

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DO SERTÃO PERNAMBUCANO
CAMPUS PETROLINA ZONA RURAL**

CURSO DE BACHARELADO EM AGRONOMIA

**MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL DE
Pleurophora pulchra (LYTHRACEAE) PARA O DOMÍNIO
FITOGEOGRÁFICO DA CAATINGA**

RAMON ATHAYDE DE SOUZA CAVALCANTE

**PETROLINA, PE
2016**

Ramon Athayde de Souza Cavalcante

**MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL DE
Pleurophora pulchra (LYTHRACEAE) PARA O DOMÍNIO
FITOGEOGRÁFICO DA CAATINGA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao IF SERTÃO-PE *Campus*
Petrolina Zona Rural, exigido para a
obtenção de título de Engenheiro Agrônomo.

**PETROLINA, PE
2016**

C376

Cavalcante, Ramon Athayde de Souza.

Modelagem de distribuição geográfica potencial de *Pleurophora pulchra* (Lythraceae) para o Domínio Fitogeográfico da Caatinga / Ramon Athayde de Souza . - 2016.

41 f.: il. ; 30 cm.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Agronomia)-Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sertão Pernambucano, Petrolina, 2016.

Bibliografia: f. 37-41.

1. Gestão ambiental. 2. Conservação. 3. Caatinga. I. Título.

CDD 363.7

Ramon Athayde de Souza Cavalcante

**MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA POTENCIAL DE
Pleurophora pulchra (LYTHRACEAE) PARA O DOMÍNIO
FITOGEOGRÁFICO DA CAATINGA**

Trabalho de Conclusão do Curso apresentado ao IF
SERTÃO-PE *Campus* Petrolina Zona Rural, exigido
para a obtenção de título de Engenheiro Agrônomo.

Aprovada em: ____ de _____ de ____.

Prof. Msc. Mary Ann Saraiva Bezerra Fornelos Pereira
(Orientador)

Dr. Edson Gomes de Moura Júnior
(Membro da banca examinadora)

Dr. Marcondes Albuquerque de Oliveira
(Membro da banca examinadora)

RESUMO

O Domínio Fitogeográfico da Caatinga ocupa uma área de aproximadamente 11% do território brasileiro e apresenta elevada riqueza de espécies e endemismos. Um dos exemplos para esse contexto é a espécie *Pleurophora pulchra* (Lythraceae), recentemente descrita para o Domínio. Estudos utilizando a modelagem, tanto para espécies de ampla distribuição, quanto para espécies raras, colabora para direcionar trabalhos de campo em regiões pouco exploradas. O trabalho teve como objetivo estabelecer variáveis ambientais explicativas (preditores) e modelos de distribuição geográfica potencial para *Pleurophora pulchra* no Domínio Fitogeográfico da Caatinga, em diferentes cenários (presente e futuro) e estabelecer áreas prioritárias para conservação da espécie, possibilitando estudos posteriores sobre seu potencial ornamental. Para elaboração dos modelos de distribuição geográfica potencial, os locais de ocorrência da espécie foram otimizados com 19 camadas ambientais de temperatura ou precipitação, extraídas do banco de dados do Worldclim7. As correlações evidenciaram que *P. pulchra* ocorrem em ambientes quentes, com pequena variação anual da temperatura ou precipitação e baixa pluviosidade. O modelo médio final computado com camadas ambientais do presente indicou uma área potencial de 57.556 km² para a ocorrência de *P. pulchra* no Domínio Fitogeográfico da Caatinga. Nesse enfoque, é plausível a implementação de políticas públicas que transformem em Unidades de Conservação as áreas prioritárias para conservação, sobretudo onde há sobreposição com áreas potenciais de ocorrência de *P. pulchra*, depois da confirmação da ocorrência da espécie nesses mesmos locais, evitando a perda dessa espécie endêmica, com grande potencial paisagístico.

Palavras-chave: Endemismo, Nordeste, Conservação, Ameaçada de extinção.

A minha avó, Maria Ana, minha mãe Luciana Maria, meu pai, José Athayde, aos meus professores e amigos dedico esse trabalho por todo amor, compreensão, ajuda, carinho e conhecimento que forneceram nessa jornada.

AGRADECIMENTOS

A DEUS por me guiar e iluminar as escolhas que um fiz na minha vida.

Minha avó, Maria Ana, por todo amor, princípios e carinho.

Minha mãe, Luciana Maria, pelo amor, ajuda ensinamentos e por nunca deixar de acreditar na minha capacidade.

Meu Pai, José Athayde, mesmo distante, às vezes perto em alguns momentos, por todos os conselhos, afeto e ajuda.

Meus padrinhos "Pais" Jorge Rodrigues/Irene Cassiano, por toda preocupação com a minha pessoa, ajuda, amizade e afeto.

Meus Tios Tadeu, José Raimundo e Mônica e aos meus primos Matheus e Thiago, por todo carinho, ensinamentos e dedicação a minha pessoa.

Meus Amigos que sempre estiveram juntos comigo nessa caminhada, Marcelo Roberto, Renata, Paulo Torres, André, Joselito, Iuri, Marconi, Gil Coelho, Peixe, Joninhas, Duílio Alex, Ítalo Mota, Périkles, Jucy, Gilberto, Prof. José Alves, Alana, Jeorge, entre outros que não cabem aqui mais estão no meu coração, pelo incentivo, alegria e compreensão.

A minha querida orientadora Prof^a. Mary Ann pela amizade e carinho, por todos os conhecimentos fornecidos e por me orientar nesse TCC mesmo estando com pouco tempo e dificuldades. Obrigado Prof^a Mary por todo esforço que fez por mim!

Aos meus queridos professores ao longo dessa vida acadêmica por todo conhecimento e ajuda! Em especial: Prof^a. Flavia Cartaxo, Prof. Fabio Freire, Prof. Zé Batista, Prof. Erbs Cintra, Prof. Julio César, Prof^a Aline Rocha e Prof^a Valmira, pela amizade obrigado!

Aos meus Amigos de Trabalho: Vinicius Cotarelli, André Paviotti, Duílio Paulino, Junior, Oliveira, Leonardo, Natan e Edson Souza por todo amor, ajuda, dedicação, esforço, tempo, conhecimento e principalmente amizade. Agradeço a DEUS por ter colocado vocês em meu caminho, obrigado por existirem em minha vida!

Meus amigos de turma que acabaram virando irmãos, José Mendes, Thaisi, Joyce, Luis Henrique, Gutemberg Jr, Jaime, Janete, Juliane, Felipe Moraes e todos da AG05, TH07 e FI07 pelos momentos de alegrias e dificuldades que passamos juntos. Obrigado pela ajuda e parceria!

Ao NEMA/UNIVASF e a pessoa do Prof. Renato Garcia por toda ajuda, incentivo, compreensão. E pela oportunidade de trabalhar nesses ambientes que são duas paixões e orgulho da minha vida: Rio São Francisco e a Caatinga.

Aos meus colegas de trabalho do NEMA/UNIVASF: Valdenilton, Cícero Marques, Aretha, Cosme, Paula, Nazareth, Fabiana Basso, Diogo, Robson, Jairo, Aline, Illeanna, Iandra Geisa, Jaíra, Ana, entre outros. Obrigado pela compreensão, amizade e ajuda nesse momento especial da minha vida!

A todos que estiveram comigo nessa caminhada! Obrigado pelo tempo e ajuda!

A virtude do bem viver está nos
princípios morais.

Sr. Madruga (Don Ramón Valdés)

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Página
Figura 1: Hábito e ramo fértil com botões, flores e frutos de <i>Pleurophora pulchra</i> Pernambuco, Brasil.....	19
Figura 2: Detalhe das flores de <i>Pleurophora pulchra</i> , Pernambuco, Brasil.....	22
Figura 3: Variáveis indicadas como preditoras da distribuição de <i>Pleurophora pulchra</i> no Domínio Fitogeográfico da Caatinga.....	26
Figura 4: Áreas indicadas como ambientalmente adequadas à ocorrência para <i>Pleurophora pulchra</i> no Domínio Fitogeográfico da Caatinga para as camadas ambientais do presente e do futuro (melhor cenário e pior cenário de emissão de CO ₂).....	34
Figura 5: Áreas indicadas como ambientalmente adequadas à ocorrência para <i>Pleurophora pulchra</i> no Domínio Fitogeográfico da Caatinga para o pior cenário de emissão de CO ₂ em 2070 (gradiente de 0 – 99) e áreas prioritárias para conservação no Brasil.....	35

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1: Localização e coordenadas geográficas dos registros de <i>Pleurophora pulchra</i> utilizados para a modelagem.....	23
Tabela 2: Camadas bioclimáticas extraídas do banco de dados do Worldclim7, utilizadas nos procedimentos de otimização.....	24
Tabela 3: Resultados dos modelos médios finais computados, utilizando-se camadas ambientais (bioclimáticas) do presente ou de diferentes cenários futuros (melhor ou pior) de emissão de gases do efeito estufa.....	27
Tabela 4: Unidades de Conservação (UC) e Áreas Prioritárias (AP) existentes nas áreas potenciais para ocorrência de <i>Pleurophora pulchra</i> no Domínio Fitogeográfico da Caatinga para as camadas ambientais do presente e suas respectivas características.....	29

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AP - Áreas Prioritárias para Conservação

APA - Área de Proteção Ambiental

CO₂ - Gás carbônico

FLONA - Floresta Nacional

GA - Algoritmos genéticos

GAM - Modelos aditivos generalizados

GLM - Modelos lineares generalizados

LM - Regressão logística

MAXENT – Maximum entropy modelling

NEMA - Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental

PN - Parque Nacional

PISF - Projeto de Integração do São Francisco com as bacias do Nordeste Setentrional.

SIGs - Sistemas de Informações Geográficas

UC - Unidades de conservação

UNIVASF - Fundação Universidade Federal do Vale do São Francisco

VU - Extinção Vulnerável

SÚMARIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	12
2. REFERÊNCIAL TEÓRICO	13
2.1 POTENCIAL CONSERVACIONISTA DA CAATINGA.....	13
2.2 A IMPORTÂNCIA DA MODELAGEM DE DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA PARA CONSERVAÇÃO DE ESPÉCIES.....	14
2.3 A FAMÍLIA LYTHRACEAE E O GÊNERO <i>Pleurophora</i>	16
2.3.1 Potenciais das espécies de Lythraceae	17
2.3.2 Contexto histórico, distribuição e conservação	18
3. OBJETIVOS	19
3.1 OBJETIVO GERAL	19
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	20
4. MATERIAL E MÉTODOS	20
4.1 CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA DE <i>PLEUROPHORA PULCHRA</i>	20
4.2 COLETA DE DADOS E MODELAGEM.....	21
4.3 CARACTERIZAÇÃO DOS LOCAIS AMOSTRADOS.....	24
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
6. CONCLUSÃO	36
REFERÊNCIAS	37

1. INTRODUÇÃO

O Domínio Fitogeográfico da Caatinga ocupa uma área de aproximadamente 11% (cerca de 850.000 Km²) do território brasileiro. Este Domínio apresenta elevada riqueza de espécies e endemismo, permitindo um elevado potencial para o desenvolvimento de estudos de conservação (MMA, 2013).

Um dos exemplos para esse contexto é a espécie *Pleurophora pulchra* J.A. Siqueira, V.M. Cotarelli, J.F.B. Pastore & T.B. Cavalcanti (Lythraceae), recentemente descrita para o Domínio (SIQUEIRA-FILHO *et al.*, 2015), coletada em uma área de atuação da obra do Projeto de Integração do São Francisco (PISF) na Serra do Livramento, na cidade de Cabrobó em Pernambuco e possivelmente em outros lugares. Os autores citam a relevância do potencial ornamental da espécie pela coloração das flores e pela capacidade de produzir flores durante maior parte do ano.

Nessa perspectiva, por se tratar de uma espécie nativa e com potencial paisagístico, fazer estudos de modelagem populacional possibilita ampliar o conhecimento sobre *P. pulchra* para uso agrônômico de tais informações.

Segundo Guisan e Thuiller (2005), ferramentas importantes como a modelagem de distribuição geográfica vêm ao longo das últimas décadas auxiliando pesquisas relacionadas à conservação, biogeografia e ecologia. Essa ferramenta relaciona dados de ocorrências com variáveis ambientais e ecológicas para prognosticar ambientes que propiciam a ocorrência de determinada população (GUISAN e ZIMMERMANN, 2000 *apud* KAMINO, 2009).

Estudos utilizando a modelagem tanto para espécies de ampla distribuição quanto para espécies raras (endêmicas e/ou ameaçadas) colabora para direcionar trabalhos a campo a regiões pouco exploradas, como ainda é o caso do Domínio Fitogeográfico da Caatinga, evitando expedições para áreas de baixa possibilidade de ocorrência da espécie modelada reduzindo assim o desperdício de recursos humano e financeiro (KAMINO, 2009).

Pela escassez de dados sobre a *P. pulchra*, o presente estudo contribui com informações ecológicas, propiciando a realização de mais pesquisas sobre esse táxon, bem como outras espécies endêmicas do Domínio Fitogeográfico da Caatinga, que carecem de medidas protetivas para a sua conservação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Potencial conservacionista da Caatinga

De acordo com Geist e Lambim, (2002); Paim e Franca-Rocha, (2009) além das mudanças climáticas globais, ações antrópicas são um dos maiores colaboradores para o desaparecimento das florestas tropicais do mundo, pois, as dependências dos recursos naturais ignoram os valores da biodiversidade, desse tipo de florestas e sua conservação, pelo desenfreado crescimento econômico sem sustentabilidade.

Apesar de rica em biodiversidade, um exemplo preocupante da degradação ambiental é o Domínio Fitogeográfico da Caatinga, que vem sofrendo com a ação do homem através da supressão de sua vegetação natural para implantação de agricultura intensiva e pecuária extensiva mediante queimadas (CASTELLETTI *et al.*, 2003), tornando os solos desses locais pobres e inférteis com tendências a sofrerem intensos processos de desertificação (SÁ *et al.*, 2010). Uma vez que menos de 2% da área total do Domínio Fitogeográfico da Caatinga está convertido em unidades de conservação (UC), o que colabora ainda mais para extinção de espécies da flora e fauna da Caatinga em um futuro não tão distante (PRADO, 2005; CASTELLETTI *et al.*, 2003).

A identificação de áreas prioritárias para conservação tem se mostrado uma ação favorável a conservação da biodiversidade de diversos ecossistemas no Brasil e no mundo (SILVA *et al.*, 2003). Mesmo essas áreas prioritárias para conservação de espécies e *habitats* terem sido identificadas há bastante tempo, pouco foi feito efetivamente em relação a esse descaso (TABARELLI e SILVA, 2002).

Segundo Silva *et al.*, (2003); Barbosa *et. al.*, (2005), a maioria das ações conservacionistas voltadas para a Caatinga não é uma ação simples de ser concretizada, pois é esbarrada na (1) falta de inclusão do componente ambiental nos planos regionais de desenvolvimento, (2) pouco conhecimento da sua biodiversidade e (3) na falta de um sistema regional eficiente de áreas protegidas. Por isso, "a

Caatinga tem sido sempre colocada em segundo plano quando se discutem políticas para o estudo e a conservação da biodiversidade do país" (SILVA *et al.*, 2003).

Conforme Siqueira-Filho (2012), para mudança desse cenário pessimista, ferramentas como a modelagem de distribuição geográfica de espécies, auxilia na elaboração de políticas públicas voltadas para a manutenção de espécies raras e endêmicas, otimizando esforços e recursos financeiros destinados à conservação. Pelo fato da modelagem de espécies com essas características indicar ambientes favoráveis a sua ocorrência, tornando esses locais com grandes possibilidades/probabilidades de se tornar áreas prioritárias para conservação (MARCO JUNIOR e SIQUEIRA, 2009).

2.2 A importância da Modelagem de distribuição geográfica para conservação de espécies.

Modelagem de distribuição geográfica trata-se de uma técnica nova utilizada em estudos de conservação de espécie, biogeografia e ecologia (PETERSON *et al.*, 2007). Neste contexto, os Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), softwares e algoritmos de modelagem são ferramentas bastante utilizadas na obtenção dos protocolos de modelagem (CANCIAN, 2012). O uso dessas ferramentas, porém, não está restrito a essas finalidades, podendo ter aplicabilidade em diversas subáreas da Agronomia.

A utilização dessa ferramenta envolve diversas áreas de aplicações, tais como: compreender padrões de distribuição de ambientes (CARNAVAL e MORITZ, 2008; SIQUEIRA e DURIGAN, 2007), estudos de espécies raras e ameaçadas de extinção (MARTÍNEZ-MEYER *et al.*, 2006); desenvolvimento de planos de conservação da biodiversidade (PETERSON *et al.*, 1999); efeitos das mudanças climáticas globais nas populações (PEARSON e DAWSON, 2003; SIQUEIRA e PETERSON, 2003; PETERSON *et al.*, 2001); combate e prevenção de invasões de espécies (PETERSON e VIEGLAIS, 2001) e predição da distribuição potencial de vetores infecciosos de doenças (PETERSON *et al.*, 2004).

A modelagem baseia-se em correlacionar pontos de ocorrência de uma determinada espécie, obtidos em estudos de revisão taxonômicas, levantamento

florístico, fitossociológicos, com variáveis ambientais e ecológicas (e.g. temperatura, geologia, relevo, precipitação, tipo de solo, entre outras) através de algoritmos e como consequência o seu resultado é a projeção de um mapa indicando possíveis ambientes favoráveis à ocorrência da população de uma espécie modelada (ANDERSON *et al.*, 2003; GUISAN e THUILLER, 2005).

A utilização de modelagem para prever a distribuição geográfica das espécies é imensurável. Entretanto é preciso entender o que está sendo modelado e com que aplicabilidade está se fazendo essa modelagem, pois é comum superestimar áreas de distribuição, como por exemplo, de uma espécie ameaçada, tornando o esforço desnecessário e com consequência desastrosa (BIOGEOGRAFIA, 2009). Por isso, é importante o conhecimento sobre o desempenho e o funcionamento dos algoritmos para selecionar o método mais apropriado para modelagem (JIMENEZ-VALVERDE *et al.*, 2008 *apud* KAMINOI, 2009).

Segundo Cancian (2012), diferentes tipos de algoritmos são utilizados para obtenção de modelos preditivos sendo os mais comuns à regressão logística (LM), os modelos aditivos generalizados (GAM) (LEHMANN, 1998), as redes neurais artificiais e os algoritmos genéticos (GA), modelos lineares generalizados (GLM) (SÁNCHEZ-FLORES, 2007).

De acordo com Kleinbaum (1996) *apud* Cancian (2012), regressão logística é um método exato comumente usado para descrever as estimativas de probabilidade através da relação de diversas variáveis independentes e uma variável dependente dicotômica.

Relatam Stockwell e Peterson (2002); Pearson *et al.*, (2007) "Para todos os algoritmos, existe o número mínimo de pontos de presença para gerar um modelo robusto"

Dentre os algoritmos de modelagem que utilizam apenas pontos de presença no procedimento de otimização, o MAXENT – Maximum entropy modelling (PHILLIPS *et al.*, 2004; PHILLIPS *et al.*, 2006) é aquele que realiza predições mais seguras, pois necessita de um baixo número de registros ($n < 30$) (JEGANATHAN, 2004; Pearson *et al.*, 2007; *apud* KAMINO, 2009). O algoritmo é executado em um software de mesmo nome. A probabilidade de ocorrência se realiza pela distribuição mais próxima da distribuição uniforme, considerando um conjunto de variáveis ambientais referente a espécies (DUDÍK *et al.*, 2004; PHILLIPS *et al.*, 2004;

PHILLIPS *et al.*, 2006). Como resultado da modelagem o MAXENT atribui um valor de adequabilidade ambiental para a espécie (CANCIAN, 2012).

2.3 A família Lythraceae e o gênero *Pleurophora*

O estudo de modelagem aqui proposto para *P. pulchra* reverte-se de grande importância por esta espécie pertencer à família Lythraceae, a qual foi descrita por Jean Henri Jaume Saint-Hilaire em 1805, baseado em *Lythrium salicaria*, esta descrita por Carl Von Linneu em 1753 (TROPICOS, 2016). Com os novos estudos em filogenia, a circunscrição atual da família inclui também as famílias Punicaceae e Sonneratiaceae (SOUZA e LORENZI, 2012; APG III 2009). Judd *et al.* (2009), incluem também a família Trapaceae dentro de Lythraceae. Esta delimitação familiar, circunscrita de modo amplo, está sustentada tanto por caracteres morfológicos (GRAHAM *et al.*, 1993) quanto por sequências de DNA (CONTI, 1994; GRAHAM *et al.*, 2005). Lythraceae possui distribuição predominantemente pantropical, mas com espécies nativas da região temperada (SOUZA e LORENZI, 2012), ocorrendo preferencialmente em habitats aquáticos ou semiaquáticos (JUDD *et al.*, 2009).

Lythraceae inclui cerca de 30 gêneros e 600 espécies (SOUZA e LORENZI, 2012; JUDD *et al.*, 2009). No Brasil ocorrem 211 espécies e 11 gêneros (*Adenaria*, *Ammannia*, *Crenea*, *Cuphea*, *Diplusodon*, *Heimia*, *Lafoensia*, *Lythrum*, *Physocalymma*, *Pleurophora* e *Rotala*) (FLORA DO BRASIL 2020, 2016), sendo que *Rotala* é considerado por Souza e Lorenzi (2012) como um gênero introduzido no Brasil e classificada como naturalizada pela Flora do Brasil 2020 (2016). Ainda no Brasil são cultivadas espécies do gênero *Punica*, como por exemplo, *P. granatum* popularmente chamada de romã.

No Brasil, *Cuphea* e *Diplusodon* concentram 191 espécies (104 e 87, respectivamente) com cerca de 90,5% das espécies de Lythraceae, enquanto os demais oito gêneros representam cerca de 10% da família, estando *Pleurophora* representada por três espécies ou 1,4% do total de espécies da família para o Brasil.

O gênero *Pleurophora* foi descrito em 1837 por David Don, utilizando como tipo a espécie *Pleurophora pungens* D. Don. Tem como sinônimo heterotípico

o gênero *Anisotes* Lindl., este representado pela espécie *A. hilariana* Meisn. que é sinônimo de *Pleurophora anômala* (A. St.-Hil.) Koehne. Atualmente *Pleurophora* está representada por oito espécies distribuídas pela América do Sul, sendo que destas, cinco não ocorrem no Brasil (*P. patagonica* – Argentina, *P. pilosiuscula* – Chile, *P. polyandra* – Argentina/Chile, *P. pungens* – Chile, *P. pusilla* – Chile) e três ocorrem no Brasil (*P. saccocarpa*, *P. anomalia* e *P. pulchra*) (TROPICOS, 2016). Dentre as espécies com ocorrência no Brasil, *P. saccocarpa* ocorre em outros países (Bolívia e Paraguai) e *P. anomalia* e *P. pulchra* são endêmicas do Brasil, ocorrendo no Domínio Fitogeográfico da Caatinga. *P. anômala* é encontrada no tipo de vegetação Caatinga *stricto sensu* e no Carrasco (FLORA DO BRASIL 2020, 2016), ocorrendo em ambientes aquáticos ou semiaquáticos, enquanto *P. pulchra* tem sua distribuição restrita a Caatinga *stricto sensu* na Depressão Sertaneja Meridional pernambucana, ocorrendo em áreas secas sobre afloramentos rochosos graníticos (Figura 1).

2.3.1 Potenciais das espécies de Lythraceae

Diversas espécies de Lythraceae são cultivadas no Brasil e no mundo como ornamentais, incluindo árvores dos gêneros *Lagerstroemia*, *Lafoensia* e *Punica*, e espécies de menor porte, como *Cuphea* e *Lythrum* (SOUZA e LORENZI, 2012; LORENZI, 2013; JUDD *et al.*, 2009). De acordo com Souza e Lorenzi (2012), merece destaque inúmeras espécies do gênero *Diplusodon*, com grande potencial, ainda não aproveitado, como também *Physocalym scaberrimum* e *Cuphea pulchra*. A romãzeira (*Punica granatum*) tem uma variedade anã que é utilizada como ornamental (SOUZA e LORENZI, 2012; LORENZI, 2013), e a forma típica da espécie tem sementes comestíveis (SOUZA e LORENZI, 2012; LORENZI *et al.*, 2006; JUDD *et al.*, 2009).

Algumas espécies de *Cuphea* (*C. carthagenensis*, *C. racemosa* e *C. calophylla*), conhecidas como "sete-sangrias" e *Punica granatum* são utilizadas como medicinais (SOUZA e LORENZI, 2012; LORENZI e MATOS, 2008). As espécies *C. carthagenensis* e *C. racemosa* são consideradas plantas daninhas do Brasil (LORENZI, 2008) e *Lythrum salicaria* comporta-se como invasora em regiões temperadas da América do Norte (JUDD *et al.*, 2009).

2.3.2 Contexto histórico, distribuição e conservação de *Pleurophora pulchra*

A espécie foi descrita em 2014, a partir do material coletado pelo Projeto de Integração do Rio São Francisco com as Bacias Hidrográficas do Nordeste Setentrional - PISF. Foi registrada pela primeira vez em 2009 na Serra do Bendó, Cabrobó - PE, sendo posteriormente, em 2011, encontrada na Serra do Livramento, Cabrobó/Salgueiro - PE. A partir destes materiais foram realizadas várias tentativas de identificar o material até que em 2014 pesquisadores do projeto junto a outros pesquisadores externos chegaram à conclusão que a espécie era um táxon novo para a ciência. A partir daí iniciaram-se novas buscas pela espécie em algumas serras próximas dos locais onde foram registradas, até que em 2014 foi encontrada na FLONA Negreiros na Serra dos Macacos, Serrita - PE. Além da Serra do Livramento a espécie foi encontrada em duas localidades próximas, mas o maior número de populações registradas para a espécie encontra-se nos limites da Serra do Livramento, cerca de cinco populações (Figura 1). Portanto, até o presente momento esta serra abriga o maior número de populações para a espécie, sendo esta área importante para a manutenção destas populações. Posteriormente a publicação efetiva de *P. pulchra* foi registrada a ocorrência da espécie na Serra do Joá, Terra Nova - PE. Atualmente é conhecida de 11 coletas em quatro serras.

A espécie é endêmica do Domínio Fitogeográfico da Caatinga, de Pernambuco do Nordeste e do Brasil. Segundo Siqueira-Filho *et al.* (2015) a espécie é enquadrada na categoria de ameaça de extinção Vulnerável (VU), sendo a única espécie de Lythraceae que ocorre exclusivamente na Caatinga *stricto sensu*.

Como *P. pulchra* foi descoberta para ciência recentemente, este trabalho constitui-se do primeiro estudo ecológico dessa espécie e ainda pode gerar conhecimentos para novos trabalhos com espécies endêmicas do Domínio Fitogeográfico da Caatinga.



Figura 1: Hábito e ramo fértil com botões, flores e frutos de *Pleurophora pulchra*, Pernambuco, Brasil
IA- Serra do Bendó, município de Cabrobó - PE; **B-** Serra dos Macacos, Floresta Nacional de Negreiros, Serrita - PE; **C-** Serra do Joá, Terra Nova - PE; **D-** Serra do Livramento, município de Salgueiro e Cabrobó - PE.

3. OBJETIVOS

3.1 Objetivo Geral

Estabelecer variáveis ambientais explicativas (preditores) e modelos de distribuição geográfica potencial para *Pleurophora pulchra* no Domínio Fitogeográfico da Caatinga, em diferentes cenários (presente e futuro) e estabelecer áreas prioritárias para conservação da espécie, possibilitando estudos posteriores sobre seu potencial ornamental.

3.2 Objetivos Específicos

- Identificar variáveis ambientais (*layers*) não colineares e correlacionadas com os locais de ocorrência da espécie;
- Computar modelos de distribuição geográfica potencial para a espécie para o presente e futuro, baseando-se nas variáveis ambientais indicadas como preditoras;
- Avaliar ampliação ou perda de habitat da espécie e, conseqüentemente, inferir sobre o estabelecimento de áreas prioritárias para conservação da mesma, por esta ser endêmica e com potencial agrônômico e paisagístico.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização Botânica de *Pleurophora pulchra*

A espécie em estudo é um subarbusto perene, ereto e pouco ramificado, 30-100 cm, apresentando:

- **Folhas** concentradas no ápice dos ramos, sésseis a subsésseis, pecíolos ca. 0.1 mm de comprimento, lâmina linear-oblongada (3-) 11-25 mm de comprimento, (1-) 3-5 mm de largura,

membranáceo, face adaxial verde e abaxial esbranquiçada, margem inteira, revoluta, ápice agudo a atenuado.

- **Flores** solitárias, axilares, pedicelo 1-2 mm de comprimento, brácteas pubérulas, linear-lanceoladas, ca. 2 mm de comprimento; epicálise rudimentar ou ausente; pétalas 6, desiguais, vermelha, 2 pétalas dorsais 6 mm, de comprimento, 4,5-5 mm de largura, sub-orbicular, base cuneada, ápice obtuso, retuso ou emarginado, veias visíveis em ambas as superfícies, outras 4 pétalas pequenas para rudimentar, as 2 pétalas laterais ca. 1 mm de comprimento, lanceoladas-falcadas, as 2 pétalas basais, ligeiramente mais curta do que as pétalas laterais, ca. 0,8 mm de comprimento, falciforme; estames, posicionados em três níveis diferentes, glabro, inserido na base do tubo floral, filamentos de cor creme ou rosada, anteras de cor creme, às vezes roxo-marginado, basifixa, reniforme, deiscente; pólen roxo pálido; gineceu glabro, elevado por um estipe 1-2 mm de comprimento, estilete laranja pálido a vermelho de 6-17 mm de comprimento, glabro para piloso, persistente, estigma puntiforme, ovário 2-4 mm de comprimento, 1-2 mm de largura, bilocular, dorsal lóculo multiovular, o lóculo ventral menor, estéril (Figura 2).
- **Fruto** cápsula marrom pálido, envolvendo o tubo floral.
- **Sementes** 7-15, 1 mm de comprimento, 0,5 mm de largura, marrom-escuro, bilateralmente comprimido, ovaladas

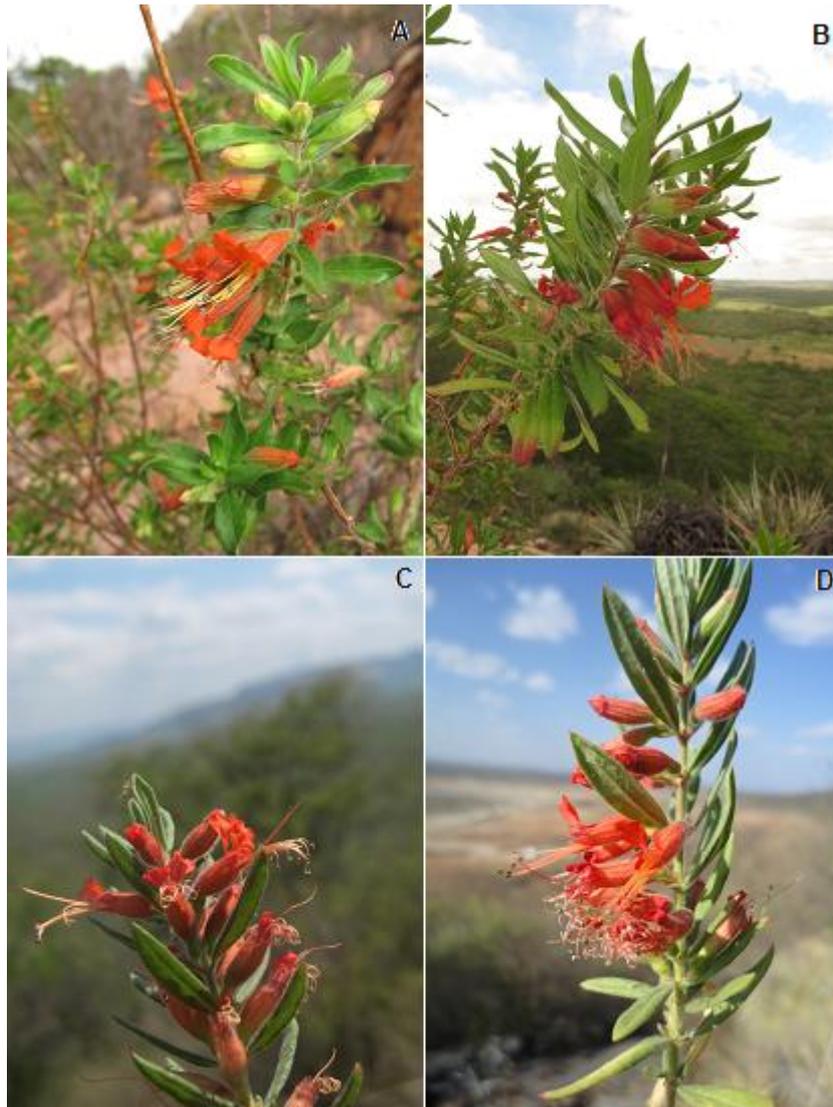


Figura 2. Detalhe das flores de *Pleurophora pulchra*, Pernambuco, Brasil. **A-** Serra do Bendó, município de Cabrobó - PE; **B-** Serra dos Macacos, Floresta Nacional de Negreiros, Serrita - PE; **C-** Serra do Joá, Terra Nova - PE; **D-** Serra do Livramento, município de Salgueiro e Cabrobó - PE.

4.2 Coleta de Dados e Modelagem

Os registros de *Pleurophora pulchra* para o Domínio Fitogeográfico da Caatinga foram coletados do artigo base da sua descrição (SIQUEIRA-FILHO *et al*, 2015) de informações da rede de herbários brasileiros disponível na rede *speciesLink* (2016) e da coleção botânica do Núcleo de Ecologia e Monitoramento Ambiental-NEMA/UNIVASF (Figura 5). Para confirmar a identidade taxonômica dos exemplares foram realizadas consultas às exsicatas depositadas nos herbários com registro para a espécie. Foram considerados registros acurados e exatos aqueles

cuja coordenada geográfica do espécime/exsicata foi referenciado no seu ponto de coleta. Além disso, foram excluídos os pontos duvidosos e repetidos, de tal forma que cada espécie apresentou apenas um registro por localidade. Assim, dos 11 registros da espécie para o Domínio Fitogeográfica da Caatinga, cinco atenderam aos filtros supracitados e, por isso, foram utilizados na modelagem (Tabela 1).

Tabela 1: Localização e coordenadas geográficas dos registros de *Pleurophora pulchra* utilizados para a modelagem.

Ponto	Local	Cidade – UF	Longitude	Latitude	Altitude
1	Serra do Bendó	Cabrobó – PE	39°11'15" W	08°24'55" S	570 m
2	Serra do Livramento	Salgueiro – PE	39°17'41" W	08°13'07" S	613 m
3	Serra do Livramento	Cabrobó – PE	39°19'22" W	08°13'35" S	462 m
4	Serra dos Macacos, FLONA Negreiros	Serrita – PE	39°25'03" W	07°59'46" S	538 m
5	Serra do Joá	Terra Nova – PE	39°22'52" W	08°20'29" S	434 m

Para elaboração dos modelos de distribuição geográfica potencial de *Pleurophora pulchra* no Domínio Fitogeográfico da Caatinga, os locais de ocorrência da espécie foram otimizados (correlacionados) com 19 camadas ambientais de temperatura ou precipitação (*layers* com 5 km de resolução) extraídas do banco de dados do Worldclim7 (Tabela 2).

Os *layers* (também chamados de camadas) utilizados nessa pesquisa foram resultantes de dados obtidos por estações meteorológicas no período de 1950 e 2000 (chamados de camadas do presente) e da interpolação desses dados para 2070 (chamados de camadas do futuro) (HIJMANS *et al.*, 2005). As camadas do futuro são baseadas em previsões (cenários) de emissões de gases do efeito estufa (principalmente o gás carbônico - CO₂) na atmosfera. Para a modelagem do futuro foram utilizadas camadas obtidas da plataforma CNRM-CM5, para dois cenários: (Melhor cenário) – prever força radioativa dos gases de efeito estufa de 2.6 W/m² até 2100 e assume que o pico de emissão de CO₂ na atmosfera ocorreu entre 2010 e 2020, com diminuição substancial depois desse período; (pior cenário) – prever força radioativa dos gases de efeito estufa de 8.6 W/m² até 2100 e assume que a emissão de CO₂ aumenta linearmente ao longo do século.

Os modelos computados segundo camadas ambientais do futuro permitirão identificar o padrão de distribuição geográfica da espécie alvo frente às mudanças climáticas vigentes.

Tabela 2. Camadas bioclimáticas extraídas do banco de dados do Worldclim7, utilizadas nos procedimentos de otimização.

Sigla	Variáveis	Unidade
Bio1	Temperatura média anual	°C
Bio2	Amplitude diurna média mensal (temp. máxima – temp. mínima)	°C
Bio3	Isotermalidade (bio2/bio7) (* 100)	°C
Bio4	Sazonalidade da temperatura = (desvio padrão * 100)	°C
Bio5	Temperatura máxima do mês mais quente	°C
Bio6	Temperatura mínima do mês mais frio	°C
Bio7	Intervalo da temperatura anual (bio5-bio6)	°C
Bio8	Temperatura média do trimestre mais úmido	°C
Bio9	Temperatura média do trimestre mais seco	°C
Bio10	Temperatura média do trimestre mais quente	°C
Bio11	Temperatura média do trimestre mais frio	°C
Bio12	Precipitação anual	mm
Bio13	Precipitação do mês mais chuvoso	mm
Bio14	Precipitação do mês mais seco	mm
Bio15	Sazonalidade de precipitação (coeficiente de variação)	mm
Bio16	Precipitação do trimestre mais úmido	mm
Bio17	Precipitação do trimestre mais seco	mm
Bio18	Precipitação do trimestre mais quente	mm
Bio19	Precipitação do trimestre mais frio	mm

Inicialmente, foram realizados cinco procedimentos de otimização com todas as camadas do presente ou todas as camadas dos distintos cenários do futuro. Com base nessas otimizações foram computados os modelos médios preliminares para cada cenário. O algoritmo utilizado para a elaboração desses modelos foi o MAXENT, o qual tem se mostrado eficiente (com bons índices de acurácia) em estudos de modelagem exploratória, ou seja, com espécies que apresentem cinco ou mais registros de ocorrência na área de estudo (KAMINO, 2009). Para cada procedimento de otimização, os registros de ocorrência da espécie foram separados em dois grupos, a partir de sorteios aleatórios do software MAXENT. Os grupos foram denominados como: grupo treino – registros utilizados para a computação do modelo (80 % dos pontos); grupo teste – registros utilizados para avaliar o desempenho do procedimento de otimização e, conseqüentemente,

do modelo médio (20% dos pontos) (FIELDING e BELL, 1997). A validação do procedimento de otimização é também chamado de teste interno. Para analisar o desempenho do modelo médio foi utilizado o valor de AUC médio, sendo considerado satisfatório para AUC superior a 0.75 (ANDERSON, *et al.*, 2006).

O modelo médio preliminar visou identificar variáveis não colineares e correlacionadas com a ocorrência da espécie em cada cenário. A escolha de variáveis preditoras a partir de análises estatísticas é um procedimento reconhecidamente importante para ampliação do desempenho dos modelos de distribuição geográfica potencial, devido à exclusão de ruídos de variáveis colineares e/ou redundantes (KAMINO, 2009; MOURA-JÚNIOR, 2016). Diante do reconhecimento das variáveis preditoras da ocorrência da espécie, foram realizados novamente cinco procedimento de otimização, utilizando-se apenas as variáveis preditoras para cada cenário. Como resultados desses procedimentos de otimização foi computado o modelo médio final de cada cenário. Para esses modelos também foram realizadas avaliações de desempenho, baseando-se no AUC médio.

Foi definido um limite de corte para a distinção dos locais ambientalmente adequadas e não adequados à ocorrência da espécie na área de estudo. Os *pixels* (1 km²) com valores acima do limite de corte (chamado de *Threshold*) foram considerados possíveis áreas de presença (PEARSON *et al.*, 2007).

O teste binomial foi utilizado para avaliar se os modelos médios (preliminares ou finais) computados para cada cenário apresentaram desempenho distinto do acaso. Para tanto, o teste binomial baseou-se no tamanho da área indicada como adequada para a presença da espécie (dentro do *Threshold*) e no número de erros de omissão não previsto pelo modelo médio (PHILLIPS *et al.*, 2006). Os testes binominais foram realizados no *software* BioEstat 5.0 (AYRES *et al.*, 1998).

4.3 Caracterização dos locais amostrados

Após a geração do mapa dos possíveis locais de ocorrência de *P. pulchra* para o cenário do presente, esse, foi correlacionado com mapas pré-definidos, de diferentes características, como: Mapa Político Municipal, Áreas Prioritárias para

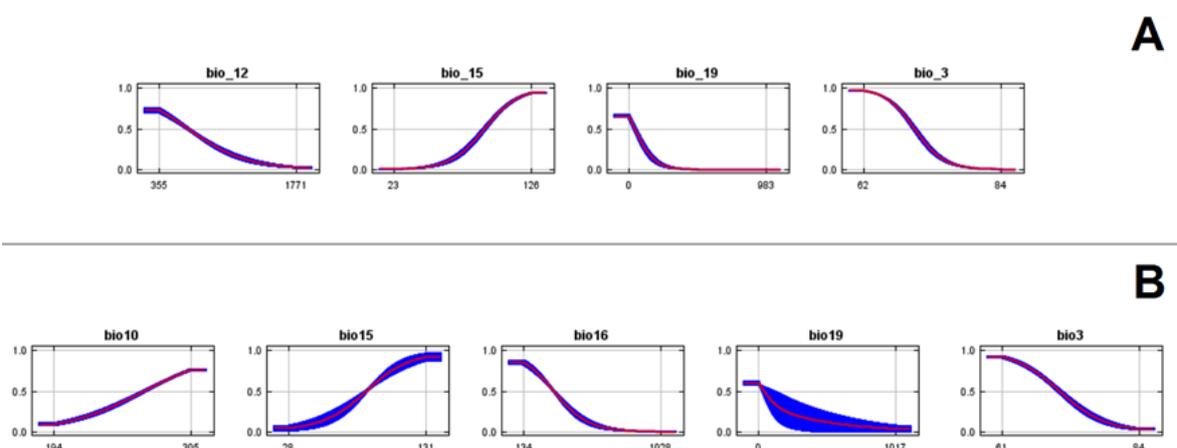
Conservação (AP) e Unidades de Conservação (UC), Tipo de Cobertura Vegetal, Ecorregiões, Bacia Hidrográfica e Tipo de Solo. Posteriormente, obteve-se a caracterização dos possíveis locais de ocorrência da espécie estudada para este cenário.

Essa mesma correlação, com mapas pré-definidos, foi feita para o mapa de pior cenário futuro de emissão de CO₂, mas utilizando, somente, o mapa de Áreas prioritárias para Conservação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os modelos médios preliminares indicaram as variáveis Bio3, Bio5 Bio10, Bio12, Bio15, Bio16 e Bio19 como preditoras da ocorrência de *Pleurophora pulchra* no Domínio Fitogeográfico da Caatinga (Figura 3). As variáveis Bio3, Bio12, Bio15 e Bio19 foram indicadas como preditoras nos modelos computados com camadas do presente. Para os modelos computados com camadas bioclimáticas do futuro, evidenciaram-se as variáveis Bio3, Bio10, Bio15, Bio16 e Bio19 como explicativas para o melhor cenário e Bio3, Bio5, Bio12, Bio 15 e Bio19 para o pior cenário (Figura 3A).

As correlações evidenciaram que *P. pulchra* ocorrem em ambientes quentes (Bio5, Bio10), com pequena variação anual da temperatura ou precipitação (Bio3, Bio15) e baixa pluviosidade (Bio12, Bio16, Bio19), sobretudo nos meses de mais úmidos ou chuvosos (Figura 3B e C).



Continua...

Continua...

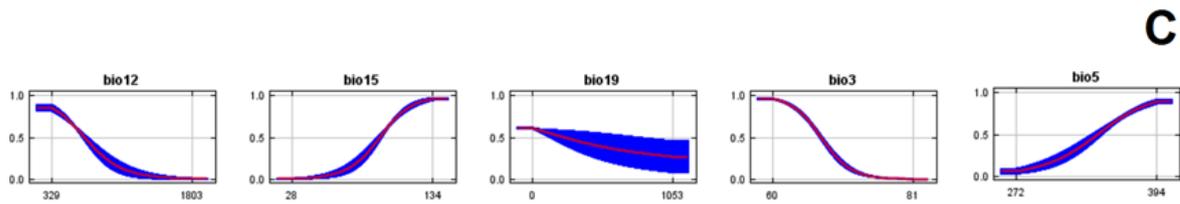


Figura 3. Variáveis indicadas como preditoras da distribuição de *Pleurophora pulchra*, no Domínio Fitogeográfico da Caatinga. Legendas: (A) - modelo computado com camadas ambientais do presente; (B) - modelo computado com camadas ambientais do futuro, para o melhor cenário; (C) - modelo computado com camadas ambientais do futuro, para o pior cenário.

Todos os modelos médios finais apresentaram desempenho médio satisfatório ($AUC > 0,900$), evidenciando que os registros de *P. pulchra* utilizados na otimização são bons para traçar padrões de distribuição da espécie (Tabela 3). Os resultados dos testes binomiais ($P < 0,0001$ / $t > 0,90$) indicou que os modelos médios finais foram diferentes do acaso e que os procedimentos otimização entre os pontos de ocorrência das espécies e as variáveis preditoras foram capazes de definir as áreas potenciais para a ocorrência da espécie na Caatinga (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados dos modelos médios finais computados, utilizando-se camadas ambientais (bioclimáticas) do presente ou de diferentes cenários futuros (melhor ou pior) de emissão de gases do efeito estufa.

Critério	Presente	Futuro (2070)	
		Melhor	Pior
AUC (Médio)	0.956	0.942	0.968
Threshold	0.4955	0.4888	0.430
Área (Km²)	57556	87831	56354
Nº de Omissão	0	1	1
Teste Binomial (p)	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001
Teste Binomial (poder)	1	0.97	0.98

O modelo médio final computado com camadas ambientais do presente indicou uma área potencial de 57556 km² para a ocorrência de *P. pulchra* no domínio Fitogeográfico da Caatinga. Essa área modelada, para as camadas ambientais do presente, abrangeu sete estados brasileiros, sendo os mais representativos para a potencial ocorrência da *P. pulchra* a Bahia (51 municípios), Paraíba (58 municípios) e Pernambuco (42 municípios). Possivelmente pode ser

encontrada em diversas Unidades de Conservação como o Parque Nacional (PN) das Cavernas de Peruaçu - MG, PN do Catimbau - PE, Área de Proteção Ambiental (APA) Chapada do Araripe/Catolé - CE e em Terras Indígenas, como na TI Kapinawá - PE e em Áreas Prioritárias para Conservação (AP), dentre elas, o Núcleo Central da Caatinga Piauiense - PI, Cabaceiras - PB e Serra do Barbado – BA. Pode ocorrer em quatro bacias hidrográficas (Atlântico Leste, Atlântico Nordeste Oriental, Parnaíba e São Francisco) e em inúmeras áreas com diferentes tipos de vegetação e Ecorregiões, com maior representatividade a Savana Estépica e a Depressão Sertaneja Meridional, respectivamente, além dos mais variáveis tipos de solos (Tabela 4)

Tabela 4. Unidades de Conservação (UC) e Áreas Prioritárias (AP) existentes nas áreas potenciais para ocorrência de *Pleurophora pulchra*, no Domínio Fitogeográfico da Caatinga para as camadas ambientais do presente e suas respectivas características.

UF (Mun.)	Unidades de Conservação (UC) e/ou Áreas Prioritárias (AP)			Tipo Vegetação	Ecorregiões	Bacia Hidrográfica	Tipos de Solos	
	Nome	Tipo	importância					Prioridade
BA (51)	Jaíba	AP	Ext. Alta	Muito Alta	Tensão Ecológica	Depr. Sertaneja Meridional	São Francisco	CHTbE
	Jacarací	AP	Ins. Conhecida	Ext. Alta	Tensão Ecológica/ Savana Estépica	Depr. Sertaneja Meridional	Atlântico Leste	CHTbE/CHTaE/ NLE/LVE
	Guanambi	AP	Ins. Conhecida	Muito Alta	Tensão Ecológica/ Floresta Estacional Semidecídua/Savana	Depr. Sertaneja Meridional	São Francisco	CHTbE/AV-AD
	Manoel Vitorino	AP	Ins. Conhecida	Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Meridional	Atlântico Leste	CHTbE
	Lagoa Real	AP	Ext. Alta	Ext. Alta	Savana Estépica/ Floresta Estacional Decídua	Depr. Sertaneja Meridional	Atlântico Leste	AVE/PHE
	Serra do Barbado	AP	Ext. Alta	Ext. Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Meridional	Atlântico Leste	AVE
	Riacho de Santana	AP	Ins. Conhecida	Muito Alta	Floresta Estacional Semidecídua	Depr. Sertaneja Meridional	São Francisco	AV-AD
	Paramirim	AP	Alta	Alta	Floresta Estacional Decídua	Depr. Sertaneja Meridional	Atlântico Leste	AV-AD/AVE
	Calha do Rio São Francisco	AP	Ext. Alta	Ext. Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Meridional/Raso da Catarina	São Francisco	NLE/PHrE
	Petrolândia Rodelas	AP AP	Muito Alta Muito Alta	Muito Alta Muito Alta	Savana Estépica Savana Estépica	Raso da catarina Depr. Sertaneja Meridional/Raso da Catarina	São Francisco São Francisco	NLE NLE/ PHrE
Baxio da Melancia	AP	Ext. Alta	Ext. Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Meridional	São Francisco	PHrE/VCO	
CE (05)	APA Chap. do Araripe – Catolé	UC	Ext. Alta	Muito Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Setentrional	Atlântico NE Oriental	LCO
	Pereiro-de-tinta	AP	Ext. Alta	Ext. Alta	Savana Estépica	Complexo Ibiapa-Araripe / Depr. Sertaneja Setentrional	Atlântico NE Oriental	LCO
MG (11)	PN Cavernas do Peruaçu	UC	Ins. Conhecida	Muito Alta	Tensão Ecológica/ Floresta Estacional	Depr. Sertaneja Meridional	São Francisco	PHE/AV-AE

UF (Mun.)	Unidades de Conservação (UC) e/ou Áreas Prioritárias (AP)				Tipo Vegetação	Ecorregiões	Bacia Hidrográfica	Tipos de Solos
	Nome	Tipo	Importância	Prioridade				
	REBIO Jaíba	UC	Ext. Alta	Alta	Semidecídua Tensão Ecológica / Floresta Estacional Decídua	Depr. Sertaneja Meridional	São Francisco	LHE
	PE Lagoa do Cajueiro	UC	Ext. Alta	Alta	Tensão Ecológica / Floresta Estacional Decídua	Depr. Sertaneja Meridional	São Francisco	PHE/LV-AE
	PE Mata Seca	UC	Ext. Alta	Alta	Tensão Ecológica	Depr. Sertaneja Meridional	São Francisco	PHE/AV-AE
	Corredor do Rio Japoré	AP	Ext. Alta	Alta	Tensão Ecológica/ Floresta Estacional Decídua/Floresta Estacional Semidecídua	Depr. Sertaneja Meridional	São Francisco	AV- AE/PHE/LV-AE
PB (58)	São João do Tigre	AP	Muito Alta	Muito Alta	Savana Estépica/ Floresta Estacional Semidecídua	Depr. Sertaneja Meridional	Atlântico NE Oriental	PNO/LV- AE/NLE
	Sertânia	AP	Alta	Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Meridional	Atlântico NE Oriental	NLE
	Cabaceiras	AP	Ext. Alta	Ext. Alta	Savana Estépica / Floresta Estacional Semidecídua	Depr. Sertaneja Meridional e Setentrional/Planalto da Borborema	Atlântico NE Oriental	LV- AE/PNO/VCO
	Serra do Cariri	AP	Muito Alta	Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Setentrional	Atlântico NE Oriental	NLE
	Curral Velho	AP	Muito Alta	Muito Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Setentrional	Atlântico NE Oriental	AV-AE
	Cariris Velho/Sumé	AP	Muito Alta	Ext. Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Setentrional	Atlântico NE Oriental	AV-AE/NLE
	Tamanduá	AP	Ext. Alta	Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Setentrional	Atlântico NE Oriental	AV-AE/NLE
	Piranhas	AP	Muito Alta	Muito Alta	Tensão Ecológica/ Savana Estépica	Depr. Sertaneja Setentrional	Atlântico NE Oriental	LCO/NLE
	Juaseirinho	AP	Muito Alta	Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Setentrional/Planalto da Borborema	Atlântico NE Oriental	AR/AV-AE/NLE
	Parelhas	AP	Ins. Conhecida	Ext. Alta	Savana Estépica	Planalto da	Atlântico NE	AR / NLE

UF (Mun.)	Unidades de Conservação (UC) e/ou Áreas Prioritárias (AP)				Tipo Vegetação	Ecorregiões	Bacia Hidrográfica	Tipos de Solos
	Nome	Tipo	importância	Prioridade				
	Vista Serrana	AP	Muito Alta	Muito Alta	Savana Estépica	Borborema Depr. Sertaneja Setentrional	Oriental Atlântico NE	NLE
PE (42)	TI Kambiwá	UC	Alta	Alta	Savana Estépica	Raso da Catarina	São Francisco	NLE
	TI Kapinawá	UC	Alta	Alta	Savana Estépica	Raso da Catarina	São Francisco	NLE
	PN do Catimbau	UC	Ext. Alta	Ext. Alta	Savana Estépica	Raso da Catarina	São Francisco	NLE
	TI Truka	UC	Ext. Alta	Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Meridional	São Francisco	PHE
	TI Atikum	UC	Alta	Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Meridional	São Francisco	NLE
	Calha do Rio São Francisco	AP	Ext. Alta	Ext. Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Meridional/Raso da Catarina	São Francisco	LV- AE/NLE/PHD
	Rio Moxotó	AP	Ext. Alta	Muito Alta	Savana Estépica	Raso da Catarina	São Francisco	NLE
	Floresta	AP	Muito Alta	Muito Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Meridional/Raso da Catarina	São Francisco	NLE
	Entorno da REBIO Serra Negra	AP	Alta	Muito Alta	Savana Estépica	Raso da Catarina	São Francisco	NLE
	Serra do Arapuá	AP	Alta	Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Meridional	São Francisco	NLE
	Serra do Capim	AP	Alta	Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Meridional	São Francisco	NLE
	Custódia	AP	Alta	Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Meridional/Raso da Catarina	São Francisco	PHE/NLE
	Comunidade Quilombola de Conceição das Crioulas	AP	Muito Alta	Ext. Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Meridional	São Francisco	NLE
	Cabeceiras do Capibaribe	AP	Ext. Alta	Ext. Alta	Savana Estépica / Floresta Estacional Semidecídua	Depr. Sertaneja Meridional/ Planalto da Borborema	São Francisco	PNO/LV-AE
Cabrobó	AP	Muito Alta	Ext. Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Meridional e Setentrional	São Francisco	LCO/LV- AE/NLE	
Sertânia	AP	Alta	Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Meridional	São Francisco	NLE	
Serra do Cariri	AP	Muito Alta	Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja	São Francisco	AV-AE/NLE	

UF (Mun.)	Unidades de Conservação (UC) e/ou Áreas Prioritárias (AP)			Tipo Vegetação	Ecorregiões	Bacia Hidrográfica	Tipos de Solos	
	Nome	Tipo	Importância					Prioridade
PI (15)	Caboclo	AP	Muito Alta	Muito Alta	Savana Estépica	Meridional Depr. Sertaneja Meridional	Parnaíba	TC17
	Núcleo Cent Caatinga piauiense	AP	Ext. Alta	Ext. Alta	Savana Estépica	Complexo Ibiapa-Araripe	Parnaíba	RL4 / LVA12
	Araripe	AP	Muito Alta	Muito Alta	Savana Estépica	Complexo Ibiapa-Araripe/Depr. Sertaneja Meridional	Parnaíba	AV-AE/NQzO/NLD/PHE
	Região de Picos	AP	Alta	Ext. Alta	Savana Estépica	Complexo Ibiapa-Araripe	Parnaíba	RL4
RN (11)	Parelhas	AP	Ins. Conhecida	Ext. Alta	Savana Estépica	Planalto da Borborema	Atlântico NE Oriental	AR/AV-AE/NLE
	Pedro Avelino	AP	Muito Alta	Alta	Savana Estépica	Depr. Sertaneja Setentrional	Atlântico NE Oriental	LCO/PNO/NLE

Legenda. **AR** - Afloramento de rochas; **AVE** - Argissolos Vermelho Eutróficos; **AV-AD** - Argissolos Vermelho-Amerelo Distróficos; **AV-AE** - Argissolos Vermelho-Amarelo Eutróficos; **CHTaE** – Cambissolos Haplicos Ta Eutróficos; **CHTbE** – Cambissolos Haplicos Tb Eutróficos; **LVE** - Latossolos Vermelho Eutróficos; **LV-AE** - Latossolos Vermelho-Amarelo Eutróficos; **LCO** - Luvisolos Crômico Órticos; **NLD** – Neossolos Litólicos Distróficos; **NLE** – Neossolos Litólicos Eutróficos; **NQzO** – Neossolos Quartzarenicos Órticos; **PHE** – Planossolos Háplicos Eutróficos; **PHrE** – Planossolos Hridromórficos Eutróficos; **PHD** – Planossolos Háplicos Distróficos; **PNO** – Planossolos Nátricos Órticos; **VCO** - Vertissolos Cromado Órticos.

Os modelos médios finais computados com camadas do futuro indicaram dois padrões potenciais de distribuição *P. pulchra* no Domínio Fitogeográfico da Caatinga, dependendo das projeções (cenários) de emissão dos gases do efeito estufa (Tabela 3). Para o modelo computado com dados do melhor cenário, registrou-se aumento de 30275 km² na área ambientalmente adequada a ocorrência de *P. pulchra*, quando comparado à área do modelo computado com camadas do presente. No modelo médio final computado com dados do pior cenário de emissão de CO₂ na atmosfera, a área potencial de distribuição da espécie reduziu em 1202 km², frente à área registrada para o modelo do presente (Figura 4).

Em síntese, evidenciou-se que o aumento da emissão de gases do efeito estufa (ex. elevação da temperatura e diminuição da pluviosidade) configura-se como um fator limitante para reprodução e sobrevivência de *P. pulchra*, embora essa espécie esteja ajustada a ambientes quentes e áridos. A diminuição da área de distribuição potencial de *P. pulchra* no modelo computado para o pior cenário de emissão de CO₂ em 2070, atrelado a raridade e endemismo da espécie para o Domínio Fitogeográfico da Caatinga, sinalizam para o risco de sua extinção. Nesse sentido, as áreas prioritárias para conservação que foram manchadas no modelo computado com camadas do pior cenário de emissão de gases do efeito estufa em 2070 (Picos – PI, Pereiro-de-tinta – CE, Baixio da melância – BA, Rodelas – BA, Floresta – PE, Cabeceiras do Capibaribe – PB/PE, Parelhas – RN, Lagoa Real – BA) devem ser preconizadas nos projetos de estabelecimento de unidades de conservação, sendo essas unidades preferencialmente enquadradas em categorias com maiores restrições para atividades humanas (Figura 5).

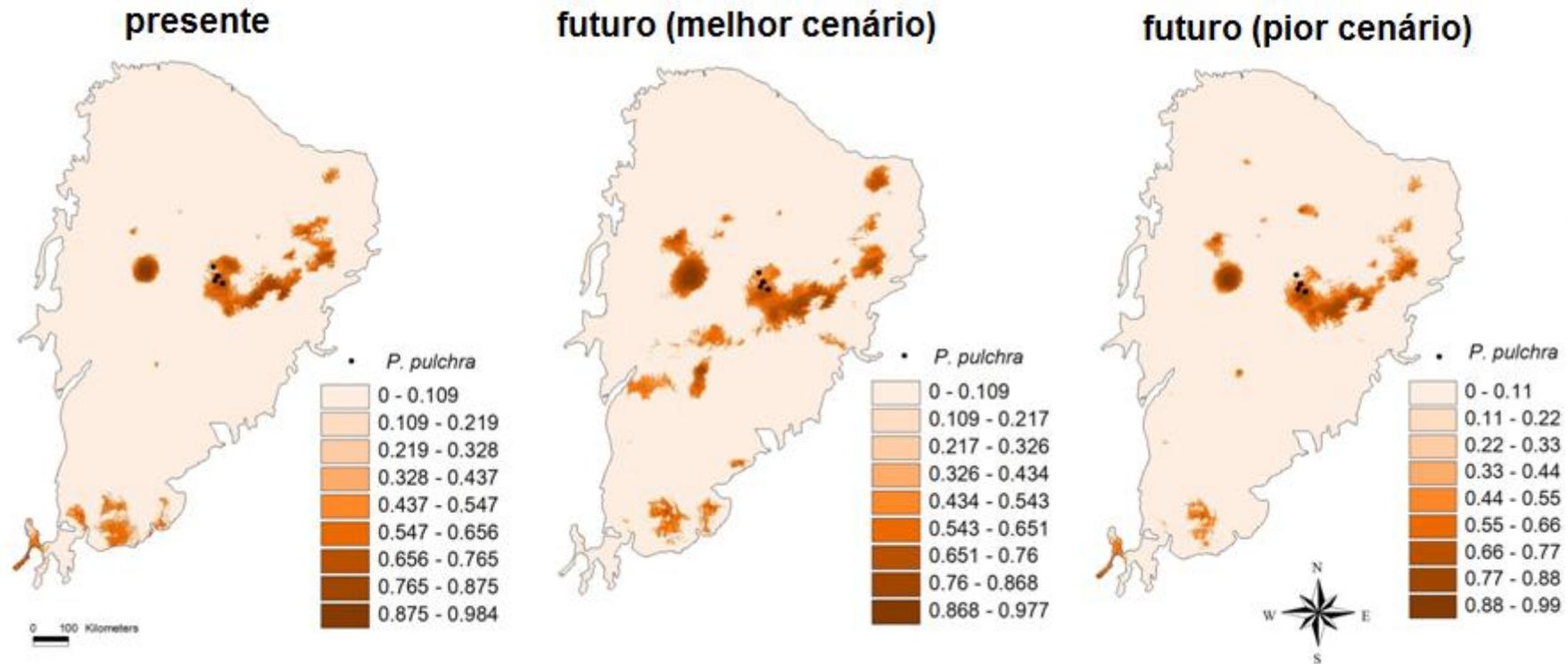


Figura 4. Áreas indicadas como ambientalmente adequadas à ocorrência para *Pleurophora pulchra* no Domínio Fitogeográfico da Caatinga para as camadas ambientais do presente e do futuro (melhor cenário e pior cenário de emissão de CO₂).

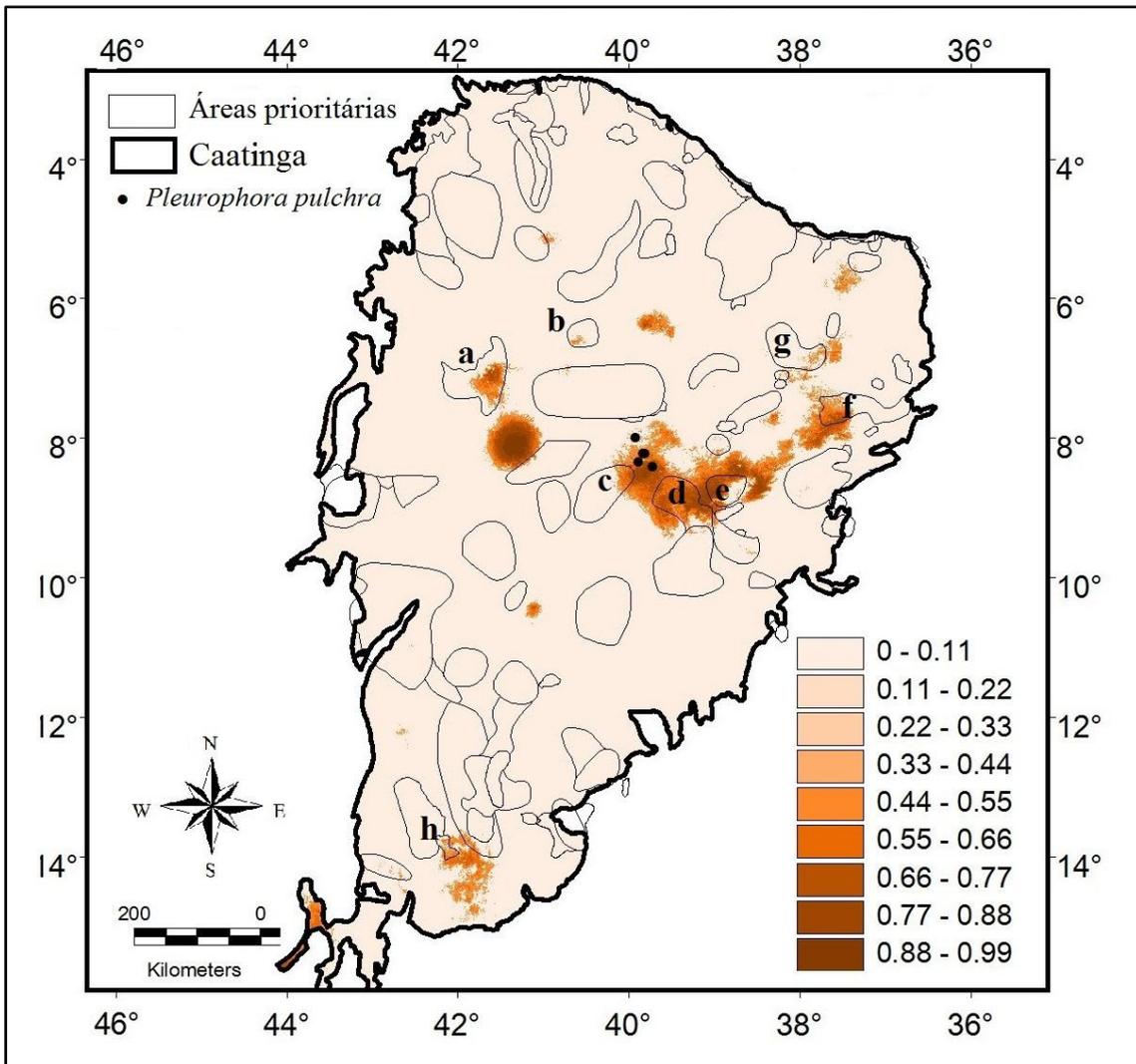


Figura 5. Áreas indicadas como ambientalmente adequadas à ocorrência para *Pleurophora pulchra* no Domínio Fitogeográfico da Caatinga para o pior cenário de emissão de CO₂ em 2070 (gradiente de 0 – 99) e áreas prioritárias para conservação no Brasil (MMA, 2007). **Legendas:** (a) Região de Picos – PI; (b) Pereiro-de-tinta – CE; (c) Baixio da Melância – BA; (d) Rodelas – BA; (e) Floresta – PE; (f) Cabeceiras do Capibaribe – PB/PE; (g) Parelhas – RN; (h) Lagoa Real – BA.

Mesmo a modelagem de distribuição geográfica potencial de espécies apresentar aplicabilidade em diversas áreas e subáreas da agronomia, como em conservação, planejamento e manejo de espécies, ecologia, entre outras (PHILLIPS et al., 2006; CANCIAN, 2012) é relevante a falta de estudos, como esse, para espécies endêmicas, ameaçadas de extinção e/ ou de importância econômica para o Domínio Fitogeográfico da Caatinga (CANCIAN, 2012). Ainda de acordo com o autor o estudo demonstrou que a utilização do algoritmo MAXENT e de camadas bio climáticas ambientais locais foi possível gerar modelos de distribuição potencial de *P. pulchra* é de excelente qualidade

Neste contexto de escassez de trabalhos de modelagem para do Domínio da Caatinga, verificou-se que esse trabalho se trata do primeiro estudo, depois da sua descrição, para *P. pulchra* aumentando e estimulando a busca por conhecimento de estudo de espécies de endêmicas e de importância para o mesmo Domínio, em que esse tipo de abordagem ainda é pouco utilizado.

6. CONCLUSÃO

A partir dos modelos preliminares, evidenciou que a *Pleurophora pulchra* prefere ambientes quentes e secos com baixa variação anual de temperatura e/ou precipitação e de baixa pluviosidade mesmo para os meses mais úmidos e chuvosos do ano.

A conservação de *Pleurophora pulchra* no Domínio Fitogeográfico da Caatinga merece atenção, já que para o pior cenário futuro de emissão de gases de efeito estufa (CO₂) se dá de forma exponencial, ocorrerá uma diminuição das áreas potenciais de ocorrência da espécie de 1.202 km² em relação a área potencial das camadas ambientais do presente, de 57.556 km².

Nesse enfoque, a implementação de políticas públicas que transformem em Unidades de Conservação as áreas prioritárias para conservação indicadas pelo MMA em 2007, sobretudo onde há sobreposição com áreas potenciais de ocorrência de *P. pulchra*, depois da confirmação da ocorrência da espécie nestes mesmos locais, evitando a perda dessa espécie endêmica.

Recomenda-se estudos posteriores para compreensão da biologia reprodutiva de *P. pulchra*, no intuito de aproveitá-la no paisagismo das cidades do semiárido, valorizando, assim, as potencialidades na biodiversidade do Domínio Fitogeográfico da Caatinga.

REFERÊNCIAS

ANDERSON, R. P. et al. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. **Ecography**, v. 29, n. 2, p. 129-151, abr. 2006.

ANDERSON, R. P.; LEW, D.; PETERSON, A. T. Evaluating predictive models of species' distributions: criteria for selecting optimal models. **Ecological modelling**, v. 162, n. 3, p. 211-232, abr. 2003.

APG III. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. **Botanical Journal of the Linnean Society**.v. 161, p.105-121, 2009

AYRES, M; AYRES, M. J; AYRES, D. L; SANTOS, S. A. Bio Estat: aplicações estatísticas nas áreas das ciências biológicas e médicas. Sociedade Civil Mamirauá, Manaus. **Publicações avulsas Mamirauá. (acompanha CD-ROM)**, p. 196, 1998.

BARBOSA, M.R de V. *et al.* Estratégias para conservação da biodiversidade e prioridades para a pesquisa científica no bioma caatinga. **Análise das variações da biodiversidade do bioma caatinga**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, p. 415-429, 2005.

BIOGEOGRAFIA da Amazônia. Modelagem da distribuição de espécies e o nicho ecológico. 2009. Disponível em:
<<http://biogeoamazonica.blogspot.com.br/2009/11/modelagem-da-distribuicao-de-especies-e.html>>. Acesso em 22 ago. 2016.

CANCIAN, L. F. **Modelagem de distribuição geográfica potencial de macrófitas aquáticas em bacias hidrográficas**. 2012. 86f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro, 2012.

CARNAVAL, A.C.; MORITZ, C. Historical climate modeling predicts patterns of current biodiversity in the Brazilian Atlantic forest. **Journal of Biogeography**, Oxford, v.35, p.1187–1201, 2008.

CASTELLETTI, C. H. M, *et al.* Quanto ainda resta da Caatinga? Uma estimativa preliminar. In: SILVA, J. M. C da *et al.* **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. 1 ed. Brasília:Ministério do Meio Ambiente, 2003.

CONTI, E. **Phylogenetic relationships of Onagraceae and Myrtales**: evidence from rbcL sequence data. 1994. Dissertação (PhD) - University of Wisconsin, Madison

DUDIK, M.; PHILLIPS, S. J.; SCHAPIRE, R. E. **Performance guarantees for regularized maximum entropy density estimation**.International Conference on Computational Learning Theory.Springer Berlin Heidelberg, p. 472-486, 2004.

FIELDING, A. H.; BELL, J. F. A review of methods for the assessment of prediction errors in conservation presence/absence models. **Environmental conservation**, v. 24, n. 01, p. 38-49, mar. 1997.

FLORA DO BRASIL 2020 em construção. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. 2016. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/>>. Acesso em 20 ago. 2016.

GEIST, H. J.; LAMBIN, E. F. Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation Tropical forests are disappearing as the result of many pressures, both local and regional, acting in various combinations in different geographical locations. **Bio Science**, v. 52, n. 2, p. 143-150, fev. 2002.

GRAHAM, S. A., HALL, J., SYTSMA, K. e SHI, S.-H. Phylogenetic analysis of the Lythraceae based on four gene regions and morphology. **International Journal of Plant Sciences**, v. 166, n. 6, p. 995-1017, nov. 2005.

GRAHAM, S. A., CRISCI, J. V. & HOCH, P. C. Cladistic analysis of the Lythraceae sensu lato based on morphological characters. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 113, n. 1, p. 1-33, set. 1993.

GUISAN, A.; THUILLER, W. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. **Ecology letters**, v. 8, n. 9, p. 993-1009, set. 2005

HIJMANS, R. J. et al. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. **International journal of climatology**, v. 25, n. 15, p. 1965-1978, dez. 2005.

JEGANATHAN, P; et al. Modelling habitat selection and distribution of the critically endangered Jerdon's courser *Rhinoptilus bitorquatus* in scrub jungle: an application of a new tracking method. **Journal of Applied Ecology**, v. 41, n. 2, p. 224-237, 2004.

JIMÉNEZ-VALVERDE, A; LOBO, J, M.; et al. Not as good as they seem: the importance of concepts in species distribution modelling. **Diversity and distributions**, v. 14, n. 6, p. 885-890, nov. 2008.

JUDD, W. S; CAMPBELL, C.S; KELLOGG, E.A.; STEVENS, P.F. e DONOGHUE, M.J. **Sistemática vegetal: um enfoque filogenético**. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2009.

KAMINO, L.H.Y. **Modelos de Distribuição Geográfica Potencial: Aplicação com Espécies da Flora Ameaçada de Extinção da Floresta Atlântica**. 2009. 133f Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Instituto Ciências Biológicas, Belo Horizonte, 2009.

LEHMANN, A. GIS modeling of submerged macrophyte distribution using Generalized Additive Models. **Plant ecology**, v. 139, n. 1, p. 113-124, nov. 1998.

LORENZI, H. **Plantas para jardins no Brasil: herbáceas, arbustivas e trepadeiras**. 1 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2013.

LORENZI, H.; BAKER, L.; LACERDA, M. e SARTORI, S. **Brazilian fruits & cultivated exotics**: for consuming in natura. 1 ed. São Paulo: Instituto Plantarum, 2006.

LORENZI, H. e MATOS, F. J. A. **Plantas Medicinais no Brasil**: nativas e exóticas. 2 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.

MARCO JÚNIOR, P.; SIQUEIRA, M. F. Como determinar a distribuição potencial de espécies sob uma abordagem conservacionista. **Megadiversidade**, v. 5, n 1-2, p. 65-76, dez. 2009.

MARTÍNEZ-MEYER, E.; PETERSON, A. T.; SERVÍN, J.I.; KIFF, L.F. Ecological niche modelling and prioritizing areas for species reintroductions. **Oryx**, v. 40, n. 04, p. 411-418, out. 2006.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Plano de Ação para Prevenção e Controle ao Desmatamento na Caatinga**. Departamento de Políticas para o Combate ao Desmatamento. Brasília, 2013.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). Áreas Prioritárias e Áreas Protegidas. 2007. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira/%C3%A1reas-priorit%C3%A1rias/item/489>> Acesso em: 20 ago. 2016.

MOURA-JUNIOR, E.G. **Preditores ambientais, estrutura espacial e modelagem de distribuição geográfica potencial de macrófitas aquáticas invasoras no rio São Francisco, Brasil**. 2016. 89f Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, 2016.

PAIM, G. F; ROCHA, W. F. Modelagem de Cenários na Caatinga: Exploração Agrícola X Perda de Habitat. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 14., 2009, Natal, Anais... Natal: INPE, p. 6021 – 6027, 2009.

PEARSON, R. G; et al. Predicting species distributions from small numbers of occurrence records: a test case using cryptic geckos in Madagascar. **Journal of biogeography**, v. 34, n. 1, p. 102-117, jan. 2007.

PEARSON, R.G.; DAWSON, T. P. Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: are bioclimate envelope models useful?. **Global ecology and biogeography**, v. 12, n. 5, p. 361-371, set. 2003.

PETERSON, A.T.; SCACHETTI, P.R.; NEVES, V.F.C. Using epidemiological survey data to infer geographic distributions of leishmaniasis vector species. **Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical**, v. 37, n. 1, p. 10-14, jan/fev. 2004.

PETERSON, A. T; et al. Effects of global climate change on geographic distributions of Mexican Cracidae. **Ecological modelling**, v. 144, n. 1, p. 21-30, out. 2001.

PETERSON, A. T; VIEGLAIS, D. A. Predicting Species Invasions Using Ecological Niche Modeling: New Approaches from Bioinformatics Attack a Pressing Problem. **BioScience**, v. 51, n. 5, p. 363-371, mai. 2001.

PETERSON, A. T; SOBERÓN, J; SÁNCHEZ-CORDERO, V. Conservatism of ecological niches in evolutionary time. **Science**, v. 285, n. 5431, p. 1265-1267, ago. 1999.

PETERSON, A.; WILLIAMS, R.; CHEN, G. Modeled global invasive potential of Asian gypsy moths, *Lymantria dispar*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v. 125, n. 1, p. 39-44, jul. 2007.

PHILLIPS, S. J; ANDERSON, R. P; SCHAPIRE, R. E. Maximum entropy modeling of species geographic distributions. **Ecological modelling**, v. 190, n. 3, p. 231-259, jan, 2006.

PHILLIPS, S. J.; DUDIK, M.; SCHAPIRE, R. E. A maximum entropy approach to species distribution modeling. In: **Proceedings of the twenty-first international conference on Machine learning**. ACM, p. 83, mai. 2004.

PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. **Ecologia e conservação da Caatinga**. 2 ed., Recife: Ed. Universitária da UFPE, p. 3-74, 2005.

Rede *speciesLink*. *Pleurophora pulchra*. 2015. Disponível em: <<http://www.splink.org.br/index?lang=pt>>. Acesso em 16 ago. 2016.

SÁ, I. B. *et al*. Processo de desertificação no Semiárido brasileiro. In: **SÁ, I. B; SILVA, PCG da.Semiárido brasileiro**. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, p. 126-158, 2010.

SÁNCHEZ-FLORES, E. GARP modeling of natural and human factors affecting the potential distribution of the invasives *Schismus arabicus* and *Brassica tournefortii* in 'El Pinacate y Gran Desierto de Altar' Biosphere Reserve. **Ecological Modelling**, v. 204, n. 3, p. 457-474, jun. 2007.

SILVA, J. M. C da *et al*. **Biodiversidade da Caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. 1 ed. Brasília:Ministério do Meio Ambiente, 2003.

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, n. 2, p. 233-243, abr/jun. 2007.

SIQUEIRA, M. F; PETERSON, A. T. Consequences of global climate change for geographic distributions of cerrado tree species. **Biota Neotropical**, v. 3, n. 2, p. 1-14, jul. 2003.

SIQUEIRA-FILHO, J. A. **Flora das caatingas do Rio São Francisco: história natural e conservação**. Rio de Janeiro: Andrea Jakobsson Estúdio, 2012.

SIQUEIRA-FILHO, J. A *et al*. A Remarkable New Species of *Pleurophora* (Lythraceae) from Caatinga of Pernambuco, Brazil. **Systematic Botany**, v. 40, n. 1, p. 185-190, fev. 2015.

SOUZA, V. C e LORENZI, H. **Botânica Sistemática**: guia ilustrado para identificação das famílias de Fanerógamas nativas e exóticas no Brasil, baseado em APG III. 3 ed. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2012

STOCKWELL, D. R. B; PETERSON, A. T. Effects of sample size on accuracy of species distribution models. **Ecological Modelling**, v. 148, n. 1, p. 1-13, fev. 2002.

TABARELLI, M; SILVA, J. M. C. **Áreas e ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga**. 1ed. Recife: Biodiversidade, conservação e uso sustentável da flora do Brasil, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Imprensa Universitária, p. 27-30, 2002.

TROPICOS.org. Missouri Botanical Garden. Disponível em: <<http://www.tropicos.org/Person/100103518>>. Acesso em 30 ago. 2016