



MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO DE *Ocotea catharinensis*, *Ocotea odorifera* E *Tibouchina sellowiana* COMO SUBSÍDIO PARA ESTRATÉGIA DE CONSERVAÇÃO E SISTEMAS DE MANEJO SUSTENTÁVEL

Ana Paula Araujo Correa¹, Marcos Silveira Wrege²

¹Bolsista PIBIC, Estudante, Graduação em Ciências Biológicas, UFPR, Curitiba-PR

²Pesquisador 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. Neste trabalho foram delimitadas as zonas de ocorrência de canela-preta, canela-sassafrás e quaresmeira, espécies exclusivas da Floresta Ombrófila Densa (FOD), com o intuito de corroborar estratégias de conservação e manejo sustentável para estas espécies, através de modelagem de distribuição potencial. 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 uma correlação significativa entre os parâmetros climáticos e a distribuição das espécies. Embora todas as espécies tenham apresentado restrições intensas a FOD, o potencial de ocorrência em outros locais pode ser uma importante ferramenta para o estabelecimento de programas de conservação e manejo.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem de nicho; ocorrência de espécies; variáveis ambientais.

MODELING OF DISTRIBUTION TO *Ocotea catharinensis*, *Ocotea odorifera* AND *Tibouchina sellowiana* AS STRATEGY FOR CONSERVATION AND SUSTAINABLE MANAGEMENT SYSTEMS

ABSTRACT. In this study were delimited zones of occurrence of canela-preta, canela-sassafrás and quaresmeira, unique species of Rain Forest (FOD), in order to corroborate conservation strategies and sustainable management for these species, through modeling of potential distribution. 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 demonstrated a significant correlation between climatic parameters and species distribution. Although all species had severe restrictions FOD, the





potential for occurrence in other sites can be an important tool for the establishment of programs for the conservation and management.

KEY-WORDS: niche modeling; occurrence of species; environmental variables.

INTRODUÇÃO

A Floresta Ombrófila Densa (FOD), ou Mata Atlântica, tem sido objeto de diversos estudos, por ser um dos ecossistemas mais ricos em biodiversidade, e também um dos mais ameaçados de extinção, estando hoje reduzida a menos de 8% de sua extensão original (MANGINI, 2009). Historicamente, a ocupação e exploração deste bioma determinaram sua fragmentação, ocasionando uma depleção de diversidade de muitas espécies vegetais, ao ponto de se tornarem tão raras que foi necessário incluí-las na lista de espécies ameaçadas de extinção (BRASIL, 2008), e instituir resoluções proibindo o corte e a exploração destas espécies (CONAMA, 2001), como é o caso da canela-preta (*Ocotea catharinensis*) e canela-sassafrás (*Ocotea odorifera*). Outra espécie característica da FOD é a quaresmeira (*Tibouchina sellowiana*), que embora não esteja tão vulnerável quanto a canela-preta e a canela-sassafrás, é uma espécie bastante conhecida pelo seu uso ornamental e na recuperação de áreas degradadas. Estas espécies ocorrem nos estados das Regiões Sul e Sudeste do Brasil (CARVALHO, 1994; BORTOLINI, 2006), e também nos estados de Pernambuco e Bahia (CARVALHO, 1994). O interesse econômico envolvido na exploração da canela-preta e a canela-sassafrás diz respeito ao óleo essencial destas espécies, de onde se extrai o linalol e o safrol, respectivamente, com largo emprego na perfumaria, medicina, como combustível em naves espaciais e outros setores industriais (CARVALHO, 1994).

Com o intuito de corroborar estratégias de conservação dos remanescentes destas espécies na Mata Atlântica, bem como definir áreas para o seu manejo sustentável, o objetivo deste estudo foi desenvolver um modelo de distribuição potencial de *Ocotea catharinensis*, *Ocotea odorifera* e *Tibouchina sellowiana*, estabelecido por parâmetros climáticos e de 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.

O modelo de distribuição potencial desenvolvido neste trabalho foi aplicado para três espécies típicas da Floresta Ombrófila Densa (Tabela 1).

Tabela 1. Espécies florestais nativas da Floresta Ombrófila Densa.

Espécie	Nome comum
<i>Ocotea catharinensis</i> Mez.	Canela-preta
<i>Ocotea odorifera</i> (Vell.) Rohwer	Canela-sassafrás
<i>Tibouchina sellowiana</i> (Cham.) Cogn.	Quaresmeira





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), empregando-se o sistema de coordenadas geográficas WGS 1984, em grau decimal.

Em seguida, realizou-se o mapeamento de variáveis meteorológicas, considerando 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 Agronômico 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). O período histórico climático foi 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:

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

Em que,

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 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, 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 a seguir, estão são apresentadas as delimitações das zonas de ocorrência das espécies florestais, citadas anteriormente na Tabela 1, gerados no software *OpenModeller*, através dos algoritmos *Niche Mosaic* e *Envelope Score* (Figura 1).

	<i>Niche Mosaic</i>	<i>Envelope Score</i>
--	---------------------	-----------------------



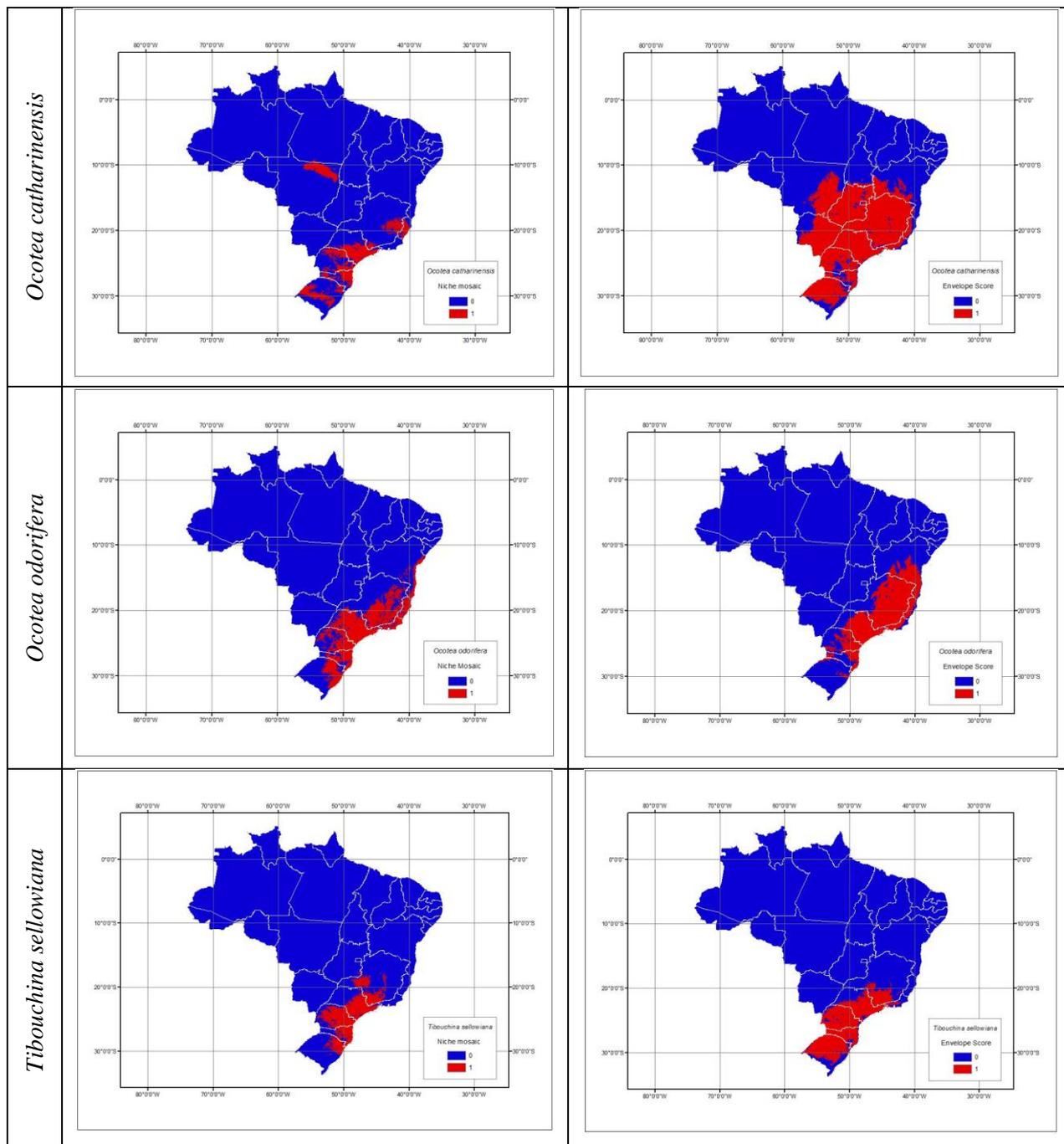


Figura 1. Delimitação das zonas de ocorrência e distribuição potencial de canela-preta (*O. catharinensis*), canela-sassafrás (*O. odorifera*) e quaresmeira (*T. sellowiana*), baseado nos algoritmos *Niche Mosaic* e *Envelope Score*.

De acordo com os modelos gerados pelo algoritmo *Niche Mosaic*, as espécies têm, de modo geral, uma distribuição bastante restrita no Sul e Sudeste do Brasil, nas regiões de clima tropical e temperado. Para os modelos gerados pelo algoritmo *Envelope Score*, nota-se uma



probabilidade de ocorrência destas espécies em algumas áreas que não são exclusivas da FOD, como é o caso da canela-preta.

Vários estudos demonstram que 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 (MARCO JÚNIOR; SIQUEIRA, 2009).

Em problemas de conservação de espécies espera-se que o número de pontos de ocorrência disponíveis deva ser considerado o principal limitante para modelos de distribuição (MARCO JÚNIOR; SIQUEIRA, 2009). De fato, o número de pontos de ocorrência disponíveis foi bastante escasso, o que poderia interferir no resultado final do processo de modelagem. No entanto, as projeções revelaram cenários bastante significativos para estabelecer estratégias de conservação destas espécies em locais mais adequados.

CONCLUSÃO

O modelos de distribuição potencial demonstraram uma correlação significativa entre os parâmetros climáticos e a distribuição das espécies. Embora todas as espécies tenham apresentado restrições intensas a Floresta Ombrófila Densa, o potencial de ocorrência em outros locais pode ser uma importante ferramenta para o estabelecimento de programas de conservação e manejo destas espécies.

REFERÊNCIAS

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Lista Oficial das Espécies da Flora Brasileira Ameaçadas de Extinção. **Instrução normativa nº 06, de 23 de setembro de 2008**. Brasília, 2008.

BORTOLINI, M. F. **Uso de ácido indol butírico na estaquia de *Tibouchina sellowiana* (Cham.) Cogn.** Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2006.

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 florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, 1994.

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.





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



CONAMA. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução CONAMA nº 278, de 24 de maio de 2001. Dispõe sobre o corte e a exploração de espécies ameaçadas de extinção da flora da Mata Atlântica. **Diário Oficial da União**, 138-E, de 18 de julho de 2001, Seção 1, páginas 51-52. Brasília, 2001.

MANGINI, J. **Mapear para conservar**. Agência FAPESP, 24 jun 2009. Disponível em: <<http://agencia.fapesp.br/10676>>. Acesso em: 9 jul. 2013.

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.

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**. São Paulo: Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, 2012.

