



## CONTRIBUIÇÃO DA MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DE *Copaifera langsdorffi*, *Aspidosperma polyneuron*, *Euterpe edulis* E *Cordia trichotoma* PARA A CONSERVAÇÃO E RECUPERAÇÃO DA FLORESTA ESTACIONAL SEMIDECIDUAL

Ana Paula Araujo Correa<sup>1</sup>, Marcos Silveira Wrege<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Bolsista PIBIC, Estudante, Graduação em Ciências Biológicas, UFPR, Curitiba-PR

<sup>2</sup>Pesquisador em Agrometeorologia, Embrapa Florestas, Curitiba-PR. E-mail: marcos.wrege@embrapa.br,

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 do trabalho foi elaborar uma modelagem de distribuição potencial para copaíba, peroba-rosa, palmito-juçara e louro-pardo, contribuindo para o desenvolvimento de estratégias de programas de conservação e recuperação de remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual (FES). 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 modelos de distribuição potencial demonstraram correlações significativas entre os parâmetros climáticos e a distribuição das espécies, que embora tenham apresentado restrições intensas dentro da FES, o potencial de ocorrência em outros locais pode ser uma importante ferramenta para o estabelecimento de programas de conservação e manejo destas espécies.

**PALAVRAS-CHAVE:** modelos de distribuição potencial; espécies nativas; conservação e manejo.

## CONTRIBUTION OF MODELING POTENTIAL DISTRIBUTION TO *Copaifera langsdorffi*, *Aspidosperma polyneuron*, *Euterpe edulis* AND *Cordia trichotoma* FOR CONSERVATION AND RECOVERY SEMIDECIDUOUS FOREST

**ABSTRACT.** The objective was to develop a modeling potential distribution for copaiba, peroba-rosa, palmito-juçara and louro-pardo, contributing to the development of program strategies for the conservation and recovery of remnants of semideciduous forest (FES). 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 potential distribution models showed significant correlations between climatic parameters and species distribution, which although less intense restrictions within the FES, the potential for occurrence in other sites can be an important tool for the establishment of programs for the conservation and management of these species.

**KEY-WORDS:** models of potential distribution; native species; conservation and management.

## INTRODUÇÃO

Atualmente, a Floresta Estacional Semidecidual (FES) ocorre na forma de manchas, principalmente na região do cerrado do Brasil central (RIZZINI et. al., 1979), e está condicionada uma dupla estacionalidade climática, com chuvas intensas no verão seguidas por estiagens acentuadas, e invernos sem período seco, mas com secas fisiológicas ocasionadas por geadas, com temperaturas médias inferiores a 15° C (VELOSO; RANGEL FILHO; LIMA, 1991). As espécies arbóreas desta unidade fitoecológica apresentam forte estacionalidade foliar, com deciduidade pronunciada no período seco. Por coincidirem com solos férteis e úmidos, um grande atrativo para o setor agropecuário (DIAS NETO et al., 2009), a FES sofreu uma rápida e extensa devastação, sobrando poucos fragmentos remanescentes com áreas significativamente bem preservadas (DURIGAN et al., 2000).

Algumas espécies arbóreas componente da FES, como peroba-rosa, copaíba, louro-pardo e palmito-juçara, estão vulneráveis a extinção devido à intensa exploração extrativista e predatória, o que levou a degradação de suas estruturas populacionais naturais. Por apresentarem alto valor econômico, programas de melhoramento e conservação *in situ* e *ex situ* vem sendo realizados, visando aumentar o desempenho silvicultural, a diversidade genética e a sobrevivência destas espécies (CARVALHO, 2010).

Por este motivo, o objetivo do trabalho foi elaborar uma modelagem de distribuição potencial de copaíba, peroba-rosa, palmito-juçara e louro-pardo, com o intuito de contribuir para o desenvolvimento de estratégias de programas de conservação e recuperação de remanescentes da Floresta Estacional Semidecidual.

## 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.

Neste estudo, a distribuição potencial foi desenvolvida para quatro espécies florestais de alto valor ecológico-econômico, e que integram a composição da Floresta Estacional Semidecidual (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies arbóreas nativas da Floresta Estacional Semidecidual, de alto valor ecológico-econômico.





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



Espécie	Nome comum
<i>Copaifera langsdorffii</i> Desf.	Copaíba
<i>Aspidosperma polyneuron</i> Müll.Arg.	Peroba-rosa
<i>Euterpe edulis</i> Mart.	Palmito-juçara
<i>Cordia trichotoma</i> (Vell.) Arrab. ex. Steudel	Louro-pardo

Inicialmente, elaborou-se um banco de dados de ocorrência geográfica das espécies, a partir de dados compilados na literatura 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 e ambientais. 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 (WREGE 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,

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

$$I = \sum_{12}^1 \left( \left[ \frac{tmed}{5} \right] \right)^{1,514} \quad (\text{Equação 3})$$

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

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;

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





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



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:

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

Em que,

$\alpha$  = constante;

$\beta$  = coeficiente da latitude (representada em graus decimais negativos);

$\chi$  = coeficiente da longitude (representada em graus decimais negativos);

$\delta$  = 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 predizer 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 (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

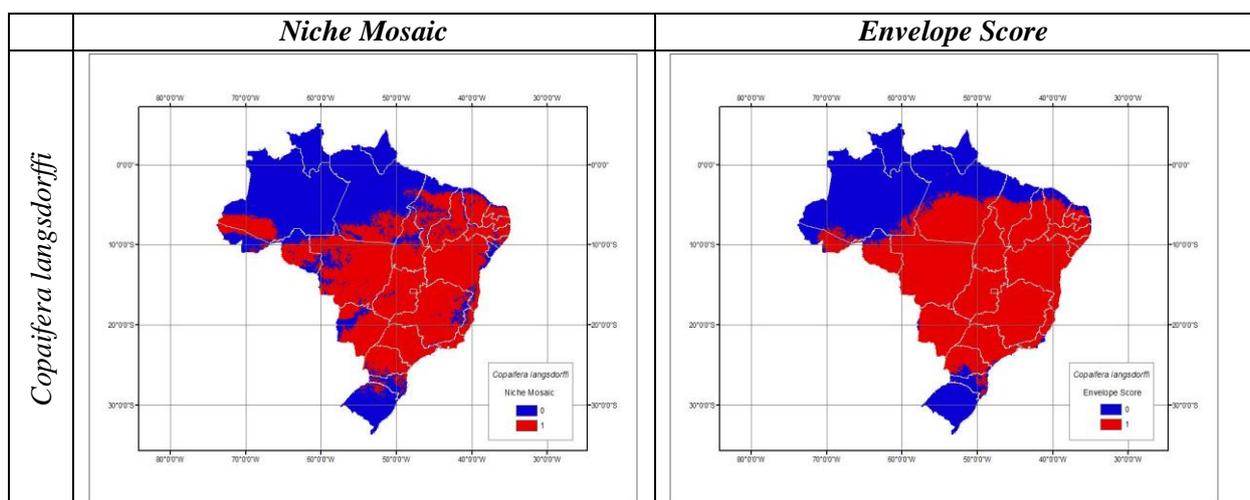




espécie, e a sua distribuição potencial é definida como todas as quadrículas em que todas as variáveis ambientais estão presentes dentro deste intervalo (PRADO et al., 2003).

## 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, espécies nativas da Floresta Estacional Semidecidual, com alto valor econômico (Figura 1). As delimitações determinadas pelo algoritmo *Niche Mosaic* demonstram que as espécies analisadas estão, em geral, bastante restritas a FES. A espécie que apresentou maior vulnerabilidade foi a peroba-rosa, em função de ser uma árvore intensamente explorada pela sua madeira e restrições climáticas. Através do algoritmo *Envelope Score*, é possível notar que o louro pardo e a copaíba têm uma distribuição potencial bastante significativa e estável, enquanto que a peroba-rosa e o palmito-juçara apresentam uma probabilidade de ocorrência mais ampla do que a sua distribuição atual. De fato, o grau de risco de extinção destas espécies reflete nas projeções de presença e ausência de indivíduos, e consequentemente no modelo como um todo. 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. No entanto, os modelos revelaram cenários bastante significativos para estabelecer boas estratégias de conservação *in situ* destas espécies em maior amplitude.



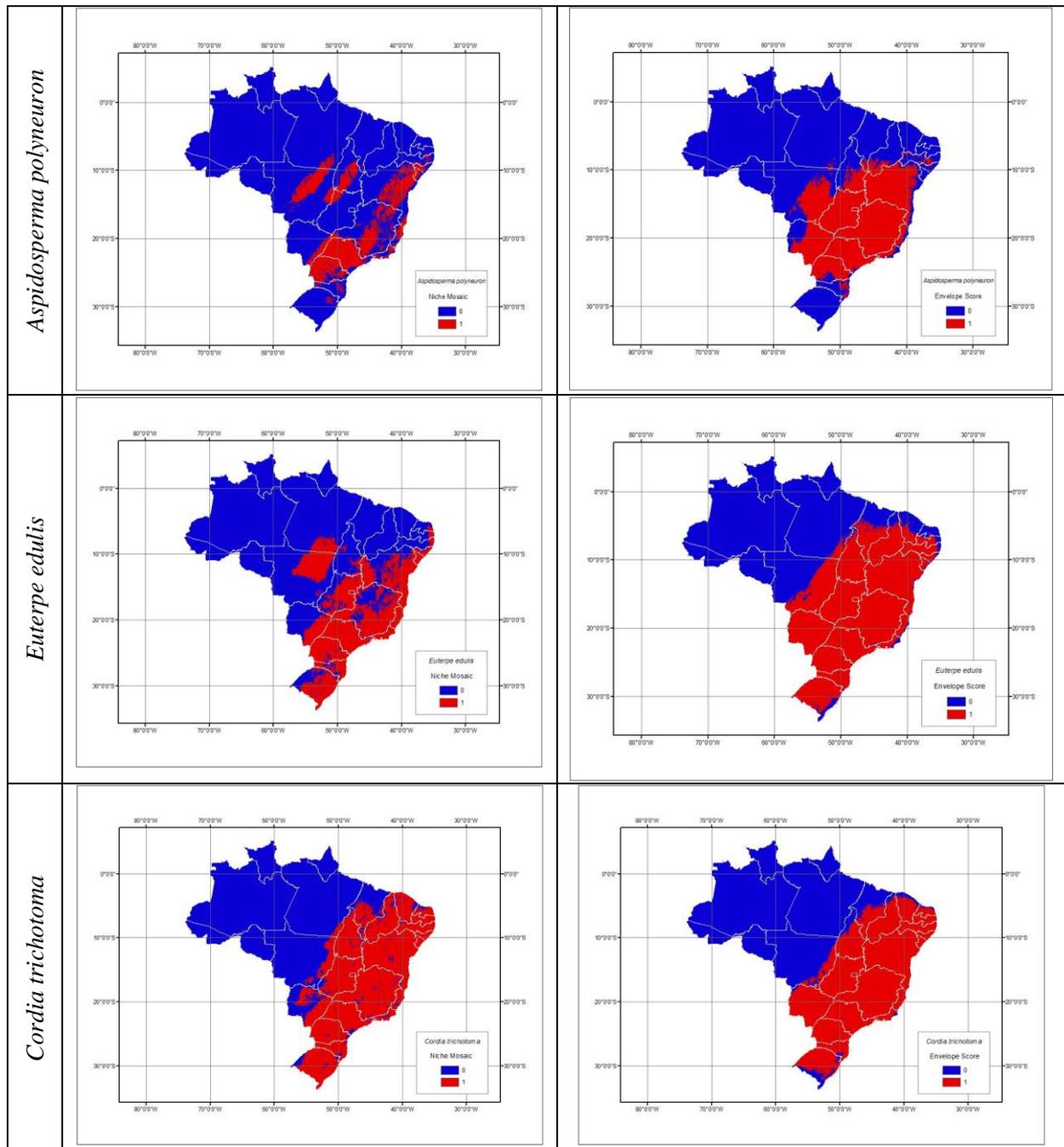


Figura 1. Delimitação de zonas de ocorrência e distribuição potencial de copaíba (*C. langsdorffi*), peroba-rosa (*A. polyneuron*), palmito-juçara (*E. edulis*) e louro-pardo (*C. trichotoma*), baseado nos algoritmos *Niche Mosaic* e *Envelope Score*.



## CONCLUSÃO

Os modelos de distribuição potencial demonstraram correlações significativas entre os parâmetros climáticos e a distribuição das espécies. Embora todas as espécies tenham apresentado restrições intensas dentro da Floresta Estacional Semidecidual, o potencial de ocorrência em outros locais pode ser 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](http://openmodeller.cria.org.br/documentos/relatorios/openModeller_Report_4.pdf)>. Acesso em 15 jun 2013.

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.

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

DIAS NETO, O. C. et al. Estrutura fitossociológica e grupos ecológicos em fragmento de Floresta Estacional Semidecidual, Uberaba, Minas Gerais, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, n. 4, p. 1087–1100, 2009.

DURIGAN, G. et al. Estrutura e diversidade do componente arbóreo da floresta na Estação Ecológica dos Caetetus, Gália, SP. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 23, n. 4, p. 371–383, 2000.

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 ed. Ilhéus: IESB / CI / CABS / UFMG / UNICAMP, 2003. p. 1–16.

RIZZINI, C. **Tratado de fitogeografia do Brasil**. v.2. São Paulo: Hucitec/EdUSP, 1979.

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

VELOSO, H. P.; RANGEL FILHO, A. L. R.; LIMA, J. C. A. **Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal**. Rio de Janeiro: IBGE - Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais, 1991. p. 124

