

MODELAGEM DO POTENCIAL DE OCORRÊNCIA AMBIENTAL DE QUATRO ESPÉCIES ARBÓREAS DO BIOMA CAATINGA

Andreia Taborda dos Santos¹, Marilice Cordeiro Garrastazu², Patrícia Póvoa de Mattos², Evaldo Muñoz Braz², Sebastião do Amaral Machado¹

¹ Engenheira Florestal, Doutoranda em Engenharia florestal, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR (andreia1taborda@gmail.com)

² Engenheira Florestal, Mestre em Engenharia Agrícola, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

² Engenheira agrônoma, Doutora em Engenharia Florestal, pesquisadora da Embrapa Florestas, Colombo, PR

² Engenheiro Florestal, Doutor em Engenharia Florestal, pesquisador da Embrapa Florestas, Colombo, PR

¹ Engenheiro Florestal, Doutor em Engenharia Florestal, professor da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR

Recebido em: 15/05/2023 – Aprovado em: 15/06/2023 – Publicado em: 30/06/2023
DOI: 10.18677/EnciBio_2023B18

RESUMO

O objetivo deste trabalho foi determinar a modelagem do potencial de ocorrência ambiental de *Bauhinia forficata* Link, *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett, *Croton sonderianus* Mull. Arg. e *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson, em áreas de vegetação natural da Caatinga, visando subsidiar pesquisas e projetos ligados à proteção, conservação ou uso sustentável. Para modelagem do potencial de ocorrência, foram utilizadas camadas climáticas obtidas da base de dados *WorldClim* e dados de ocorrência obtidos na base *SpeciesLink*, sendo utilizada a plataforma *OpenModeller* e o algoritmo de distância ambiental. As coordenadas usadas para a modelagem foram obtidas na base do Centro de Referência e Informação Ambiental (CRIA). Observou-se que, apesar de se tratarem de espécies de ocorrência natural na Caatinga, apresentaram diferenças em suas regiões preferenciais. Desta maneira, o conhecimento do potencial de ocorrência ambiental de espécies com importância econômica como as abordadas neste trabalho, associado ao conhecimento do comportamento e características das mesmas, facilitará a definição de medidas direcionadas ao seu uso e conservação.

PALAVRAS-CHAVE: Caatinga; modelo, potencial de ocorrência

MODELING THE POTENTIAL ENVIRONMENTAL OCCURRENCE OF FOUR TREE SPECIES FROM THE CAATINGA BIOME

ABSTRACT

The objective of this work was to determine the modeling of the potential environmental occurrence of *Bauhinia forficata* Link, *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett, *Croton sonderianus* Mull. Arg. and *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson, in areas of natural vegetation of the Caatinga, aiming to support research and projects related to protection, conservation or

sustainable use. For modeling, we used climate layers obtained from the WorldClim database and occurrence data obtained from the SpeciesLink database. We used the OpenModeller platform and the environmental distance algorithm. The coordinates used for modeling were obtained from the base of the Center for Reference and Environmental Information (CRIA). We observed that, despite being species of natural occurrence in the Caatinga, they presented differences in their preferred regions. Thus, knowledge of the potential environmental occurrence of species of economic importance, such as those addressed in this study, associated with knowledge of their behavior and characteristics are important for defining measures directed at their use and conservation.

KEYWORDS: Caatinga, modeling, occurrence potential

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro compreende uma vasta área do território nacional, concentrada principalmente na região Nordeste, tratando-se da região árida mais populosa do planeta, com cerca de 27 milhões de habitantes, dos quais em torno de 44% dos residentes encontram-se na área rural (MATA *et al.*, 2019). Apesar de ser a única grande região natural brasileira cujos limites estão inteiramente restritos ao território nacional, pouca atenção tem sido dada à conservação da variada e marcante paisagem da Caatinga (SILVA *et al.*, 2004). Esses mesmos autores afirmam ainda que a contribuição da biota à biodiversidade extremamente alta do Brasil tem sido subestimada. A grande variedade de espécies desse bioma está sendo ameaçada e algumas ainda estão sendo registradas, indicando como a precariedade de estudos realizados é grande nesse ecossistema (ALVES *et al.*, 2009). Araripe (2020) cita que os recursos ecossistêmicos da Caatinga nem sempre são explorados de forma sustentável e que o desmatamento e a degradação ambiental da região estão relacionados com a agropecuária, a agricultura, a indústria entre outros, o que tem ocasionado a redução da diversidade biológica, degradação do solo e erosão. De acordo com Tabarelli *et al.* (2018), a falta de valorização e políticas públicas na região acabam gerando um estereótipo negativo desse ambiente. Por ser uma das regiões menos conhecidas do País, é necessário compreender suas dinâmicas ambientais, sociais e econômicas, para melhor conservá-la.

Moura e Silva (2021) citam que as principais famílias, em número de espécies, presentes na Caatinga no sentido mais estrito são: Fabaceae (278 espécies); Convolvulaceae (103 espécies); Euphorbiaceae (73 espécies); Malpighiaceae (71 espécies); Poaceae (66 espécies); e Cactaceae (57 espécies), e nas áreas consideradas como florestas do bioma Caatinga, as famílias mais importantes são: Fabaceae (184 espécies); Rubiaceae (137 espécies); Euphorbiaceae (95 espécies); Poaceae (74 espécies); e Orchidaceae (73 espécies). A separação de vegetação em herbácea (porte muito baixo), arbustos e árvores mais altas caracteriza a grande diferença fisionômica dos campos e das florestas ou matas. É uma divisão internacionalmente feita e não muito bem definida no caso da Caatinga, que ora é enquadrada como mata seca ora como savana (SILVA *et al.*, 2018).

De acordo com o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE, 2015), após uma atualização do mapeamento e monitoramento sobre uma parte da área da Caatinga, 40% da área se encontra degradada, 42% preservada, 8% do solo exposto, 8% é utilizado para cultivo e 0,8% é representado por corpos d'água. Silva

et al. (2021) citam que na Caatinga a população regional usa um grande número de espécies da fauna e da flora nas atividades, para obtenção de energia, alimento humano e forragens, além de desmatarem para a expansão de pastagem e agricultura, sendo associada à queimada para a preparação do solo.

Segundo Coradin *et al.* (2018), o uso sustentável e a conservação dos recursos florestais do bioma Caatinga no Nordeste passam por questões fundamentais, como a manutenção da economia regional e a geração de energia na forma de lenha, configurando-se na segunda fonte energética mais importante da região, ou na comercialização de produtos florestais madeireiros e não-madeireiros por famílias e comunidades, ou para o fornecimento de forragem para o gado, ainda criado majoritariamente de forma extensiva em todo o Bioma.

Bueno *et al.* (2017) citam que um método que vem sendo muito utilizado na definição de áreas para a conservação é a modelagem de nicho ecológico, método que permite prever a distribuição potencial de espécies, com base em áreas de ocorrência conhecida, variáveis ambientais e levando em consideração as características que compõem o nicho. Ainda nesse sentido, Moura *et al.*, (2017) e Sousa *et al.* (2020), citam que a distribuição potencial de uma espécie pode ser vista como a expressão geográfica ou ocorrência do nicho em um determinado momento. Os modelos de potencial de ocorrência ambiental associam as localizações de uma espécie a um conjunto de variáveis ambientais e projetam a previsão de distribuição da espécie. Assim, o conhecimento do potencial de ocorrência de uma espécie com importância econômica, associado ao conhecimento dos remanescentes florestais, facilita a definição de medidas direcionadas ao uso e conservação das espécies. Adicionalmente, a seleção de locais com potencial de ocorrência de uma espécie nativa constitui um facilitador no entendimento do crescimento da espécie em povoamentos instalados para produção ou recuperação de áreas degradadas (GARRASTAZU; MATTOS, 2013).

Desta maneira, o objetivo deste trabalho foi determinar a modelagem do potencial de ocorrência ambiental de *Bauhinia forficata* Link, *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J. B. Gillett, *Croton sonderianus* Mull. Arg. e *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & Jobson, em áreas de vegetação natural da Caatinga, com o intuito de entender sua distribuição nas áreas de estudo devido à sua importância econômica na região.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a modelagem do potencial de ocorrência ambiental de *Bauhinia forficata*, *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* e *Pityrocarpa moniliformis*, foi aplicada a mesma metodologia descrita em Garrastazu e Mattos (2019). A modelagem foi desenvolvida considerando as camadas climáticas com intervalo de 30 segundos (equivalendo a pixels de 1 km²). As camadas climáticas foram obtidas da base de dados *WorldClim* (FICK; HIJMANS, 2017), sendo incluídas para processamento as camadas apresentadas no Quadro 1.

QUADRO 1. Camadas ambientais e climáticas disponibilizadas por *WorldClim*

Camadas	Dados
alt	Altitude
BIO 1	Temperatura média anual
BIO 2	Amplitude média diurna (Média mensal (temp. máxima – temp. mínima))
BIO 3	Isotermal
BIO 4	Sazonalidade da temperatura (desvio padrão *100)
BIO 5	Temperatura máxima do mês mais quente
BIO 6	Temperatura mínima do mês mais frio
BIO 7	Amplitude da temperatura anual
BIO 8	Temperatura média do quartil mais úmido
BIO 9	Temperatura média do quartil mais seco
BIO 10	Temperatura média do quartil mais quente
BIO 11	Temperatura média do quartil mais frio
BIO 12	Precipitação pluviométrica anual
BIO 13	Precipitação pluviométrica do mês mais úmido
BIO 14	Precipitação pluviométrica do mês mais seco
BIO 15	Sazonalidade da precipitação pluviométrica (coeficiente de variação)
BIO 16	Precipitação pluviométrica do quartil mais úmido
BIO 17	Precipitação pluviométrica do quartil mais seco
BIO 18	Precipitação pluviométrica do quartil mais quente
BIO 19	Precipitação pluviométrica do quartil mais frio

Fonte: Fick e Hijmans (2017)

Os dados de ocorrência para as quatro espécies foram obtidos na base *SpeciesLink*, a partir da pré-seleção para a região nordeste. Para a modelagem do potencial de ocorrência, utilizou-se a plataforma *OpenModeller* e o algoritmo de distância ambiental (*environmental distance*). Este software é utilizado, principalmente, para avaliação e projeção de modelos em diferentes cenários ambientais, avaliação do potencial de ocorrência de espécies e dados ambientais.

Para *Bauhinia forficata* foram utilizados 195 pontos de ocorrência, para *Commiphora leptophloeos* 707 pontos, para *Croton sonderianus* 193 pontos e para *Pityrocarpa moniliformis* 1.063 pontos. As coordenadas usadas para a modelagem foram obtidas na rede *SpeciesLink*, no CRIA (Centro de Referência em Informação Ambiental), conforme apresentado no Quadro 2.

QUADRO 2. Dados utilizados para modelagem do potencial de ocorrência para *Bauhinia forficata* (Ba), *Commiphora leptophloeos* (Co), *Croton sonderianus* (Cr) e *Pityrocarpa moniliformis* (Pi).

Coleção	Intituição	Sigla	Estado/ País	Espécies			
				Ba	Co	Cr	Pi
Arizona State University Vascular Plant Herbarium	ASU	ASU- PLANTS	AZ/EUA	-	1	-	-
Herbário da Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia	Cenargen	CEN	DF/BR	-	7	1	25
Herbário do Centro de	CEPLAC	CEPEC	BA/BR	31	21	3	2

Pesquisas do Cacau								
Herbário da Fundação Universidade Federal de Mato Grosso do Sul	CGMS	CGMS	MS/BR	-	-	-	1	
Herbário Fernando Cardoso da Silva	CNPF	HFC	PR/BR	-	-	1	1	
Herbário do Trópico Semiárido	CPATSA	HTSA	PE/BR	2	14	9	15	
Herbário da Reserva Natural Vale	CVRD	CVRD	ES/BR	-	1	-	-	
Herbário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Dois Vizinhos	DVPR	DVPR	PR/BR	-	-	-	1	
Instituto Agrônômico do Norte	EAO	IAN	PA/BR	1	5	-	1	
Herbário Antônio Nonato Marques	EBDA	BAH	BA/BR	1	-	-	1	
Herbário da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz	ESALQ	ESA	SP/BR	-	1	1	2	
Field Museum of Natural History (Botany) Seed Plant Collection	F	F-SEEDPLANTS	IL/USA	1	1	2	10	
Herbário Dr. Roberto Miguel Klein	FURB	FURB	SC/BR	-	2	1	1	
Herbário do Jardim Botânico da Fundação de Parques Municipais e Zoobotânica	FZB-BH	BHZB	MG/BR	-	1	-	-	
Geneva Herbaria Catalogue with species Brazil - De Candolle herbarium	G	G-DC	Genebra/CH	1	-	1	-	
Herbário Barbosa Rodrigues	HBR	HBR	SC/BR	1	-	-	-	
Herbário de Referência do Sertão Nordestino	HRSN	HRSN	PE/BR	-	37	-	-	
Herbário do Instituto Agrônômico de Campinas	IAC	IAC	SP/BR	-	-	-	1	
Herbário do Estado Maria Eneyda P. Kaufmann Fidalgo - Coleção de Fanerógamas	IBt	SP	SP/BR	-	5	2	28	
Herbário do Instituto do Meio Ambiente do Estado de Alagoas	IMA	MAC	AL/BR	9	28	2	21	
Herbário INPA	INPA	INPA	AM/BR	-	1	-	3	
Herbário - IPA Dárdano de Andrade Lima	IPA	IPA	PE/BR	10	39	2	70	9

Herbário Ezechias Paulo Heringer	JBB	HEPH	DF/BR	-	-	1	-
Herbário Lauro Pires Xavier	JBP	HPL	PB/BR	-	-	1	2
Herbário do Museu Botânico Municipal	MBM	MBM	PR/BR	8	6	3	3
Herbário Mello Leitão	MBML	MBML- HERBAR IO	ES/BR	-	-	1	-
Herbário do Museu Nacional	MN	R	RJ/BR	-	-	-	8
Coleção de plantas vasculares da América do Sul	MNHN	RECOLN AT_MNH N_P	Île-de- France/ FR	3	3	-	5
Missouri Botanical Garden	MO	MŌ	MO/EU A	4	2	1	8
Naturalis Biodiversity Center (NL) - Botany	NBC	NL- BOTANY	South Holland /NL	2	-	-	-
The New York Botanical Garden - South America records	NY	NY	NY/EU A	24	28	3	76
Herbário Friburguense	PUC-RIO	FCAB	RJ/BR	-	1	-	-
Herbario da Universidade Estadual de Feira de Santana	UEFS	HUEFS	BA/BR	16	14	1	25
Herbário da Universidade Estadual de Londrina	UEL	FUEL	PR/BR	-	2	-	6
Herbário Professor Aluizio Bittencout	UEMA	HABIT	MA/BR	-	-	-	1
Herbário Rosa Mochel	UEMA	SLUI	MA/BR	-	-	-	3
Herbário da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia	UESB	HUESB	BA/BR	10	1	-	-
Herbário Universidade Estadual de Santa Cruz	UESC	UESC	BA/BR	2	2	1	-
Herbário da UFABC	UFABC	HUFABC	SP/BR	-	1	1	-
Herbário Alexandre Leal Costa	UFBA	ALCB	BA/BR	21	48	4	10
Herbário Prisco Bezerra	UFC	EAC	CE/BR	7	45	3	79
Herbário Rita Baltazar de Lima	UFCG	CSTR	PB/BR	7	19	6	-
Herbário Dárdano de Andrade Lima	UFERSA	MOSS	RN/BR	-	1	1	2
Herbário Central da Universidade Federal do Espírito Santo	UFES	VIES	ES/BR	1	1	-	-
Herbário da Universidade Federal de Goiás	UFG	UFG	GO/BR	1	1	-	-

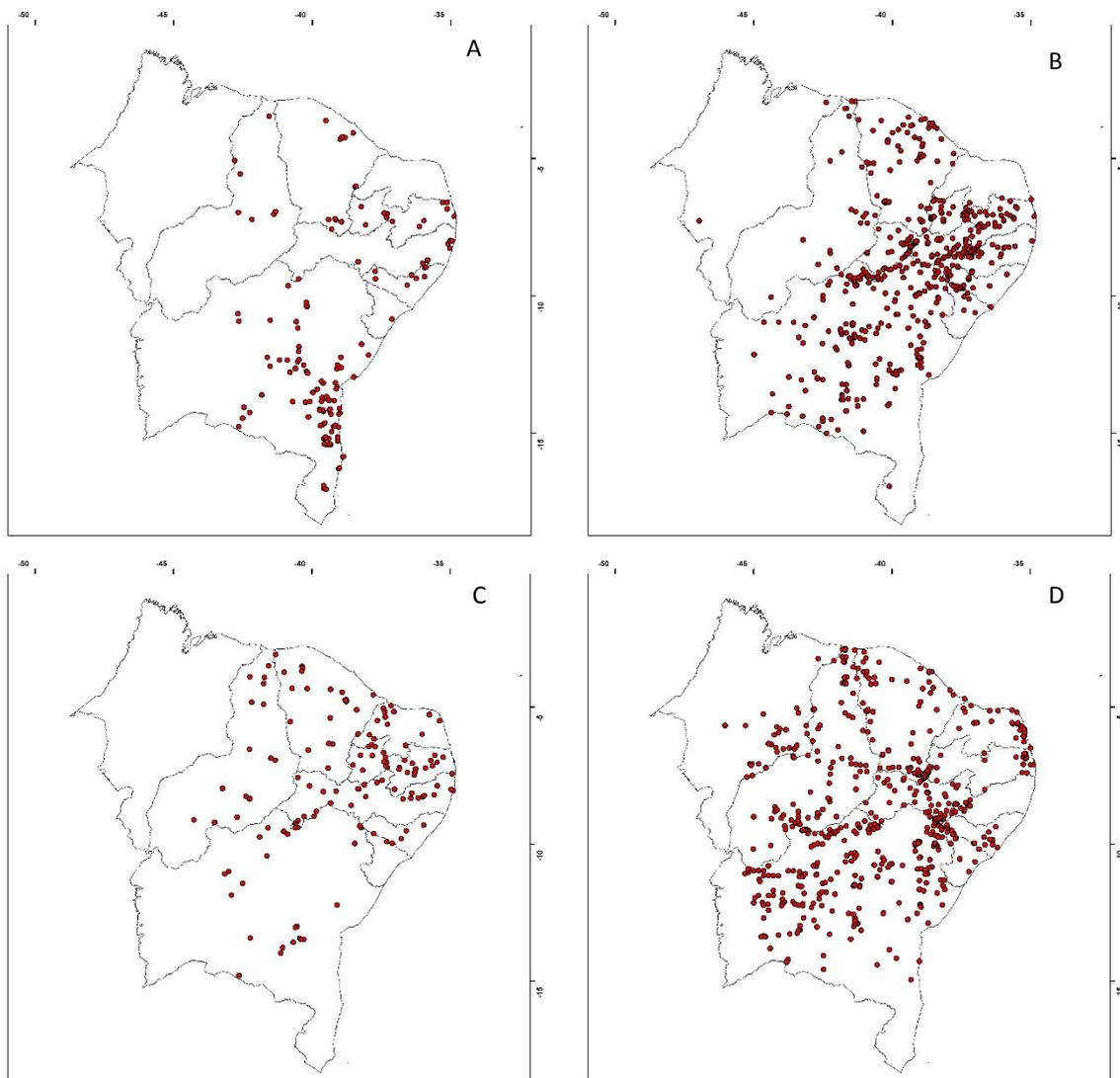
Herbário Leopoldo Krieger	UFJF	CESJ	MG/BR	-	1	-	4
Herbário ESAL	UFLA	ESAL	MG/BR	-	7	-	-
Herbário do Maranhão	UFMA	MAR			1		4
Herbário da UFMG - Fanerógamas, Algas e Fungos	UFMG	BHCB	MG/BR	-	1	1	1
Herbário UFMT	UFMT	UFMT	MT/BR	-	-	-	2
Herbário Lauro Pires Xavier	UFPB	JPB	PB/BR	11	29	1	33
Herbário UFP - Geraldo Mariz	UFPE	UFP	PE/BR	3	16	6	8
Herbário PEL	UFPEL	PEL	RS/BR	1	-	-	-
Herbário Graziela Barroso	UFPI	TEPB	PI/BR	7	8	8	10
Herbário Delta do Parnaíba	UFPI-MRV	HDELTA	PI/BR	-	6	-	12
Herbário da Universidade Federal do Paraná	UFPR	UPCB	PR/BR	-	-	2	1
Herbário do Recôncavo da Bahia	UFRB	HURB	BA/BR	4	4	-	7
Herbário do Instituto de Ciências Naturais	UFRGS	ICN	RS/BR	-	-	-	6
Herbário do Departamento de Botânica, Instituto de Biologia	UFRJ	RFA	RJ/BR	-	1	1	1
Herbário Professor Vasconcelos Sobrinho	UFRPE	PEUFR	PE/BR	5	27	1	46
Herbário da Universidade Federal de Sergipe	UFS	ASE	SE/BR	2	13	-	26
Herbário do Departamento de Botânica da Universidade Federal de Santa Catarina	UFSC	FLOR	SC/BR	-	-	-	3
Herbário do Centro de Ciências e Tecnologias para a Sustentabilidade	UFSCar	SORO	SP/BR	-	-	1	-
Herbário Dendrológico Jeanine Felfili	UFVJM	HDJF	MG/BR	-	-	1	-
Herbário da Universidade de Brasília	UnB	UB	DF/BR	-	17	2	67
Herbário da Amazônia Meridional	UNEMAT	HERBAM	MT/BR	1	-	-	-
Herbário Pe. Dr. Raulino Reitz	UNESC	CRI	SC/BR	1	-	-	-
Herbário da Universidade Católica de Pernambuco	UNICAP	HUCPE	PE/BR	2	-	-	-

Xiloteca Profa. Dra. Maria Aparecida Mourão Brasil	UNESP-IBB	BOTUW	SP/BR	-	-	1	-
Herbário de São José do Rio Preto	UNESP-IBILCE	SJRP	SP/BR	-	-	-	1
Herbário Rioclarense	UNESP-RC	HRCB		-	3	-	-
Herbário da Universidade Estadual de Campinas	UNICAMP	UEC	SP/BR	-	3	5	17
Herbário da Universidade Estadual do Tocantins	UNITINS	HUTO	TO/BR	-	4	-	-
Herbário Vale do São Francisco	UNIVASF	HVASF	PE/BR	3	90	-	64
Herbário da Universidade Estadual do Oeste do Paraná	UNOP	UNOP	PR/BR	1	1	-	-
Herbário Caririense Dárdano de Andrade-Lima	URCA	HCDAL	CE/BR	1	1	2	13
Smithsonian Department of Botany - South American records	US	US	DC/EU A	1	2	1	12
Herbário da Universidade de São Paulo	USP	SPF	SP/BR	-	18	8	20
Herbário da Universidade Tecnológica Federal do Paraná Campus Campo Mourão	UTFPR	HCF	PR/BR	-	1	-	1

Fonte: Os autores (2023)

A região nordeste foi previamente recortada em um sistema de informações geográficos e a base de dados obtidas pelo *WorldClim*. Após processamento, foi registrado o uso de 184 coordenadas para *Bauhinia forficata*, 693 para *Commiphora leptophloeos*, 191 para *Croton sonderianus* e 1.040 coordenadas para *P. moniliformis* (Figura 1).

FIGURA 1. Pontos de ocorrência de A) *Bauhinia forficata*, B) *Commiphora leptophloeos*, C) *Croton sonderianus* E D) *Pityrocarpa moniliformis* após processamento.



Fonte: Os autores (2023).

Para avaliar as predições realizadas, foi utilizada a área sobre a curva ROC (AUC – Area Under Curve). O índice AUC é referente à probabilidade ao acaso da identificação correta dos locais sem informação de presença (PHILLIPS, DUDIK, 2008). De acordo com Metz (1986), um teste de validação pode adotar os valores de AUC a seguir como indicadores da qualidade do modelo: (0,9 < excelente ≤ 1,0; 0,8 < bom ≤ 0,9; 0,7 < médio ≤ 0,8; 0,6 < ruim ≤ 0,7; muito ruim ≤ 0,6).

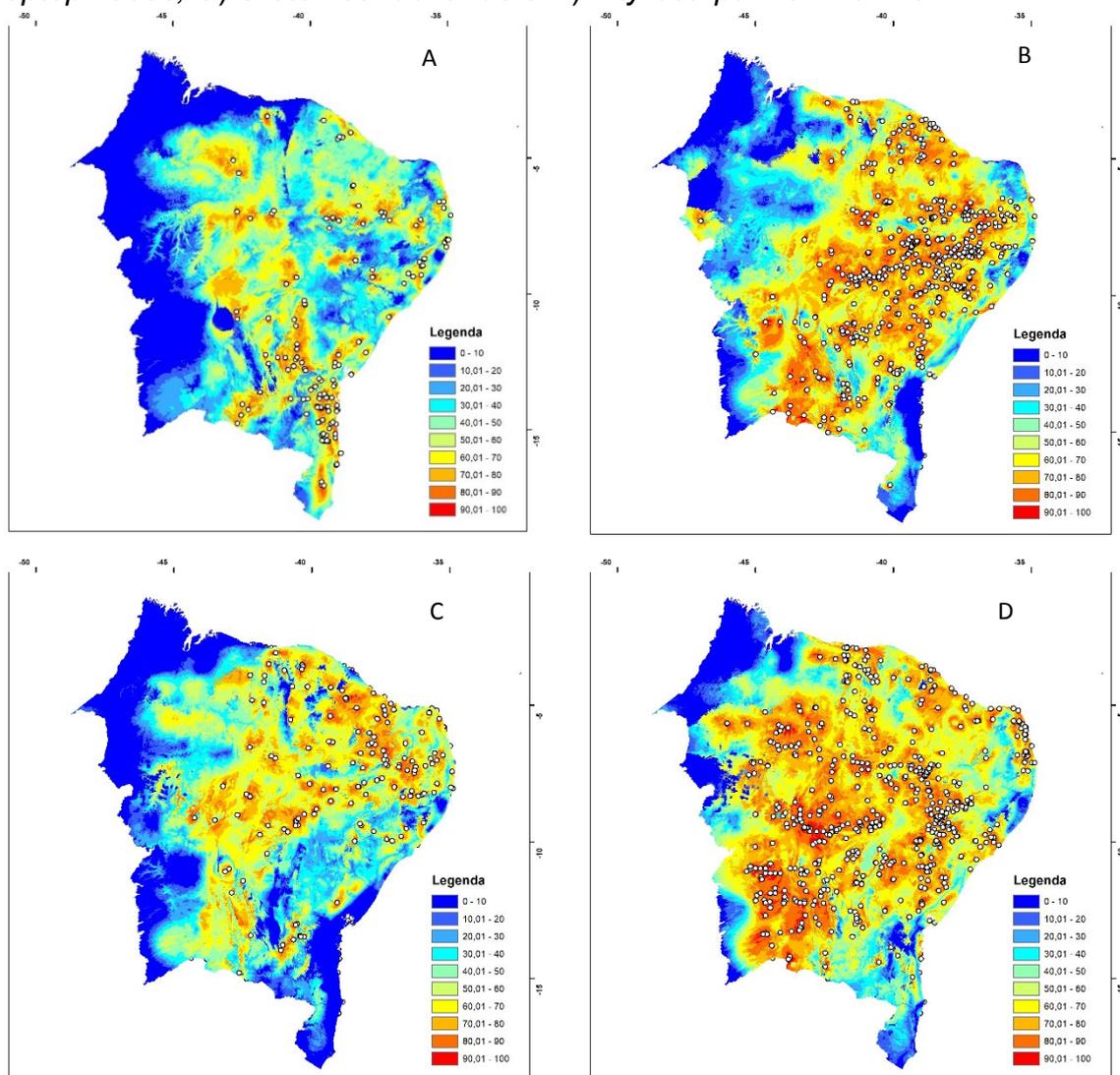
RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 2 estão apresentados os mapas gerados com o potencial de ocorrência ambiental na região Nordeste Brasileira, das quatro espécies estudadas (*Bauhinia forficata*; *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* e *Pityrocarpa moniliformis*). O resultado da modelagem mostra gradiente de 0 a 100% de

probabilidade de ocorrência ambiental da espécie, variando de tons avermelhados (maior grau de potencial de ocorrência ambiental) a azul (grau baixo a nulo).

Observou-se que as características ambientais (clima e altitude) utilizadas para a modelagem do potencial de ocorrência ambiental de *Bauhinia forficata* (Figura 2A) corrobora com dados obtidos da literatura. Segundo FLORA DO BRASIL, (2023a), a espécie ocorre eventualmente na Caatinga (Alagoas, Bahia, Pernambuco), principalmente em encostas de serras e na região litorânea do Nordeste, com algumas manchas de ocorrência nessas regiões (CARVALHO, 2003).

FIGURA 2. Modelagem do potencial de ocorrência ambiental com dados de coordenadas geográficas de árvores de A) *Bauhinia forficata*; B) *Commiphora leptophloeos*, C) *Croton sonderianus* e D) *Pityrocarpa moniliformis*.



Fonte: Os autores (2023).

A modelagem do potencial de ocorrência ambiental de *C. leptophloeos* (Figura 2B) apresentou resultados consistentes com a dispersão geográfica da espécie na região Nordeste (PAREYN *et al.*, 2018). Segundo Carvalho (2008), essa espécie representa entre 90% a 95% do extrato arbóreo da Caatinga arboreo-arbustiva, apresentando dispersão ampla e descontínua. Ocorre nos estados de

Alagoas, Bahia, Ceará, Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Piauí, Rio Grande do Norte e Sergipe, além das regiões Norte, Centro-Oeste e Sudeste (FLORA DO BRASIL, 2023b). Apesar da elevada pressão extrativista, *C. leptophloeos* não consta como ameaçada de extinção e estudos confirmam a ocorrência de populações naturais de *C. leptophloeos* também em Unidades de Conservação, como no Parque Estadual da Mata da Pimenteira, em Serra Talhada (PE) (FARIAS *et al.*, 2016).

Croton sonderianus é uma espécie nativa endêmica da Caatinga, com ocorrência nos estados do Alagoas, Bahia, Ceará, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Rio Grande do Norte (FLORA DO BRASIL, 2023c). Entretanto, apesar destas características, a modelagem do potencial de ocorrência ambiental da espécie apresentou manchas distribuídas pelo bioma na região do semiárido, tendo baixa probabilidade de ocorrência ambiental na região litorânea do bioma Mata Atlântica (Figura 2C). Tomaz *et al.* (2022) utilizaram a modelagem do potencial de ocorrência para avaliar a distribuição natural de *Stryphnodendron pulcherrimum* e como as mudanças climáticas poderiam afetar a sua distribuição geográfica nos domínios fitogeográficos brasileiros, em diferentes cenários. Segundo os autores, uma possível justificativa da predição futura de ocorrência da espécie ter sido heterogênea no bioma Caatinga, se deve aos processos antrópicos, como agricultura e a desertificação. Consideramos que essa é uma justificativa possível para explicar a distribuição de *Croton sonderianus* no nordeste brasileiro, onde foram observadas apenas algumas manchas espalhadas.

Silva e Coutinho (2018) citam que *Croton sonderianus* é abundante na região Nordeste, não sendo considerada em risco ou ameaçada de extinção. Levantamentos de campo mostram registros dessa espécie em populações naturais, como por exemplo, na Reserva Particular do Patrimônio Natural (RPPN) Fazenda Almas, em São José dos Cordeiros (PB) (BARBOSA *et al.*, 2007) e na Fazenda Tamanduá, em Santa Terezinha (PB) (PEREIRA, 2012).

A análise do potencial de ocorrência ambiental de *P. moniliformis* (Figura 2D), assim como de *C. leptophloeos*, apresentou resultados consistentes com a dispersão geográfica da espécie na região Nordeste, pois é característica da Caatinga, onde é muito abundante, com dispersão mais ou menos contínua e irregular, ocorrendo preferencialmente em formações secundárias e em áreas abertas (CARVALHO, 2010). A espécie é endêmica da Caatinga e ocorre nos estados da Bahia, Paraíba, Piauí e Rio Grande do Norte (FLORA DO BRASIL, 2023d). Oliveira *et al.* (2018) citam que em função do potencial madeireiro e forrageiro na Caatinga, o estabelecimento de um plano silvicultural e de um plano de manejo da espécie é prioridade, para garantir o uso sustentável.

Os testes externos, que equivalem à validação dos modelos, apresentaram resultados satisfatórios de acurácia e área sobre a curva (AUC) para *Bauhinia forficata* (acurácia = 99,9 e AUC = 1,00), *Commiphora leptophloeos* (acurácia = 99,4 e AUC = 0,99), *Croton sonderianus* (acurácia = 99,8 e AUC = 1,00) e *Pityrocarpa moniliformis* (acurácia = 99,1 e AUC = 0,99). Os resultados para o AUC apresentaram valores significantes para a qualidade dos modelos. Neste sentido, segundo METZ (1986), todas as curvas apresentaram uma validação excelente, uma vez que todas se encontram no intervalo de 0,9 – 1,0. Outros autores também utilizaram a área sobre a curva ROC (AUC – Area Under Curve) para avaliação da modelagem do potencial de ocorrências de espécies arbóreas tropicais, encontrando valores semelhantes de AUC (excelente) aos observados neste trabalho (CAPO *et al.*, 2022; GOMES *et al.*, 2022).

Segundo Queiroz *et al.* (2018), a Caatinga é um dos biomas mais alterados pelas atividades antrópicas ao longo dos séculos. Esses autores ressaltam que as principais pressões sobre o bioma são exercidas pelas atividades agrícolas, pastoris, extrativismo predatório (lenha para fins energéticos) e por fim, pela alta densidade populacional. No entanto, as atividades antrópicas têm mudado à medida que os recursos vão se esgotando.

De acordo com levantamentos realizados na Caatinga, restam menos de 50% de cobertura florestal original (QUEIROZ *et al.*, 2018) e, de acordo com o Ministério do Meio Ambiente, 80% da área da Caatinga está submetida a algum grau de antropização (BRASIL, 2023).

Saber o possível potencial de ocorrência ambiental das espécies que possuem valor econômico na região é de extrema importância para subsidiar plantios futuros e planos de conservação e uso sustentável. Canetti *et al.* (2017) citam que a modelagem de distribuição preditiva, voltada à análise da distribuição geográfica de espécies, pode ser uma ferramenta importante para o manejo florestal, especialmente quando as informações sobre as mesmas são insuficientes, como é o caso das quatro espécies abordadas nesse trabalho.

Garrastazu e Mattos (2013) utilizaram a ferramenta de modelagem e associaram a modelagem de potencial de ocorrência ambiental com o conhecimento de remanescentes florestais em estudo realizado com *Schinus terebinthifolius*, no Baixo São Francisco. Em trabalho semelhante, Garrastazu e Mattos (2019) estudaram *Erythrina velutina* e *Erythrina mulungu* na região Nordeste do Brasil, e encontraram um grande potencial de ocorrência para as duas espécies, associadas ao remanescente florestal abordado. As autoras citam ainda que o princípio da modelagem assume a existência de uma relação entre variável dependente (distribuição da espécie) e a combinação das variáveis explicativas (variáveis ambientais), tendo como aplicações a indicação de áreas potenciais para plantios ou delimitação de áreas prioritárias para conservação.

O conhecimento do potencial de ocorrência ambiental das espécies pode ser considerado uma ferramenta importante, subsidiando a avaliação sobre ameaça ou risco e impacto das atividades humanas a estas espécies, apoiando o planejamento de novas áreas de conservação, para indicação de áreas ideais para plantios econômicos, suporte à recuperação de áreas degradadas, apoio ao planejamento de inventários direcionados para busca de determinadas espécies, entre outros (MUÑOZ *et al.*, 2011). Adicionalmente, a modelagem de distribuição de uma espécie, voltada à análise do potencial de ocorrência ambiental pode ser útil para fomentar a base de conhecimento sobre características intrínsecas à espécie, bem como a formulação de políticas públicas para a conservação (GIANNINI *et al.*, 2012).

CONCLUSÕES

A modelagem do potencial de ocorrência ambiental de *Bauhinia forficata*; *Commiphora leptophloeos*, *Croton sonderianus* e *Pityrocarpa moniliformis* mostram que, apesar de se tratarem de espécies de ocorrência natural na Caatinga, apresentam diferenças em suas regiões preferenciais. Desta maneira, o conhecimento do potencial de ocorrência ambiental de espécies com importância econômica como as abordadas neste trabalho, associado ao conhecimento do comportamento e características das mesmas, facilitará a definição de medidas direcionadas ao uso e conservação das espécies.

REFERÊNCIAS

ALVES, J. J. A.; ARAÚJO, M. A.; NASCIMENTO, S. S. Degradação da Caatinga: uma investigação ecogeográfica. **Revista Caatinga**, v. 22, n. 3, p. 126-135, 2009.

ARARIPE, F. A. A. LI. **Efetividade de gestão de áreas protegidas na depressão sertaneja setentrional seus efeitos sobre a conservação da caatinga**. 2020. 156 p. Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

BARBOSA, M.R.V.; LIMA, I.B.; LIMA, J.R.; CUNHA, J.P.; AGRA, M.F.; THOMAS, W.W. Vegetação e Flora no Cariri Paraibano. **Oecologia brasiliensis**, v. 11, n.3, p. 313-322, 2007. <https://doi.org/10.4257/oeco.2007.1103.01>

BRASIL.Ministério do Meio Ambiente. **Caatinga**. 2023 disponível em: <https://www.gov.br/mma/pt-br/assuntos/ecossistemas-1/biomas/caatinga> Acesso em 03/04/2023.

BUENO, M. L.; PONTANA, V.; NEVES, D. M.; RATTER, J. A.; OLIVEIRA-FILHO, A. T. Effects of Quaternary climatic fluctuations on the distribution of Neotropical savanna tree species. **Ecography**, v. 40, n. 403-414, 2017. doi:10.1111/ecog.01860.

CANETTI, A.; GARRASTAZU, M. C.; MATTOS, P. P. de; BRAZ, E. M.; BASSO, R. O. Relação entre potencial de ocorrência e frequência de espécies florestais no Mato Grosso. Colombo: Embrapa Florestas, 2017. 7 p. (Embrapa Florestas. **Comunicado técnico**, 396).

CAPO, L. F. M.; MORAES, M. L. T. D.; ZULIAN; D. F.; WREGE; M. S.; PORTELA; R. M. *et al.* Natural distribution of *Myracrodruon urundeuva* Fr. All. in Brazil at current and future climate scenarios due to global climate change. **Revista Árvore**, v. 46, 2022. <https://doi.org/10.1590/1806-908820220000009>

CARVALHO, P. E. R. Pata-de-vaca: *Bauhinia forficata*. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v. 1, p. 709-716, 2003. (Coleção espécies arbóreas brasileiras, v. 1).

CARVALHO, P. E. R. Imburana-de-espinho: *Commiphora leptophloeos*. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v. 3 p. 289-295, 2008. (Coleção espécies arbóreas brasileiras, v. 3).

CARVALHO, P. E. R. Catanduva: *Pityrocarpa moniliformis*. In: CARVALHO, P. E. R. **Espécies arbóreas brasileiras**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Colombo: Embrapa Florestas, v. 4, p. 155-161, 2010. (Coleção espécies arbóreas brasileiras, v. 4).

CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - região Nordeste**. Brasília, DF: MMA, 2018. 1311 p. (Série Biodiversidade, 51)

FARIAS, G. G. S.; RODAL, M.J.N.; MELO, A.L.; SILVA, M.A.M.; LIMA, A.L.A. Fisionomia e estrutura de vegetação de caatinga em diferentes ambientes em Serra Talhada-Pernambuco. **Ciência Florestal**, v. 26, n. 2, p. 435 - 448, 2016. <https://doi.org/10.5902/1980509822745>

FICK, S. E.; HIJMANS, D R. J. WorldClim 2: new 1km spatial resolution climate surfaces for global land areas. **International Journal of Climatology** v.37 n.12, p 4302-4315, 2017. Disponível em <<http://www.worldclim.com/version2>> <https://doi.org/10.1002/joc.5086>

FLORA DO BRASIL. *Bauhinia forficata* Link. In: **Flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB16657>. Acesso em: 10 abr. 2023a.

FLORA DO BRASIL. *Commiphora leptophloeos* (Mart.) J.B.Gillett). In: **Flora do Brasil**. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <https://floradobrasil.jbrj.gov.br/FB16657>. Acesso em: 10 abr. 2023b.

FLORA DO BRASIL. *Croton sonderianus* Müll.Arg In **Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB17540>>. Acesso em: 10/01/2023c.

FLORA DO BRASIL. *Pityrocarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W.Jobson. In **Flora do Brasil**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil2015.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB116640>>. Acesso dia 10/01/2023d.

GARRASTAZU, M. C.; MATTOS, P. P. de. Modelagem e distribuição geográfica. In: GOMES, L. J.; SILVA-MANN, R.; MATTOS, P. P. de; RABBANI, A. R. C. **Pensando a biodiversidade: aroeira (*Schinus terebinthifolius* RADDI.)**. São Cristóvão: Ed. UFS, p. 21-33, 2013. e-book.

GARRASTAZU, M. C.; MATTOS, P. P. de. Modelagem de distribuição geográfica potencial de *Erythrina velutina* e *E. mulungu* na região Nordeste. In: SILVA-MANN, R.; RABBANI, A. R. C.; GOMES, L. J. (org.). **Pensando a biodiversidade: Mulungu (*Erythrina* sp.)**. Salvador: EDIFBA, p. 157-174, 2019. e-book.

GIANNINI, T. C.; SIQUEIRA, M. F.; ACOSTA, A. L.; BARRETO, F. C.; SARAIVA, A. M.; ALVES-DOS-SANTOS, I. Desafios atuais da modelagem preditiva de distribuição de espécies. **Rodriguésia**, v. 63, 733-749, 2012. doi.org/10.1590/S2175-78602012000300017

GOMES, L. M., BEZERRA, C. D. S., AGUIAR, A. V. D., WREGE, M. S., LOPES, M. T. G. Predição da distribuição natural e conservação de *Urena lobata* L. no Brasil. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 52, 2022. <https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5272594>

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE). **INPE Nordeste**

mapeia desmatamento da Caatinga. 2015. Disponível em:<
http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3895> Acesso em: 24/04/2023.

MATA, D. D.; FREITAS, R. E.; RESENDE, G. M. **Avaliação de políticas públicas no Brasil:** uma análise do semiárido: v.4, 2019.

METZ, C. E. ROC methodology in radiologic imaging. **Investigative radiology**, v. 21, n. 9, p. 720-733, 1986.

MOURA, C.; COSTA, T.; OLIVEIRA, P.; BUENO, M.; MACHADO, E. L. Modelo preditivo do potencial de distribuição geográfica da espécie *Richeria grandis* vahl. no estado de Minas Gerais e sua relação com as flutuações climáticas do Quaternário. **Enciclopédia Biosfera**, v. 14, n. 25, 2017. doi: 10.18677/EnciBio_2017A73

MOURA, F. B. P.; SILVA, J. V. (org.) **Restauração na caatinga.** 2. ed. Maceió: EDUFAL, E-book (223 p.), 2021.

MUÑOZ, M. E. S.; GIOVANNI, R.; SIQUEIRA, M.F.; SUTTON, T., BREWER, P., *et al.* OpenModeller: a generic approach to species' potential distribution modelling. **Geoinformatica** v. 15, p. 111 – 135, 2011. <https://doi.org/10.1007/s10707-009-0090-7>

OLIVEIRA, M. E. A; NASCIMENTO, M. P. S. C.B; NETO, R. B. A. *Pityrocarpa moniliformis* Catanduva. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro** - região Nordeste. Brasília, DF: MMA, 2018. 1311 p. (Série Biodiversidade, 51)

PAREYN, F. G. C.; ARAÚJO, E.de L.; DRUMMOND, M. A. *Commiphora leptophloeos* Umburana-de-cambão. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial:** plantas para o futuro - região Nordeste. Brasília, DF: MMA, 2018. 1311 p. (Série Biodiversidade, 51)

PEREIRA, E. A. A. **Estrutura Fitossociológica e Composição Mineral de Espécies Lenhosas de um Fragmento de Caatinga no Semiárido Paraibano.** 2012. 74 p. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Campina Grande, Patos.

PHILLIPS, S. J.; DUDIK, M. Modeling of species distributions with Maxent: new extensions and a comprehensive evaluation. **Ecography**, v. 31, n.2, p.161-175, 2008. Disponível em: < <https://doi.org/10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x>>

QUEIROZ, R. T.; CORDEIRO, L. S.; SAMPAIO, V. S.; RIBEIRO, R. T. M.; LOIOLA, M. I. B. A Região Nordeste. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro** - região Nordeste. Brasília, DF: MMA, 2018. 1311 p. (Série Biodiversidade, 51)

SILVA, J. M. C. DA; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T. DA; LINS, L. V. (ORG.). **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente: Universidade Federal de Pernambuco, 382 P., 2004.

SILVA, M. H. M.; COUTINHO, D. J. G. *Croton sonderianus* marmeleiro. in: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. (ed.). **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro - região Nordeste**. Brasília, DF: MMA, 2018. 1311 p. (Série Biodiversidade, 51)

SILVA, J. M. C.; LEAL, I. R.; TABARELLI, M. **Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America**. Springer, 2018.

SILVA, A. G.; VILAR, L. O.; VILAR, V. O.; COELHO, F. P.; SANTOS A. N. R.; RAMOS, R. B. G. A.; MOURA, R. G. O manejo florestal sustentável da caatinga. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 5, p. 872-884, 2021. <https://doi.org/10.51891/rease.v7i5.1299>

SOUSA, V. A.; REEVES, P. A.; REILLEY, A.; AGUIAR, A. V.; STEFENON, V. M. *et al.* Genetic diversity, and biogeographic determinants of population structure in *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. **Conservation Genetics**, v. 21, n. 2, p. 217 - 229, 2020. <https://doi.org/10.1007/s10592-019-01242-9>

TABARELLI, M., LEAL, I. R., SCARANO, F. R., SILVA, J. CAATINGA: legado, trajetória e desafios rumo à sustentabilidade. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 4, p. 25-29, 2018. <http://dx.doi.org/10.21800/2317-66602018000400009>

TOMAZ, J. S.; BEZERRA, C. S.; AGUIAR, A. V.; WREGE, M. S.; LOPES, M. T. G. Prediction of the natural distribution, habitat and conservation of *Stryphnodendron pulcherrimum* (Willd.) Hochr. In response to global climate change. **Pesquisa Agropecuária Tropical** (Online), v. 52, p. e72422-9, 2022. <https://doi.org/10.1590/1983-40632022v5272422>