e nos cenários climáticos futuros*

Considerado o maior bioma de floresta tropical do mundo, a Amazônia contém cerca de 50% da biodiversidade do planeta. Entretanto, este bioma vem sendo ameaçado por vários fatores, dentre os quais o principal é o desmatamento causado por um conjunto de atividades antrópicas. Diante disto, o objetivo do trabalho foi determinar a distribuição natural de *Trema micrantha* (L.) Blume por biomas e analisar as alterações em sua distribuição no futuro, em função das mudanças climáticas globais. Para este fim, foram usados modelos de nicho ecológico e foram produzidos mapas que podem servir de suporte à tomada de decisão, visando a conservação dos recursos genéticos da espécie e a redução dos riscos de extinção de populações, principalmente as situadas nas zonas marginais de distribuição da espécie, que podem ser as primeiras a sofrer os efeitos das mudanças climáticas. As populações das zonas marginais são as que têm maior diversidade genética, pelo fato de estarem presentes na zona de transição, e não tem similares em outras regiões, devido à condição climática diferenciada que possuem. As informações geradas poderão auxiliar na formulação de políticas públicas que orientem o uso e a conservação dos recursos genéticos da espécie, e de ações que estimulem sua sobrevivência nas próximas décadas, preservando sua diversidade genética e garantindo o suprimento de madeira de qualidade no futuro.

Palavras-chave: Mudanças climáticas; Conservação; Modelagem ecológica; Distribuição de espécie; Políticas públicas.

*Natural distribution of *Trema micrantha* (L.) Blume in the present and future climate scenarios*

Considered the largest tropical forest biome in the world, the Amazon contains about 50% of the planet's biodiversity. However, this biome has been threatened by several factors, among which the main one is deforestation caused by a set of human activities. Therefore, the objective of the work was to determine the natural distribution of *Trema micrantha* (L.) Blume by biomes and analyze the changes in its distribution in the future, as a function of global climate change. For this purpose, ecological niche models were used and maps were produced that can support decision-making, aiming at the conservation of the species' genetic resources and the reduction of the risk of extinction of populations, especially those located in the marginal distribution zones species, which may be the first to suffer the effects of climate change. The populations in the marginal zones are the ones with the greatest genetic diversity, as they are present in the transition zone, and are not similar in other regions, due to their different climatic condition. The information generated may help to formulate public policies that guide the use and conservation of the species' genetic resources, and actions that encourage its survival in the coming decades, preserving its genetic diversity and ensuring the supply of quality wood in the future.

Keywords: Climate change; Conservation; Ecological modeling; Species distribution; Public policies.

Topic: **Meteorologia, Climatologia e Mudanças Climáticas**

Received: **06/10/2021**

Approved: **26/10/2021**

Reviewed anonymously in the process of blind peer.

Brisa Flor 
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8446339885839165>
<http://orcid.org/0000-0002-2884-4737>
brisaflor@gmail.com

Ananda Virgínia de Aguiar 
Embrapa Floresta, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/5613653432409380>
<http://orcid.org/0000-0003-1225-7623>
anandavaguiar@gmail.com

Marcos Silveira Wrege 
Embrapa Floresta, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8219074753068077>
<http://orcid.org/0000-0002-6368-6586>
marcos.wrege@gmail.com

Iasmin Laís Damasceno Paranaíba 
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/3917410190828445>
<http://orcid.org/0000-0003-2370-8944>
iasminlais@hotmail.com

Diulio Andrew Torres de Souza 
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/2054275631829176>
<http://orcid.org/0000-0003-1200-2807>
diulio51@gmail.com

Ricardo Livio Santos Marques 
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7511812779418258>
<http://orcid.org/0000-0001-7871-4220>
lvio.rism@gmail.com

Santiago Linorio Ferreyra Ramos 
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/737537372450367>
<http://orcid.org/0000-0003-0364-316X>
sifr@ufam.edu.br

Gabriel Dequigiovanni 
Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9325499217284836>
<http://orcid.org/0000-0002-8093-8749>
gabrieldequi@gmail.com

Jennifer Souza Tomaz 
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0908887940253450>
<http://orcid.org/0000-0001-6612-2172>
jennifertomaz14@gmail.com

Maria Teresa Gomes Lopes 
Universidade Federal do Amazonas, Brasil
<http://lattes.cnpq.br/9307727443790246>
<http://orcid.org/0000-0003-1988-7126>
mtglopes@gmail.com



DOI: 10.6008/CBPC2179-6858.2021.010.0019

Referencing this:

FLOR, B.; AGUIAR, A. V.; WREGE, M. S.; PARANATINGA, I. L. D.; SOUZA, D. A. T.; MARQUES, R. L. S.; RAMOS, S. L. F.; DEQUIGIOVANNI, G.; TOMAZ, J. S.; LOPES, M. T. G.. Distribuição natural de *Trema micrantha* (L.) Blume no presente e nos cenários climáticos futuros. *Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais*, v.12, n.10, p.223-232, 2021. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.010.0019>

INTRODUÇÃO

Considerado o maior bioma de floresta tropical do mundo, a Amazônia contém cerca de 50% da biodiversidade do planeta (VASCONCELOS, 2015). Entretanto, este bioma vem sendo ameaçado por vários fatores, dentre os quais o principal é o desmatamento causado por um conjunto de atividades antrópicas, tais como: a prática da pecuária extensiva e da agricultura, a construção de estradas e de hidrelétricas, atividades de mineração e madeireiras, e processo acelerado de urbanização (MOREIRA, 2009).

Várias espécies têm sido relatadas como potenciais para recuperação de áreas desmatadas e degradadas na Amazônia, dentre elas destaca-se *Trema micrantha* (L.) Blume, espécie florestal nativa do Brasil, pioneira e de crescimento rápido. É encontrada principalmente em solos alterados, podendo colonizar áreas desmatadas, tornando-se dominante durante os primeiros anos de sucessão (BROKAW, 1987; DENSLow, 1987).

A espécie apresenta ampla gama de benefícios, desde uso como matéria prima até a conservação do solo e das condições da floresta. A madeira é usada para construções leves e como lenha. Apresenta uso medicinal, sendo os compostos extraídos de suas folhas, usados no tratamento de erupções oriundas de sarampo, e ainda, amenizando sintomas de diabetes e artrite (BARBERA et al., 1992; NEE, 1993; SCHOENFELDER et al., 2006; MÁRQUEZ-CRUZ et al., 2011). É recomendada para programas de plantios florestais, recuperação de áreas degradadas por mineração e restauração de matas ciliares (FERREIRA et al., 1977; CARVALHO, 1994; LORENZI, 2008; NÓBREGA et al., 2010).

T. micrantha atrai grande quantidade de espécies essencialmente frugívoras, além de espécies onívoras e insetívoras que incluem frutos em sua dieta, sugerindo um amplo e diversificado conjunto de organismos dispersores (ANDREANI et al., 2014). A espécie é amplamente distribuída na Amazônia, e pode estar sofrendo alterações em suas populações devido ao desmatamento. A redução de populações de uma espécie vegetal como *T. micrantha* pode provocar também riscos de redução de animais que dela se alimentam, devido às conexões diretas das espécies integrantes de um ecossistema.

A trema é uma espécie nativa do Brasil, ocorre com frequência em fases iniciais da sucessão secundária, geralmente em populações agregadas, com ocorrência no sul dos Estados Unidos, México, América Central e América do Sul (BACKES et al., 2004). Em território brasileiro, está distribuída em vários tipos de formações vegetais por todos os estados (LORENZI, 2008) sendo sua presença marcante em Floresta Ombrófila Densa (Floresta Amazônica e Floresta Atlântica) e nos Campos Rupestres ou de Altitude (CARVALHO, 1994).

A redução de áreas de florestas provoca risco de perda de biodiversidade para o planeta em número de indivíduos dentro de cada espécie e em variabilidade genética das populações das espécies alteradas. Para espécies arbóreas, acredita-se que essa perda de variabilidade genética seja causada pelos efeitos de deriva genética, pela diminuição ou perda de fluxo gênico entre populações anteriormente conectadas e devido à endogamia relacionada à redução do tamanho das populações (ELLSTRAND et al., 1993; KOSKELA et al., 2002).

Além dos desmatamentos, alterações climáticas também ameaçam a sobrevivência das espécies. À medida que os impactos ambientais causados por mudanças climáticas se tornam mais aparentes, aumenta-se a necessidade de previsões mais confiáveis sobre como estas mudanças continuarão afetando os ecossistemas (KURMES et al., 2008). Encontrar maneiras de reduzir as incertezas na previsão sobre a influência de futuras emissões de gases do efeito estufa e do clima nos processos de planejamento de gerenciamento de recursos naturais será essencial para a sustentabilidade ecológica em um clima instável (TRENBERTH, 2010).

Projeções de mudanças futuras no ecossistema podem ser alcançadas com modelos climáticos baseados em nichos que simulam uma série de processos ecológicos e têm sido utilizados para prever mudanças na biomassa e na produtividade do ecossistema, bem como mudanças na distribuição geográfica de tipos de vegetação, espécies ou zonas ecológicas (COOPS et al., 2011).

O conceito geral de nicho pode ser delimitado ao que foi chamado de nicho ecológico, onde se refere ao tempo atual em que o organismo se desenvolve e como ele interage com os fatores ambientais circundantes. O nicho ecológico envolve todos os recursos atuais do meio ambiente, as adaptações dos organismos e como esses dois se relacionam (HUTCHINSON, 1957).

Nos últimos anos têm sido desenvolvidos vários programas para realizar modelos ecológicos de nicho, convertendo-se em importantes ferramentas para biologia da conservação e ecologia de paisagens (PETERSON et al., 2002). Estes modelos estão embasados no conceito de nicho ecológico de Hutchinson (1957) relacionando a informação ecológica com a ambiental, identificando zonas que não possuem registros anteriores da espécie, obtendo desta forma a área de distribuição potencial destas espécies (PETERSON et al., 2002). Estas aplicações vêm sendo utilizadas recentemente para avaliar o impacto provocado pelas mudanças climáticas e de uso de solo, que implicam na transformação da cobertura vegetal original por fatores antrópicos (VELÁZQUEZ et al., 2002).

Os modelos de nicho ecológico nos proporcionam previsões precisas de ocorrência da espécie, desde que os dados utilizados sejam confiáveis, com o maior número possível de pontos de presença que representem com fidelidade a região em que a espécie ocorre. A decisão de escolha entre os modelos é baseada na comparação entre dados observados e estimados, utilizando índices que medem a diferença entre os modelos (JIMENÉZ-VALVERDE et al., 2008).

A modelagem do nicho ecológico possibilita a identificação das condições abióticas ideais para sobrevivência da espécie, por meio da sua distribuição e se baseia em atributos ambientais, sendo uma importante ferramenta para investigar padrões e processos biogeográficos, possibilitando a previsão da distribuição geográfica de espécies a partir de dados esparsos de ocorrência (GUISAN et al., 2005). Além dessas previsões, este estudo proporciona a possibilidade de analisar várias questões ecológicas, de evolução e conservação, como definir áreas prioritárias para conservação ou verificar a distribuição geográfica de uma espécie no passado e fazer previsões sobre a sua distribuição futura (SIQUEIRA et al., 2003).

MATERIAIS E MÉTODOS

Desenvolvimento de modelagem ecológica para populações naturais ou distribuição de *T. micrantha*

Informações de ocorrência de *T. micrantha* foram obtidas a partir de bancos de dados da espécie. Os bancos de dados contêm pontos georreferenciados de ocorrência (latitude e longitude), armazenados no site do Centro de Referência em Informação Ambiental - CRIA (CRIA, 1999). Este banco de dados de coleções biológicas é de livre acesso, e pode ser acessado por meio da ferramenta SpeciesLink, sistema de informações sobre espécies onde são armazenadas informações reunidas a partir de herbários de todo o país, associado a um sistema de previsão de distribuição geográfica de espécies, baseado em modelagem matemática.

Primeiramente foi verificada a consistência dos dados dos locais de presença de *T. micrantha*. Foram eliminados os outliers, ou seja, pontos isolados dos agrupamentos principais e que não corroboram com as informações de distribuição natural da espécie. Em uma segunda análise, foram corrigidas coordenadas invertidas (latitude com longitude e vice-versa) e excluídas as incorretas (ocorrência sobre o mar, por exemplo). A modelagem da predição de ocorrência foi feita apenas para o Brasil, sendo retiradas as coordenadas com registro de presença da espécie em outros países. Para este fim, foi utilizado sistema de informações geográficas - SIG.

Os dados climáticos do “período atual” (período base) e dos cenários futuros foram obtidos no site do Worldclim e foram gerados mapas das variáveis bioclimáticas com resolução espacial aproximada de 1 km², o que corresponde a 30” na linha do Equador. As variáveis bioclimáticas foram organizadas na escala temporal mensal, estacional e anual, sendo trabalhadas as principais variáveis de importância para determinação da distribuição das espécies, como por exemplo a temperatura do ar e a precipitação pluvial, entre outras (KUMAR et al., 2009). Os dados do período base (“período presente”) foram registrados entre 2009 e 2019. Os cenários futuros foram projetados para 2050 e 2070.

Os mapas de clima atual e de cenários climáticos futuros foram elaborados usando-se regressão linear múltipla, utilizando a latitude, a longitude e o modelo numérico do terreno (representando a altitude), como variáveis preditoras. Para a modelagem da predição de ocorrência, foram selecionadas 19 variáveis bioclimáticas (Tabela 1), incluindo temperaturas mínimas e máximas e precipitação pluvial.

Foram calculadas as médias do período base, compreendido entre 2009 e 2019, das variáveis climáticas listadas na Tabela 1. Sobre essa base, seguindo-se as tendências do Quinto Relatório de Avaliação do Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas (AR5/IPCC) (IPCC, 2007), foram calculados os cenários climáticos futuros, sendo um “cenário mais pessimista” (RCP 85), com manutenção dos padrões atuais de emissões de GEEs (RCP: “Representative Concentration Pathway”), e outro cenário de menores emissões ou “cenário menos pessimista” (RCP 45) (NAKICENOVIC et al., 2000).

A predição de distribuição geográfica foi feita para quatro modelos de algoritmo: “Aclimate Space Model”, “Envelope Score”, “Niche Mosaic” e “Environmental Distance”. A modelagem da predição futura de ocorrência da espécie foi feita com o uso do software Open Modeller. Este programa trabalha com dados de distribuição geográfica de espécies (latitude e longitude) e com mapas ou camadas ambientais (clima, solos

e relevo), compondo um sistema matemático de previsão de distribuição de espécies.

Tabela 1: Variáveis bioclimáticas selecionadas para uso na modelagem da previsão de ocorrência da espécie em estudo, com o código e sua correspondente variável.

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

As variáveis ambientais foram as mesmas para o presente e para o futuro. Os mapas de saídas dos modelos foram transformados em valores numéricos, variando entre 0 e 1. Cada pixel do mapa passou a representar um valor, 0 ou 1, sendo 0 relacionado a não possibilidade de ocorrência da espécie e 1 a possibilidade máxima de ocorrência. Os mapas formados no Open Modeller em formato de texto ASCII (American Standard Code for Information Interchange), contendo estes valores binários, foram importados para o ArcGIS e transformados para o formato 'raster'. Foram posteriormente criadas classes de categoria, com um gradiente variando de '0' a '1', representando desde as zonas sem possibilidade de ocorrência até as zonas com possibilidade máxima de ocorrência, respectivamente, para o desenvolvimento da espécie.

A avaliação da qualidade dos modelos ajustados foi feita a partir de cálculo da área sob a curva (Area Under the Curve - AUC), obtida a partir da integração da curva de Características Operacionais do Receptor (Receiver Operating Characteristic - ROC). O valor máximo de AUC é, teoricamente, 1,0 e indica discriminação perfeita, enquanto que valores inferiores a 0,5 denotam baixo desempenho da modelagem. O teste de Jackknife foi aplicado para diagnosticar a contribuição relativa de cada variável bioclimática.

Com isto, neste estudo foram identificados locais onde devem ser priorizados programas de conservação de populações naturais da espécie considerando o clima do período atual e o das próximas décadas, projetado de acordo com as análises das mudanças climáticas globais.

RESULTADOS

A partir dos bancos de dados da coleção biológica do CRIA, foi possível obter 3.494 pontos de ocorrência de *T. micrantha* no Brasil, (Figura 1), após a eliminação dos pontos discrepantes, com erro de localização ou situados fora do país.

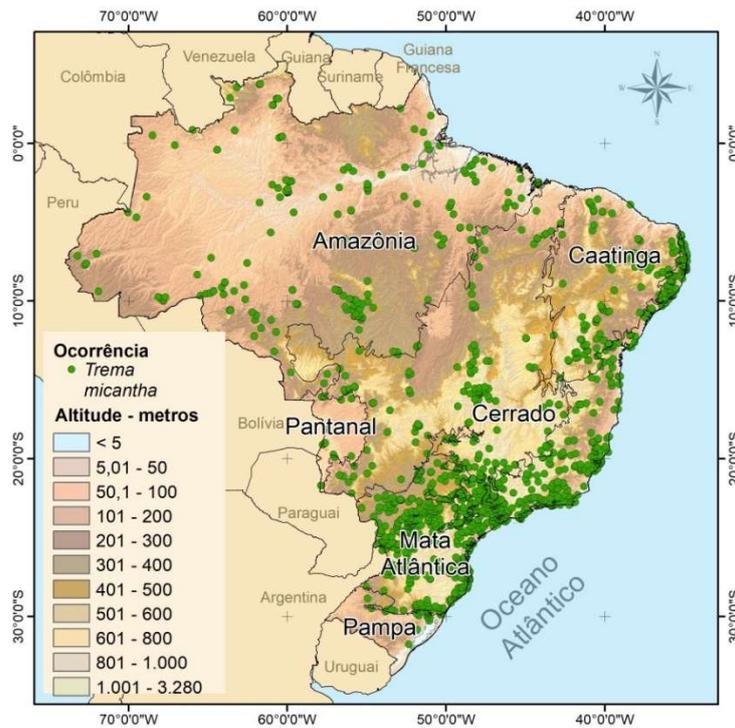


Figura 1: Dados de ocorrência de *Trema micrantha* por biomas no Brasil.

O mapeamento da distribuição atual de *T. micrantha*, com base nos pontos de presença da espécie, foi significativo para todos os modelos utilizados ($p < 0,001$), Modelo Environmental Distance (Figura 2) e Modelo Envelope Score (Figura 3). Entre os modelos gerados, foi selecionado o mais representativo da distribuição. O que apresentou maior similaridade com a distribuição da espécie foi o Envelope Score. O modelo utilizado permitiu expressar a ocorrência potencial da espécie em área que abrange o domínio de todos os seis biomas (Figura 3).

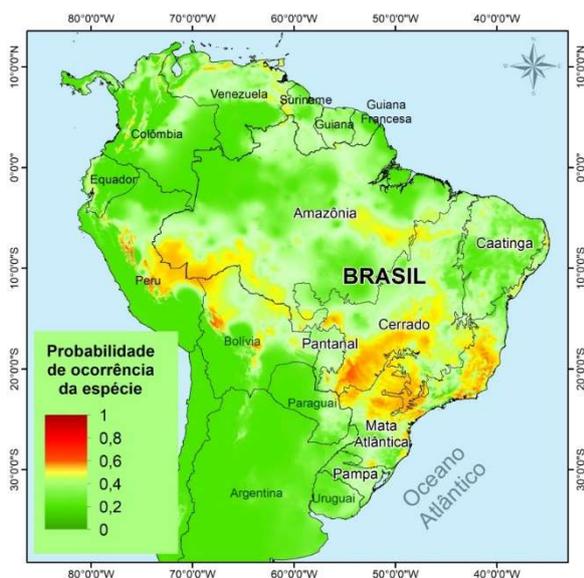


Figura 2: Distribuição de *T. micrantha* no Brasil por biomas no período atual (Modelo Environmental Distance).

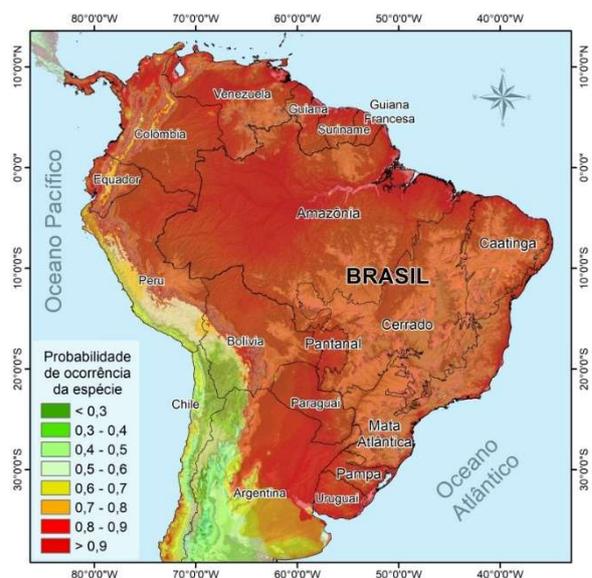


Figura 3: Distribuição de *T. micrantha* no Brasil por biomas no período atual (Modelo Envelope Score).

As projeções realizadas para os cenários climáticos otimistas (RCP 45) e pessimistas (RCP 85) no futuro (Figuras 4, 5, 6 e 7) apontam para redução das áreas aptas ao desenvolvimento da espécie nos dois

períodos avaliados (2020-2050 e 2051-2070), sendo que as áreas mais sensíveis à redução da espécie estão concentradas nos biomas Amazônia, Pantanal e Cerrado.

Os resultados gerados demonstram que *T. micrantha* possui distribuição ampla pelo Atlântico, apresentando predominância nas partes litorâneas dos biomas Caatinga e Mata Atlântica, condizendo com estudos que a classificam como uma espécie neotropical, comum em fases iniciais da sucessão secundária, se adaptando em vários tipos de formações vegetais (LORENZI, 2008), sendo marcante em florestas ombrófilas densas, mas também em campos rupestres (CARVALHO, 1994). Com isso, a projeção atual gerada pela modelagem utilizada corrobora com o descrito pelo levantamento de literatura.

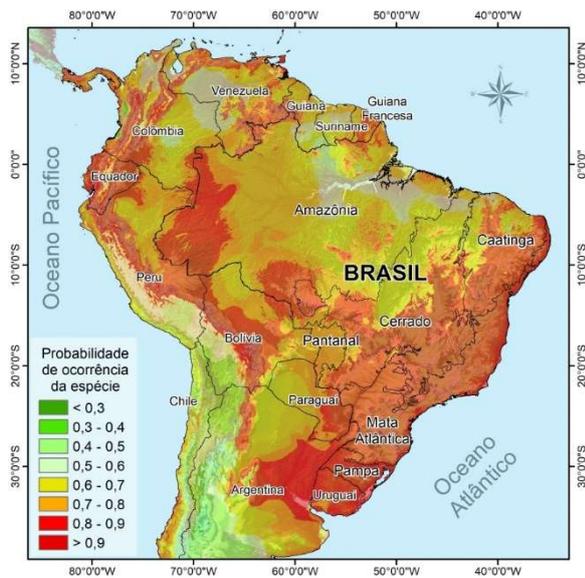


Figura 4: Projeção para o período de 2020-2050, no cenário RCP 45, da distribuição de *T. micrantha* no Brasil por biomas de acordo com as mudanças climáticas globais (Modelo Envelope Score).

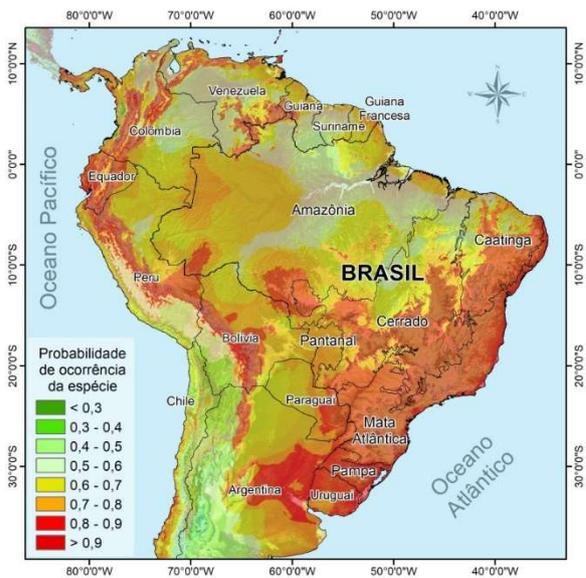


Figura 5: Projeção para 2051-2070, no cenário RCP 45, da distribuição de *Trema micrantha* no Brasil por biomas de acordo com as mudanças climáticas globais (Modelo Envelope Score).

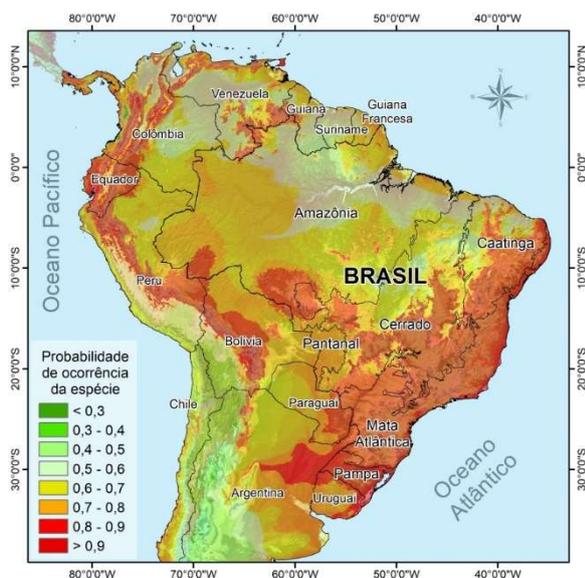


Figura 6: Projeção para o período de 2020-2050, no cenário RCP 85, da distribuição de *Trema micrantha* no Brasil por biomas de acordo com as mudanças climáticas globais (Modelo Envelope Score).

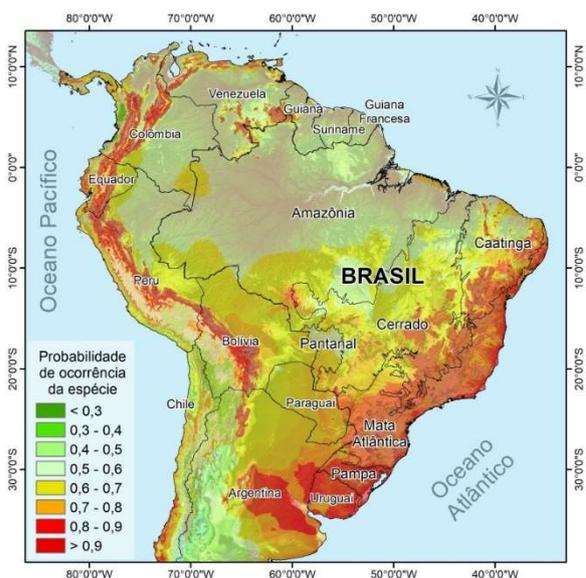


Figura 7: Projeção para o período de 2051-2070, no cenário RCP 85, da distribuição de *Trema micrantha* no Brasil por biomas de acordo com as mudanças climáticas globais (Modelo Envelope Score).

Entre os modelos gerados durante a tabulação de dados, para o cálculo da área foi selecionado aquele que apresentou a maior similaridade com os pontos de ocorrência da espécie. No caso, foi escolhido o modelo *Environmental distance*, o qual, permitiu identificar a potencial ocorrência da espécie em áreas aptas de cinco biomas brasileiros, dentre eles, Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga, Cerrado e Pampa. As projeções obtidas para os cenários futuros mostram a redução de áreas aptas ao desenvolvimento da espécie nos dois períodos levados em consideração para a análise (2020-2050 e 2051-2070), de modo que os biomas mais sensíveis são o da Amazônia devido a sensibilidade às variações climáticas (SEDDON et al., 2016) e o Pantanal que de acordo com dados na literatura, é uma região que tem sofrido muitos desmatamentos (FAUSTO et al., 2016) devido a indústria agropecuária (AZEVEDO et al., 2013).

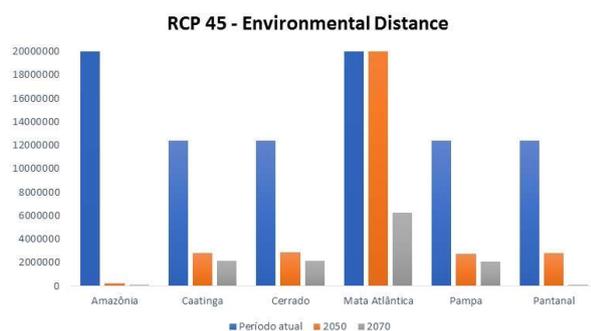


Figura 8: Área de distribuição (em km²) por bioma de *T. micrantha* no cenário RCP 45 nos dois períodos (Modelo Environmental Distance).

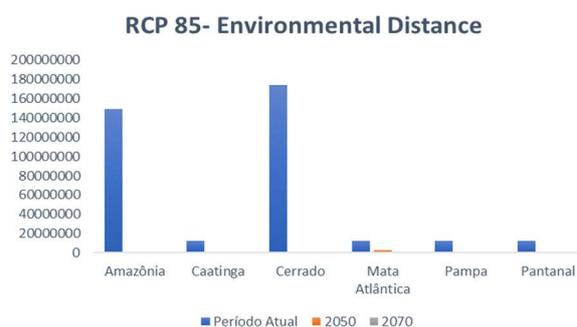


Figura 9: Área de distribuição (em km²) por bioma de *T. micrantha* no cenário RCP 85 nos dois períodos (Modelo Environmental Distance).

DISCUSSÃO

Algumas variáveis climáticas, como baixa umidade na estação mais seca no Cerrado e Caatinga, que eventualmente ocasionam incêndios florestais, demonstraram ser importantes elementos ecológicos na determinação da área de ocorrência de *T. micrantha*, já que sua frequência é maior em áreas alteradas. De forma geral, os resultados sugerem que a espécie tem um caráter tropical, sendo tolerante tanto à seca quanto aos mais altos índices de umidade, o que pode explicar sua ampla área de ocorrência desde o Nordeste até o litoral do Sudeste e Sul do Brasil.

Além destes fatores ecológicos, não se pode ignorar a capacidade da influência humana sobre o padrão de distribuição geográfica das espécies arbóreas. Neste contexto, como a Mata Atlântica representa a formação florestal que mais tem sido influenciada por práticas antrópicas, sendo *T. micrantha* colonizadora especialmente de ambientes alterados, isso explica sua alta incidência neste bioma.

A alta adaptabilidade da espécie em ecossistemas que sofreram maior antropização confirma-se em trabalhos de diversidade da espécie. Na Mata Atlântica, por exemplo, *T. micrantha* apresentou alta diferenciação genética entre as populações do estudo, observando-se que o fluxo gênico entre as subpopulações e a disposição de indivíduos em clareiras são favoráveis para perpetuação da espécie (KAGEYAMA, 1992) (parece o contrário da primeira frase). Na Amazônia, os genótipos analisados apresentaram um excesso de homozigose na maioria dos locos estudados, sugerindo uma forte endogamia

nas populações deste estudo (MÉLO, 2015).

No caso do bioma Caatinga, além de *T. micrantha* estar entre as primeiras espécies a se estabelecer em áreas abandonadas por agricultores (LORENZI, 2008), também atua como pioneira na estabilização de dunas (KAGEYAMA, 1992), o que pode estar relacionado com a sua distribuição mais ampla no litoral do Nordeste brasileiro.

Nos diferentes cenários de mudanças climáticas, os resultados mostraram impactos sobre a distribuição potencial de *T. micrantha*, com uma tendência de alterações muito maiores para a Amazônia. Isto pode ser explicado pelo fato deste bioma ser o mais sensível às mudanças climáticas. Porém, estas circunstâncias ainda devem ser associadas a outros fatores de natureza antrópica, como o fato da Amazônia ser o bioma mais intensamente explorado, onde mais se concentram atividades predatórias ilegais, seja por falta de fiscalização devido a condições adversas da região ou mesmo falta de recursos, o que aumenta a incerteza quanto às predições futuras das zonas de distribuição de espécies.

Os modelos apresentados indicam a sensibilidade de *T. micrantha* nos biomas da Amazônia e Pantanal no cenário menos pessimista (RCP 45), de modo que a mudança para cada período foi de redução de área apta para a espécie no período de 2050 e 2070, com exceção do bioma Mata Atlântica, cuja área é mantida até 2050. Enquanto no cenário mais pessimista (RCP 85), a área de ocorrência da espécie sofre alterações em todos os biomas, inclusive no Bioma Pantanal, onde existe a possibilidade de sua extinção. No bioma Mata Atlântica, no entanto, populações mais adaptadas poderão resistir ao risco de extinção.

CONCLUSÕES

Dessa forma, as populações naturais de *T. micrantha* nos biomas Amazônia e Pantanal, devem ser priorizadas para coleta de sementes e para amostragem, principalmente as populações situadas nas zonas marginais, de transição de ocorrência, onde as condições climáticas são distintas da região de predominância da espécie e onde podem ser encontradas populações únicas, as quais podem conferir maior diversidade genética à espécie. Estas áreas devem ser priorizadas também para implantação de novos plantios; desenvolvimento de coleções de germoplasma, visando à conservação e o melhoramento genético; estudos da fenologia, da regeneração natural, da variabilidade genética e do potencial de adaptação de populações de *T. micrantha* em cada sítio de ocorrência.

REFERÊNCIAS

ANDREANI, D. V. M.; MACEDO, M.; EVANGELISTA, M. M.; ALMEIDA, S. M.. Aves como potenciais dispersoras de *Trema micrantha* (L.) Blume (Cannabaceae) em um fragmento florestal no estado de Mato Grosso. **Atualidades Ornitológicas**, Ivaiporã, v.180, n.1, p.33-37, 2014.

BACKES, P.; IRGANG, B.. **Mata Atlântica: as árvores e a paisagem**. Porto Alegre: Paisagens do Sul, 2004.

BARBERA, R.; TROVATO, A.; RAPISARDA, A.; RAGUSA S.. Analgesic and anti-inflammatory activity in acute and chronic conditions of *Trema guineensis* (Schum. et Thonn.)

Ficalho and *Trema micrantha* Blume extracts in rodents. **Phytotherapy Research**, v.6, n.1, p.146-148, 1992. DOI: <http://doi.org/10.1002/ptr.2650060309>

BROKAW, N. V. L.. Gap-phase regeneration of three pioneer tree species in a tropical forest. **Journal of Ecology**, v.75, n.1, p.9-19, 1987. DOI: <http://doi.org/10.2307/2260533>

CARVALHO, P. E. R.. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ, 1994.

COOPS, N. C.; WARING, R. H.. A process-based approach to estimate lodgepole pine (*Pinus contorta* Dougl.) distribution in the Pacific Northwest under climate change. **Climatic Change**, v.105, n.1, p.313–328, 2011. DOI: <http://doi.org/10.1007/s10584-010-9861-2>

DENSLow, J. S.. Tropical rainforest gaps and trees species diversity. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.18, p.431–451, 1987. DOI: <http://doi.org/10.1146/annurev.es.18.110187.002243>

ELLSTRAND, N. C.; ELAM, D. R.. Population genetic consequences of small population size: implications for plant conservation. **Annual Review of Ecology and Systematics**, v.24, n.1, p.217–242, 1993. DOI: <http://doi.org/10.1146/annurev.es.24.110193.001245>

FERREIRA, M. B.; GOMES, J.; LOSADA, M.. Subsídios para o estudo de *Trema micrantha* (L.) Blume. In: CONGRESSO NACIONAL DE BOTÂNICA, 26. **Anais**. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Ciências, 1977.

GUISAN, A.; THUILLER, W.. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. **Ecology Letters**, v.8, n.1, p.993–1009, 2005. DOI: <http://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2005.00792.x>

HUTCHINSON, G. E.. Concluding remarks. **Cold Spring Harbor Symposium on Quantitative Biology**, v.22, n.1, p.415–457, 1957.

KAGEYAMA, P. Y.. Recomposição da vegetação com espécies arbóreas nativas em reservatórios de usinas hidrelétricas da CESP. In: BARRICHELO, L. E. G.; LIMA, W. P.; POGGIANI, M. M.. **Recomposição da vegetação com espécies arbóreas nativas em reservatórios de usinas hidrelétricas da CESP**. Série Técnica. Piracicaba: IPEF, 1992. p.4–12.

KOSKELA, J.; AMARAL, W. A. N.. Conservation of tropical forest genetic resources: IPGRI's efforts and experiences. In: SE-ASIAN MOVING WORKSHOP ON CONSERVATION, MANAGEMENT AND UTILIZATION OF FOREST GENETICS RESOURCES. **Annals**. Bangkok, 2002.

LORENZI, H.. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 2 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

MÁRQUEZ-CRUZ, U.; LÓPEZ, C.; NEGREROS-CASTILLO, P.. Una especie multiusos del trópico mexicano *Trema micrantha* (L.) Blume. **Ciencias**, Ciudad del México, v.101, n.1, p.16–22, 2011.

MÉLO, A. R. Q.. **Desenvolvimento de locos de microssatélites para *Trema micrantha***. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2015.

MOREIRA, H. M.. **A importância da Amazônia na definição da posição brasileira no regime internacional de mudanças climáticas** (Mestrado em Relações Internacionais “San Tiago Dantas”) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009.

NEE, M.. Ulmaceae. **Flora de Veracruz**, Veracruz, n.40, v.1, p.28–33, 1993.

NÓBREGA, R. S. A.; FERREIRA, P. A. A.; SANTOS, J. G. D.; BOAS, R. C. V.; NÓBREGA, J. C. A.; MOREIRA, F. M. S.. Substratos para o crescimento de mudas de *Trema micrantha* (L.) Blumes. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.5, n.3, p.392–397, 2010. DOI: <http://doi.org/10.5039/agraria.v5i3a708>

PETERSON, A. T.; BALL, L. G.; COHOON, K. P.. Predicting distributions of Mexican birds using ecological niche modelling methods. **Ibis**, v.144, n.1, p.27–32, 2002.

SCHOENFELDER, T.; CIRIMBELLI, T. M.; CITADINI-ZANETE, V.. Acute effect of *Trema micrantha* (Ulmaceae) on serum glucose levels in normal and diabetic rats. **Journal of Ethnopharmacology**, v.107, n.3, p.456–459, 2006. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.jep.2006.07.027>

SIQUEIRA, M. F.; PETERSON, A. T.. Consequences of global climate change for geographic distributions of cerrado tree species. **Biota Neotropica**, v.3, n.2, p.1–14, 2003. DOI: <http://doi.org/10.1590/S1676-06032003000200005>

TRENBERTH, K. E.. More knowledge, less certainty. **Nat. Rep. Climate Change**, v.4, n.1, p.20–21, 2010. DOI: <http://doi.org/10.1038/climate.2010.06>

VASCONCELOS, P. G. A.. **Determinantes do desmatamento na Amazônia Brasileira**. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais) – Universidade de Brasília, Brasília, 2015.