



Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto 2

Leonardo Tullio
(Organizador)

 **Atena**
Editora

Ano 2018

LEONARDO TULLIO

(Organizador)

**Aplicações e Princípios do
Sensoriamento Remoto
2**

Atena Editora
2018

2018 by Atena Editora

Copyright © da Atena Editora

Editora Chefe: Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

Diagramação e Edição de Arte: Geraldo Alves e Natália Sandrini

Revisão: Os autores

Conselho Editorial

Prof. Dr. Alan Mario Zuffo – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Álvaro Augusto de Borba Barreto – Universidade Federal de Pelotas
Prof. Dr. Antonio Carlos Frasson – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Antonio Isidro-Filho – Universidade de Brasília
Profª Drª Cristina Gaio – Universidade de Lisboa
Prof. Dr. Constantino Ribeiro de Oliveira Junior – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Daiane Garabeli Trojan – Universidade Norte do Paraná
Profª Drª Deusilene Souza Vieira Dall’Acqua – Universidade Federal de Rondônia
Prof. Dr. Eloi Rufato Junior – Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul
Prof. Dr. Gianfábio Pimentel Franco – Universidade Federal de Santa Maria
Prof. Dr. Gilmei Fleck – Universidade Estadual do Oeste do Paraná
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia
Profª Drª Ivone Goulart Lopes – Istituto Internazionale delle Figlie de Maria Ausiliatrice
Prof. Dr. Julio Candido de Meirelles Junior – Universidade Federal Fluminense
Prof. Dr. Jorge González Aguilera – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul
Profª Drª Lina Maria Gonçalves – Universidade Federal do Tocantins
Profª Drª Natiéli Piovesan – Instituto Federal do Rio Grande do Norte
Profª Drª Paola Andressa Scortegagna – Universidade Estadual de Ponta Grossa
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará
Prof. Dr. Takeshy Tachizawa – Faculdade de Campo Limpo Paulista
Prof. Dr. Urandi João Rodrigues Junior – Universidade Federal do Oeste do Pará
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas
Profª Drª Vanessa Bordin Viera – Universidade Federal de Campina Grande
Prof. Dr. Willian Douglas Guilherme – Universidade Federal do Tocantins

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) (eDOC BRASIL, Belo Horizonte/MG)

A642 Aplicações e princípios do sensoriamento remoto 2 [recurso eletrônico] / Organizador Leonardo Tullio. – Ponta Grossa (PR): Atena Editora, 2018. – (Aplicações e Princípios do sensoriamento remoto; v. 2)

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-85-85107-48-2

DOI 10.22533/at.ed.482180110

1. Sensoriamento remoto. I. Tullio, Leonardo.

CDD 621.3678

Elaborado por Maurício Amormino Júnior – CRB6/2422

O conteúdo do livro e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores.

2018

Permitido o download da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

www.atenaeditora.com.br

APRESENTAÇÃO

No Volume II da obra “Aplicações e Princípios do Sensoriamento Remoto” trazemos até você os mais diversos trabalhos da área, contando agora com 22 capítulos inéditos. Vimos a importância deste tema no Volume I e agora esperamos contribuir significativamente com outras aplicações em diversas áreas de atuação.

Percebemos que os avanços tecnológicos substituem algumas formas de agir e pensar, de maneira instantânea e a níveis de confiança altíssimos. Assim a contribuição e os avanços nas pesquisas são favorecidos com o uso de softwares aplicados ao Sensoriamento Remoto. Visto a necessidade de programas computacionais específicos para análise conjunta de dados sobre a imagem e de maneira rápida, percebemos a significativa atuação da tecnologia neste meio.

Neste sentido, ressaltamos a importância do conhecimento específico e aplicado, pois a tecnologia analisa a partir de comandos, porém, a análise e a definição do certo ou errado ainda está na dependência do operador, que exige conhecimento em sua realização. Aplicações práticas e com resultados significativos são fundamentais para o sucesso de uma pesquisa, a classificação seja ela supervisionada ou não, garante a interpretação fiel da realidade estudada. Porém, refinar as técnicas de análise e comparar os resultados são importantes.

Contudo, ressaltamos a necessidade do conhecimento avançado sobre o que se propõe a estudar e qual método mais adequado, pois a interação dos dois reflete a confiança e qualidade do resultado. Portanto, a busca por conhecimento é insaciável e nos faz aprender a cada capítulo desta obra.

Por fim, desejo bons estudos e muito conhecimento adquirido com as informações e resultados trazidos nos capítulos desta obra.

Leonardo Tullio

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	1
ANÁLISE DA PAISAGEM ATRAVÉS DE SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA UM ESTUDO DE CASO DA CIDADE DE SERRA DO NAVIO-AP	
<i>Érica Patrícia Viegas dos Santos</i>	
<i>Dário Rodrigues de Melo Junior</i>	
<i>Olavo Rodrigues Fagundes Neto</i>	
<i>Tasso Wesley Galeno Barreto</i>	
<i>Patrícia Helena Turola Takamatsu</i>	
<i>Fabiano Luís Belém</i>	
CAPÍTULO 2	14
ANÁLISE DO COMPORTAMENTO ESPAÇO-TEMPORAL DAS GEOFORMAS FLUVIAIS DO BAIXO CURSO DO RIO DOCE COM O AUXÍLIO DE IMAGENS ORBITAIS LANDSAT 8 - LINHARES, ES	
<i>Andressa Padovani Gil</i>	
<i>André Luiz Nascentes Coelho</i>	
CAPÍTULO 3	25
ANÁLISE ESPAÇO-TEMPORAL DA OCUPAÇÃO DA ÁREA E ENTORNO DO PARQUE MUNICIPAL DUNAS DE ABRANTES, CAMAÇARI - BAHIA	
<i>Luiz Felipe Moura Bastos Borges</i>	
<i>Desiree Alves Celestino Santos</i>	
<i>Fábia Antunes Zaloti</i>	
<i>Saulo Medrado dos Santos</i>	
<i>Dária Maria Cardoso Nascimento</i>	
CAPÍTULO 4	36
ANÁLISE MORFOMÉTRICA DA BACIA DO RIO SÃO JOÃO, MG: UMA PROPOSTA PARA MELHOR ENTENDIMENTO DOS LIMITES E DA DINÂMICA ESPACIAL DAS SUPERFÍCIES EROSIVAS	
<i>Samia de Moura Passarella</i>	
CAPÍTULO 5	54
ASSIMILAÇÃO DE DADOS COM O MÉTODO LETKF NO OCEANO ATLÂNTICO SUDOESTE: A IMPORTÂNCIA DAS OBSERVAÇÕES DE SATÉLITE	
<i>Leonardo Nascimento Lima</i>	
<i>Luciano Ponzí Pezzi</i>	
CAPÍTULO 6	69
AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE MODELOS DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DA ESPÉCIE WUNDERLICHIA AZULENZIS	
<i>Alline Zagnoli Villela Motta</i>	
<i>Sollano Rabelo Braga</i>	
<i>Alessandra Morais Melo</i>	
<i>Nathalia Drummond Marques da Silva</i>	
<i>Cristiano Christofaro</i>	
CAPÍTULO 7	80
AVALIAÇÃO DO POTENCIAL DE SEQUESTRO DE CARBONO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PIRAJIBU-MIRIM EM SOROCABA (SP)	
<i>Darllan Collins da Cunha e Silva</i>	
<i>Deborah de Matos</i>	
<i>Renan Angrizani de Oliveira</i>	
<i>Vanessa Cezar Simonetti</i>	
<i>Roberto Wagner Lourenço</i>	

CAPÍTULO 8 94

CONTROLE ESTATÍSTICO DE PROCESSO APLICADO À GCP'S EM MAPEAMENTO AEROFOTOGRAMÉTRICO COM USO DE VANT

José Adriano da Silva
Vinicius Bitencourt Campos Calou
Adunias dos Santos Teixeira
Daniel Albiero

CAPÍTULO 9 105

CORRELAÇÃO ESPACIAL DOS ÍNDICES DE VEGETAÇÃO (NDVI, NDWI E EVI) DE IMAGEM LANDSAT-8 COM ATRIBUTOS DO SOLO

Barbara de Oliveira Sousa Castro
Anderson Antonio da Conceição Sartori
Flávia Luize Pereira de Souza
Letícia Albano Benites

CAPÍTULO 10 117

DESENVOLVIMENTO DE UM VANT DO TIPO QUADROTOR TOTALMENTE AUTÔNOMO DE ALTA PRECISÃO PARA SENSORIAMENTO REMOTO DE ÁREAS DE VEGETAÇÃO POR CÂMERA MULTIESPECTRAL GEORREFERENCIADA

Thiago Vieira Nogueira Coelho
Lucas Moraes
Rafael Falcí Campos
Luis Carlos Carmo Jr.
Daniel Discini Silveira
André Luis Marques Marcato
Alexandre Bessa dos Santos

CAPÍTULO 11 134

ESTUDO SOBRE A UTILIZAÇÃO DE ALVOS PRÉ-SINALIZADOS PARA APOIAR LEVANTAMENTOS AEROFOTOGRAMÉTRICOS REALIZADOS COM VEÍCULO AÉREO NÃO TRIPULADO (VANT)

Glauber Carvalho Costa
Igor de Carvalho Almeida
Rafael Claudino da Silva
Rafael Bazílio Viana

CAPÍTULO 12 144

ESTUDO SOBRE O EMPREGO DE MODELOS DIGITAIS DE TERRENO E ELEVAÇÃO, GERADOS DE LEVANTAMENTO TOPOGRÁFICO CONVENCIONAL, PERFILAMENTO A LASER AÉREO, SRTM, TOPODATA, ASTER GDEM V2 E WORLDDEM, COM ÊNFASE EM PROJETOS VIÁRIOS

Glauber Carvalho Costa
Igor de Carvalho Almeida
Rafael Claudino da Silva
Rubens José Souza Galvão
Rafael Bazílio Viana

CAPÍTULO 13 155

FRONTEIRA AGRÍCOLA E A ESTRUTURA DA PAISAGEM NA SUB-BACIA DO RIO RIACHÃO – OESTE DA BAHIA

Crisliane Aparecida Pereira dos Santos
Edson Eyji Sano
Pablo Santana Santos

CAPÍTULO 14 165

IDENTIFICAÇÃO DE ÁREAS SUSCEPTÍVEIS À OCUPAÇÃO IRREGULAR POR MEIO DE TÉCNICAS DE GEOPROCESSAMENTO NO BAIRRO DE GRAMAME, EM JOÃO PESSOA – PB

Erickson Melo de Albuquerque
Cícero Fidelis da Silva Neto
Marcos Leonardo Ferreira dos Santos

CAPÍTULO 15..... 175

ÍNDICES TEXTURAIS DAS ÁREAS DE EXPLORAÇÃO FLORESTAL NA FLONA DO TAPAJÓS (PARÁ), UTILIZANDO IMAGENS DE MÉDIA RESOLUÇÃO ESPACIAL FUSIONADAS.

Marília Gabriela Lopes da Silva
Tássio Franco Cordeiro
Rodrigo Rafael Sousa de Oliveira
Igor da Silva Narvaes
Alessandra Rodrigues Gomes
Marcos Adami
Lucas José Mazzei de Freitas
Dalton de Morisson Valeriano

CAPÍTULO 16..... 190

INTEGRAÇÃO DE GEOTECNOLOGIAS PARA APOIAR RESPOSTAS A EVENTOS HIDROLÓGICOS CRÍTICOS: A EXPERIÊNCIA DA UNIDADE ESTADUAL DE MONITORAMENTO HIDROMETEOROLÓGICO DURANTE AS INUNDAÇÕES DE 2015 NA BACIA DO RIO ACRE – ACRE/BRASIL

Alan dos Santos Pimentel
Vera Lúcia Reis
Ylza Marluce Silva de Lima
Luiz Alves dos Santos Neto
Diana de Souza Bezerra
Tatiane Mendonça de Lima
Irving Foster Brown

CAPÍTULO 17 201

INDICAÇÃO ESTATÍSTICA DE ÁREAS DE GARIMPO DE AMETISTA COM O USO DE IMAGENS ASTER

Jean Marcel de Almeida Espinoza
Deivid Cristian Leal Alves
Silvia Beatriz Alves Rolim
Jefferson Rodrigues dos Santos
Maurício Soares Ortiz
Miguel da Guia Albuquerque

CAPÍTULO 18..... 213

MAPEAMENTO DAS ÁREAS OCUPADAS COM PASTAGENS NO TRIÂNGULO MINEIRO-MG

Jorge Luís Silva Brito
Roberto Rosa
Mirna Karla Amorim da Silva

CAPÍTULO 19..... 222

MÉTRICAS DE PAISAGEM NA CARACTERIZAÇÃO DOS FRAGMENTOS FLORESTAIS POR MEIO DA FUSÃO DA IMAGEM CBERS 4

Caroline Bessi Fávero
Anderson Antonio da Conceição Sartori
Sidnei Fonseca Guerreiro
Victor Munhoz Ruiz
Rosane Maria Kaspary
Martha Santana Martins

CAPÍTULO 20..... 240

MODELAGEM DINÂMICA ESPACIAL DAS MUDANÇAS DE COBERTURA DA TERRA NA REGIÃO SUL DO ESTADO DE RORAIMA, NORTE DA AMAZÔNIA

Maristela Ramalho Xaud
Cláudia Maria de Almeida
Haron Abraham Magalhães Xaud

CAPÍTULO 21..... 254

SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS DE PERDA DE SOLO POR EROÇÃO LAMINAR NA REGIÃO METROPOLITANA DE GOIÂNIA.

Gabriella Santos Arruda de Lima

Nilson Clementino Ferreira

CAPÍTULO 22..... 265

AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DO MODELO SWAT PARA ESTIMATIVA DA EVAPOTRANSPIRAÇÃO POTENCIAL PARA A REGIÃO DE PETROLINA, ESTADO DE PERNAMBUCO

Teônia Casado da Silva

Madson Tavares Silva

Danielle Teixeira Alves da Silva

Edivaldo Afonso de Oliveira Serrão

Eduardo da Silva Margalho

SOBRE O ORGANIZADOR274

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO DE MODELOS DE DISTRIBUIÇÃO POTENCIAL DA ESPÉCIE *WUNDERLICHIA AZULENZIS*

Alline Zagnoli Villela Motta

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri Diamantina – Minas Gerais

Sollano Rabelo Braga

Universidade dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri Diamantina – Minas Gerais

Alessandra Morais Melo

Universidade dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri Diamantina – Minas Gerais

Nathalia Drummond Marques da Silva

Universidade Federal de Lavras, Departamento de Ciências Florestais
Lavras – Minas Gerais

Cristiano Christofaro

Universidade dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Departamento de Engenharia Florestal
Diamantina – Minas Gerais

RESUMO: Modelos de distribuição potencial de espécies consistem em uma ferramenta poderosa para programas de conservação de recursos naturais, permitindo o mapeamento da probabilidade de ocorrência das espécies. Esse trabalho avalia o desempenho de algoritmos de modelagem na distribuição da espécie *Wunderlichia azulenzis*, que consta na lista das espécies da flora ameaçada de extinção no bioma Caatinga. A partir dos registros de ocorrência da espécie no GBIF (*Global Biodiversity Information Facility*) e de seis

variáveis ambientais, foram gerados mapas de distribuição para a espécie por meio de seis algoritmos distintos. Os algoritmos foram divididos em dois grupos, (apenas presença ou presença e ausência) e avaliados pelo critério AUC (*Area Under the Curve*) e por informações disponíveis na literatura. Os métodos da Distância de Mahalanobis (apenas presença) e Random Forest (presença e ausência) foram considerados os mais eficientes, com elevados AUCs (0,978 e 0,993, respectivamente) e coincidência entre a distribuição gerada e a distribuição esperada nos termos da literatura especializada. Todos os modelos testados apresentaram AUC satisfatório, contudo a distribuição gerada muitas vezes não correspondeu à distribuição esperada pela literatura, indicando que o AUC deve ser considerado em conjunto com outros critérios, a fim de evitar falsos positivos. Os resultados demonstram o potencial de aplicação dos modelos de distribuição na conservação de espécies.

PALAVRAS-CHAVE: modelagem de distribuição de espécies, distribuição potencial, caatinga

ABSTRACT: Potential distribution models, when allowing the occurrence mapping of species, can be a powerful tool for conservation of natural resources programs. This work

evaluates the performance of modeling algorithms in the distribution of the species *Wunderlichia azulensis*, which appears in the list of species of endangered flora in the Caatinga biome. From the occurrences recorded for the species in GBIF (Global Biodiversity Information Facility) and six environmental variables, distribution maps for the species were generated from six different algorithms. The algorithms were divided into two groups, (presence or presence and absence only) and evaluated by the AUC (Area Under the Curve) criterion and by information available in the literature. The Mahalanobis distance (presence only) and Random Forest (presence and absence) methods were considered the most efficient ones, with high AUCs (0.978 and 0.993, respectively) and coincidence between the distribution generated for the species and the expected distribution according to the specialized literature. All the models tested presented satisfactory AUC, but the results were not always consistent with the literature expected distribution, indicating that the AUC criterion should be used in conjunction with other information, to avoid false positives. The results demonstrate that the distribution models have a high potential to contribute for species conservation.

KEYWORDS: specie distribution modelling, potential distribution, caatinga.

1 | INTRODUÇÃO

A Caatinga é o único bioma exclusivamente brasileiro, apresentando elevada biodiversidade, endemismo e heterogeneidade. Com uma área aproximada de 850 mil km², ocupa cerca de 11% do território nacional, englobando de forma contínua parte dos estados do Maranhão, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia (região Nordeste do Brasil) e parte do Norte de Minas Gerais (Região Sudeste do Brasil) (MMA, 2016). Contudo, essa enorme biodiversidade vem sendo ameaçada por alterações ambientais causadas pelo homem, como a perda e fragmentação de habitats e as mudanças climáticas, todas com consequências diretas sobre a distribuição das espécies (MITTERMEIER et al., 2005). Essas ameaças crescentes demandam abordagens que permitam adquirir ou aprofundar o conhecimento existente sobre as espécies e auxiliar em sua proteção e conservação.

Os modelos de distribuição de espécies (*Species Distribution Models* - SDMs), também chamados de modelos de nicho ecológico ou modelos de envelope bioclimático, são ferramentas úteis para complementar a informação sobre a distribuição geográfica das espécies ao longo do tempo (ELITH et al., 2006), bem como para o gerenciamento de recursos naturais. Atualmente, os SDMs constituem um dos campos de pesquisa mais ativos na ecologia, sendo aplicados em diversos estudos, como analisar a dinâmica de distribuição das espécies em cenários de mudanças climáticas passadas, análise dos padrões de riqueza de espécies, dentre outros (LIMA-RIBEIRO; DINIZ-FILHO, 2012).

A modelagem preditiva de distribuição de espécies consiste em um processamento

computacional que combina dados de ocorrência de uma ou mais espécies com variáveis ambientais, permitindo levantar as condições ambientais requeridas pelas espécies (ANDERSON; LEW; PETERSON, 2003). One recent study found the relationship between range size and model performance to be an artefact of sample prevalence, that is, the proportion of presence versus absence observations in the data used to train the model. We examined the effect of model type, species rarity class, species survey frequency, detectability and manipulated sample prevalence on the accuracy of distribution models developed for 30 reptile and amphibian species. Location Coastal southern California, USA. Methods Classification trees, generalized additive models and generalized linear models were developed using species presence and absence data from 420 locations. Model performance was measured using sensitivity, specificity and the area under the curve (AUC). Nesse contexto, os SDM podem ser utilizados como uma importante abordagem conservacionista, permitindo caracterizar a distribuição potencial de espécies da flora ameaçadas de extinção nos biomas brasileiros, avaliar a efetividade das unidades de conservação já existentes em relação a esse grupo, além de contribuir para o estabelecimento de novas áreas prioritárias para a conservação das espécies ameaçadas.

O objetivo desse trabalho foi realizar a modelagem preditiva da espécie *Wunderlichia azulensis*, criticamente ameaçada de extinção e típica do bioma caatinga, a fim de avaliar a influência das variáveis ambientais e o desempenho dos algoritmos de modelagem.

2 | MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de Estudo

O nome “Caatinga” é de origem Tupi-Guarani e significa “floresta branca”. Composta de árvores e arbustos baixos com algumas características xerofíticas, a Caatinga é caracterizada como floresta arbórea ou arbustiva. Comparada a outras formações brasileiras, apresenta a mais alta radiação solar, baixa nebulosidades, a mais alta temperatura média anual, as mais baixas taxas de umidade relativa, evapotranspiração mais elevada e precipitações mais baixas e irregulares. Possui temperaturas médias anuais muito elevadas com valores entre 26 a 28°C (LEAL; TABARELLI; SILVA, 2003).

Apesar da sua importância, o bioma tem sido desmatado de forma acelerada, principalmente nos últimos anos, devido ao consumo de lenha nativa, explorada de forma ilegal e insustentável, para fins domésticos e indústrias, à conversão para pastagens e agricultura e ao sobre pastoreio.

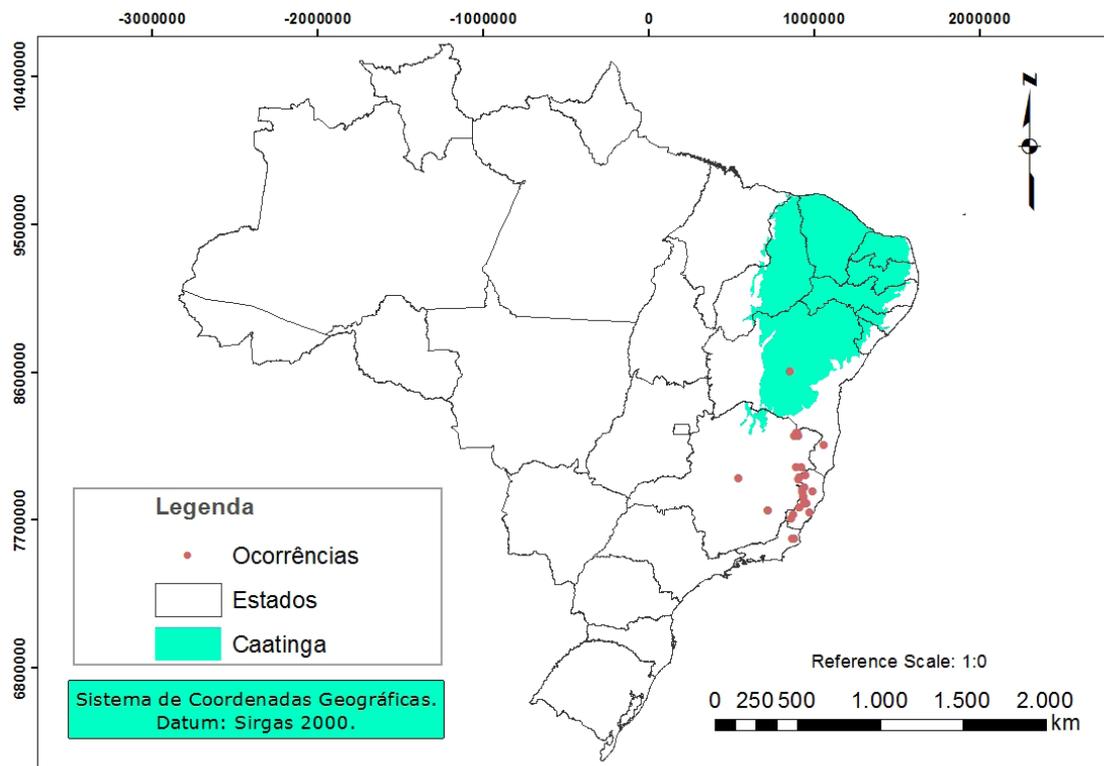


Figura 1. Mapa de localização do bioma Caatinga no Brasil e ocorrências da espécie *Wunderlichia azulensis*.

2.2 Seleção da Espécie

Optou-se por realizar a modelagem preditiva com espécies criticamente ameaçadas de extinção no bioma Caatinga segundo a Lista Nacional de Espécies Ameaçadas de Extinção (MMA, 2008).

A espécie *Wunderlichia azulensis* é uma espécie arbustiva decíduifolia, típica de ambientes rupestres, atingindo 2 a 10 metros, pertencente à família *Asteraceae*. A espécie consta na lista de espécies ameaçadas de extinção no bioma Caatinga (MMA, 2008), apresentando, dentre as espécies ameaçadas da Caatinga, o maior número de registros no banco de dados *Global Biodiversity Information Facility* - GBIF.

A espécie foi coletada pela primeira vez por J. G. Kuhlmann (número coleção 6616, 1943/05/12, RB), e descrita por Barroso e Maguire (1973), com poucos registros seguintes. Apresenta registros em afloramentos rochosos na Bahia, Minas Gerais e Espírito Santo (MAUAD et al., 2014) com padrão de distribuição associado a locais com precipitação anual inferior a 1.200 mm.

Apesar de ter sido registrado em três estados brasileiros, sua ocorrência é limitada a afloramentos rochosos isolados com condições climáticas igualmente limitadas o que explica em parte o risco atual de extinção.

2.3 Variáveis Ambientais

Inicialmente, foi realizada uma busca na literatura a fim de identificar possíveis

variáveis que melhor explicassem a distribuição da espécie selecionada. A partir dessas informações, foram selecionadas variáveis climáticas e bioclimáticas no projeto *Worldclim* (HIJMANS et al., 2005), com resolução de 30 Arc segundos (aproximadamente 1km).

2.4 Modelagem e Avaliação

As ocorrências georreferenciadas da espécie disponibilizadas no banco de dados GBIF foram associadas aos dados ambientais e analisadas por diferentes algoritmos de modelagem de distribuição de espécies.

Diversos algoritmos podem ser utilizados na modelagem de distribuição. Esses algoritmos podem ser separados em dois grandes grupos, de acordo com os tipos de dados de entrada. O primeiro grupo consiste em modelos que utilizam apenas registros de presença e o segundo grupo em modelos que utilizam dados de presença e ausência. No primeiro grupo, podemos enquadrar os *Profile methods* (métodos de perfil) *Bioclim* (envelopes bioclimáticos), *Domain* e Distância de Mahalanobis. No segundo grupo estão os *Machine learning methods* (métodos de aprendizagem automática), *Random forest* e *Support vector machines - SVM*, bem como o método de *Logistic Regression* (regressão logística) e *Generalized Linear Model - GLM* (Modelo Linear Generalizado).

No conjunto dos métodos de perfil (apenas dados de presença) foram analisados os métodos *Bioclim*, *Domain* e Distância de Mahalanobis. O algoritmo *Bioclim*, amplamente utilizado para a modelagem de distribuição de espécies, consiste em um “envelope bioclimático” clássico. Este algoritmo calcula a semelhança de uma localização comparando os valores das variáveis ambientais em qualquer local com uma distribuição percentual dos valores em locais conhecidos de ocorrência.

O algoritmo Distância de Mahalanobis considera as correlações entre variáveis ambientais, identificando e analisando padrões. Após a normalização das variáveis ambientais a distância entre as condições ambientais e cada ponto de ocorrência da espécie é calculada, sendo selecionada a menor distância (distância mínima).

No algoritmo *Domain* a predição de adequabilidade é calculada pela distância mínima do espaço ambiental para cada ponto de presença, buscando gerar predições que se aproximam do nicho fundamental das espécies.

O segundo conjunto de algoritmos testados incluiu os métodos de aprendizagem automática (*Random Forest*, *Support Vector Machines*) e de regressão logística (GLM). O algoritmo *Random Forest* é um tipo de método de aprendizagem de conjunto que consiste de uma coleção de classificadores estruturados em árvores de decisão, que por sua vez são utilizadas na classificação de novos objetos (BREIMAN, 2001).

O algoritmo *Support Vector Machines* pertence à família dos classificadores lineares generalizados e consiste em um conjunto de métodos de aprendizagem supervisionado. A teoria do SVM preconiza a minimização do *risco estrutural*, ou

seja, a probabilidade de classificar errado padrões ainda não vistos pela distribuição de probabilidade dos dados. Os modelos gerados pela SVM dependem apenas de um subconjunto de dados de treino e utilizam apenas os dados mais informativos para gerar os SDM's. Isto faz com que essa técnica seja interessante para utilizar em situações onde os dados de entrada (registros de ocorrência da espécie e/ou variáveis ambientais) são duvidosos ou incompletos (JÚNIOR; SIQUEIRA, 2009) a uma comparação entre algumas técnicas de uso corrente (GARP, Maxent, SVM e BIOCLIM).

O GLM investiga a relação entre uma variável resposta e uma ou mais variáveis preditoras. É uma técnica complexa que precisa de dados de ausência e presença e um número maior de dados, além de ser considerada mais adequada para modelar a distribuição real (KAMINO, 2009).

Os modelos foram avaliados a partir da análise da curva *Receiver Operating Characteristic – ROC* (Características Operacionais do Receptor), considerando a *Area Under the Curve – AUC* (Área Abaixo da Curva). A curva ROC é a relação entre a sensibilidade (proporção de presenças corretamente preditas) e o erro de comissão (ou taxa de falsos positivos) (FRANKLIN et al., 2009) one recent study found the relationship between range size and model performance to be an artefact of sample prevalence, that is, the proportion of presence versus absence observations in the data used to train the model. We examined the effect of model type, species rarity class, species survey frequency, detectability and manipulated sample prevalence on the accuracy of distribution models developed for 30 reptile and amphibian species. Location Coastal southern California, USA. Methods Classification trees, generalized additive models and generalized linear models were developed using species presence and absence data from 420 locations. Model performance was measured using sensitivity, specificity and the area under the curve (AUC. Valores de AUC de 0,5 indicam um modelo aleatório, onde a proporção de locais preditos corretamente é igual à proporção de lugares preditos incorretamente. Valores de AUC mais próximos de 1 informam uma prevalência da sensibilidade sobre os erros de comissão. Valores entre 0,8 e 0,9 indicam bons modelos e valores acima de 0,9 indicam modelos ótimos. Todas as análises foram realizadas no programa R (R CORE TEAM, 2015).

3 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

Foram levantadas 33 ocorrências para a espécie estudada. As variáveis selecionadas no *WorldClim* foram: Temperatura média anual (bio1), Precipitação anual (bio12), Precipitação da estação úmida (bio16), Precipitação da estação seca (bio17), Temperatura máxima do mês mais quente (bio5) e Oscilação térmica anual (bio7).

3.1 Avaliação dos Métodos de Perfil

De acordo com a Tabela 1, o método da Distância de Mahalanobis foi o mais eficiente quando comparado aos outros dois métodos, com o mais elevado AUC para os dados de treino. O segundo método mais eficiente foi o *Domain*, sendo menos eficiente o *Bioclim* com o mais baixo valor de AUC nesse grupo.

Métodos de Perfil	AUC	Classificação do modelo*
Mahalanobis	0,978	Ótimo
Domain	0,961	Ótimo
Bioclim	0,931	Ótimo

Tabela 1. Valores de AUC dos modelos gerados pelos três métodos de perfil testados para a espécie *Wunderlichia azulensis*.

*Classificação segundo THUILLER et al., 2005.

A **Figura 2a** apresenta mostra os locais onde existe adequabilidade ambiental para a espécie de acordo com o método da Distância de Mahalanobis. A distribuição obtida neste modelo está de acordo com a literatura (MAUAD et al., 2014). Desta forma, o modelo foi considerado altamente eficiente, contudo restrito às condições ambientais similares àquelas verificadas nos locais com registro de ocorrência. Esta restrição é mais forte no modelo gerado pelo algoritmo *Bioclim* (**Figura 2b**), onde a predição aponta em maior parte as ocorrências na região Sudeste, incluindo alguns trechos do sul da região sudeste. Embora os resultados do *Bioclim* não sejam considerados tão bons como o de outros métodos de modelagem, o método ainda é amplamente utilizado, dentre outras razões, devido à facilidade de compreensão que o torna útil no ensino de modelagem de distribuição de espécies (HIJMANS; ELITH, 2016).

É possível perceber, por meio da **Figura 2c**, que a distribuição da espécie gerada pelo método *Domain* aponta ocorrências nas regiões Sudeste, Centro-Oeste e Nordeste, abrangendo ainda países da América do Sul e Central. Levando-se em consideração que esta distribuição gerada pelo modelo não corresponde às características reais da distribuição da espécie estudada, mesmo com alto valor de AUC, o modelo não foi considerado eficiente.

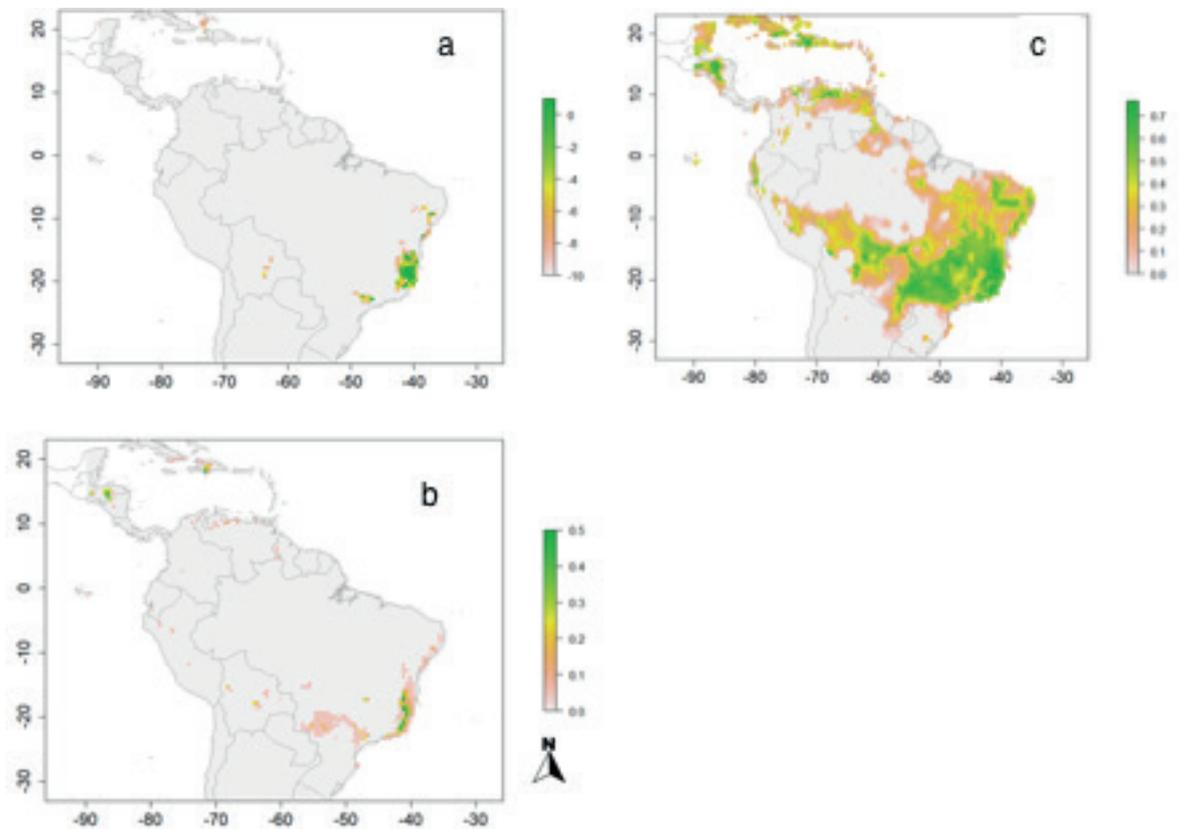


Figura 2. Predição potencial para a ocorrência de *Wunderlichia azulensis*, utilizando os métodos de perfil. (a) Distância de Mahalanobis. (b) Bioclim. (c) Domain.

3.2 Métodos de Aprendizagem Automática

De acordo com a Tabela 2, o método *Random Forest* foi mais eficiente que o método *Support Vector Machine*, com maiores valores de AUC.

Métodos de aprendizagem automática	AUC	Classificação do modelo*
Random Forest	0,993	Ótimo
Support Vector Machine	0,959	Ótimo

Tabela 2. Valores de AUC dos modelos gerados pelos dois métodos de aprendizagem automática testados.

*Classificação segundo THUILLER et al., 2005

Observa-se pela **Figura 3a** que a distribuição da espécie gerada pelo método *Random Forest* é bem mais restritiva que a gerada pelo método SVM (**Figura 3b**), concentrando a maior parte da distribuição da espécie na região Sudeste. Desta forma, o modelo apresenta certo grau de confiabilidade, pois as ocorrências registradas encontram-se na mesma região. O modelo gerado pelo método SVM apresentou ampla distribuição com maior concentração nas regiões Nordeste, Sudeste e Centro-Oeste e baixos valores de probabilidade de ocorrência. Assim, mesmo apresentando altos valores de AUC, o modelo não foi considerado eficiente, gerando uma área de

predição em desacordo com as características ambientais das ocorrências registradas da espécie na literatura.

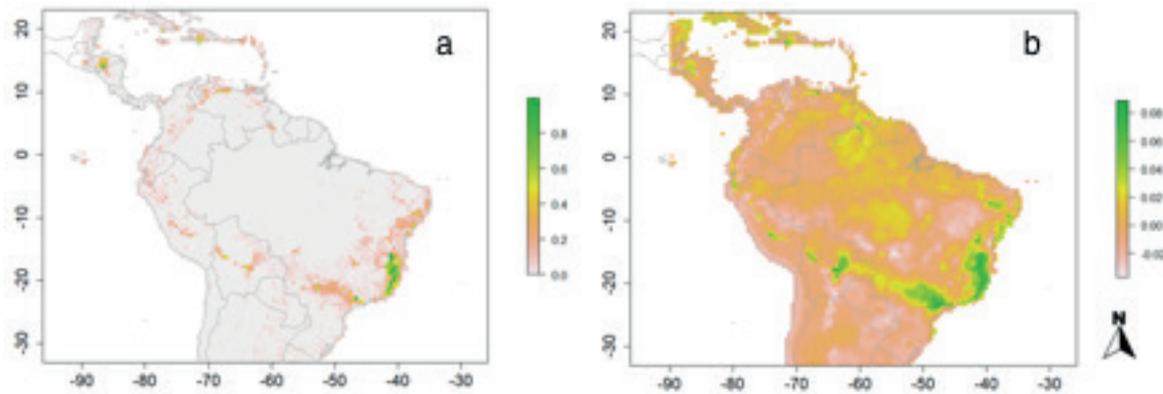


Figura 3. Predição potencial para ocorrência de *Wunderlichia azulensis*, utilizando os métodos de aprendizagem automática. (a) Random forest. (b) Support vector machines.

3.3 Método de Regressão Logística

O Modelo Linear Generalizado apresentou valor de AUC de 0,807, sendo considerado um bom modelo. É possível observar por meio da **Figura 4** que o Modelo Linear Generalizado resultou em uma ampla distribuição da espécie *W. azulensis*, com ocorrências da região Sudeste até a região Norte. Assim, apesar do AUC considerado bom, o modelo não foi considerado eficiente, uma vez que os resultados gerados incluíram áreas que não representam as características ambientais de ocorrência da espécie. Isso pode estar associado ao fato do GLM ser uma técnica complexa que exige uma maior amostragem, tanto dados de ausência (no presente estudo foram simulados os dados de ausência) quanto de presença (KAMINO, 2009).

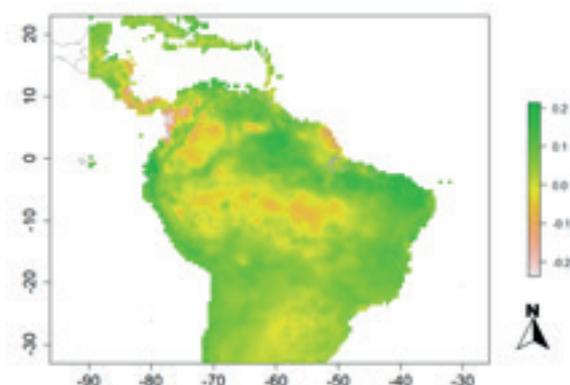


Figura 4. Predição potencial para a ocorrência *Wunderlichia azulensis*, utilizando o modelo linear generalizado.

4 | CONCLUSÃO

Dentre os métodos de perfil testados, o método da Distância de Mahalanobis

gerou o modelo mais eficiente, com a distribuição gerada para a espécie coincidindo com a distribuição atualmente disponível na literatura. O modelo gerado pelo método *Bioclim*, apesar de apresentar menor AUC dentre os métodos de perfil, pode ser considerado mais eficiente que o modelo gerado pelo método *Domain*, uma vez que sua área de predição coincidiu com ambientes onde ocorreram os registros da espécie.

Dentre os métodos de aprendizagem automática, o *Random Forest* foi considerado o mais eficiente, com AUC mais elevado e coincidência com a distribuição disponível na literatura. Os demais modelos de aprendizagem e o modelo linear generalizado (GLM), apesar dos valores satisfatórios para o AUC, não representaram de forma adequada a distribuição esperada da espécie em questão de acordo com as informações da literatura.

Os resultados indicam que a utilização do critério AUC deve se feita com cautela, devendo ser associada a informações gerais da distribuição da espécie de modo a evitar erros de falso positivo. De um modo geral, verifica-se que os modelos de distribuição apresentam grande potencial de contribuição para a conservação de espécies.

REFERÊNCIAS

- ANDERSON, R. P.; LEW, D.; PETERSON, A. T. **Evaluating predictive models of species ' distributions : criteria for selecting optimal models**. *Ecological Modelling*, v. 162, p. 211–232, 2003.
- BREIMAN, L. E. O. *Random Forests*. p. 5–32, 2001.
- ELITH, J. et al. **Novel methods improve prediction of species ' distributions from occurrence data**. *Ecography*, v. 2, n. January, 2006.
- FRANKLIN, J. et al. **Effect of species rarity on the accuracy of species distribution models for reptiles and amphibians in southern California**. *Biodiversity Research*, p. 167–177, 2009.
- HIJMANS, R. J. et al. **Very High Resolution Interpolated Climate Surfaces for Global Land Areas**. *International Journal of Climatology*, v. 19, p. 1565–1578, 1999.
- HIJMANS, R. J.; ELITH, J. **Species distribution modeling with R** *Introduction*, 2016.
- JÚNIOR, P. DE M.; SIQUEIRA, M. F. **Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista?** *Megadiversidade*, v. 5, n. 1–2, p. 65–76, 2009.
- KAMINO, L. H. Y. **Modelos de Distribuição Geográfica Potencial: Aplicação com Plantas Ameaçadas de Extinção da Floresta Atlântica**. [s.l.] Universidade Federal de Minas Gerais, 2009.
- LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. [s.l.: s.n.].
- LIMA-RIBEIRO, M. D. S.; DINIZ-FILHO, J. A. F. **Modelando a distribuição geográfica das espécies no passado: uma abordagem promissora em Paleoecologia**. *Revista Brasileira de Paleontologia*, v. 15, n. 3, p. 371–385, 31 dez. 2012.
- MAUAD, L. P. et al. **New distribution record and implications for conservation of the endangered *Wunderlichia azulensis* Maguire & G.M. Barroso (Asteraceae: Wunderlichieae)**. *Check List*,

v. 10, n. 3, p. 706–708, jul. 2014.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caatinga**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em: 03 Outubro 2016.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. 2008. Instrução Normativa nº 06, de 23 de setembro de 2008. **Lista Nacional de Espécies da Flora Ameaçadas de Extinção**. Imprensa Oficial. Brasília.

MITTERMEIER, C. G., GIL, P. R., HOFFMANN, M., PILGRIM, J., BROOKS, T., LAMOUREX, J. & FONSECA, G. A. B. **Hotspots Revisitados. As regiões biologicamente mais ricas e ameaçadas do planeta**. Belo Horizonte, Conservação Internacional do Brasil. 2005.

R CORE TEAM (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.

SOUZA-BUTURI, F.O. 2015 *Wunderlichia* em **Lista de Espécies da Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB5542>>. Acesso em: 03 Outubro 2016.

THUILLER, W. et al. **Niche-based modelling as a tool for predicting the risk of alien plant invasions at a global scale**. *Global Change Biology*, v. 11, n. 12, p. 2234–2250, 2005.

SOBRE O ORGANIZADOR

Leonardo Tullio Engenheiro Agrônomo (Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais-CESCAGE/2009), Mestre em Agricultura Conservacionista – Manejo Conservacionista dos Recursos Naturais (Instituto Agronômico do Paraná – IAPAR/2016). Atualmente, é professor colaborador do Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Ponta Grossa – UEPG, também é professor efetivo do Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais – CESCAGE. Tem experiência na área de Agronomia – Geotecnologias, com ênfase em Topografia, Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto. E-mail para contato: leonardo.tullio@outlook.com

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-85107-48-2



9 788585 107482