



MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE *Cedrela fissilis* E *Callophyllum brasiliense* COMO FERRAMENTA PARA ESTRATÉGIAS DE CONSERVAÇÃO E MANEJO SUSTENTÁVEL

Marcos Silveira Wrege¹, Ana Paula Araujo Correa²

¹ Pesquisador em Agrometeorologia, Embrapa Florestas, Curitiba-PR. E-mail: marcos.wrege@embrapa.br

², Bolsista PIBIC, Estudante, Graduação em Ciências Biológicas, UFPR, Curitiba-PR

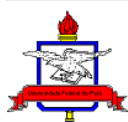
Apresentado no XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 06 de Setembro de 2013 – Centro de Convenções e Eventos Benedito Silva Nunes, Universidade Federal do Para, Belém, PA

RESUMO. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um estudo de modelagem de distribuição potencial para *Callophyllum brasiliense* e *Cedrela fissilis*, indicando áreas ambientalmente adequadas a partir de parâmetros climáticos de temperatura e pluviosidade. As delimitações foram feitas através da modelagem de nicho ecológico, onde foram relacionados matematicamente os locais de ocorrência das espécies com camadas de dados climáticos. Os pontos de ocorrência das espécies foram levantados no banco de dados do Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA) e na literatura, e os dados climáticos do Brasil fornecidos por diversas instituições de pesquisa. Os cenários climáticos e os mapas finais foram elaborados usando o software *ArcGIS 10*, e a modelagem espacial foi desenvolvida com o software *OpenModeller*. Os mapas demonstraram correlações altamente significativas entre os parâmetros climáticos e a distribuição das espécies, ficando bastante nítido o comportamento ecológico nas predições, sugerindo que a modelagem de distribuição potencial é uma importante ferramenta para o estabelecimento de programas de conservação e manejo destas espécies.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem de nicho; silvicultura; espécies nativas.

MODELING OF POTENTIAL DISTRIBUTION TO *Cedrela fissilis* AND *Callophyllum brasiliense* AS A TOOL FOR CONSERVATION STRATEGIES AND SUSTAINABLE

ABSTRACT. The objective of this work was to develop a modeling study for potential distribution to *Callophyllum brasiliense* and *Cedrela fissilis* indicating environmentally appropriate areas from climatic parameters in temperature and rainfall. The delimitations were made by ecological niche modeling, which were related mathematically the places of occurrence of species with climate data layers. The points of occurrence of the species were collected in the database of the Reference Center on Environmental Information (CRIA) and literature, and climatic data of Brazil provided by various research institutions. The climate scenarios and the final maps were developed using the *ArcGIS 10* software and spatial modeling was developed with the software *openModeller*. The maps showed highly significant correlations between climatic parameters and species distribution, being very clear in their ecological predictions, suggesting that the potential distribution modeling is an





important tool for the establishment of programs for the conservation and management of these species.

KEY-WORDS: niche modeling; forestry; native species.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui a maior diversidade florestal em nível mundial, onde são encontradas inúmeras espécies florestais que apresentam potencialidades nos sistemas de produção florestal ou agroflorestal (MMA, 2007), e que, devido à falta de direcionamento técnico e conscientização ecológica, sofrem com uma exploração insustentável que tem levado à escassez destes recursos naturais. Embora o Brasil seja um modelo de sucesso mundial em produção de madeira de reflorestamento, possui ainda pouco conhecimento tecnológico da silvicultura da maior parte das espécies nativas, que poderiam atuar como alternativa atraente para produção florestal (NAVARRO, 2007), com grande possibilidade de se transformarem em um importante segmento de geração de riquezas com agregação de valores ambientais e inclusão social (MMA, 2007). Além de visar os aspectos sócioeconômicos e de recuperação ambiental, desempenha relevante contribuição à conservação da biodiversidade, proporcionando uma ampliação da base genética à medida que a dinâmica florestal permite a ocorrência de interações ecofisiológicas e a evolução das espécies, mesmo que manejadas em plantações florestais (MMA, 2007). Entre as espécies nativas pesquisadas nas últimas décadas, está o guanandi (*Calophyllum brasiliense*) e o cedro (*Cedrela fissilis*), ambos com ampla distribuição na América Latina, apresentando grande plasticidade em relação ao clima e as exigências hídricas, e plantadas comercialmente em diversos países da América Latina devido aos bons resultados de crescimento.

Pela sua importância socioambiental e representatividade no desenvolvimento de métodos silviculturais voltados para espécies nativas, o objetivo deste trabalho foi desenvolver um estudo de modelagem de distribuição potencial para *Calophyllum brasiliense* e *Cedrela fissilis*, indicando áreas ambientalmente adequadas a partir de parâmetros climáticos de temperatura e pluviosidade.

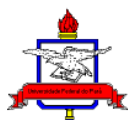
MATERIAIS E MÉTODOS

A modelagem de distribuição de espécies tem como finalidade estimar modelos baseados em nichos ecológicos (RODRIGUES, 2012), convertendo dados primários de ocorrência de espécie em mapas de distribuição geográfica, e indicando a provável presença ou ausência da espécie em determinado local, a partir de um conjunto de variáveis ambientais com as quais os indivíduos de uma espécie são capazes de sobreviver e manter suas populações.

A distribuição potencial foi construída para duas espécies nativas amplamente distribuídas no Brasil e na América Latina, e que apresentam alto valor ecológico-econômico (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies florestais nativas da Floresta Ombrófila Mista, de interesse ecológico-econômico.

Espécie	Nome comum
---------	------------





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia



Cedrela fissilis Vell.

Cedro

Callophyllum brasiliense Camb.

Guanandi

Inicialmente, elaborou-se um banco de dados de ocorrência geográfica das espécies, a partir de dados compilados na literatura, em áreas experimentais da Embrapa Florestas, e no banco de dados do CRIA - Centro de Referência em Informação Ambiental (CRIA, 2013). O sistema de coordenadas geográficas para todo o processo foi o WGS 1984, em grau decimal. Em seguida, realizou-se o mapeamento de variáveis meteorológicas, de fundamental importância para os estudos climáticos, pois simulam interações entre o clima, terra e biosfera (AMORIM, 2005). As variáveis ambientais definidas consideraram altitude, latitude e longitude como limites geográficos, e os dados climáticos de séries temporais de uma rede de estações fornecidos pelo INMET em todo o Brasil e dados extraídos do Atlas Climático da Região Sul do Brasil (WREGGE et al., 2011), fornecidos pelas instituições estaduais de pesquisa da região sul do Brasil, entre as quais Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), Sistema Meteorológico do Paraná (SIMEPAR), Fundação Estadual de Pesquisa Agropecuária (FEPAGRO) e Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), sendo usado o período histórico de 1920 a 2010, para médias anuais de temperaturas máxima, média e mínima do ar e precipitação pluviométrica acumulada em um ano, em um total de 715 estações meteorológicas. Usando dados de temperatura do ar, foi calculada a evapotranspiração potencial (ETP) acumulada em um mês, pelo método de THORNTHWAITE (1948), segundo as equações 1 a 4:

$$ETP = f \times 16 \times (10 \times tmed/I)^a \quad (\text{Equação 1})$$

Em que,

$$f = [0,006 \times (-1) \times \text{latitude} + 1,01] \quad (\text{Equação 2})$$

$$I = \sum_{12}^1 (tmed/5)^{1,514} \quad (\text{Equação 3})$$

$$a = 6,75 \times 10^{-7} \times I^3 - 7,71 \times 10^{-5} \times I^2 + 0,01791 \times I + 0,492 \quad (\text{Equação 4})$$

Em que:

f: representa a função de ajuste do modelo para cada local, considerando-se que a equação é dada para calcular a ETP em um período de 12 horas de brilho solar, o que não ocorre em todas as regiões;

I: é o índice anual de calor;

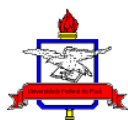
a: é a função cúbica do índice anual de calor;

tmed: é a temperatura média do ar nos meses de janeiro a dezembro, em °C;

$\sum_{12}^1 tmed$: é o somatório das temperaturas médias do ar de janeiro a dezembro, em °C.

A latitude, na equação, foi expressa em graus decimais negativos e serviu para calibrar os valores de ETP para cada local.

Para a análise da contribuição das variáveis de temperatura para o modelo, foi realizada uma análise estatística multivariada, aplicando-se o modelo de regressão linear múltipla, cuja significância permite estimar uma maior correlação entre as variáveis de temperatura e relevo, conforme equação 5:





risco de geada (0 a 1) = $\alpha + \beta \times \text{latitude} + \chi \times \text{longitude} + \delta \times \text{altitude}$ (Equação 5)

Em que,

α = constante;

β = coeficiente da latitude (representada em graus decimais negativos);

χ = coeficiente da longitude (representada em graus decimais negativos);

δ = coeficiente da altitude (m s.n.m.).

O modelo de superfície do terreno usado foi o GTOPO30, o qual reproduz as cotas altimétricas do Brasil, elaborado pelo serviço geológico dos Estados Unidos (USGS, 2011) a partir de imagens de satélite da Terra. Foram elaborados, também, modelos dos paralelos e dos meridianos (representando o efeito de continentalidade), modelos que reproduzem a latitude e a longitude do Brasil, na escala 1:250.000, exatamente como o modelo de superfície do terreno.

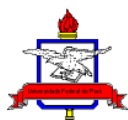
Por sua vez, a precipitação foi estimada a partir de métodos de interpolação espacial, sendo a *krigagem por indicação* a técnica mais utilizada, por adotar o princípio de que a correlação espacial entre observações vizinhas pode prever valores para locais não-amostrados (CARVALHO; ASSAD, 2005).

A construção dos cenários climáticos mensais foi executada no programa ArcGis 10.0, através da geração de mapas em formato *Raster*, utilizando os resultados das regressões e interpolações, para temperatura e precipitação, respectivamente. Os mapas foram gerados para todo o Brasil e as delimitações foram feitas utilizando-se as divisas do IBGE, órgão responsável pelos mapas oficiais do Brasil (IBGE, 2011). Em seguida, os mapas foram convertidos em *ASCII*, para que pudessem ser empregados no processo de modelagem de distribuição de espécies.

A modelagem de distribuição foi desenvolvida em ambiente computacional, no programa *OpenModeller*, uma ferramenta de código aberto desenvolvida pelo CRIA, que permite reunir vários algoritmos em uma única arquitetura, facilitando a comparação dos resultados gerados. Os modelos são criados a partir de um conjunto de pontos de ocorrência (latitude/longitude) associados a um conjunto de camadas ambientais definidos pelo usuário. Por apresentarem maior similaridade com os pontos de presença/ausência das espécies analisadas, foram aplicados os seguintes algoritmos:

- *Niche Mosaic*: utiliza um padrão de busca para encontrar uma solução ideal para um conjunto de variáveis bioclimáticas em torno de cada ponto de presença registrado (CANHOS, 2009).

- *Envelope Score*: a amplitude ambiental de ocorrência da espécie é estimada pelos valores máximos e mínimos de cada variável ambiental definida em todos os locais de ocorrência da espécie, e a sua distribuição potencial é definida como todas as quadrículas em que todas as variáveis ambientais estão presentes dentro deste intervalo (PRADO et al., 2003).



RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos mapas de distribuição potencial de ocorrência das espécies são apresentadas as delimitações das zonas de ocorrência das espécies florestais citadas anteriormente na Tabela 1, projetadas a partir dos algoritmos *Niche Mosaic* e *Envelope Score* (Figura 1).

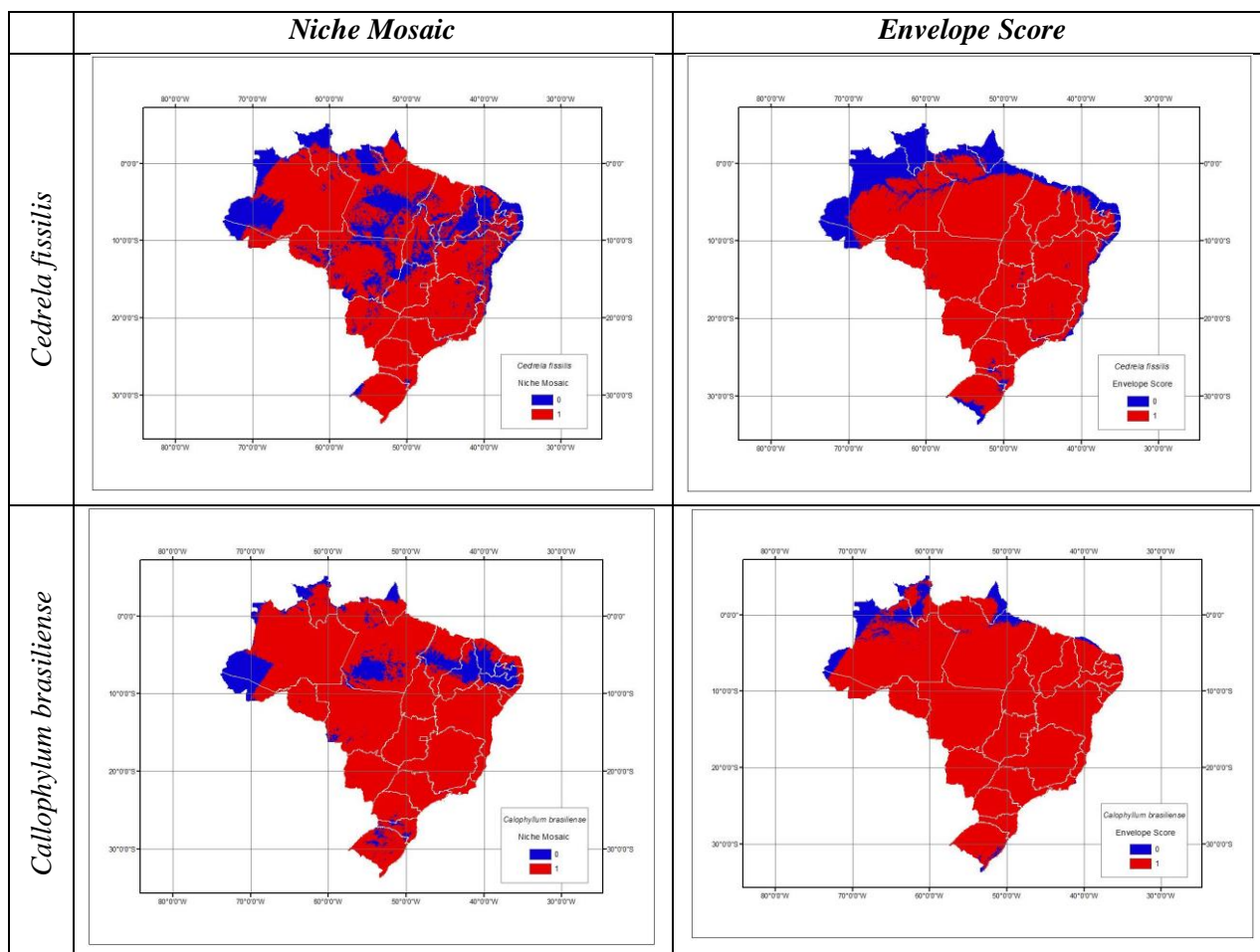


Figura 1. Delimitação das zonas de ocorrência e distribuição potencial de cedro (*C. fissilis*) e guanandi (*C. brasiliense*), baseado nos algoritmos *Niche Mosaic* e *Envelope Score*.

As espécies têm, de modo geral, ampla distribuição geográfica, distribuindo-se por grande parte do território brasileiro, nas regiões de clima tropical e temperado, que vão desde o sul, no paralelo 23°27'S (Trópico de Capricórnio) até o extremo Norte do país, indo até um pouco além de 5°N, exceto na região do Semiárido, onde ocorrem limitações por restrição hídrica.

Os algoritmos apresentaram resultados bastante compatíveis com a ecologia de ambas as espécies, principalmente quanto às exigências pluviométricas, onde a principal diferença está na presença/ausência na costa litorânea, onde a ocorrência do guanandi se deve à sua tolerância e preferência a solos com drenagem mais lenta, sujeitas a encharcamento nos



períodos chuvosos (MARQUES, 1994), e a ausência do cedro, que prefere solos profundos e bem drenados com textura argilosa a areno-argilosa (CARVALHO, 2010).

Os modelos revelaram cenários bastante significativos para estabelecer boas estratégias de conservação *in situ* destas espécies em maior amplitude. Embora as projeções tenham apresentado predições satisfatórias, é fundamental que mais dados de ocorrência sejam incluídos nos bancos de dados. Segundo Marco Junior e Siqueira (2009), a acurácia dos modelos de distribuição potencial aumenta na medida em que são disponibilizadas um maior número de pontos de ocorrência, assim como a resolução e a escolha das variáveis ambientais afetam fortemente os resultados da modelagem.

CONCLUSÃO

Os mapas demonstraram correlações altamente significativas entre os parâmetros climáticos e a distribuição das espécies, ficando bastante nítido o comportamento ecológico nas predições, sugerindo que a modelagem de distribuição potencial é uma importante ferramenta para o estabelecimento de programas de conservação e manejo destas espécies.

REFERÊNCIAS

CANHOS, V. P. **OpenModeller**: a framework for species distribution modeling. 2009. Disponível em: http://openmodeller.cria.org.br/documentos/relatorios/openModeller_Report_4.pdf. Acesso em 15 jun 2010.

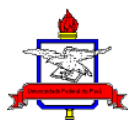
CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 2003-2010. (Coleção Espécies Arbóreas Brasileiras, v. 1-4).

CARVALHO, J. R. P. DE; ASSAD, E. D. Análise espacial da precipitação pluviométrica no Estado de São Paulo: comparação de métodos de interpolação. **Engenharia Agrícola**, v. 25, n. 2, p. 377–384, ago. 2005.

MARQUES, M. C. M. **Estudos auto-ecológicos do guanandi (*Calophyllum brasiliense* Camb. Clusiaceae) em uma mata ciliar do município de Brotas, SP**. Dissertação (Mestrado em Biologia Vegetal) - Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 1994.

MARCO JÚNIOR, P. DE; SIQUEIRA, M. F. DE. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista? **Megadiversidade**, v. 5, n. 12, p. 65–76, 2009.

MMA. **Plano Nacional de Silvicultura com Espécies Nativas e Sistemas Agroflorestais - PENSAF**. Brasília: MMA/MAPA/MDA/MCT, 2007.





XVIII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – XVIII CBA
2013 e VII Reunião Latino Americana de Agrometeorologia
Belém - PA, Brasil, 02 a 06 de Setembro 2013
**Cenários de Mudanças Climáticas e a Sustentabilidade
Socioambiental e do Agronegócio na Amazônia**



NAVARRO, E. C. Viabilidade econômica do *Calophyllum brasiliense* (guanandi). **Revista Científica Eletrônica de Engenharia Florestal**, ano V, n. 9, p. 36, 2007.

PRADO, P. I. et al. Avaliação de modelos de distribuição geográfica e sua aplicação para prever a ocorrência de espécies de mamíferos no Corredor Central da Mata Atlântica. In: **Corredor de Biodiversidade da Mata Atlântica do Sul da Bahia**. CD-ROM. Ilhéus: IESB / CI / CABS / UFMG / UNICAMP, 2003. p. 1–16.

RODRIGUES, C. **Teoria da Informação e Adaptatividade na Modelagem de Distribuição de Espécies**. Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo. São Paulo, 2012.

