

Modelagem espacial de florestas estacionais do Domínio do Cerrado no Estado de Minas Gerais utilizando envelope climático

Gleyce Campos Dutra¹, Luis Marcelo Tavares de Carvalho¹, Ary Teixeira de Oliveira Filho¹

¹Departamento de Ciências Florestais – Universidade Federal de Lavras (UFLA)
Caixa Postal 3037 - CEP 37200-000 – Lavras – MG – Brasil

gleycedutra@yahoo.com.br, passarinho@ufla.br, ary@ufla.br

***Abstract.** The general objective of this work is to map the potential distribution of seasonal forest of Cerrado in Minas Gerais, Brazil, through the species distribution modeling of its indicative species. Occurrence data and list of species of the areas were recovered in the database TreeAtlan 1.0. The environmental datasets used for the work involved climatic coverings related with temperature and precipitation. For modeling species distribution, the algorithm used was Bioclim True/False. Partial results allowed to observe that seasonal forest can cover 63% of Minas Gerais only be based in given bioclimatic dataset. The area under the ROC curve indicated a satisfactory accuracy.*

***Resumo.** O objetivo geral deste trabalho é mapear a distribuição potencial de florestas estacionais do Domínio do Cerrado dentro do estado de Minas Gerais por meio da modelagem de distribuição espacial de suas espécies indicadoras. Os pontos de ocorrência e lista de espécies das áreas foram recuperados no banco de dados TreeAtlan 1.0. As bases ambientais utilizadas para o trabalho compreendem coberturas climáticas relacionadas com temperatura e precipitação. Para a modelagem de distribuição das espécies foi utilizado o algoritmo Bioclim True/False. Resultados parciais permitiram observar que a fitofisionomia possui o potencial de ocupar 63% do Estado. A área sob a curva ROC indica uma acurácia satisfatória.*

1. Introdução

O Estado de Minas Gerais possui particularidades relacionadas a clima e solo que, combinadas com as diferentes formas de relevo, proporcionam paisagens muito variadas, recobertas por vegetações características, adaptadas a cada um dos vários ambientes particulares inseridos em 3 domínios fitogeográficos brasileiros: Cerrado, Mata Atlântica e Caatinga.

Dentre esses domínios fitogeográficos, destaca-se o Cerrado, por apresentar fisionomias variadas, indo desde campos limpos desprovidos de vegetação lenhosa a cerradão, uma formação arbórea densa. Seu clima é particularmente marcante, apresentando duas estações bem definidas. A vegetação muda de Cerrado ralo para denso ou vice-versa, em função da ocorrência de queimadas, entre outros fatores. Mesmo em áreas muito próximas, as florestas substituem o Cerrado devido a mudanças

na umidade do solo e pela ocorrência de afloramentos calcáreos, onde a fertilidade é elevada (Felfili et al., 1997).

A classificação de um determinado domínio pode ser feita com facilidade em áreas representativas das diferentes formações, chamadas de áreas nucleares (Durigan, 2003). Em algumas regiões, no entanto, onde há transição entre formações ou entre associações, o mapeamento torna-se mais difícil. A diferenciação se faz, nesses casos, com o auxílio de resultados de pesquisa sobre a flora local ou com a presença de espécies indicadoras.

A modelagem de distribuição geográfica potencial de espécies, baseada em conceitos de nicho ecológico, tem se destacado com uma importante ferramenta de análise para dar suporte às políticas de conservação e ao planejamento de estratégias de recuperação de diversas áreas. É possível gerar que mapas indicam a provável presença e ausência de uma espécie, em função de variáveis ambientais relevantes (Siqueira & Peterson, 2003). Até recentemente, muitos modelos de distribuição de espécie foram baseados em técnicas de envelopes ambientais, como, por exemplo, o Bioclim.

Sendo assim, o objetivo geral deste trabalho é mapear a distribuição potencial florestas estacionais do Domínio do Cerrado dentro do Estado de Minas Gerais, por meio da modelagem de distribuição geográficas de suas espécies indicadoras utilizando o Bioclim, a partir de informações pontuais fornecidas pelos fragmentos estudados pelo Departamento de Ciências Florestais da Universidade Federal de Lavras - UFLA

2. Materiais e Métodos

Os pontos de ocorrência e lista de espécies das áreas de florestas estacionais decíduas e semidecíduas do Domínio do Cerrado foram recuperados no banco de dados TreeAtlas 1.0 para o Estado de Minas Gerais (Oliveira-Filho, 2007), totalizando 50 áreas (Figura 1). Foram utilizadas 19 variáveis climáticas com resolução espacial de 2,5° x 2,5°, relacionados à temperatura e à precipitação, disponíveis para o programa DIVA-GIS 5.1 (Hijmans et al, 2004).

As espécies indicadoras do Domínio do Cerrado foram selecionadas pela Análise de Espécies Indicadoras (ISA) (Dufrêne & Legendre, 1997), na qual um valor percentual de uma espécie particular é estimado dentro de uma região geográfica particular, que serão as áreas de ocorrência de florestas estacionais do Domínio do Cerrado em Minas Gerais. Essa análise combina informação sobre a concentração da abundância de uma espécie em um determinado grupo de unidades amostrais e da fidelidade da ocorrência desta espécie em certo grupo de amostras.

Os pontos de ocorrência de cada uma das espécies indicadoras selecionadas, associadas às bases ambientais, foram usados para modelar a sua distribuição geográfica potencial aplicando o algoritmo Bioclim True/False (Nix, 1986). As áreas que estão dentro do envelope, delimitadas pelos pontos de ocorrência, foram projetadas no espaço geográfico apresentando valores de 1 para áreas de potencial presença e valor 0 para ausência das espécies. Foi estabelecido um percentil de corte de 2,5%. A modelagem foi realizada no programa DIVA-GIS 5.1. Em seguida, os modelos gerados para cada espécie indicadora selecionada foram somadas num ambiente SIG. O valor de cada pixel é igual ao número de modelos individuais combinados.

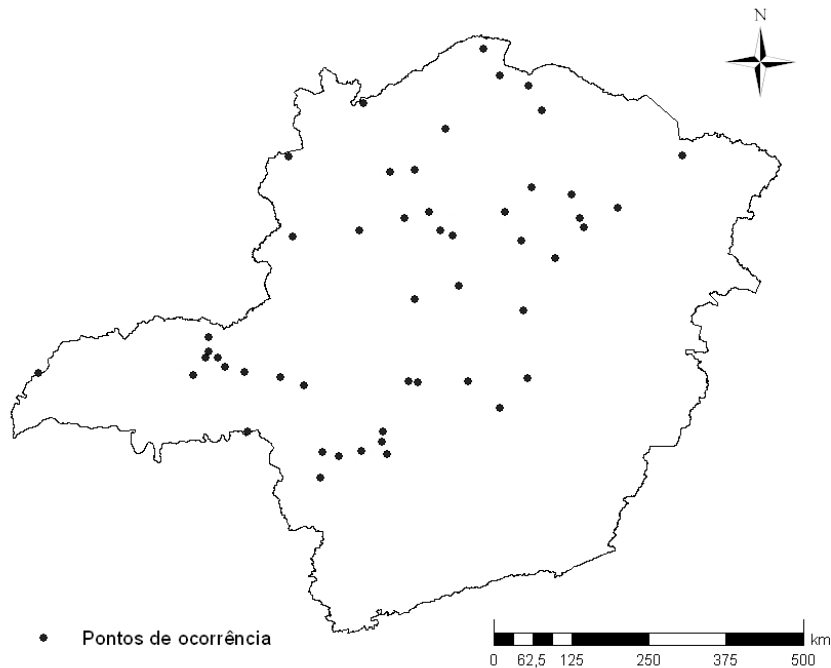


Figura 1: Localização dos fragmentos de florestas estacionais do Domínio do Cerrado amostrados no Estado de Minas Gerais

A validação dos modelos gerados foi feita testando um conjunto de dados independentes (Fielding, 1999), utilizado o chamado gráfico do receptor-operador (ROC-plot), no qual são representadas as frações dos verdadeiros positivos contra os falsos positivos. A área sob a curva é tomada como uma medida de acurácia do modelo e caracteriza o seu desempenho (Phillips et al., 2006). As amostras de validação foram coletadas em incursões a campo durante o projeto “Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e Reflorestamentos de Minas Gerais” (Scolforo & Carvalho, 2006).

3. Resultados e Discussões

Foram selecionadas 5 espécies arbóreas indicadoras para Domínio do Cerrado (*Myracrodruon urundeuva*, *Dilodendron bipinnatum*, *Tabebuia roseoalba*, *Aspidosperma subincanum*, *Tabebuia impetiginosa*). Estas espécies foram as que apresentaram valores mais significativos pelo índice ISA e maior número de pontos de ocorrência.

Na figura 2 observa-se que o modelo de distribuição potencial das Florestas Estacionais do Domínio do Cerrado, previu uma área de 373620,860 km², aproximadamente 63% do Estado. A área nuclear, considerada aqui a área representada por pixels que possuem a combinação de 5 modelos, sendo a que, portanto, possui maior potencial de ocorrência de florestas estacionais no Domínio do Cerrado, recobre parte do Triângulo Mineiro e uma grande faixa no sentido centro-noroeste, principalmente a bacia do Rio São Francisco.

Como a projeção do modelo no espaço geográfico representa a distribuição potencial das espécies consideradas, poucas espécies ocupam todas as áreas que satisfaçam a exigência de seu nicho, ou seja, algumas áreas, apesar de apresentarem

condições climáticas favoráveis para a ocorrência das espécies indicadoras, existem outros fatores que impedem a ocorrência daquela espécie num dado local como, por exemplo, barreiras geográficas à dispersão, interações bióticas (competição, predação) e ação antrópica, que são variáveis difíceis de mensurar (Phillips et al., 2006). A região bacia do Rio Doce, que apesar de possuir certo potencial de distribuição, para este trabalho não foi encontrado nenhum registro de ocorrência das 5 espécies indicadoras, provavelmente devido a fato do complexo da Serra do Espinhaço servir como uma barreira geográfica para a distribuição destas espécies.

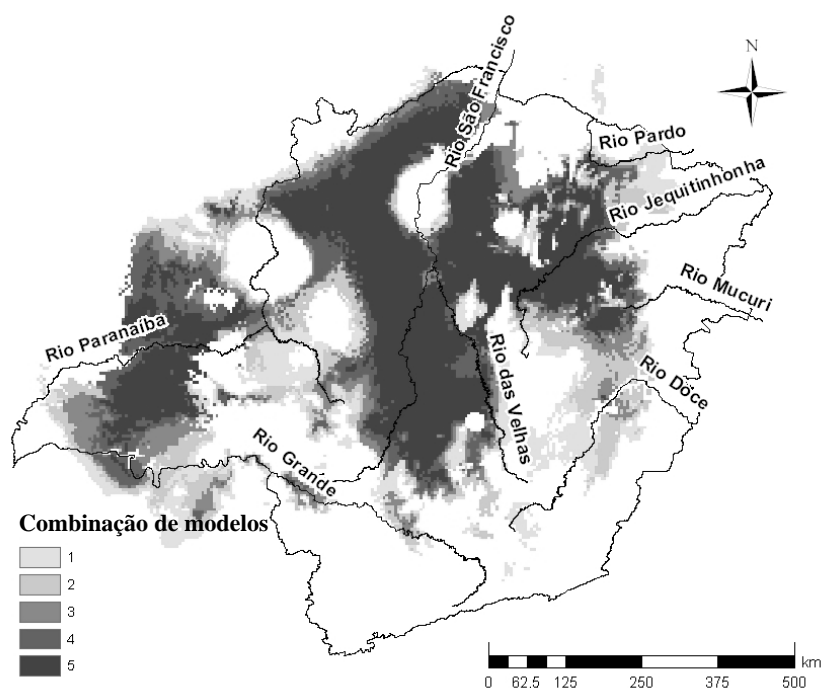


Figura 2. Distribuição potencial das Florestas Estacionais do Domínio do Cerrado no Estado de Minas Gerais. A escala de cinza determina o número de modelos combinados dentro de um pixel: do mais claro (valor 1) ao mais escuro (valor 5)

Podem-se observar, também, algumas lacunas no modelo, que podem tanto representar regiões inadequadas para a ocorrência de florestas estacionais do Domínio do Cerrado, como a faixa que segue de sul a leste no Estado, quanto a deficiência na amostragem e heterogeneidade na distribuição dos pontos de ocorrência ou limitações do algoritmo. Segundo Pearson & Dawson (2003) os modelos baseados em envelopes bioclimáticos consideram, em sua estrutura básica, somente as variáveis climáticas em seu processamento e não incluem outros fatores ambientais, como variáveis relacionadas a solos e vegetação. No entanto, esses modelos podem fornecer uma primeira aproximação muito útil nas análises iniciais.

A utilização de produtos de imagens de sensoriamento remoto auxiliaria na análise, ao incluir no modelo informações sobre habitats altamente alterados, no caso de espécies que ocorrem preferencialmente em áreas com maior ou menor densidade

vegetacional. Para isso será necessária a utilização de algoritmos mais poderosos como o GARP (Anderson et al, 2003) e o Maxent (Phillips et al., 2006).

A Curva ROC (Figura 3), compara as áreas estimadas no modelo com aquelas observadas no mesmo ponto pelas amostras de validação. Segundo Fielding (1999) quanto mais próxima de 1,0 e mais distante de 0,50 for a área sob a curva ROC, maior será a acurácia do modelo. A área sob a curva foi 0,709, o que indica que o modelo atingiu uma boa acurácia.

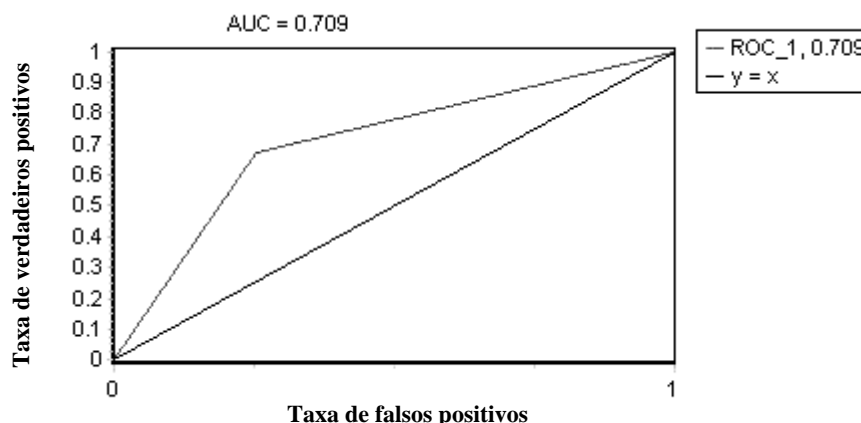


Figura 3. Curva ROC para o modelo de distribuição geográfica de florestas estacionais do Domínio do Cerrado. A reta na diagonal representa um modelo gerado aleatoriamente

4. Considerações finais

Para uma análise inicial, o Bioclim foi eficiente ao modelar a distribuição de florestas estacionais do Domínio do Cerrado, demonstrando que espécies indicadores de um ambiente são capazes de explicar sua distribuição geográfica.

As análises seguintes incluirão a atualização da base de dados, com a adição de pontos de ocorrência de fragmentos estudados pelo projeto “Mapeamento e Inventário da Flora Nativa e Reflorestamentos de Minas Gerais” e utilização de mais outra variedade de bases ambientais, que consistem em dados relativos a relevo e solos e, também, produtos de imagens do sensor MODIS.

Para maior refinamento da análise, esses dados também serão analisados utilizando os algoritmos GARP e Maxent.

5. Referências Bibliográficas

- ANDERSON, R. P., D. LEW, & PETERSON, A. T. (2003). Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. **Ecological Modelling** 162: 211-232
- DUFRENE, M. & LEGENDRE, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. **Ecological Monographs** 67 (3): 345-366.

- DURIGAN, G. (2003) Métodos para análise de vegetação arbórea. In: L. CULLEN Jr.; R. RUDRAN; C. VALLADARES-PÁDUA. (Org.). **Métodos de Estudos em Biologia da Conservação e Manejo da Vida Silvestre**. Curitiba: UFPR / Fundação Boticário de Proteção à Natureza. p. 455-479.
- FELFILI, J. M.; SILVA, M. C.; REZENDE, A. V.; NOGUEIRA, P. E.; WALTER, B. M. T.; FELFILI, M. C.; SILVA, M. A. & ENCINAS, J. I. (1997). Comparação do cerrado (*sensu stricto*) nas Chapadas Pratinha e dos Veadeiros. In: LEITE, L. L. & SAITO, C. H. (Eds.). **Contribuição ao conhecimento ecológico do cerrado**. Departamento de Ecologia, Universidade de Brasília, Brasília-DF. p. 6-11.
- FIELDING A.H. How should accuracy be measured? (1999) In: FIELDING A.H, ed.. **Machine learning methods for ecological applications**. Boston: Kluwer Academic. p.209-223.
- HIJMANS, R.J., CAMERON, S.E.C., PARRA, J.L., JONES, P.G. & JARVIS, A. (2004). **The WorldClim interpolated global terrestrial climate surfaces**. Version 1.3. Disponível em <http://www.diva-gis.org/Data.htm>. Acessado em: maio/2007
- NIX, H. (1986). A biogeographic analysis of Australian elapid snakes. Atlas of Elapid Snakes of Australian. Australian Government Publishing Service, Canberra, Australia, 4-15. Disponível em: <http://cres.anu.edu.au/outputs/anuclim/doc/bioclim.html>
- OLIVEIRA-FILHO, A.T de. (2007) **TreeAtlas: Flora arbórea da Mata Atlântica e domínios adjacentes: Um banco de dados envolvendo geografia, diversidade e conservação**. Disponível em: <http://www.treetlan.dcf.ufla.br>. Acessado em: maio/2007.
- PEARSON, R. G.; DAWSON, T. P. (2003). "Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?" **Global Ecology & Biogeography** 12: 361–371.
- PHILLIPS, S.J., R.P. ANDERSON & SCHAPIRE, R.E. (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological Modelling**, 190:231-259.
- SCOLFORO, J. R. S.; CARVALHO, L. M. T. (2006). **Mapeamento e inventário da flora nativa e reflorestamentos de Minas Gerais**. 1. ed. Lavras: Editora UFLA. v. 1. 288 p.
- SIQUEIRA, M. F.; PETERSON, A. T. (2003). Consequences of global climate change for geographic distributions of cerrado tree species. **Biota Neotropica**, v. 3, n. 2, p. 1-14.