

## Aplicação do modelo de distribuição potencial de *Platypodium elegans* Vogel na delimitação das Florestas Estacionais na Mata Atlântica

Anderson Ribeiro Santiago<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE/DGC/CREN  
Av. República do Chile, 500 / 7º andar, Centro – Rio de Janeiro - RJ, Brasil  
anderson.santiago@ibge.gov.br

<sup>2</sup>Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - USP/ESALQ/DCF  
Av. Pádua Dias, 11, Agronomia - Piracicaba - SP, Brasil  
anderson.santiago@usp.br

**Abstract.** The purpose was evaluate the efficiency the distribution model of *Platypodium elegans* Vogel in the mapping of seasonal forests in Atlantic Forest, we elaborate in an area, between the parallels 15°06' and 20°55' south and the meridians 35°03' and 42°57' Wgr, the model of the distribution this specie for subsequent inference to the Atlantic Forest biome. In this procedure, we used the following environmental layers: altimetry, slope, aspect, annual precipitation, precipitation of driest month, precipitation of wettest quarter and 24 points naturally occurring this specie. The results were evaluated from AUC 0.77± 0.07 and comparing the occurrence map of the specie (model) with the distribution of seasonal forest, in Paranapanema chart. The distribution model of *Platypodium elegans* Vogel predicted 56% of the area mapped as seasonal forest, that denotes the acceptable efficiency of model to predict the naturally occurring areas this forest type.

**Palavras-chave:** species distribution modeling, remote sensing, modelagem de distribuição de espécies, sensoriamento remoto.

### 1. Introdução

A Mata Atlântica é formada por um conjunto de formações florestais (Florestas: Ombrófila Densa, Ombrófila Mista, Estacional Semidecidual, Estacional Decidual e Ombrófila Aberta) e ecossistemas associados como as restingas, manguezais e campos de altitude, que se estendem originalmente por aproximadamente 1.300.000 km<sup>2</sup> em 17 estados do território brasileiro. Hoje os remanescentes de vegetação nativa estão reduzidos a cerca de 22% de sua cobertura original e encontram-se em diferentes estágios de regeneração. Apenas cerca de 7% estão bem conservados em fragmentos acima de 100 hectares. Mesmo reduzida e muito fragmentada, estima-se que na Mata Atlântica existam cerca de 20.000 espécies vegetais (cerca de 35% das espécies existentes no Brasil), incluindo diversas espécies endêmicas e ameaçadas de extinção. Essa riqueza é maior que a de alguns continentes (17.000 espécies na América do Norte e 12.500 na Europa) e por isso a região da Mata Atlântica é altamente prioritária para a conservação da biodiversidade mundial ([www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica](http://www.mma.gov.br/biomas/mata-atlantica)).

Neste contexto, para a conservação de florestas, além do conhecimento de sua composição florística, de sua estrutura e das relações destas com as variáveis ambientais (Sartori et al., 2015) há necessidade do conhecimento de sua localização. A modelagem da distribuição potencial de espécies busca representar as condições ambientais requeridas pelas espécies e assim prever a ocorrência das mesmas (Kearney, 2006; Soberón, 2007; Giannini et al., 2012).

Com isso, ao associar os dados de ocorrência de uma dada espécie com as variáveis ambientais é possível prever, em teoria, os ambientes mais adequados para que a espécie possa se manter viável. Sob essa ótica, diversos trabalhos com o objetivo de estimar as áreas mais adequadas para a ocorrência de espécies representantes da fauna (Ochoa-Ochoa et al., 2016; Fernández et al., 2015) e da flora (Souza, 2011; Williams et al., 2009; Figueiredo et al., 2015) foram desenvolvidos. Nesta perspectiva, algumas espécies arbóreas são utilizadas como

indicativas de determinadas tipologias vegetais (Siqueira e Durigan, 2007; Dutra, 2009). No caso específico das Florestas Estacionais do bioma Mata Atlântica a espécie *Platypodium elegans* Vogel, conhecida vulgarmente por canzileiro, é uma das utilizadas para este fim.

O *Platypodium elegans* Vogel é uma árvore semidecídua, heliófila e característica, no bioma Mata Atlântica, da Floresta Estacional Semidecidual e de sua transição com as formações savânicas. Além disso, pode ocorrer esparsamente nos terrenos altos e bem drenados da Floresta Ombrófila (Lorenzi, 2002; Ramos et al., 2008). Sendo assim, trata-se de uma espécie arbórea tipicamente de ambientes mais secos.

Diante disso, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a eficiência da modelagem de distribuição potencial de *Platypodium elegans* Vogel na delimitação das Florestas Estacionais do bioma Mata Atlântica.

## 2. Metodologia de Trabalho

Para alcançar o objetivo desta pesquisa trabalho, desenvolveu-se uma metodologia baseada nas seguintes fases: (1) Escolha da área de estudo e da espécie a ser modelada, (2) Obtenção e seleção dos dados, (3) Remoção de pontos espacialmente correlacionados, (4) Modelagem na área teste, (5) Inferência da modelagem para o bioma Mata Atlântica, (6) Avaliação da capacidade preditiva do modelo (validação) nas áreas de Floresta Estacional.

A seguir, será feita a descrição detalhada de cada uma dessas fases.

### 2.1. Área de estudo e espécie a ser modelada

A área de estudo (Figura 1), mostra o bioma Mata Atlântica, e neste, encontra-se localizada, entre os paralelos 15°06' e 20°55' Sul e os meridianos 35°03' e 42°57' Wgr, a área teste da primeira modelagem. Esta corresponde ao nordeste de Minas Gerais, sul da Bahia e norte do Espírito Santo, Recobrindo uma área aproximada de 245.000 km<sup>2</sup>, em que há uma grande diversidade climática, variando desde o semi úmido, no vale do Jequitinhonha, até o super úmido, na região litorânea (IBGE, 2002). Os solos de maior ocorrência são os Argissolos e Latossolos (Embrapa, 2011). Os tipos de vegetação variam desde os herbáceos, das formações pioneiras com influência marinha (restinga), até os florestais, dos ambientes ombrófilos e estacionais.

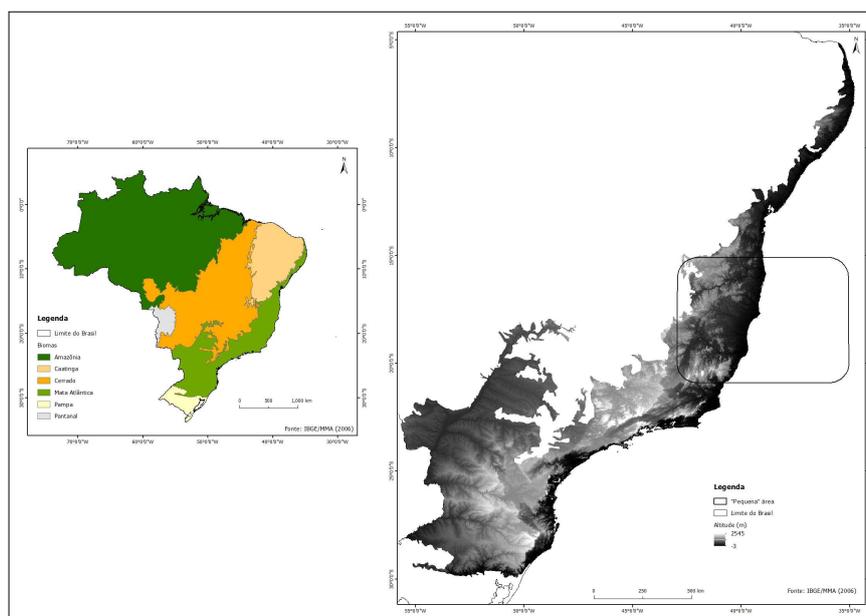


Figura 1: Área de estudo, bioma Mata Atlântica em destaque, com a discriminação da área teste em que foi realizada a primeira modelagem.

A escolha da área teste, ou da área de treinamento da modelagem, foi em função de sua representatividade em relação a Mata Atlântica e por ser objeto da atualização do mapeamento

temático da vegetação brasileira, por parte da Coordenação de Recursos Naturais e Estudos Ambientais (CREN), da Diretoria de Geociências (DGC), da Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A espécie *Platypodium elegans* Vogel (canzileiro) foi escolhida em função da sua abundância e frequência, nas Florestas Estacionais, na região da folha Rio Doce SE.24, escala 1:250.000, limitada pelos paralelos 16° S a 20° S e os meridianos 36° a 42° Wgr, editada pelo IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Figura 1).

## 2.2. Obtenção e seleção dos dados

Como material básico para o trabalho foram utilizados os seguintes dados:

- 1) Vinte e sete pontos com a localização dos indivíduos arbóreos de *Platypodium elegans* Vogel obtidos no Banco de dados e Informações Ambientais (BDIA), mantido pelo IBGE (<http://www.bdia.ibge.gov.br/>);
- 2) Variáveis ambientais, com resolução espacial de 0,83 km. São elas: Precipitação anual, do mês mais seco e do trimestre mais chuvoso, em milímetros (<http://www.worldclim.org/download>); altitude, em metros, declividade, em percentual e orientação das vertentes, em graus (<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/>);
- 3) Polígono do bioma Mata Atlântica, na escala de 1:5.000.000, disponibilizado pelo IBGE ([http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm));
- 4) Polígonos das unidades de conservação, no âmbito federal, disponibilizados pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio (<http://www.icmbio.gov.br/portal/servicos/geoprocessamento/51-menu-servicos/4004-downloads-mapa-tematico-e-dados-geoestatisticos-das-uc-s.html>);
- 5) Carta temática de vegetação do IBGE, folha Paranapanema (SF-22), em escala de 1:250.000, editada em 2014 ([http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)).

Para o processamento e para a interpretação das informações obtidas foram utilizados os seguintes aplicativos: Maxent 3.3.3, algoritmo para a modelagem, Excel®, ferramenta para elaboração dos gráficos, e ArcMap 10.3, Sistema de Informação Geográfica para visualização dos dados, além da extensão SDM Toolbox, utilizada para a seleção de camadas ambientais e eliminação de pontos espacialmente correlacionados.

As camadas ambientais foram selecionadas em função de serem consideradas importantes para explicar a ocorrência da espécie a ser modelada. Ademais, as referidas camadas foram avaliadas, segundo uma matriz de correlação, com o intuito de excluir variáveis consideradas redundantes, com mais de 0,7 de correlação de Pearson.

## 2.3. Remoção de pontos espacialmente correlacionados

Com o objetivo de melhorar a capacidade de calibração e a validação do modelo, fez-se a remoção de ocorrências (pontos) espacialmente correlacionadas. Para isso, utilizou-se a separação por meio da heterogeneidade climática, disponível na extensão SDM Toolbox do ArcMap, considerando uma distância mínima entre os pontos de 15 km e as camadas ambientais selecionadas na etapa anterior.

## 2.4. Modelagem no aplicativo Maxent

O modelo de distribuição potencial de *Platypodium elegans* Vogel foi gerado no aplicativo Maxent, versão 3.3.3k, com a utilização de vinte e quatro ocorrências (espacialmente não correlacionadas) da referida espécie. O método bootstrap foi utilizado para a reamostragem aleatória com reposição. Neste caso, foram geradas 10 réplicas, em que 30% dos pontos foram utilizados para testar o modelo. Após a modelagem, na área de abrangência das ocorrências disponíveis, fez-se a inferência para todo o bioma Mata Atlântica, considerando os mesmos parâmetros da etapa de “treinamento”.

Para a representação do modelo considerou-se o limiar logístico fornecido pelo aplicativo Maxent, que após a avaliação de sua significância ( $p < 0,05$ ), foi mais adequado para a representação biológica da espécie. O mapa resultante contém valores contínuos, contendo a

probabilidade de ocorrência de *P. elegans* Vogel, em que os valores próximos a 1 representam as maiores adequabilidades.

## 2.5. Validação do modelo

Na etapa de validação do modelo, considerou-se o valor do teste AUC (Area Under the Curve) e o seu intervalo de confiança, bem como o erro de omissão. Em relação a avaliação da capacidade preditiva do modelo foram utilizados, além das 27 ocorrências da espécie, mais 14 pontos oriundos do Jardim Botânico de Nova Iorque (<http://www.nybg.org/>).

No quesito viabilidade do modelo em estimar áreas de Floresta Estacional no bioma Mata Atlântica, fez-se o seguinte: na região da folha Paranapanema - SF.22, escala 1:250.000, limitada pelos paralelos 20° S a 24° S e os meridianos 48° a 54° Wgr, editada pelo IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, comparou-se o mapa de ocorrência do *P. elegans* Vogel com o de Floresta Estacional, considerando que toda a área de ocorrência da espécie é representada por esta fisionomia vegetal.

## 3. Resultados e Discussão

Neste tópico serão apresentados os resultados deste trabalho e a sua discussão. Mostrar-se-á, (1) mapa de adequabilidade ambiental da espécie estudada e resumo estatístico da modelagem, (2) contribuição de cada variável ambiental na predição da ocorrência da espécie, possíveis explicações para as variáveis que mais contribuíram na estimativa, (3) comparação feita entre o mapa de adequabilidade e o de ocorrência das Florestas Estacionais, na região oeste do Estado de São Paulo (folha Paranapanema-SF.22), como forma de avaliar a capacidade preditiva do modelo em mapear as áreas desta fitofisionomia.

### 3.1. Mapa de adequabilidade ambiental de *P. elegans* Vogel

O mapa de adequabilidade ambiental obtido através da aplicação do modelo de distribuição potencial do *P. elegans* Vogel (Figura 2) se mostrou, do ponto de vista estatístico, um preditor aceitável de ocorrência da espécie em questão, com valor de AUC de  $0,77 \pm 0,07$ , erro de omissão de 0,01 e valor  $p < 0,05$ . O valor de corte considerado foi de 0.3615 (*Maximum test sensitivity plus specificity logistic threshold*).

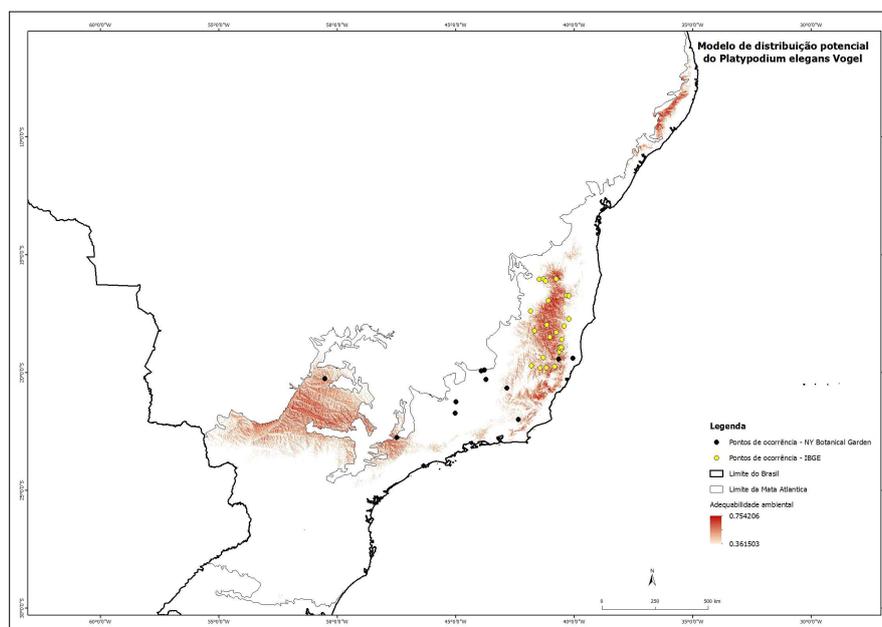


Figura 2: Mapa de adequabilidade ambiental de *Platypodium elegans* Vogel, com a distribuição das ocorrências consideradas.

Já em relação as ocorrências da espécie na Mata Atlântica, ao observar os dados provenientes do Jardim Botânico de Nova Iorque (pontos pretos na Figura 2), há erros de

omissão, que denotam a subestimação das áreas adequadas para a ocorrência de *P. elegans* Vogel. Isso ocorreu predominantemente na região mais interiorana do bioma, que pode estar associado a menor representatividade da área de treinamento comparando com estes locais.

### 3.2. Contribuição de cada variável ambiental na predição da ocorrência de *P. elegans* Vogel

Sequencialmente, na avaliação das variáveis ambientais que mais contribuíram para a predição da adequabilidade ambiental do *P. elegans* Vogel estão: a precipitação do mês mais seco (32,49 %), a altimetria (23,50 %) e a orientação das vertentes (18,73 %). Juntas, elas somam quase 75 % da contribuição para a estimativa (Tabela 1).

Tabela 1: Contribuição das variáveis ambientais na predição da adequabilidade ambiental de *Platypodium elegans* Vogel no bioma Mata Atlântica

Variável ambiental	Contribuição (%)
Precipitação do mês mais seco (bio14)	32,49
Altimetria (alt)	23,50
Orientação das vertentes (aspect)	18,73
Declividade (slope)	10,91
Precipitação do trimestre mais chuvoso (bio16)	9,60
Precipitação anual (bio12)	4,77

A possível explicação para a elevada contribuição destas variáveis ambientais na predição das áreas mais adequadas para o *P. elegans* Vogel é a sua ocorrência natural na Mata Atlântica. Os fragmentos florestais, que abrigam exemplares de *P. elegans* Vogel, estão predominantemente voltados para a face noroeste do terreno, entre 240° e 270° de orientação das vertentes (Figura 3A). Nestes locais, mais secos (Figura 3B), há baixa influência da umidade vinda do mar.

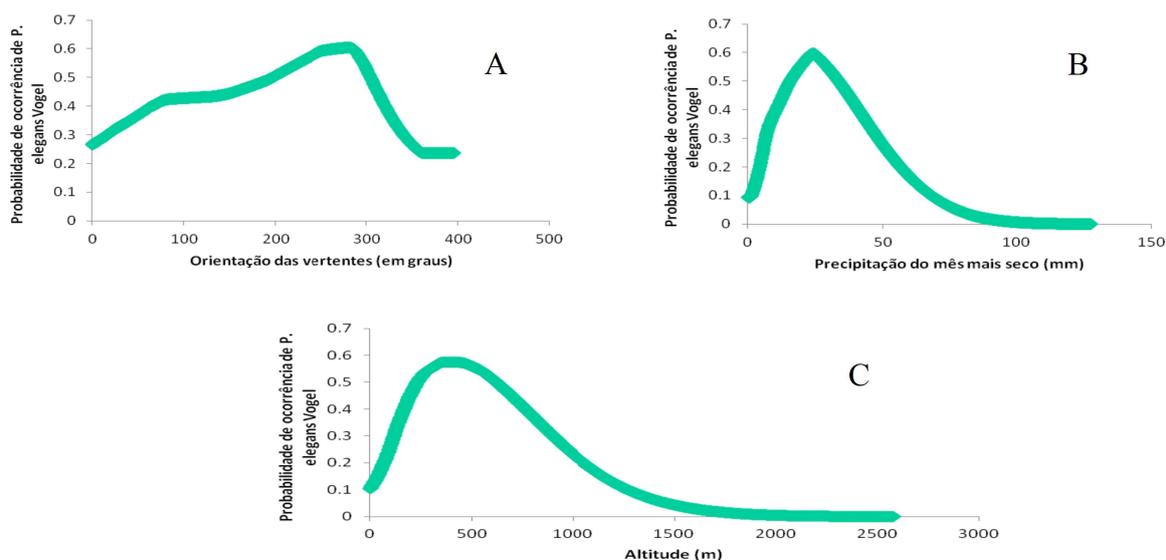


Figura 3: Probabilidade de ocorrência de *P. elegans* Vogel em relação as variáveis orientação das vertentes (A), precipitação do mês mais seco (B) e altitude (C).

Na sequência, estes mesmos fragmentos florestais, remanescentes, se concentram na região altitudinal próxima aos 500 m (Figura 3C), que, em função da maior dificuldade de acesso, ainda resistem a antropização.

### 3.3. Adequabilidade ambiental de *P. elegans* Vogel X Ocorrência das Florestas Estacionais, do bioma Mata Atlântica, na folha Paranapanema

Na tentativa de responder ao principal questionamento deste trabalho, sobre a possibilidade do mapeamento das Florestas Estacionais a partir da modelagem da distribuição potencial de *P. elegans* Vogel, constatou-se que o modelo, na região da folha Paranapanema, foi capaz de prever 56% da área ocupada por esta fisionomia vegetal (Figura 4).

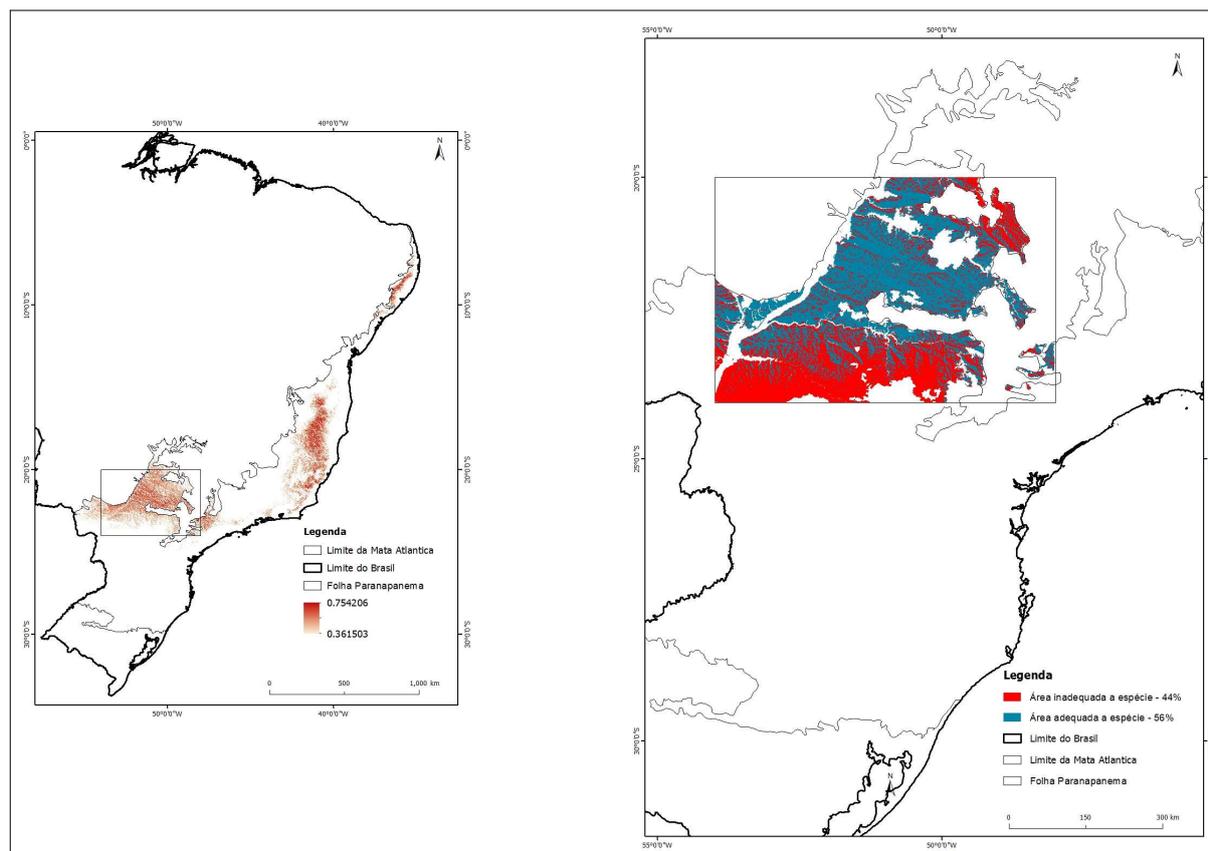


Figura 4: Mapa de adequabilidade ambiental de *P. elegans* Vogel x Ocorrência das Florestas Estacionais, do bioma Mata Atlântica, na folha Paranapanema.

O resultado indica que o mapeamento das áreas de Floresta Estacional, baseado no modelo de distribuição potencial de *P. elegans* Vogel, não representou adequadamente a região compreendida com esta fitofisionomia. Isso pode estar relacionado à baixa representatividade da área de treinamento (Figura 1) e ou ao número de ocorrências utilizadas referente a região mais interiorana do bioma. Ademais, existe a possibilidade da *P. elegans* Vogel não apresentar características necessárias para sozinha representar a diversidade florística da fitofisionomia em questão.

#### 4. Conclusões

A partir deste trabalho foi possível chegar as seguintes conclusões:

- O modelo de distribuição potencial de *Platypodium elegans* Vogel não foi capaz de delimitar a Floresta Estacional da Mata Atlântica;
- O modelo de distribuição potencial de *Platypodium elegans* Vogel coincidiu em 56% com a região de ocorrência da Floresta Estacional do bioma Mata Atlântica do oeste paulista.

## Agradecimentos

O autor agradece ao IBGE pelo apoio na execução deste trabalho, além das valiosas sugestões dos pesquisadores Dr. Paulo Roberto Alves dos Santos e Ms. Rodrigo da Silveira Pereira e da professora Dra. Luciana Duque Silva.

## Referências bibliográficas

Dutra, G. C. **Modelagem da distribuição geográfica de fitofisionomias no Estado de Minas Gerais**. 2009. 48 p. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2009.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Núcleo de Geomática. **Mapa de Solos do Brasil**. Rio de Janeiro, 2011. Escala: 1:5.000.000.

Fernández, P.; Jordano, D.; Haeger, J. F. Living on the edge in species distribution models: The unexpected presence of three species of butterflies in a protected area in southern Spain. **Ecological Modelling**, v. 312, p. 335–346, 2015.

Figueiredo, S. M.; Venticinque, E. M.; Figueiredo, E. O.; Ferreira, E. J. L. Predição da distribuição de espécies florestais usando variáveis topográficas e de índice de vegetação no leste do Acre, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 45, n. 2, p. 167–174, 2015.

Giannini, T. C.; Siqueira, M. F.; Acosta, A. L.; Barreto, F. C. C.; Saraiva, A. M.; Alves-dos-Santos, I. Artigo de Revisão / Review Paper Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies Current challenges of species distribution predictive modelling Resumo A modelagem preditiva tem sido aplicada para analisar a distribuição geográfica de e. **Rodriguésia**, v. 63, n. 3, p. 733–749, 2012.

Lorenzi, H. **Árvores brasileira: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas do Brasil**. Nova Odessa, SP. Instituto Plantarum, v. 1, 4. ed., 2002, 368p.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Diretoria de Geociências. **Mapa de Clima do Brasil**. Rio de Janeiro, 2002. Escala: 1:5.000.000.

Kearney, M. Habitat, environment and niche: What are we modelling? **Oikos**, v. 115, n. 1, p. 186–191, 2006.

Ochoa-Ochoa, L. M.; Flores-Villela, O. A.; Bezaury-Creel, J. E. Using one vs. many, sensitivity and uncertainty analyses of species distribution models with focus on conservation area networks. **Ecological Modelling**, v. 320, p. 372–382, 2016.

Ramos, V. S.; Durigan, G.; Franco, G. A. D. C.; Siqueira, M. F.; Rodrigues, R. R. **Árvores da Floresta Estacional Semidecidual: guia de identificação de espécies**. São Paulo, SP. EDUSP, v. 1, 1. ed., 2008, 320p.

Soberón, J. Grinnellian and Eltonian niches and geographic distributions of species. **Ecology Letters**, v. 10, n. 12, p. 1115–1123, 2007.

Sartori, R. A.; Carvalho, D. A.; Van den Berg, E.; Marques, J. J. G. S. M.; Santos, R. M. Variações florísticas e estruturais do componente arbóreo de uma floresta estacional semidecidual montana em Socorro, SP. **Rodriguésia**, v. 66, n. 1, p. 33–49, 2015.

Siqueira, M. F.; Durigan, G. Modelagem da distribuição geográfica de espécies lenhosas de cerrado no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 30, p. 233–243, 2007.

Souza, H. J. DE. Modelando a distribuição geográfica potencial de espécies vegetais arbóreas indicadoras de matas ciliares da Chapada Diamantina, Bahia, Brasil. **Candombá**, v. 7, n. 1, p. 65–75, 2011.

Williams, J. N.; Seo, C.; Thorne, J.; Nelson, J. K.; Erwin, S.; O'Brien, J. M.; Schwartz, M. W. Using species distribution models to predict new occurrences for rare plants. **Diversity and Distributions**, v. 15, n. 4, p. 565–576, 2009.