



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ  
CENTRO DE CIÊNCIAS  
DEPARTAMENTO DE BIOLOGIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ECOLOGIA E RECURSOS NATURAIS**

**LUCIANA SILVA CORDEIRO**

**DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E MODELAGEM DE NICHOS ECOLÓGICOS  
DE ESPÉCIES ENDÊMICAS DE ERYTHROXYLACEAE NA REGIÃO  
NEOTROPICAL**

**FORTALEZA  
2013**

Luciana Silva Cordeiro

**Distribuição geográfica e modelagem de nicho ecológico de espécies endêmicas de Erythroxylaceae na região Neotropical**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Iracema Bezerra Loiola /UFC

Co-orientador: Prof. Dr. Fernando Roberto Martins / UNICAMP

Fortaleza  
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação  
Universidade Federal do Ceará  
Biblioteca de Ciências e Tecnologia

- 
- C819d Cordeiro, Luciana Silva.  
Distribuição geográfica e modelagem de nicho ecológico de espécies endêmicas de  
*Erythroxylaceae* na região neotropical / Luciana Silva Cordeiro. – 2013.  
112 f. : il. color., enc. ; 30 cm.
- Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências, Departamento de  
Biologia, Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Fortaleza, 2013.  
Área de Concentração: Ecologia.  
Orientação: Profa. Dra. Maria Iracema Bezerra Lioiolo.  
Coorientação: Prof. Dr. Fernando Roberto Martins.
1. Biogeografia. 2. Ecologia vegetal. 3. *Erythroxylaceae*. I. Título.

Luciana Silva Cordeiro

**Distribuição geográfica e modelagem de nicho ecológico de espécies  
endêmicas de Erythroxylaceae na região Neotropical**

Dissertação submetida à Coordenação do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ecologia e Recursos Naturais.

Aprovada em: 18 / 02 / 2013

**BANCA EXAMINADORA**



---

Profa. Dra. Maria Iracema Bezerra Lolola /UFC (Orientadora)



---

Profa. Dra. Maria Jesus Nogueira Rodal /UFRPE



---

Prof. Dr. Rafael Carvalho da Costa /UFC

## AGRADECIMENTOS

A Deus;

A todos os que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse trabalho:

À Maria Iracema Bezerra Loiola, minha orientadora e amiga, pela dedicação, paciência e confiança nessa parceria que existe há quatro anos e pela oportunidade de continuar os trabalhos realizados em minha monografia;

Aos professores Fernando Roberto Martins e Ingrid Koch, pelos ensinamentos, compreensão e paciência. Ao apoio e conselhos valiosos que me deram para a realização dos trabalhos;

À CAPES pela concessão;

Aos projetos PROCAD e Casadinho pelo apoio financeiro e a oportunidade do mestrado sanduiche de dois meses na UNICAMP;

Aos professores e amigos que tão bem me receberam na UNICAMP durante o período que estive em Campinas;

Às amigas que fiz na UFSCAR (Sorocaba), Alessandra Kortz e Ana Carolina Devides. Obrigada pela grande ajuda nos trabalhos e elaboração dos modelos do primeiro capítulo.

Aos curadores e funcionários dos herbários visitados: Herbário Prisco Bezerra (EAC), Herbário Dárdano de Andrade-Lima (IPA), Herbário Vasconcelos Sobrinho (PEUFR), Herbário Geraldo Mariz (UFPE) pela permissão para a consulta às coleções herborizadas e pela acolhida calorosa;

Aos professores Maria de Jesus Nogueira Rodal (UFRPE) e Rafael Carvalho da Costa (UFC) por aceitarem participar na banca dessa defesa;

À todos os membros do Laboratório de Taxonomia de Angiospermae, pelo acesso as suas instalações, pela constante alegria que é trabalhar no laboratório;

À professora Francisca Soares por permitir a utilização de seu laboratório para elaboração de parte dos trabalhos;

Aos amigos da fitogeografia: Sâmia Paiva, Fabiann Lucena, Camila Domingues, Clemir Candeias, Bruno Menezes, Bruno Cruz, Ellen Dantas e Lílian Flores pelos conselhos e ajuda recebida e pela amizade e carinho;

À Amanda Menezes que me recebeu em sua casa enquanto estive em Recife para a visita aos herbários. O meu sincero obrigada pela ajuda;

Aos amigos do PPGERN pela alegria, força e motivação extra nos momentos difíceis;

À toda a minha família que me apoiou em todos os momentos, principalmente meus pais, Cristófilo e Lúcia, que comigo sofreram e vibraram nestes dois anos de trabalho árduo. Obrigada por entenderem e aceitarem minhas viagens e pelo amor contido em cada telefonema.

Aos meus irmãos, Cristiana e Leonardo, pelo amor e dedicação diários, pelo colo e carinho.

A minha prima-irmã Juliana que tem sido uma grande força e ajuda nesses dois anos.

Aos cunhadinhos Marcos e Géssika pelas risadas nos poucos momentos de descanso nesses dois anos.

Aos meus avós Joaquim e Napoleão *in memoria*, e minhas avós Lúcia e Lourdes, mulheres maravilhosas e guerreiras que são uma grande fonte de inspiração;

Aos amigos Daniel, Cintia, Otávio, Karen, Sayonara, Sandino, Juliana, Danilo, Luciano, biólogos fantásticos que me deram força e me incentivaram nessa jornada através das plantas. Aos meus queridos: Padre Fernando, Luana, Taciana, Yuri, Meirinha, Bruno, Ramirez (Israel) pessoas a quem eu tanto falei sobre as “minhas Erythroxyllaceae”;

Por fim, a todos que por ventura tenha me esquecido de agradecer, mas que torceram e rezaram para essa dissertação dar certo.

"Dois homens olharam através das grades da prisão;  
um viu a lama, o outro as estrelas".  
(Santo Agostinho)

## RESUMO

A grande riqueza de espécies e endemismos na região tropical é influenciada pela quantidade de tipos vegetacionais e condições ambientais favoráveis para a manutenção da diversidade. Para este estudo foi selecionado o gênero *Erythroxylum* que tem no Brasil um dos centros de endemismos mais importantes, totalizando 74 espécies com distribuição restrita ao país. Em *Erythroxylum* são reconhecidas 19 seções, das quais nove estão representadas na flora brasileira. A partir de conhecimentos prévios sobre os padrões de distribuição, áreas de endemismo e informações obtidas sobre as espécies do gênero, as premissas desse trabalho são: (1) espécies taxonomicamente próximas apresentam maior conservantismo filogenético de nicho (2) áreas de endemismo são unidades básicas onde há sobreposição de um grupo complexo de espécies que coocorrem restritos a determinados locais, (3) os filtros ambientais e fatores abióticos atuam como limitadores para a sobrevivência e dispersão de espécies vegetais e ajudam a compreender os limites de distribuição de plantas. A hipótese deste estudo é que a distribuição de espécies próximas taxonomicamente pode ser resultado de uma relação estreita entre variáveis ambientais e solo. O objetivo desse trabalho é investigar quais fatores ambientais poderiam estar influenciando na atual distribuição das espécies de *Erythroxylum* em território brasileiro. Os locais de ocorrência das espécies foram obtidos a partir de informações provenientes do acervo virtual do CRIA e de bancos de dados cedidos por diferentes grupos. Para compreender a distribuição das espécies e seções nas quais essas estão inseridas, e a confirmação dos centros de riqueza, foram gerados modelos utilizando as camadas ambientais disponibilizadas pelo Wordclim e o algoritmo de máxima entropia. Para analisar as preferências das espécies quanto as variáveis climáticas e edáficas num recorte do território brasileiro foram gerados modelos de distribuição espacial. As espécies analisadas tiveram os principais centros de riqueza e endemismo coincidentes em locais próximos a transição entre domínios no território brasileiro. Algumas seções taxonômicas puderam ser delimitadas no espaço, tendo a distribuição associada a domínios fitogeográficos diferentes. Os modelos gerados demonstram maior afinidade do



gênero a locais com forte estacionalidade climática e presença de solos rasos e ácidos.

Palavras-chave: Endemismo, centro de riqueza, modelagem, espécies tropicais, biogeografia, variáveis ambientais.

## ABSTRACT

The high species richness and endemism in the tropical region is influenced by the amount of vegetation types and environmental conditions favorable for the maintenance of diversity. For this study we selected the genus *Erythroxylum*, which in Brazil is one of the most important centers of endemism, totaling 74 species with restricted distribution in the country. *Erythroxylum* are recognized in 19 sections, nine of which are represented in the flora. From previous knowledge about the distribution patterns, areas of endemism and species information obtained about the genre, the premise of this study are: (1) species are more taxonomically close phylogenetic niche conservatism (2) areas of endemism are basic units where there is overlap of a complex group of species that co-occurring restricted to certain locations, (3) environmental filtering and abiotic factors acting as limiters for the survival and dispersal of plant species and help to understand the limits of plant distribution. Our hypothesis is that the distribution of taxonomically close species may be the result of a close relationship between environmental variables and soil. The aim of this study is to investigate which environmental factors could be influencing the current distribution of species of *Erythroxylum* in Brazilian territory. The sites of occurrence of the species were obtained from information from the virtual collection of CRIA and databases yielded by different groups. To understand the distribution of species and sections in which these are inserted, and confirmation of the centers of richness were generated models using environmental layers available by Wordclim and maximum entropy algorithm. To analyse the preferences of the species as climatic variables and soil in a crop of Brazilian territory were generated models of spatial distribution. The species analysed were the main centers of richness and endemism coincide in places near the transition between areas in Brazil. Some taxonomic sections could be delimited in space, and the distribution associated with different phytogeographic domains. The models show higher affinity of the genre to places with strong seasonality and climate presence of shallow soils and acids.

Keywords: Endemism, the center of richness, modelling, tropical species, biogeography, environmental variables.

## LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1		Pág.
Figura 1.	Domínios fitogeográficos brasileiros segundo IBGE (2012) ...	31
Figura 2.	Dados de ocorrência reconhecida para as espécies de <i>Erythroxylum</i> restritas ao Brasil. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para as espécies de <i>Erythroxylum</i> , (b) modelo de distribuição para as espécies usando o programa Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies .....	37
Figura 3.	Distribuição das espécies de <i>Erythroxylum</i> para os domínios Amazônia e Mata Atlântica no território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para <i>Erythroxylum</i> na Amazônia, (b) modelo de distribuição para o domínio usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para <i>Erythroxylum</i> na Mata Atlântica, (d) modelo de distribuição para o domínio usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies .....	38
Figura 4.	Distribuição das espécies de <i>Erythroxylum</i> para os domínios Cerrado e Caatinga no território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para <i>Erythroxylum</i> no Cerrado, (b) modelo de distribuição para o domínio usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para <i>Erythroxylum</i> na Caatinga, (d) modelo de distribuição para o domínio usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies .....	39
Figura 5.	Distribuição das espécies <i>Erythroxylum squamatum</i> e <i>E. martii</i> em território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para <i>E. squamatum</i> , (b) modelo de distribuição para <i>E. squamatum</i> usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para <i>E. martii</i> , (d) modelo de distribuição para <i>E. martii</i> usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies .....	40
Figura 6.	Distribuição das espécies <i>Erythroxylum subrotundum</i> e <i>E. flaccidum</i> em território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para <i>E. subrotundum</i> , (b) modelo de distribuição para <i>E. subrotundum</i> usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para <i>E. flaccidum</i> , (d) modelo de distribuição para <i>E. flaccidum</i> usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies .....	41
Figura 7.	Distribuição das espécies <i>Erythroxylum suberosum</i> var. <i>denudatum</i> e <i>E. rimosum</i> em território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para <i>E. suberosum</i> var. <i>denudatum</i> , (b) modelo de distribuição para <i>E. suberosum</i> var. <i>denudatum</i> usando Maxent, (c) pontos de ocorrência	

- georreferenciados para *E. rimosum*, (d) modelo de distribuição para *E. rimosum* usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies ..... 42
- Figura 8. Distribuição das espécies *Erythroxylum ambiguum* e *E. gonocladum* em território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. ambiguum*, (b) modelo de distribuição para *E. ambiguum* usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. gonocladum*, (d) modelo de distribuição para *E. gonocladum* usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies ..... 43
- Figura 9. Distribuição das espécies *Erythroxylum pungens* e *E. cuspidifolium* em território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. pungens*, (b) modelo de distribuição para *E. pungens* usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. cuspidifolium*, (d) modelo de distribuição para *E. cuspidifolium* usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies ..... 44
- Figura 10. Distribuição das espécies *Erythroxylum mikanii* e *E. caatingae* em território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. mikanii*, (b) modelo de distribuição para *E. mikanii* usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. caatingae*, (d) modelo de distribuição para *E. caatingae* usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies ..... 45
- Figura 11. Distribuição das espécies *Erythroxylum stipulosum* e *E. cuspidifolium* em território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. stipulosum*, (b) modelo de distribuição para *E. stipulosum* usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados *E. cuspidifolium*, (d) modelo de distribuição para *E. cuspidifolium* usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies ..... 46
- Figura 12. Centros de Riqueza das espécies de *Erythroxylum* restritas ao Brasil por quadrícula (cada quadrícula representa uma célula de 1° x 1° do território brasileiro). Regiões mais escuras indicam maior quantidade de espécies ..... 47
- Figura 13. Distribuição das seções taxonômicas de *Erythroxylum* segundo Schulz (1907) para o território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *Erythroxylum* sect. *Oxystigma*, (b) modelo de distribuição para a seção usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para *Erythroxylum* sect. *Rhabdophyllum*, (d) modelo de distribuição para a seção usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies ..... 48
- Figura 14. Distribuição das seções taxonômicas de *Erythroxylum*

	segundo Schulz (1907) para o território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para <i>Erythroxylum</i> sect. <i>Pogonophorum</i> , (b) modelo de distribuição para a seção usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para <i>Erythroxylum</i> sect. <i>Megalophyllum</i> , (d) modelo de distribuição para a seção usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies .....	49
Figura 15.	Distribuição das seções taxonômicas de <i>Erythroxylum</i> segundo Schulz (1907) para o território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para <i>Erythroxylum</i> sect. <i>Mastigophorum</i> , (b) modelo de distribuição para a seção usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para <i>Erythroxylum</i> sect. <i>Macrocalyx</i> , (d) modelo de distribuição para a seção usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies .....	50
Figura 16.	Distribuição das seções taxonômicas de <i>Erythroxylum</i> segundo Schulz (1907) para o território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para <i>Erythroxylum</i> sect. <i>Microphyllum</i> , (b) modelo de distribuição para a seção usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para <i>Erythroxylum</i> sect. <i>Leptogramme</i> , (d) modelo de distribuição para a seção usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies .....	51

## CAPÍTULO 2

Figura 1.	Índices de Riqueza Corrigida (CR) dos representantes de <i>Erythroxylum</i> na área amostral por quadrícula (cada quadrícula representa uma célula de 1° x 1° do território brasileiro) .....	86
Figura 2.	Índices de Endemismo Corrigido (RCE) dos representantes de <i>Erythroxylum</i> na área amostral por quadrícula (cada quadrícula representa uma célula de 1° x 1° do território brasileiro) .....	87
Figura 3.	O cladograma mais parcimonioso (comprimento de árvore = 1001, índice de consistência = 9, índice de retenção = 11) obtido pela análise de parcimônia de endemismo, baseado na distribuição de 60 espécies em 191 quadrículas na área amostral (I- Bahia, cidades de São Desidério e Correntina; II- Minas Gerais, cidades de Couto de Magalhães e Lagoa Santa; III- Minas Gerais, cidade de Cel. Murta; IV- Rio de Janeiro, cidades de Magé e Rio de Janeiro; V- Paraíba, cidades de Mamanguape e Santa Rita; VI- entre os estados da Bahia (Ruy Barbosa) e Pernambuco (Recife); VII- entre os estados da Bahia (Feira de Santana) e Pernambuco (Alagoinha); VIII- entre os estados do Ceará (Aiuaba) e Piauí (Cel. José Dias); IX- entre os estados de Pernambuco	.

	(Tamandaré) e Alagoas (Cajueiro); X- Bahia nas cidades de Guaratinga, Itacaré, Ituberá e Cancan) .....	88
Figura 4.	Eixos 1 e 2 da CCA. (a) para Riqueza Corrigida (CR), eixo 1 explica 29.1 e eixo 2 explica 0.5 ( $p = 0.0010$ ); (b) para Endemismo Corrigido (RCE), eixo 1 explica 13.6 e o eixo 2 explica 0.3. ( $p = 0.0010$ ) .....	89
Figura 4.	Correlograma baseado no coeficiente espacial de autocorrelação I de Moran para Riqueza Corrigida (CR) e Endemismo Corrigido (RCE) ( $\alpha = 5\%$ ) .....	90

## LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1		Pág.
Tabela 1.	Espécies de <i>Erythroxylum</i> com distribuição restrita ao Brasil, com as respectivas seções, domínios fitogeográficos (MAT= Mata Atlântica; CAA= caatinga; CER= Cerrado; AMA= Amazônia) e distribuição por região/estado. * Não foram obtidas informações sobre o local de coleta para a espécie ...	63
CAPÍTULO 2		
Tabela 1.	Partição da variância para o modelo gerado para o Índice de Riqueza Corrigida .....	90

## LISTA DE ANEXO

CAPÍTULO 1		Pág.
Anexo 1.	Normas para publicação da revista Diversity and Distribution	70
CAPÍTULO 2		
Anexo 1.	Índices de riqueza e endemismo corrigidos para o Brasil (sem o Norte) para as espécies de <i>Erythroxylum</i> num total de 191 células de grade de 1 ° de latitude-longitude. Estados: AL-Alagoas, BA-Bahia, CE-Ceará, DF-Distrito Federal, ES-Espírito Santo, GO-Goiás, MA-Maranhão, MG-Minas Gerais, MS-Mata Grosso do Sul, MT-Mato Grosso, PB-Paraíba, PE-Pernambuco, PI-Piauí, PR-Paraná, RJ-Rio de Janeiro, RN-Rio Grande do Norte, RS-Rio Grande do Sul, SC-Santa Catarina, SE-Sergipe, TO-Tocantins; N: número de espécies registradas por grid, CR: corrigido riqueza, RCE: faixa-corrigida endemismo .....	102
Anexo 2.	Normas para publicação da revista Ecology .....	107

## SUMÁRIO

### INTRODUÇÃO GERAL

Introdução .....	15
Referências .....	20

### CAPITULO 1. PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES NEOTROPICAIS: UMA ANÁLISE DOS REPRESENTANTES DE ERYTHROXYLUM P. BROWNE (ERYTHROXYLACEAE)

Introdução .....	29
Métodos .....	31
Resultados .....	35
Discussão .....	52
Conclusões .....	55
Agradecimentos .....	55
Referências .....	57

### CAPITULO 2. MODELAGEM DE NICHOS DE ESPÉCIES DE ERYTHROXYLUM ENDÊMICAS DO BRASIL, A PARTIR DE PREDITORES AMBIENTAIS

Introdução .....	80
Material e métodos .....	82
Resultados .....	87
Discussão .....	92
Conclusões .....	95
Referências .....	95

CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	111
----------------------------	-----

### INTRODUÇÃO GERAL

Muitas são as teorias que se propõem explicar a riqueza de espécies e suas implicações no desenvolvimento das comunidades (Wiens; Donoghue, 2004; Mittelbach et al., 2007; Fei et al., 2012; Kuhlman et al., 2012). Da mesma forma, os fatores que influenciam a distribuição variam desde escalas locais até globais (Ackerly, 2003; Ricklefs, 2004). Contudo, padrões observados em uma escala mais ampla podem ser causados por mecanismos que operam em escalas menores (Levin, 1992).

No contexto do determinismo ambiental (Tuomisto et al., 2003; Tuomisto et al., 2012), todas as espécies apresentam padrões de distribuição agregados quando analisados em escalas maiores, devido à heterogeneidade espacial de condições ambientais favoráveis (Lieberman et al., 1995). Sendo assim, os limites de distribuição de uma espécie não são aleatórios (Morrone, 1994; Hausdorf, 2002).

O entendimento dos fatores ligados à origem, manutenção e o comportamento futuro das populações têm importância estratégica, tanto do ponto de vista da biogeografia histórica como da necessidade urgente de aplicações conservacionistas para os problemas atuais gerados pela ação antrópica (Ricklefs; Schluter, 1993; Chapin et al., 2000).

Condições e recursos são duas propriedades bastante distintas dos ambientes que determinam onde os organismos podem viver (Townsend et al., 2010). Condições são estímulos importantes para o crescimento e desenvolvimento e, preparam os indivíduos para as situações adversas futuras; já os recursos são fatores bióticos e abióticos que um indivíduo necessita durante toda a sua história de vida (Tilman, 1990, 2004).

Diversos estudos indicam que a distribuição de espécies resulta de interações ecológicas e fatores evolutivos, incluindo restrições abióticas, competição interespecífica, limitações de dispersão e adaptações locais (Kirkpatrick; Barton, 1997; Case; Taper, 2000; Cicero, 2004; Case; Holt; McPeck, 2005).

Comumente, os fatores ambientais são mais facilmente manipuláveis para a observação desses padrões de distribuição (Gentry, 1998; Elith et al., 2006). Estudos recentes dispõem de muitas formas de mensurar as necessidades ambientais das espécies que constituem um determinado



ecossistema (Prance, 2000; Magurran; Henderson, 2003; Diniz-Filho; Bini, 2005; Keith et al., 2008).

Os dois padrões fitogeográficos mais conhecidos para os tipos vegetacionais tropicais são a distribuição da diversidade e os endemismos (Gentry, 1992; Pennington; Lavin; Oliveira-Filho, 2009).

A relação entre a disponibilidade de nutrientes e riqueza de espécies é controverso. Florestas com solo rico pode apresentar maior riqueza, supostamente ligada à alta produtividade e/ou efeitos estocásticos associados com alta rotatividade (Gentry 1988). No entanto, há opiniões divergentes que sustentam que os solos de baixa fertilidade geralmente têm maior riqueza de espécies ou que os solos de fertilidade intermediários têm tipos vegetacionais mais diversos (Huston 1979, 1980; Ashton et al., 2010). No geral, é provável que a fertilidade do solo tenha um efeito relativamente menor na determinação direta da riqueza (Clinebell et al., 1995.).

De acordo com Gentry (1992), o endemismo é apenas parcialmente correlacionado com a diversidade, e está concentrado geralmente em manchas isoladas, em regiões e áreas montanhosas ou em ilhas.

Esses ambientes propiciam processos de especiação mais intensos devido ao isolamento e as barreiras geográficas (Cracraft, 1991). Nesses, destacam-se a especiação por vicariância, onde os limites de distribuição de espécies originadas em uma mesma área de endemismo devam ser em média mais congruentes entre si, do que aqueles de espécies originadas em outras áreas de endemismo (Hausdorf, 2002).

Desta forma, áreas onde esses endemismos ocorrem não são, necessariamente, locais onde ocorrem total simpatria dos táxons, mas sim uma sobreposição de áreas e uma maior semelhança entre os táxons restritos a essas áreas (Harold; Mooi, 1994). Segundo Hausdorf (2002), os limites de duas espécies ocupando uma porção próxima a uma barreira geográfica não precisam ser totalmente coincidentes, especialmente quando estas espécies diferem ecologicamente e estão restritas a diferentes porções de uma mesma área endêmica.

Muitas vezes, a determinação da distribuição completa de uma espécie é difícil devido a inúmeros fatores que acabam por gerar uma amostragem mal

distribuída (Schimdt, 2008). Em geral, concentrada nas proximidades de centros urbanos ou áreas de proteção ambiental conhecida (Schimdt, 2008).

Uma alternativa para corrigir esse problema em estudos de distribuição o uso dos diversos tipos de modelagem tais como a distribuição potencial baseada em Sistemas de Informação Geográficos (SIG) e a distribuição espacial baseada em critérios de informação Akaike - CIA (Borcard e Legendre, 2002; Hijmans et al., 2005; Arif; Adams; Wicknick, 2007; Schimdt, 2008; Diniz-Filho et al., 2008). Para a utilização dessas ferramentas é necessários que as espécies analisadas sejam bem coletadas e estejam distribuídas por toda a extensão a ser analisada.

Uma das famílias bem representadas na flora brasileira é Erythroxylaceae Kunth que compreende quatro gêneros e cerca de 250 espécies. *Aneulophus* Benth. (duas spp.), *Nectaropetalum* Engler (seis spp.) e *Pinacopodium* Exell & Mendonça (duas spp.) têm distribuição restrita na África Tropical e do Sul e *Erythroxylum* P. Browne (240 spp.) tem registro nas Américas, Ásia, África e Austrália (Mabberley, 1990).

Nas Américas, esta família está representada apenas por *Erythroxylum* e ocorrem aproximadamente 187 espécies na região Neotropical (Plowman; Hensold, 2004). O Brasil e a Venezuela são citados como os principais centros de diversidade e endemismo do gênero (Plowman; Berry, 1999).

Para o Brasil, foram registrados 120 táxons, incluindo seis variedades (Loiola, 2012) e estes ocorrem em diversos ambientes secos e úmidos. Já no Nordeste brasileiro, este gênero está representado por 66 espécies (Loiola; Gomes, 2009).

Algumas espécies apresentam importância farmacológica e na medicina popular por produzirem alcalóides, flavonóides e dipertenos (Ansell; Pegel; Taylor, 1993). A mais conhecida é *Erythroxylum coca* Lam., denominada popularmente de “coca” (Machado, 1972). No Brasil, as espécies *E. amplifolium* (Mart.) O. E. Schulz e *E. vaccinifolium* Mart. são conhecidas como “catuaba” (Cordeiro, 2010) e são usadas como estimulantes do sistema nervoso central (Fonseca, 1922).

*Erythroxylum* é formado, por subarbustos, arbustos e árvores de pequeno a médio porte (3-10 m de altura), com catafilos geralmente semelhantes às estípulas e folhas sempre alternas e inteiras, com estípulas

intrapeciolares, estriado-nervadas ou não, frequentemente 2 a 3-setulosas no ápice. As inflorescências podem variar de uma a várias flores. As flores são em geral menores que 1 cm, actinomorfas, diclamídeas, pentâmeras, hermafroditas e heterostílicas. Os estames são em número de 10, com os filetes concrecidos na base formando um pequeno tubo, o urcéolo estaminal. O ovário é súpero, tricarpelar, com três lóculos, dos quais dois são vazios e o terceiro aloja um único óvulo. O fruto é uma drupa (Loiola, 2004).

A classificação infragenérica utilizada atualmente para o gênero foi elaborada por Schulz (1907) que reconheceu 19 seções, das quais nove tem representantes na flora brasileira. No entanto, esta se encontra desatualizada devido à descrição de novas espécies e também do registro de táxons em novas áreas.

O estudo filogenético mais abrangente para o gênero é o de Emche et al. (2011) que analisou 36 táxons distribuídos pela Austrália, África, América Central e do Sul. Segundo os autores existem diferenças genéticas significativas entre as espécies do gênero e estes sugeriram a necessidade de uma revisão da classificação infragenérica elaborada por Schulz (1907). Os demais estudos sobre as espécies desse gênero têm caráter exploratório, com enfoque principalmente na busca de marcadores moleculares (Jonhson; Zang; Emche, 2005; Merwe; Christina; Rossetto, 2009; Torre et al., 2012; Docimo et al., 2013)

Com base no apresentado, podemos formular a hipótese de que a distribuição de espécies que apresentam proximidade taxonômica ou distribuição semelhante se encontram sob influência das mesmas variáveis ambientais e de solo, o que permiti a inferência de um padrão para esse tipo de distribuição.

Com o intuito de fornecer dados que auxiliem no entendimento da distribuição das espécies de *Erythroxylum* no Brasil, o presente trabalho foi dividido em dois capítulos. O primeiro, intitulado “Padrões de distribuição de espécies neotropicais: uma análise dos representantes de *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae)” tem como objetivo estabelecer os padrões de distribuição dos representantes de *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae) com distribuição restrita ao Brasil, associando-os aos domínios fitogeográficos e as seções infragenéricas propostas por Schulz em 1907. Esse artigo será

submetido à Revista “Diversity and Distribution”, que tem fator de impacto 4.83. Para esse capítulo foi feita uma análise geral sobre a distribuição das espécies do gênero e as seções nas quais esses estão inseridos, a partir de modelagem de distribuição potencial.

O segundo, intitulado “Modelagem de nicho de espécies de *Erythroxylum* endêmicas do Brasil, a partir de preditores ambientais” objetivou investigar quais filtros abióticos são os responsáveis pela atual distribuição de *Erythroxylum*, a partir dos registros de ocorrências das espécies, levando em consideração áreas de endemismo e riqueza do gênero. Esse artigo será enviado à Revista “Ecography”, que tem fator de impacto 4.188. Nesse capítulo analisaram-se as preferências das espécies do gênero quanto as variáveis climáticas e edáficas em território brasileiro, usando como ferramenta de estudo modelos de distribuição espacial.

## REFERÊNCIAS

ACKERLY, D.D. 2003. Community assembly, niche conservatism, and adaptive evolution in changing environments. *International Journal of Plant Science*, 164: 165–184.

ANSELL, S.M.; PEGEL, K.H.; TAYLOR, D.A.H. 1993. Diterpenes from the timber of 20 *Erythroxylum* species. *Phytochemistry*, 32(4): 953–959.

ARIF, S.; ADAMS, D.C.; WICKNICK, J.A. 2007. Bioclimatic modelling, morphology, and behavior reveal alternative mechanisms regulating the distributions of two parapatric salamander species. *Evolutionary Ecology Research*, 9: 843–854.

ASHTON, I.W.; MILLER, A.E.; BOWMAN, W.D.; SUDING, K.N. 2010. Niche complementarity due to plasticity in resource use: plant partitioning of chemical N forms. *Ecology*, 91(11): 3252–3260.

BORCARD, D.; LEGENDRE, P. 2002. All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices. *Ecological Modelling*, 153: 51–68.

CASE, T.J.; TAPER, M.L. 2000. Interspecific competition, environmental gradients, gene flow, and the coevolution of species' borders. *American Naturalist*, 155: 583–605.

CASE, T.J.; HOLT, R.D.; McPEEK, M.A. 2005. The community context of species' borders: ecological and evolutionary perspectives. *Oikos*, 108: 28–46.

CHAPIN, F.Z.I.; ZAVALETA, E.S.; EVINER, V.T.; NAYLOR, R.S.; VITOUSEK, P.M.; REYNOLDS, H.L.; HOBBLE, D.U.; MACK, M.C.; DÍAZ, S. 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature*, 405: 234–242.

CICERO, C. 2004. Barriers to sympatry between avian sibling species (Paridae: Baelophus) in local secondary contact. *Evolution*, 58: 1573–1587.

CLINEBELL, R.R.; OLIVER, O.L.P; GENTRY, A.H.; STARK, N.; ZUURING, H. 1995. Prediction of neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data. *Biodiversity and Conseration*, 4: 56–90.

CORDEIRO, L. S. Flora do Ceará: Erythroxylaceae Kunth. 2010. Monografia de Graduação, Universidade Federal do Ceará, Curso de Ciências Biológicas, Fortaleza. p. 67.

CRACRAFT, J. 1991. Patterns of diversification within continental biotas: hierarchical congruence among the areas of endemism of australian vertebrates. *Austral Systematic Botany*, 4: 211–247.

DINIZ-FILHO, J.A.F.; BINI, L.M. 2005. Modelling geographical patterns in species richness using eigenvector-based spatial filters. *Global Ecology and Biogeography*, 14: 177–185.

DINIZ-FILHO, J.A.F.; RANGEL, T.F.L.V.B.; BINI, L.M. 2008. Model selection and information theory in geographical ecology. *Global Ecology and Biogeography*, 17: 479–488.

Docimo, T.; Schmidt, G.W.; Luck, K.; Delaney, S.K.; D'Auria, J.C. 2013. Selection and validation of reference genes for quantitative gene expression studies in *Erythroxylum coca*. *F1000 Research*, 2(1): 37-48.

ELITH, J.; GRAHAM, C.H.; ANDERSON, R.P.; DUDI'K, M.; FERRIER, S.; GUIBAN, A.; HIJMANS, R.J.; HUETTMANN, F.; LEATHWICK, J.R.; LEHMANN, A.; LI, J.; LOHMANN, L.G.; LOISELLE, B.A.; MANION, G.; MORITZ, C.; NAKAMURA, M.; NAKAZAWA, Y.; OVERTON, J.MC.C.; PETERSON, A.T.; PHILLIPS, S.J.; RICHARDSON, K.S.; SCACHETTI-PEREIRA, R.; SCHAPIRE, R.E.; SOBERON, J.; WILLIAMS, S.; WISZ, M.S.; ZIMMERMANN, N.E. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29: 129–151.

EMCHE, S.D.; ZHANG, D.; MELISSA B. I.; BAILEY, B.A.; MEINHARDT, L.W. 2011. AFLP Phylogeny of 36 *Erythroxylum* species: genetic relationships among *Erythroxylum* species inferred by AFLP analysis. *Tropical Plant Biology*, 4: 126–133.

FEI, S.; LIANG L.; PAILLET, F.L.; STEINER, K.C.; FANG, J.; SHEN, Z.; WANG, Z.; HERBARD, F.V. 2012. Modelling chestnut biogeography for American chestnut restoration. *Diversity and Distributions*, 18: 754–768.

FONSECA, E.T.da. 1922. Indicador de madeiras e plantas úteis no Brasil. Rio de Janeiro. Gráfica Villa-Boas. p. 106.

GENTRY, A.H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75: 1–34.

GENTRY, A.H. 1992. Tropical forest biodiversity: distributional patterns and their conservational significance. *Oikos*, 63: 19–28.

GENTRY, A.H. 1998. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 75: 1–34.

GIACOMINI, H.C. 2007. Os mecanismos da coexistência de espécies como vistos pela teoria ecológica. *Oecol Brasiliensis*, 11(4): 521–543.

HAROLD, A.S; MOOI, R.D. 1994. Area of endemism: definition and recognition criteria. *Systematic biology*, 43(2): 261–266.

HAUSDORF, B.; HENNIG, C. 2003. Biotic element analysis in biogeography. *Systematic biology*, 52(5): 717–23.

HIJMANS, R.J.; CAMERON, S.E.; PARRA, J.L.; JONES P.G. & JARVIS, A. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, 25: 1965–1978.

HUSTON, M. 1979. The general hypothesis of species diversity. *American Naturalist*, 113: 81–101.

HUSTON, M. 1980. Soil nutrients and tree species richness in Costa Rican forests. *Journal of Biogeography*, 7: 147–157.

JONHSON, E.L.; ZHANG, D.; EMCHE, S.D. 2005. Inter- and Intra- specific variation among five species of *Erythroxylum* taxa assessed by AFLP. *Annals of Botany*, 95(4): 601–608.

KEITH, D.A.; RESIT, H.; AKAYA, A.K.C.; THUILLER, W.; MIDGLEY, G.F.; PEARSON, R.G.; PHILLIPS, S.J.; REGAN, H.M.; ARAÚJO, M.B.; REBELO, T.G. 2008. Predicting extinction risks under climate change: coupling stochastic population models with dynamic bioclimatic habitat models. *Biological Letters*, 4: 560–563.

KIRKPATRICK, M.; BARTON, N.H. 1997. Evolution of a species' range. *American Naturalist*, 150: 1–23.

KUHLMANN, M.; GUO, D.; VELDTMAN, R.; DONALDSON, J. 2012. Consequences of warming up a hotspot: species range shifts within a center of bee diversity. *Diversity and Distributions*, 18: 885–897.

LANDE, R. 1982. A quantitative genetic theory of life history evolution. *Ecology*, 63(3): 607–615.

LEVIN, S.A. 1992. The Problem of Pattern and Scale in Ecology: The Robert H. MacArthur Award Lecture. *Ecology*, 73(6): 1943–1967.



LIEBERMAN, M.; LIEBERMAN, D.; PERALTA, R.; HATSHORM, G.S. 1995. Canopy closure and the distribution of tropical forest tree species at La Selva, Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology*, 11(2): 161–177.

LOIOLA, M.I.B. 2004. Flora de Grão Mogol, Minas Gerais: Erythroxylaceae. *Boletim de Botânica da Universidade de São Paulo*, 22: 101–108.

LOIOLA, M.I.B. 2012. Erythroxylaceae. *In*: Forzza *et al.* Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2012. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB000111>. Acesso em: 25 jan. 2013.

LOIOLA, M.I.B.; GOMES, J.M. de O. 2009. Flora de Mirandiba: Erythroxylaceae. *In*: M. Alves; M.F. Araújo; J.R. Maciel; S. Martins (Org.). Flora de Mirandiba. 1 ed. Recife: Associação Plantas do Nordeste. pp. 146–148.

MABBERLEY, D.J. 1990. The Plant-Book: A portable dictionary of the higher plants. Cambridge: University Press. p. 214.

MACHADO, E. 1972. El genero *Erythroxylon* en el Peru. *Raymondiana* 5: 101.

MAGURRAN, A.M.; HENDERSON, P.A. 2003. Explaining the excess of rare species in natural species abundance distribution. *Nature*, 422: 714-716.

MERWE, M. van der; CHRISTINA, J.; ROSSETTO, M. 2009. Microsatellite loci for a new Australian endemic plant species *Erythroxylum* sp. 'Cholmondely Creek' (J.R.Clarkson 9367) (Erythroxylaceae). *Conservation Genet Resource*, 1: 329–331.

MITTELBACH, G.G.; SCHEMSKE, D.W.; CORNELL, H.V.; ALLEN, A.P.; BROWN, J.M.; BUSH, M.B.; HARRISON, S.P.; HURLBERT, A.H.; KNOWLTON, N.; LESSIOS, H.A.; MCCAIN, C.M.; MCCUNE, A.R.; MCDADE, L.A.; MACPEEK, M.A.; NEAR, T.J.; PRICE, T.D.; RICKLEFS, R.E.; ROY, K.;

SAX, D.F.; SCHLUTER, D.; SOBEL, J.M.; TURELLI, M. 2007. Evolution and the altitudinal diversity gradient. *Ecology Letters*, 10: 315–331.

MORRONE, J.J. 1994. On the identification of Areas of Endemism. *Systematic Biology*, 43(3): 438–441.

PENNINGTON, R.T.; LAVIN, M.; OLIVEIRA-FILHO, A. 2009. Woody Plant Diversity, Evolution, and Ecology in the Tropics: Perspectives from Seasonally Dry Tropical Forests. *Annual Review Ecology and Evolution Systematic*, 40: 437–457.

PLOWMAN, T.C.; BERRY, P.E. 1999. Erythroxylaceae. In: J. Steyermark; P. Berry; B. Holst; K. Yatskievych (org.). *Flora of the Venezuelan Guayana*. Missouri Botanical Garden Press. St. Louis, 5: 59–71.

PLOWMAN, T.; HENSOLD, N. 2004. Names, types and distribution of neotropical species of *Erythroxylum* (Erythroxylaceae). *Brittonia*, 56(1): 1–53.

PRANCE, G.T. 2000. The failure of biogeographers to convey the conservation message. *Journal of Biogeography*, 27: 51–57.

SCHULZ, O.E. 1907. Erythroxylaceae. In: A. Engler. *Das Pflanzenreich*, 4(134): 1–164.

RICKLEFS, R.E. 1987. Community diversity: relative role of local and regional process. *Science*, 235: 167–171.

RICKLEFS, R.E. 2004. A comprehensive framework for global patterns in biodiversity. *Ecological Letters*, 7: 1–15.

TILMAN, D. 1990. Constraints and trade-offs; toward predictive theory of competition and succession. *Oikos*, 58: 3–15.

TILMAN, D. 2004. Niche tradeoffs, neutrality, and community structure: a stochastic theory of resource competition, invasion, and community assembly. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 101: 10854–10861.

TORRE, J.C.P.; SCHMIDT, G.W.; PAETZ, C.; REICHELT, M.; SCHNEIDER, B.; GERSHENZON, J.; D'AURIA, J.C. 2012. The biosynthesis of hydroxycinnamoyl quinate esters and their role in the storage of cocaine in *Erythroxylum coca*. *Phytochemistry*, Article in press.

TUOMISTO, H.; POULSEN, A. 1996. Influence of edaphic specialization on the distribution of pteridophytes in neotropical forests. *Journal of Biogeography*, 23: 283–293.

TUOMISTO, H.; RUOKOLAINEN, K.; YLI-HALLA, M. 2003. Dispersal, environment and floristic variation of western amazonian forest. *Science*, 299: 241–244.

TUOMISTO, H.; RUOKOLAINEN, L.; RUOKOLAINEN, K. 2012. Modelling niche and neutral dynamics: on the ecological interpretation of variation partitioning results. *Ecography*, 35: 961–971.

WIENS, J.J.; DONOGHUE, M.J. 2004. Historical biogeography, ecology and species richness. *Trends in Ecology and Evolution*, 19(12): 639 – 644.

**CAPÍTULO 1. PADRÕES DE DISTRIBUIÇÃO DE ESPÉCIES NEOTROPICAIS: UMA ANÁLISE DOS REPRESENTANTES DE *ERYTHROXYLUM* P. BROWNE (ERYTHROXYLACEAE)**

Luciana Silva Cordeiro<sup>1,5</sup>, Ingrid Koch<sup>2</sup>, Fernando Roberto Martins<sup>3</sup> & Maria Iracema Bezerra Loiola<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Mestranda do Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, 60455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil, <sup>2</sup>Departamento de Biologia, Universidade Federal de São Carlos, Campus Sorocaba, 13081-970, Sorocaba, SP, Brasil, <sup>3</sup>Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 13081-970 Campinas, SP, Brasil, <sup>4</sup>Departamento de Biologia, Bloco 906, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, 60455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil, <sup>5</sup>Autor para correspondência: [ls.cordeiro@yahoo.com.br](mailto:ls.cordeiro@yahoo.com.br)

## Resumo

**Objetivo:** Nos últimos anos, têm-se desenvolvido diversos modelos de distribuição para florestas tropicais. Os modelos buscam explicar a diversidade desses ecossistemas e os padrões de distribuição e endemismo da biota. Esse estudo tem por objetivo analisar a distribuição e a manutenção de espécies neotropicais do gênero *Erythroxylum* nos domínios fitogeográficos ocorrentes no Brasil e como estão distribuídas as seções taxonômicas descritas por Schulz (1907).

**Local:** Brasil, com ênfase em quatro domínios fitogeográficos (Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado).

**Método:** Elaboração de modelos de distribuição, utilizando o algoritmo de máxima entropia (MAXENT) e observação dos centros de riqueza a partir do número de espécies observadas por quadrícula.

**Resultado:** Foram elaborados 31 modelos de distribuição para as espécies analisadas. Os principais centros de riqueza foram encontrados na região Nordeste do país. O maior número de espécies foi registrado nos domínios Mata Atlântica e Caatinga, com 30 e oito espécies, respectivamente. Dentre as seções taxonômicas analisadas (*Archerythroxylum*, *Rhabdophyllum*, *Microphyllum*, *Oxystigma*, *Megalophyllum*, *Leptogramme*, *Mastigophorum*, *Pogonophorum* e *Macrocalyx*), *Erythroxylum* sect. *Rhabdophyllum* O.E.Schulz apresentou distribuição mais ampla dentro dos quatro domínios fitogeográficos considerados (32 espécies) e *Erythroxylum* sect. *Oxystigma* teve distribuição mais restrita ocorrendo apenas na Mata Atlântica (1 espécie).

**Principais Conclusões:** As espécies de *Erythroxylum* estão bem distribuídas tanto em formações vegetacionais úmidas quanto secas, nos quatro domínios estudados (Amazônia, Mata Atlântica, Caatinga e Cerrado). As seções taxonômicas apresentaram diferentes comportamentos e aquelas que apresentaram distribuição mais restrita encontram-se representadas em apenas um domínio. Estudos filogenéticos são necessários para melhor explicar a distribuição do gênero em tipos vegetacionais diversos.

**Palavras-chave:** centros de riqueza, modelagem, domínio fitogeográfico.

## INTRODUÇÃO

A biogeografia é a ciência responsável pela descrição de padrões de distribuição, caracterização de riqueza e endemismos, comparação da composição biológica nas diferentes áreas, e identificação de bases genéticas e evolutivas para a manutenção da diversidade (Prance, 2000).

Entende-se por biodiversidade as variabilidades: genética das espécies, de habitat e de processos funcionais que a compõem (Nichols *et al.*, 1998). Dentro do conceito de diversidade, algumas variáveis podem ser mensuradas de forma a garantir a análise de seus componentes. Uma dessas variáveis é a riqueza de espécies, ou seja, o número de espécies em um espaço e tempo definidos (Whittaker, 1975; Huston & Deangelis, 1994; Magurran & Henderson, 2003).

O cálculo para a riqueza de espécies é feito de forma indireta, a partir de uma estimativa das espécies que ocorrem numa determinada área. Tal estimativa é o ponto de partida na análise de padrões que englobam escalas diferentes (desde local até continental) e que podem ser influenciados por filtros distintos (Sousa, 1984; Schemske *et al.*, 1994), dentre os quais fatores abióticos como temperatura, umidade, salinidade e pH, que são também denominados filtros ambientais e fatores bióticos, como competição intra e inter-específica, predação, entre outros (Macarthur & Levins, 1967).

De acordo com Hutchinson (1957), a distribuição de cada espécie está limitada por certo número de fatores ambientais. Assim, as espécies ocupam nichos específicos, uma vez que cada espécie difere das outras em relação à combinação de condições ambientais exigidas para sua sobrevivência e reprodução e, conseqüentemente, para o crescimento de suas populações. Outros autores defendem que a coexistência de espécies e distribuição geográfica resulta de processos estocásticos e que a composição de uma assembleia ou comunidade é determinada pela co-ocorrência de indivíduos funcionalmente equivalentes, ou seja, todas as espécies possuem a mesma capacidade de utilizar os recursos (Hubbell, 2001; McGill, 2003).

Muitas são as ferramentas utilizadas para a análise e observação do comportamento ecológico de populações vegetais. Uma dessas formas é a modelagem de distribuição potencial ou de nicho ambiental, que utiliza dados de ocorrência associados a dados ambientais para gerar modelos correlatos das condições ambientais requeridas pelas espécies e prever a adequação relativa ao habitat (Warren & Seifert, 2011).

A grande diversidade de tipos vegetacionais em regiões intertropicais favorece uma maior fragmentação de nichos e evita sobreposição, o que implica em um aumento da diversidade de espécies nas assembleias vegetais (Mittelbach *et al.*, 2007). Dessa forma, um aumento da diversidade gera, dentre outras características, um aumento na estabilidade e sua manutenção torna-se mais efetiva (Mittelbach *et al.*, 2007). Devido à grande extensão territorial, é possível observar, no Brasil, tipos vegetacionais distintos associados a ambientes úmidos e secos.

Essas análises somente podem ser realizadas com um grupo taxonômico bem representado em toda a extensão da área de estudo e com distribuição bem conhecida. Sendo assim, para esse estudo foi escolhido os representantes do gênero *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae).

Esse gênero é exclusivamente tropical e compreende 230-240 espécies, das quais 187 têm distribuição exclusiva na região Neotropical (Plowman & Berry, 1999; Plowman & Hensold, 2004). O Brasil e a Venezuela são apontados como os principais centros de diversidade e endemismo (Plowman & Berry, 1999). De acordo com Loiola (2012), em território brasileiro foram registrados 120 táxons (114 espécies e seis variedades). Desse total, 74 (64,91%) possuem distribuição restrita ao Brasil.

O estudo mais completo e de maior relevância para o entendimento do conceito atual do gênero foi a revisão elaborada por Schulz (1907). Considerando principalmente a presença ou ausência de estrias nas estípulas, tamanho dos lobos do cálice e união dos estiletos reconheceu 19 seções para o gênero, das quais dez incluíam espécies paleotropicais e nove abrangiam espécies exclusivamente neotropicais. Ressalta-se que no Brasil ocorrem representantes dessas nove seções e que, a circunscrição das seções propostas por esse autor é ainda hoje usada pelos estudiosos do gênero.

Embora seja um grupo taxonômico bem representado na nossa flora, considerando que aproximadamente 50% das espécies desse gênero ocorrem no Brasil, poucos são os trabalhos que auxiliam a compreensão da grande riqueza e diversidade de espécies de *Erythroxylum* no país. De modo geral, esses estudos são pontuais e tratam de levantamentos de floras locais (Amaral, 1980, 1996; Dubs 1998; Mendonça *et al.*, 1998; Barbosa & Amaral, 2001; Patrício & Pirani, 2002; Loiola, 2004, 2006, 2007, 2012; Plowman & Hensold, 2004; Loiola & Cordeiro, 2012).

Este trabalho tem como objetivo estabelecer os padrões de distribuição dos representantes de *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae) com distribuição restrita ao Brasil, associando-os aos domínios fitogeográficos e as seções infragenéricas

propostas por Schulz em 1907. Alguns questionamentos foram elaborados para um melhor entendimento da distribuição do gênero: o Brasil apresenta um ou mais centros de riqueza de espécies de *Erythroxylum* e onde estes centros estão localizados? A distribuição do gênero está relacionada ao predomínio de seções em domínios diferentes?

Baseando-se nesses questionamentos e nos conhecimentos referentes à distribuição do gênero no Brasil, este trabalho tem como hipótese que as espécies endêmicas do Brasil ocorrem em áreas bem delimitadas e com limites ambientais restritos; da mesma forma, espécies de uma mesma seção devem coocorrer em ambientes restritos e formando núcleos separados no espaço.

## MÉTODOS

### Área de distribuição

O Brasil está localizado na região centro-nordeste da América do Sul. Na maior parte do país predomina clima tropical e equatorial, sendo o clima temperado exclusivo da região Sul. Em sua extensão são registrados seis domínios fitogeográficos (IBGE, 2012; Fig.1), e para o presente estudo foram selecionados os domínios Mata Atlântica, Cerrado, Caatinga e Amazônia, uma vez que segundo Loiola (2012) são aqueles onde *Erythroxylum* ocorre em território brasileiro.

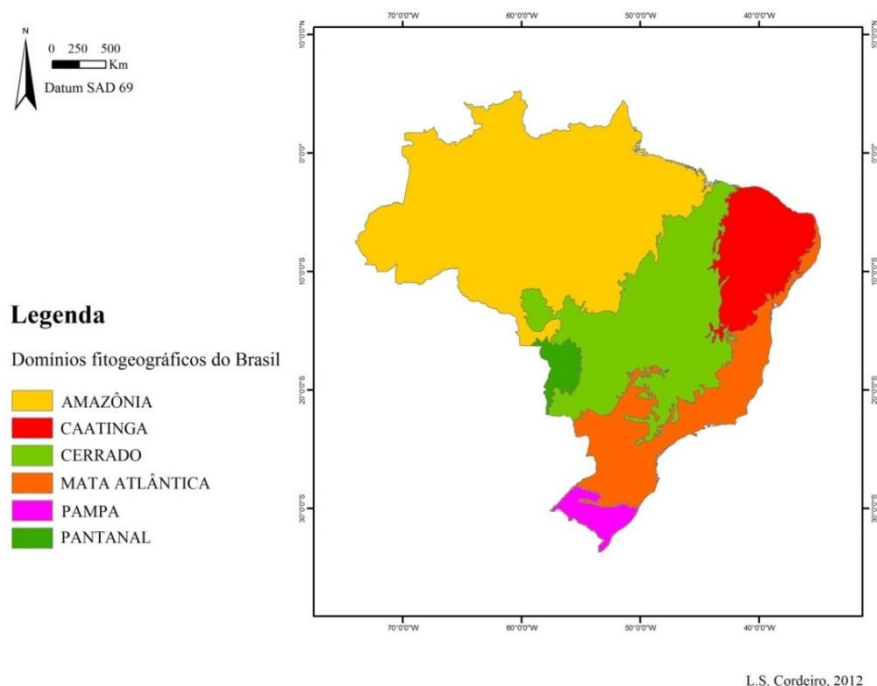


Figura 1 Domínios fitogeográficos brasileiros segundo IBGE (2012).



O domínio Amazônia abrange toda a região Norte e parte da região Centro-Oeste, ocupa aproximadamente 50% do território brasileiro (Kress *et al.*, 1998). Destaca-se pela extensão florestal, onde predominam as Florestas de Igapó e de Terra-Firme (Ter Steege *et al.*, 2003), pela grande rede hidrográfica e por sutis variações nos ecossistemas que o compõe (Ab'Saber, 2003).

A Mata Atlântica é constituída por formações florestais e não-florestais que ocorrem ao longo da costa brasileira, com grande amplitude latitudinal, desde o Rio Grande do Norte até o Rio Grande do Sul (Andrade-Lima, 1981; Stehmann *et al.*, 2009). A distribuição da vegetação é fortemente influenciada pela distância do oceano, do regime de distribuição de chuvas, da altitude e da duração da estação seca e corresponde a 13% do território (Andrade-Lima, 1981; Rizzini, 1997; Oliveira-Filho & Fontes, 2000; Stehmann *et al.*, 2009).

A Caatinga é o único domínio exclusivamente brasileiro de composição tipicamente xerófila e clima semiárido, que ocorre predominantemente na região Nordeste e norte de Minas Gerais, ocupando 9,9% do território nacional (Andrade-Lima, 1981, Veloso *et al.*, 1991). Ocorre especialmente nas terras baixas entre serras e planaltos, área conhecida como depressão sertaneja (Souza *et al.*, 1994). A depressão representa um conjunto de pediplanos rodeados por planaltos como o da Ibiapaba, entre o Piauí e o Ceará e por relevos residuais como chapadas e bacias sedimentares, maciços e serras (Veloso *et al.*, 1991).

O Cerrado *sensu lato* não tem uma fisionomia única e uniforme, essas variações fisionômicas podem ser divididas em três grupos: o campestre (campo limpo), o savânico (campo sujo, campo cerrado e cerrado *sensu stricto*) e o florestal (cerradão), e se estende por 23,9% do território brasileiro (Coutinho, 1978; Ab'saber, 1983; Mendonça *et al.*, 2008; Batalha, 2011). É composto por um complexo de tipos vegetacionais formando um mosaico de comunidades em um gradiente de formações ecologicamente relacionadas (Coutinho, 2006; Batalha, 2011). O domínio do Cerrado forma ecorregiões pelo Nordeste, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil (Olson *et al.*, 2001; Ratter *et al.*, 2006).

#### Obtenção dos dados e seleção das espécies

As informações sobre a distribuição dos táxons foram obtidas a partir de bancos de dados de coleções depositadas em herbários nacionais e internacionais disponíveis no Centro de Referência de Informação Ambiental - CRIA (SpeciesLink,

2012). Os herbários que possuíam informações para espécies de *Erythroxylum* são listados a seguir e as siglas estão de acordo com o Index Herbariorum (Thiers, 2012): ASE, BAH, BHCB, BOT, ESA, FUEL, FURB, HSJRP, HST, HTSA, HUCPE, HUEFS, HUESB, HVASF, IAC, IPA, INPA, JPB, MAC, MBM, MOBOT, MOSS, NMNH, NYBG, PEUFR, R, RB, SP, SPF, SPSF, TEPB, UB, UEC, UFP, UFRN, e VIES. Além dos dados disponibilizados *on line*, foram realizadas visitas aos Herbários EAC, IPA, PEUFR e UFPE para esclarecimentos de dúvidas referentes a alguns materiais.

Os dados de ocorrência obtidos a partir dos bancos de dados foram considerados confiáveis quando identificados por especialistas no gênero ou quando checados na coleção. Os dados de distribuição foram padronizados definindo como sistema geodésico *datum* SAD 69. Quando as coordenadas geográficas associadas à localidade de coleta estavam ausentes nos rótulos das exsicatas, utilizou-se as coordenadas do município obtidas a partir da ferramenta Geoloc disponível no sites do CRIA, que busca as coordenadas em localizadores geográficos (SpeciesLink, 2012).

Dos 120 táxons que ocorrem no Brasil, foram selecionados para esse estudo aqueles que segundo Loiola (2012) apresentavam distribuição restrita ao país (74).

#### Produção de modelos de distribuição potencial

Para a produção de modelos foram utilizadas as bases climáticas disponibilizados pelo WorldClim (Hijmans *et al.*, 2006) com resolução de 5 km. As camadas climáticas do WorldClim foram geradas a partir da interpolação de médias climáticas mensais de estações meteorológicas, e os dados compilados entre 1950 a 2000 (Hijmans *et al.*, 2005).

As variáveis utilizadas foram selecionadas através de uma Análise de Componentes Principais (PCA) no programa R (R Development Core Team, 2010). A partir dos resultados da PCA foram consideradas as variáveis ambientais dos três primeiros eixos principais (Ward, 2007), e calculado o valor médio (em valores absolutos) de cada variável nos três eixos, a partir do método de carregamento de novas combinações (NLC) (Al-Kandari & Jolliffe, 2005). As variáveis selecionadas foram: temperatura média anual, faixa média de temperatura diurna, isothermalidade, sazonalidade da temperatura, temperatura máxima no mês mais quente, precipitação média anual, precipitação no mês mais seco e precipitação no mês mais úmido (Al-Kandari & Jolliffe, 2005).

Os mapas do território brasileiro foram obtidos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, com os limites dos estados e a divisão dos domínios fitogeográficos (IBGE, 2012). Os mapas de distribuição potencial foram finalizados no programa Arc-Gis 9.3 (ESRI, 2009).

Para a modelagem da distribuição das espécies foi utilizado o programa MaxEnt 3.3.3 e o algoritmo de máxima entropia (Phillips *et al.*, 2006). De acordo com Elith *et al.* (2006), esse algoritmo tem superado alguns métodos de modelagem baseados em pontos apenas de presença em testes de performance. Sendo assim, o MaxEnt é aplicado em modelagem para estimar a probabilidade de ocorrência da distribuição, encontrando a probabilidade de máxima entropia, sujeita a um conjunto de restrições que representam a informação incompleta sobre a distribuição da espécie (Hernandez *et al.*, 2006; Warren & Seifert 2011). Segundo Pando & Giles (2007), esse programa fornece as curvas de resposta frente a cada variável ambiental e estima a importância de cada uma na distribuição do táxon.

Os valores da curva característica de operação do receptor, curva ROC, utilizados foram os que apresentaram área sob a curva (AUC) maior que 0.80 (Fawcett, 2003). Este valor representa a confiabilidade dos dados e varia entre zero e um; quanto mais próximos de um, maior será o desempenho do modelo, valores menores que 0,5 apresentam desempenho pior que o de um modelo gerado aleatoriamente (Barry & Elith, 2006).

Foram gerados modelos de distribuição por espécie, por domínio fitogeográfico e por seção taxonômica para a detecção de padrões. Para a elaboração dos mapas por espécie foram selecionadas aquelas que apresentaram 10 ou mais registros, sendo esse o mínimo exigido pelo programa MaxEnt (Elith *et al.*, 2006).

Para os modelos por domínio fitogeográfico, foram consideradas aquelas espécies que ocorriam somente em um domínio fitogeográfico (florestas úmidas-Amazônia e/ou Mata Atlântica e tipos vegetacionais secos - Cerrado e/ou Caatinga). As espécies analisadas contemplaram as nove seções reconhecidas por Schulz (1907) para a região neotropical e todas com distribuição restrita ao Brasil: *Erythroxylum* sect. *Archerythroxylum*, *E.* sect. *Rhabdophyllum*, *E.* sect. *Microphyllum*, *E.* sect. *Oxystigma*, *E.* sect. *Megalophyllum*, *E.* sect. *Leptogramme*, *E.* sect. *Mastigophorum*, *E.* sect. *Pogonophorum* e *E.* sect. *Macrocalyx*.

A seleção de pontos para a elaboração de modelos por domínio e por seção foi realizada utilizando apenas um ponto para cada coordenada geográfica obtida. Esse

método foi utilizado para padronizar a quantidade de pontos por coordenadas e obter o modelo correspondente à extensão de distribuição dos domínios e seções.

#### Observação dos centros de riqueza

Para a comparação das distribuições das espécies e localização dos centros de riqueza foi realizada a busca visual dos locais de maior concentração de espécies. Para a elaboração destes mapas foram utilizados todos os pontos obtidos, incluindo as espécies que não geraram modelos por espécie. O mapa do Brasil foi dividido em quadrículas de um grau por um grau, no programa Diva-Gis 7.5 (Hijmans *et al.* 2005) para facilitar a observação e comparação das diversidades alfa e beta. A análise de riqueza foi definida como o número de observações de ocorrência por quadrícula.

## RESULTADOS

As espécies analisadas com suas respectivas seções, domínios fitogeográficos e distribuição por região geográfica e estados são apresentadas na Tabela 1. O nordeste brasileiro se destacou por apresentar a maior diversidade e riqueza de espécies, sendo registrados 53 táxons para essa região (Tabela 1; Fig. 2). Foram produzidos modelos para as 31 espécies selecionadas.

A distribuição de espécies por domínios não foi uniforme, sendo os domínios Mata atlântica e Caatinga aqueles que apresentaram maior número de espécies restritas. Das 74 espécies analisadas, seis ocorrem somente no domínio fitogeográfico da Amazônia (Fig. 3 a-b) e 30, no domínio da Mata Atlântica (Fig. 3 c-d). Os domínios do Cerrado (Fig. 4 a-b) e Caatinga (Fig. 4 c-d) apresentaram quatro e oito espécies restritas, respectivamente. Constatou-se que 17 espécies são comuns a dois domínios, ou seja, oito foram restritas nos domínios Mata Atlântica e Amazônia, duas ocorrem em Caatinga e Cerrado, quatro ocorrem em Caatinga e Mata Atlântica (Tabela 1). Duas espécies ocorrem em três domínios: Amazônia, Mata Atlântica e Caatinga e somente uma, espécie ocorre nos quatro domínios analisados (Tabela 1).

Dentre as espécies analisadas (Figs. 5-11), *Erythroxylum squamatum* (Fig. 5 a-b) foi a que apresentou distribuição mais ampla, tendo registro nos quatro domínios fitogeográficos (Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica), e sua distribuição foi bem representada pela modelagem. Já *E. martii* (ver Fig. 5 c-d) e *E. paufferrense* apresentaram as distribuições mais restritas, sendo encontradas apenas em um

remanescente de Mata Atlântica na região Nordeste do Brasil. A primeira foi registrada no litoral sul do estado da Bahia; e a segunda, em um brejo de altitude no município de Areia no estado da Paraíba (Tabela 1).

As espécies *Erythroxylum subrotundum* (Fig. 6 a-b), *E. flaccidum* (Fig. 6 c-d), *E. suberosum* var. *denudatum* (Fig. 7 a-b), *E. rimosum* (Fig. 7 c-d), *E. ambiguum* (Fig. 8 a-b) e *E. gonocladum* (Fig. 8 c-d) tiveram modelos mais amplos do que a real distribuição de cada espécie (Tabela 1). As espécies *E. pungens* (Fig. 9 a-b) e *E. cuspidifolium* (Fig. 9 c-d) não tiveram representados no modelo, os pontos do nordeste do Piauí e do centro da Bahia, respectivamente. Para *E. mikanii* (Fig. 10 a-b), o modelo apresentado descartou pontos extremos da distribuição na região sudeste da Bahia, concentrando-se próximo ao litoral.

Os modelos de *Erythroxylum caatingae* (Fig. 10 c-d), *E. stipulosum* (Fig. 11 a-b) e *E. nobile* (Fig. 11 c-d) tiveram distribuição melhor representada pela área de ocorrência prevista no mapa, tendo em vista que incluíram todas as áreas descritas na literatura como áreas de ocorrência das espécies (Tabela 1).

Os centros de riqueza de *Erythroxylum* para o Brasil foram registrados na Bahia, onde ocorrem 44 espécies e nos estados do Ceará, Minas Gerais e Rio de Janeiro com 19 espécies cada. Esses pontos (Fig. 12) se encontram dentro dos domínios fitogeográficos de Caatinga (Bahia, Ceará e Minas Gerais) e Mata Atlântica (Bahia e Rio de Janeiro).

Dentre as seções taxonômicas (Figs. 13 - 16, Tabelas 1 e 2), *Erythroxylum* sect. *Oxystigma* (Fig. 13 a-b) que compreende apenas *E. frangulifolium* tem distribuição restrita e ocorre somente no domínio Mata Atlântica. Já *Erythroxylum* sect. *Rhabdophyllum* (Fig. 13 c-d) se destacou por estar representada por 32 espécies (de um total de 43 reconhecidas por Schulz em 1907) e por apresentar ampla distribuição dentro dos quatro domínios fitogeográficos considerados (Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga). Por outro lado, *E. barbatum* única espécie posicionada em *Erythroxylum* sect. *Pogonophorum* (Fig. 14 a-b) foi registrada nos quatro domínios fitogeográficos considerados. Esta espécie tem ampla distribuição no país, com ocorrência confirmada nos estados do Pará, Maranhão, Piauí, Ceará, Bahia, Mato Grosso e Goiás.

*Erythroxylum* sect. *Megalophyllum* (Fig. 14 c-d) e *E. sect. Microphyllum* (Fig. 15 a-b) estão distribuídas no domínio Mata Atlântica e sua distribuição ocorre em altitudes que variam de 5 a 1149 m e geralmente, próximo ao litoral (Tabela 2). *Erythroxylum* sect. *Leptogramme* (Fig. 15 c-d) teve distribuição dividida em dois

núcleos geográficos, o primeiro no domínio Caatinga do Nordeste do Brasil e o segundo, em Mata Atlântica no Sudeste.

Já *Erythroxylum sect. Mastigophorum* (Fig. 16 a-b) e *E. sect. Macrocalyx* (Fig. 16 c-d) tiveram suas distribuições associadas a climas quentes e secos nos domínios Caatinga e Cerrado e se encontram melhor distribuídas em altitudes intermediárias (a maioria dos pontos se encontra distribuída entre 324 a 761 m de altitude) (Tabela 2).

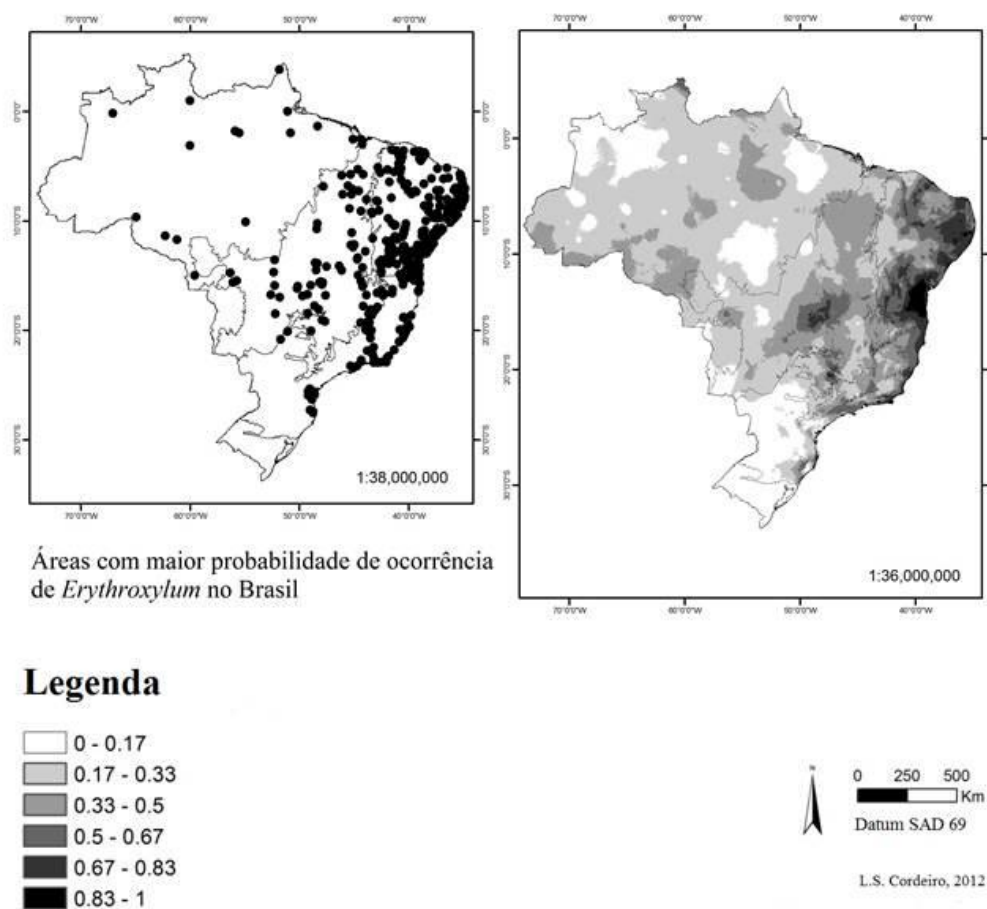


Figura 2 Dados de ocorrência reconhecida para as espécies de *Erythroxylum* restritas ao Brasil. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para as espécies de *Erythroxylum*, (b) modelo de distribuição para as espécies usando o programa Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies.

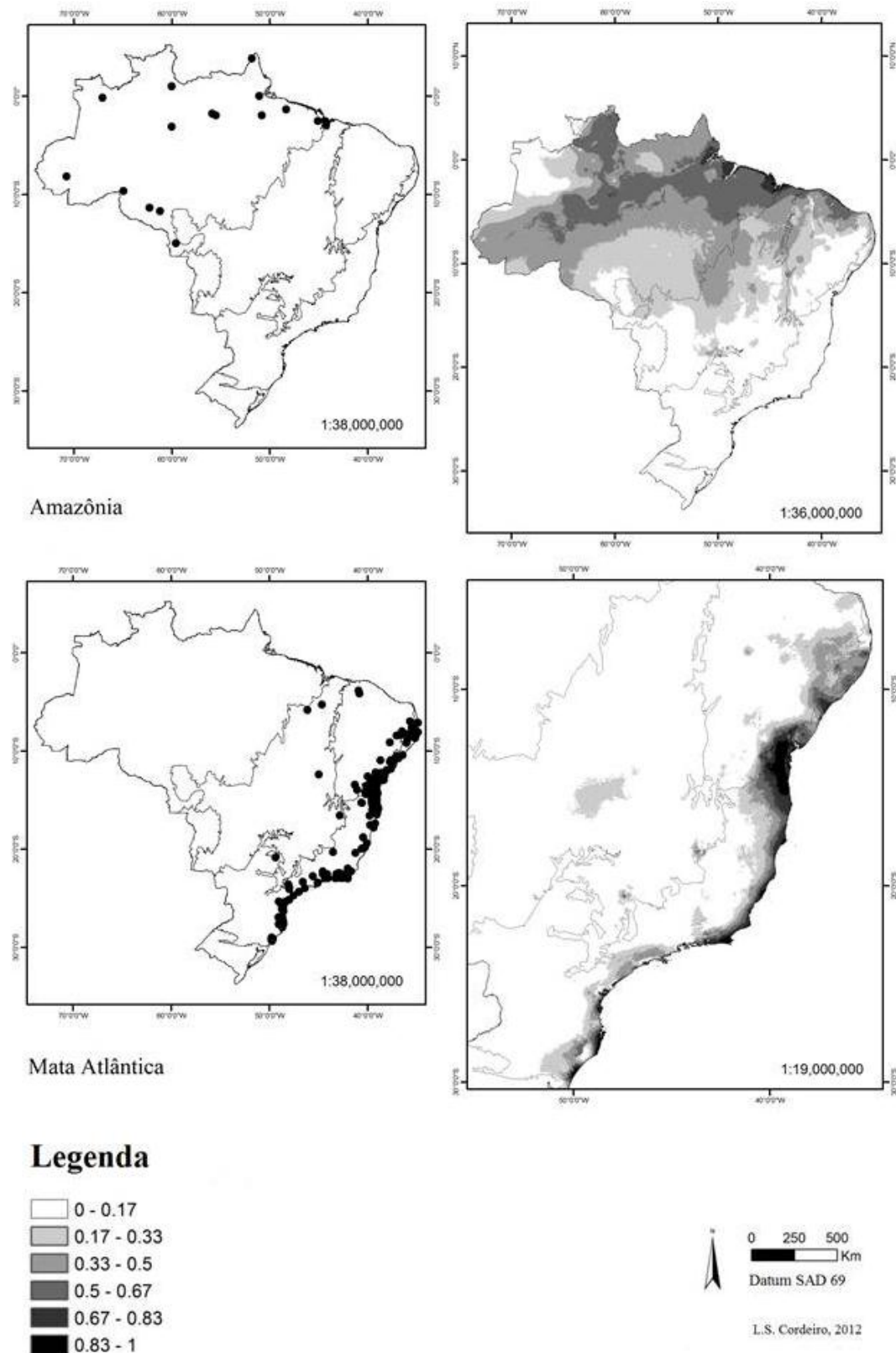


Figura 3 Distribuição das espécies de *Erythroxylum* para os domínios Amazônia e Mata Atlântica no território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *Erythroxylum* na Amazônia, (b) modelo de distribuição para o domínio usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para *Erythroxylum* na Mata Atlântica, (d) modelo de distribuição para o domínio usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies.

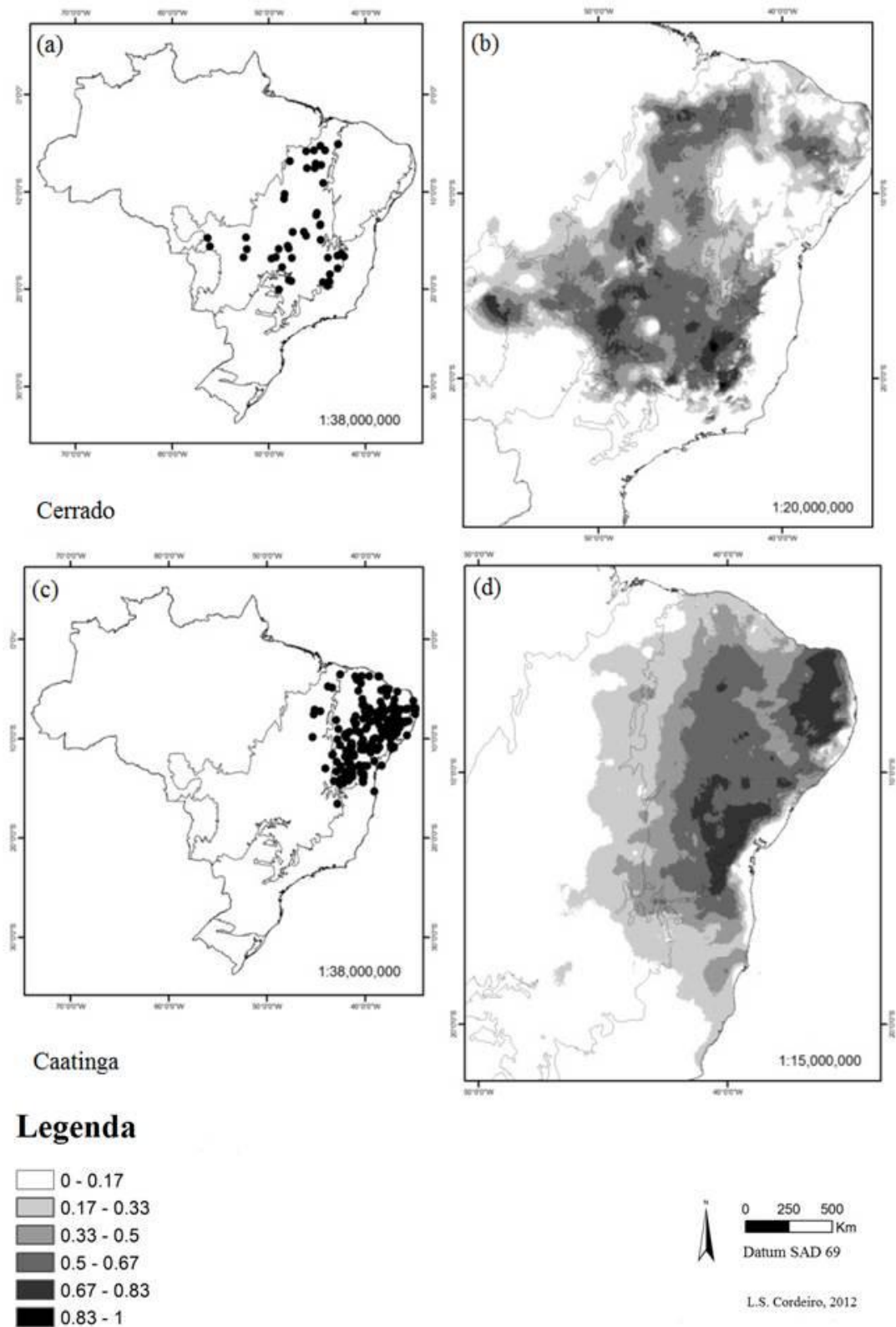


Figura 4 Distribuição das espécies de *Erythroxylum* para os domínios Cerrado e Caatinga no território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *Erythroxylum* no Cerrado, (b) modelo de distribuição para o domínio usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para *Erythroxylum* na Caatinga, (d) modelo de distribuição para o domínio usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies.



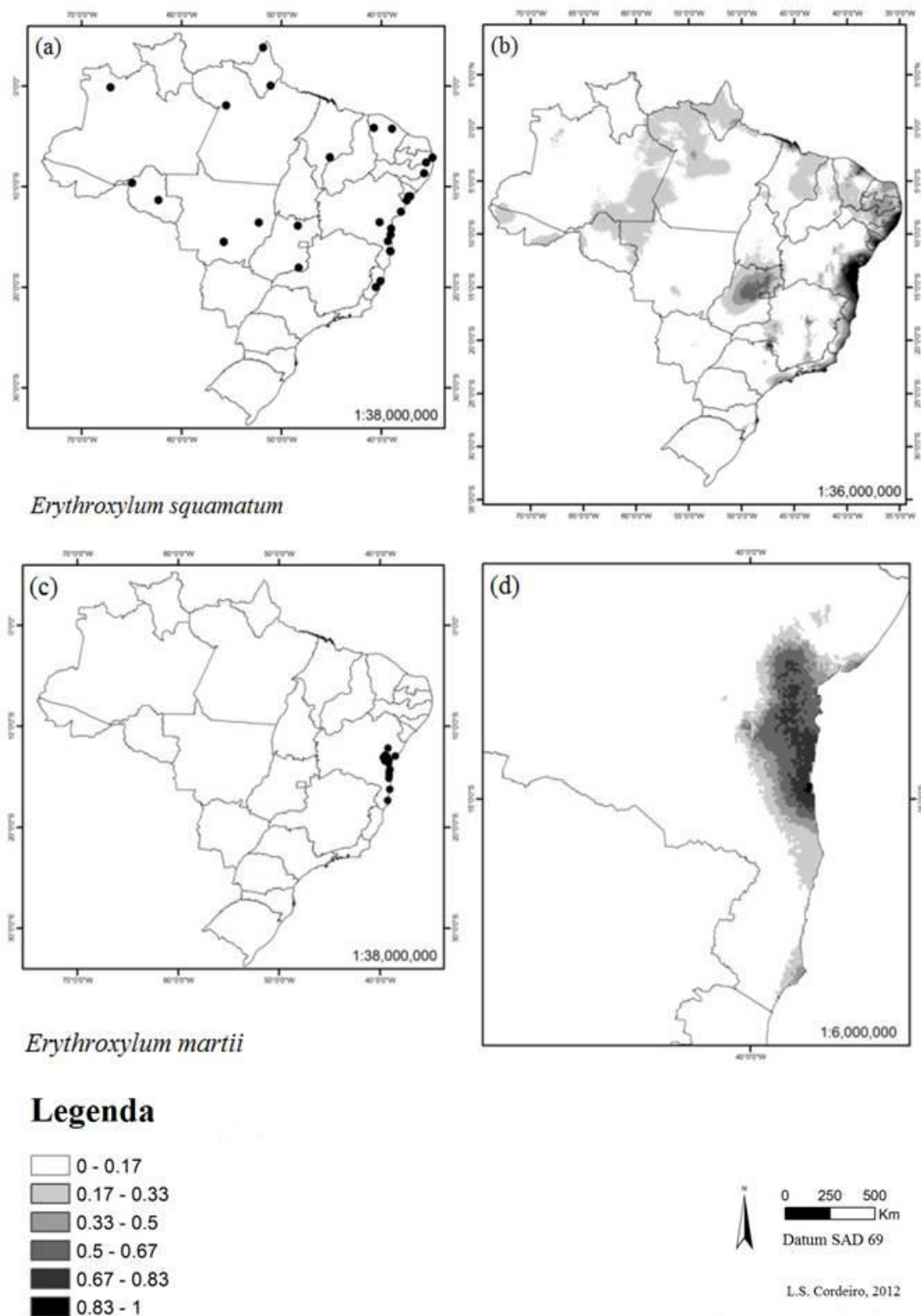


Figura 5 Distribuição das espécies *Erythroxylum squamatum* e *E. martii* em território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. squamatum*, (b) modelo de distribuição para *E. squamatum* usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. martii*, (d) modelo de distribuição para *E. martii* usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies.

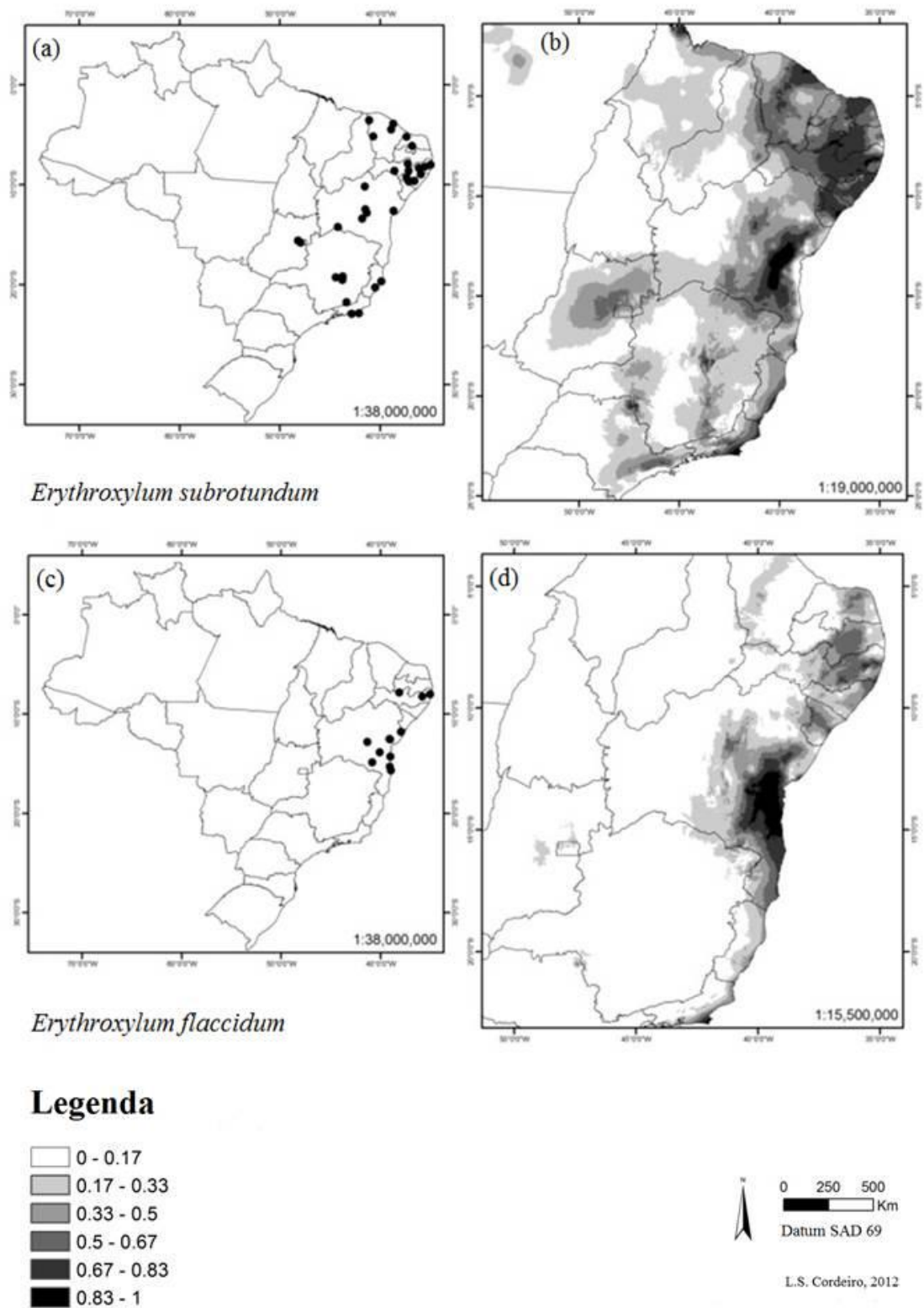


Figura 6 Distribuição das espécies *Erythroxylum subrotundum* e *E. flaccidum* em território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. subrotundum*, (b) modelo de distribuição para *E. subrotundum* usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. flaccidum*, (d) modelo de distribuição para *E. flaccidum* usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies.

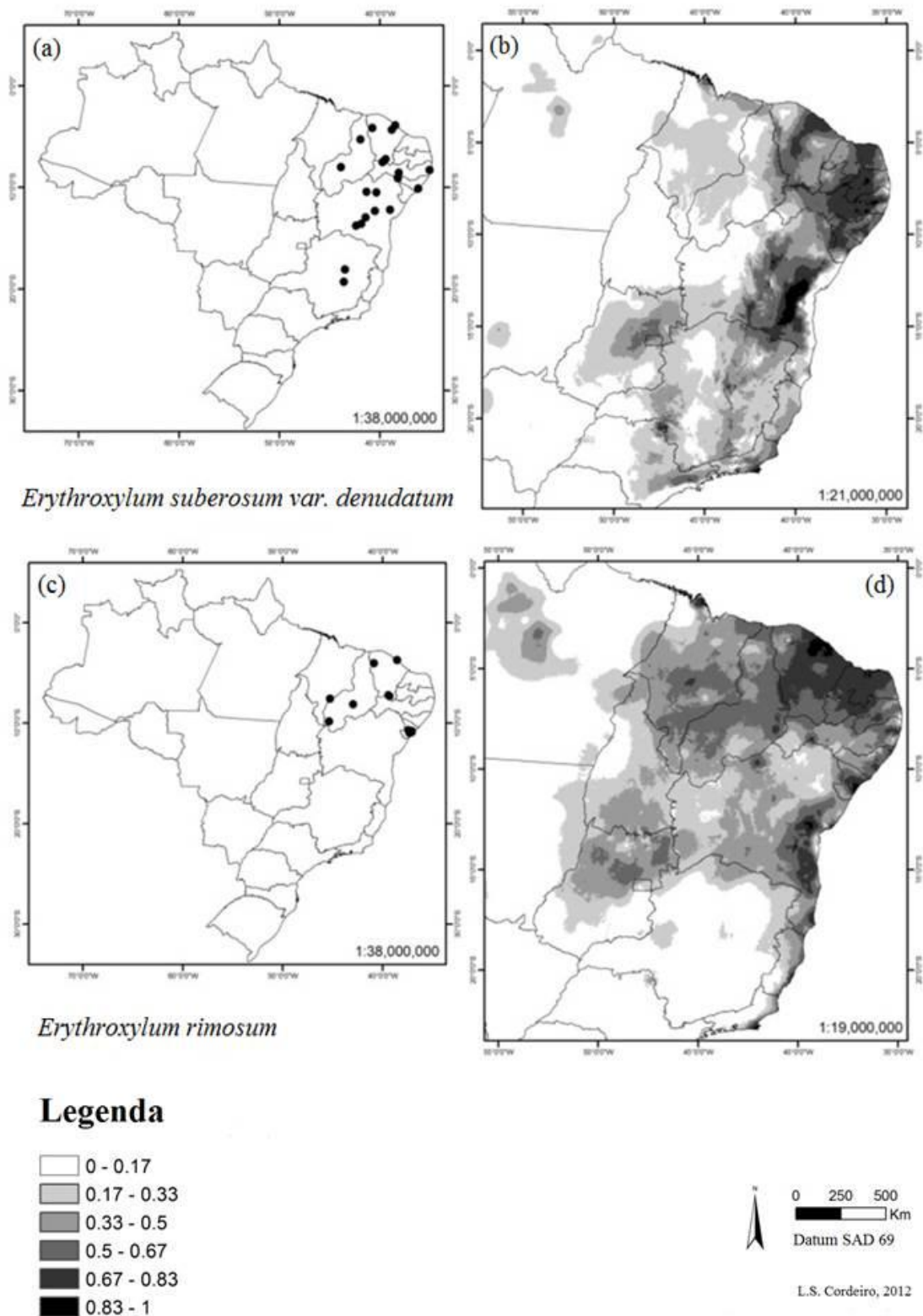


Figura 7 Distribuição das espécies *Erythroxylum suberosum var. denudatum* e *E. rimosum* em território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. suberosum var. denudatum*, (b) modelo de distribuição para *E. suberosum var. denudatum* usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. rimosum*, (d) modelo de distribuição para *E. rimosum* usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies.

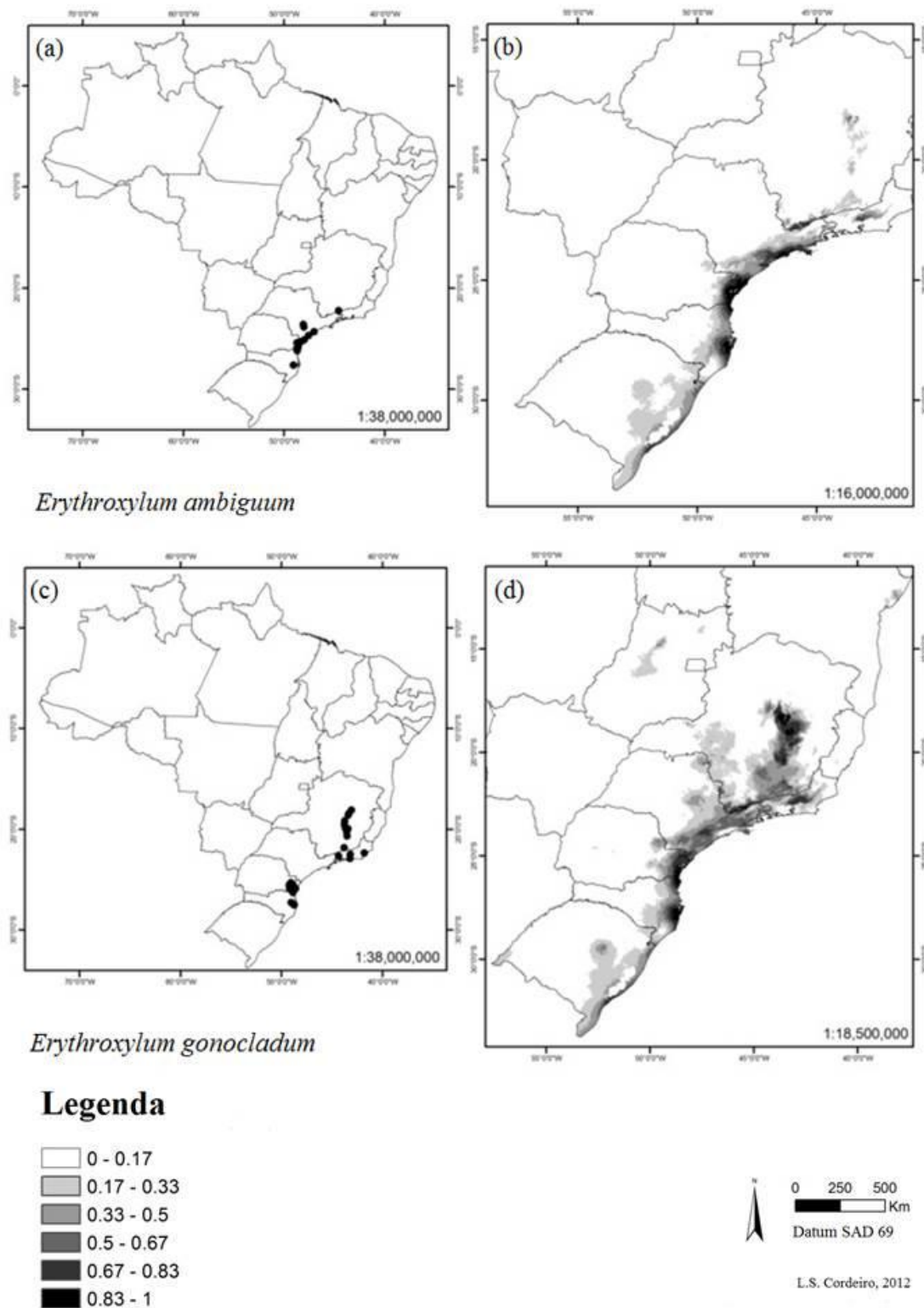


Figura 8 Distribuição das espécies *Erythroxylum ambiguum* e *E. gonocladum* em território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. ambiguum*, (b) modelo de distribuição para *E. ambiguum* usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. gonocladum*, (d) modelo de distribuição para *E. gonocladum* usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies.

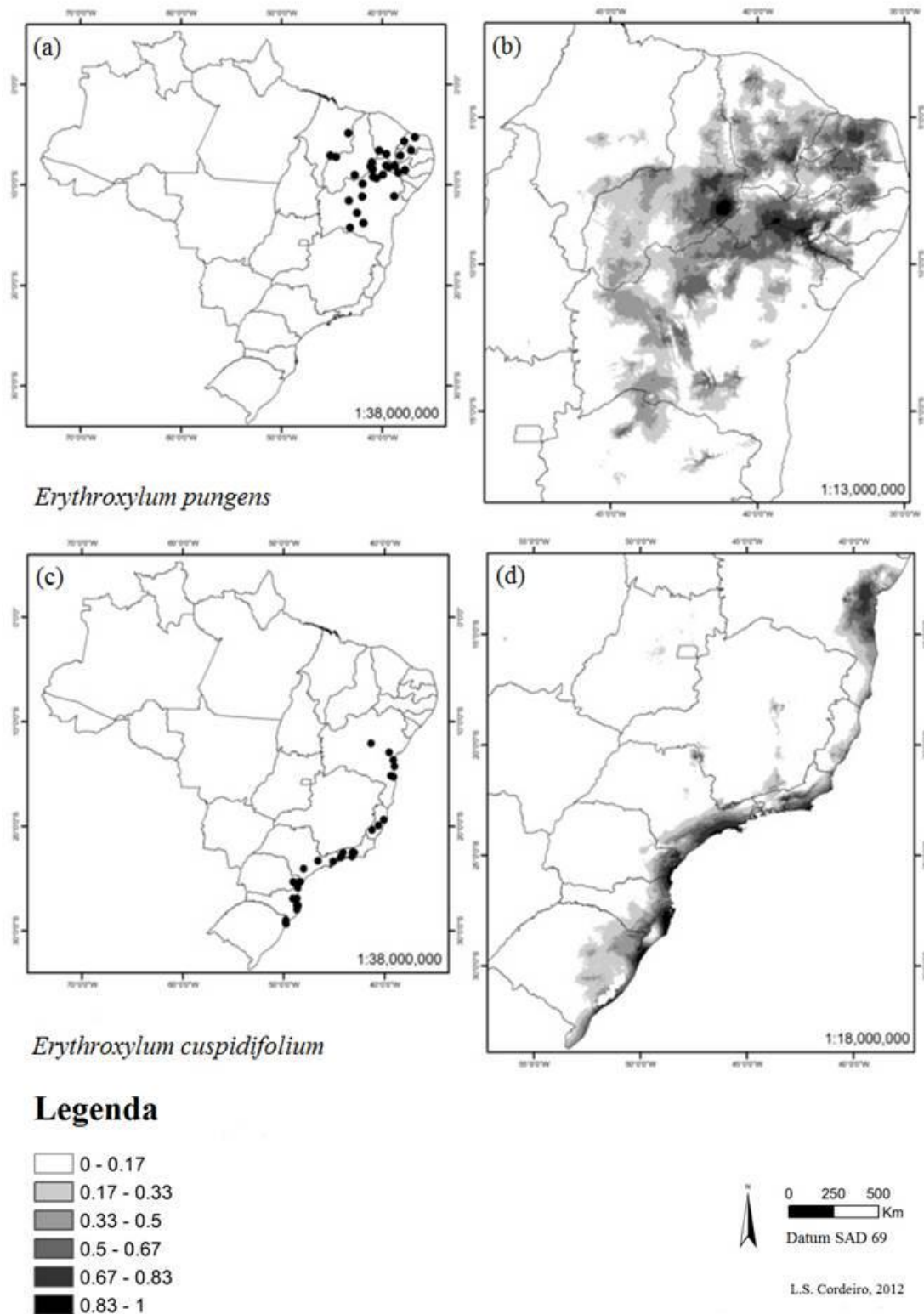


Figura 9 Distribuição das espécies *Erythroxylum pungens* e *E. cuspidifolium* em território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. pungens*, (b) modelo de distribuição para *E. pungens* usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. cuspidifolium*, (d) modelo de distribuição para *E. cuspidifolium* usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies.



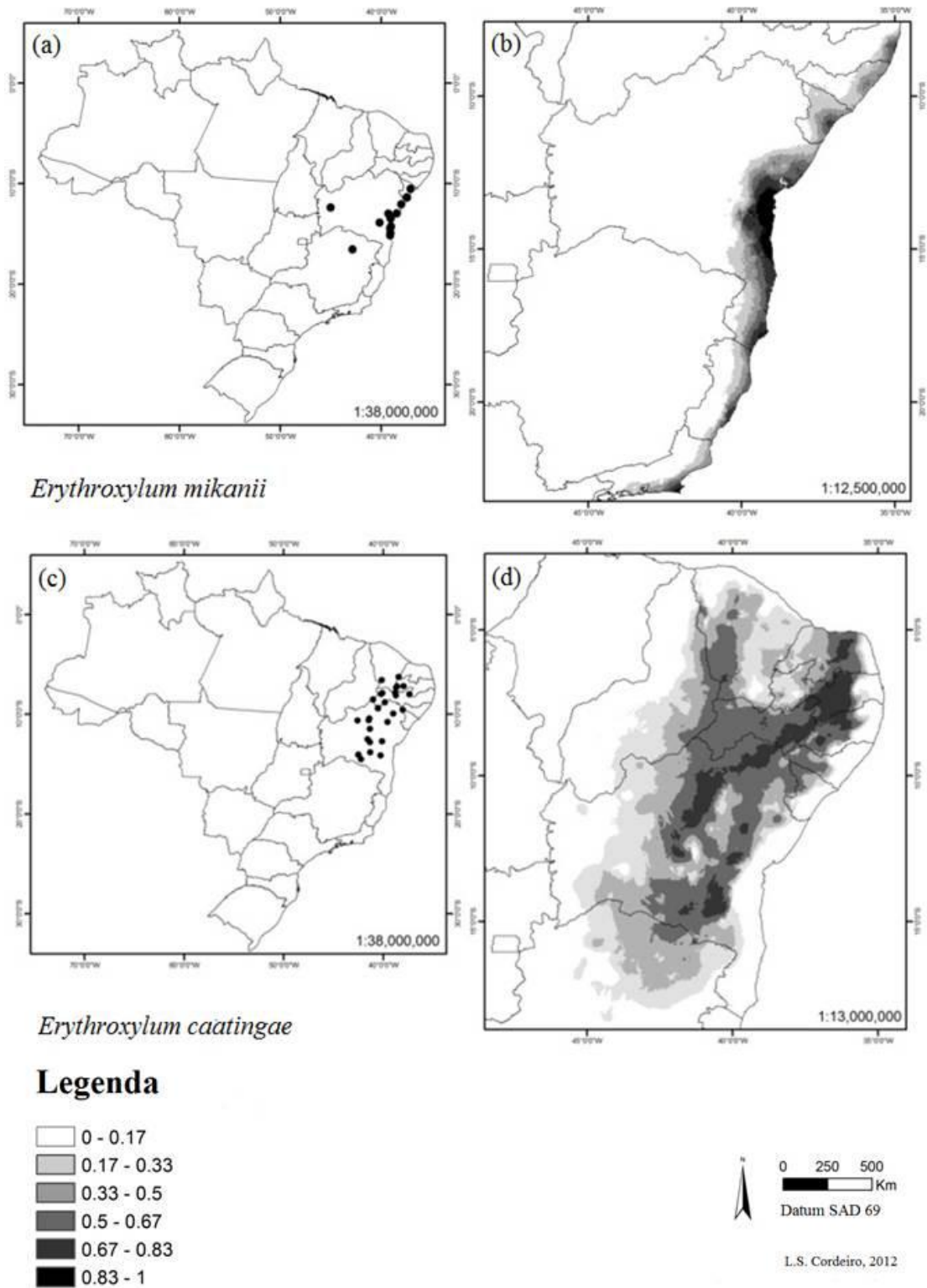


Figura 10 Distribuição das espécies *Erythroxylum mikanii* e *E. caatingae* em território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. mikanii*, (b) modelo de distribuição para *E. mikanii* usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. caatingae*, (d) modelo de distribuição para *E. caatingae* usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies.

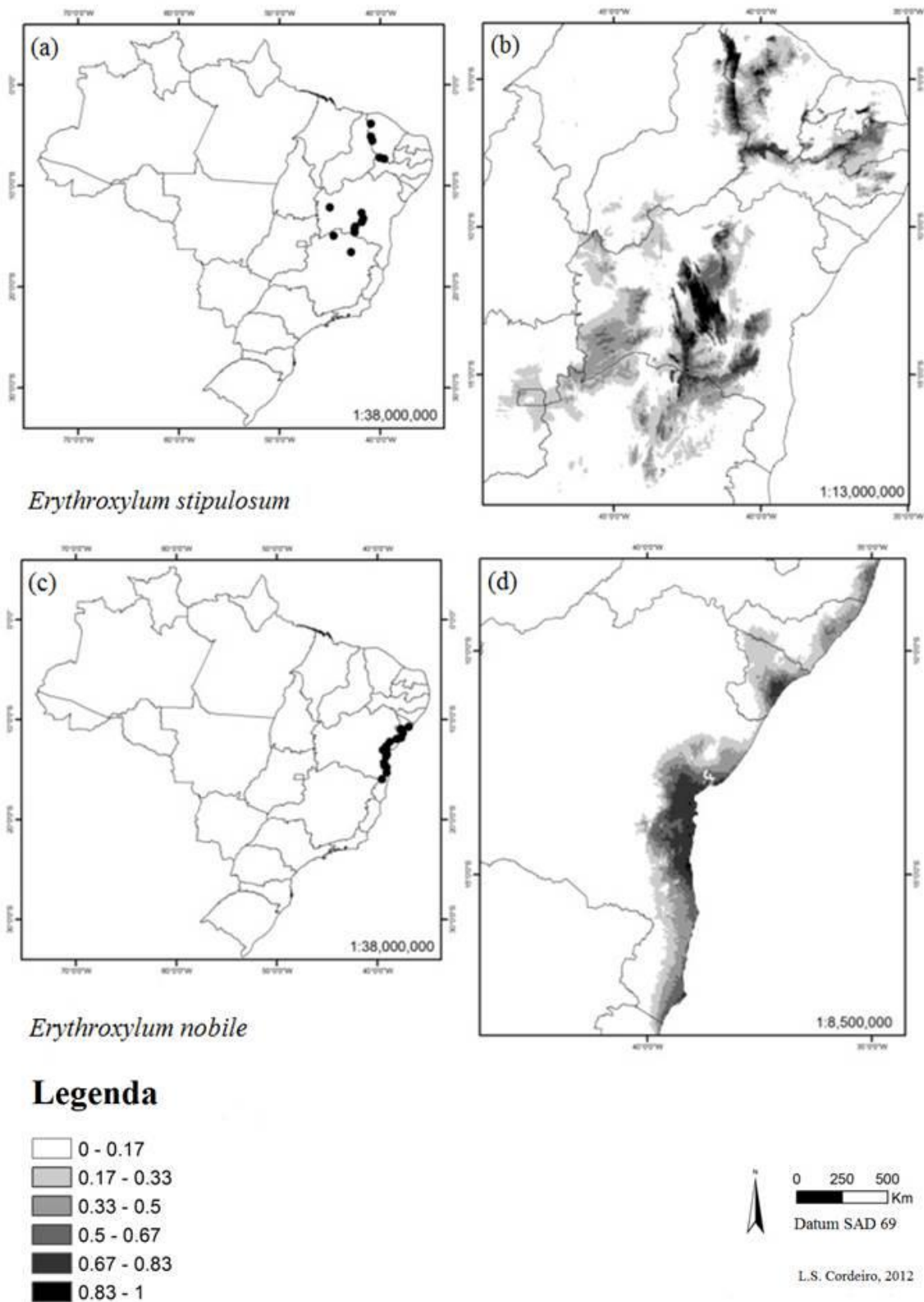


Figura 11 Distribuição das espécies *Erythroxyllum stipulosum* e *E. cuspidifolium* em território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *E. stipulosum*, (b) modelo de distribuição para *E. stipulosum* usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados *E. cuspidifolium*, (d) modelo de distribuição para *E. cuspidifolium* usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies.

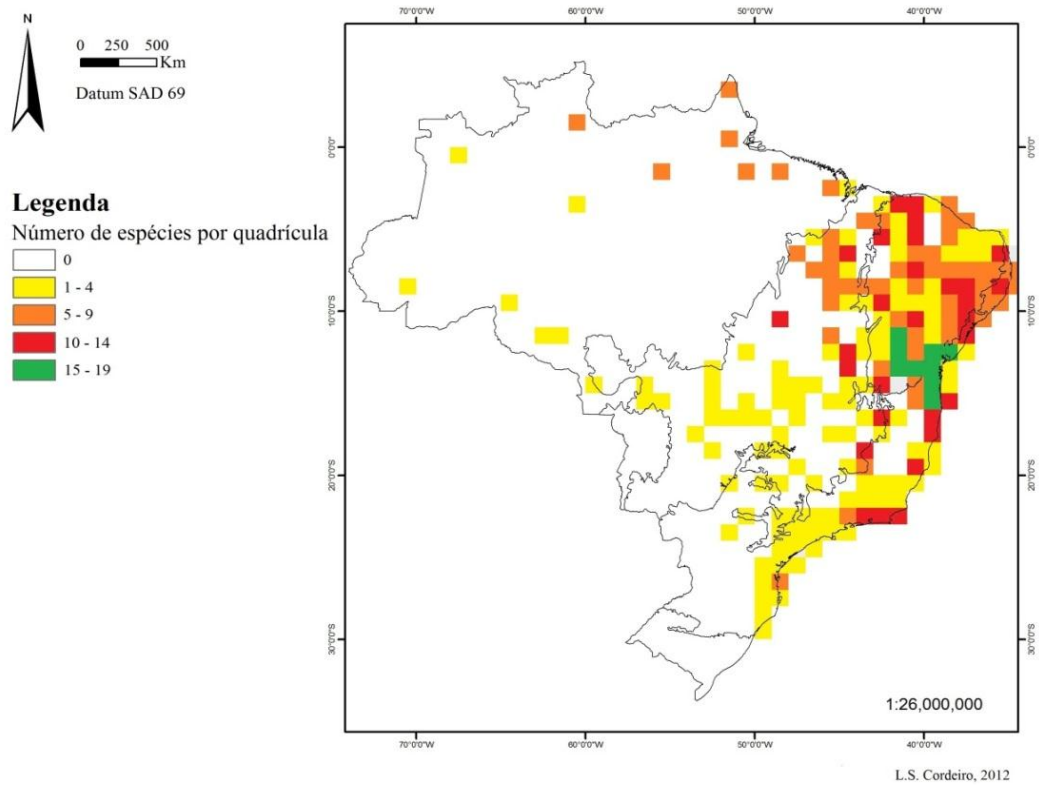


Figura 12 Centros de Riqueza das espécies de *Erythroxylum* restritas ao Brasil por quadrícula (cada quadrícula representa uma célula de 1° x 1° do território brasileiro). Regiões mais escuras indicam maior quantidade de espécies.



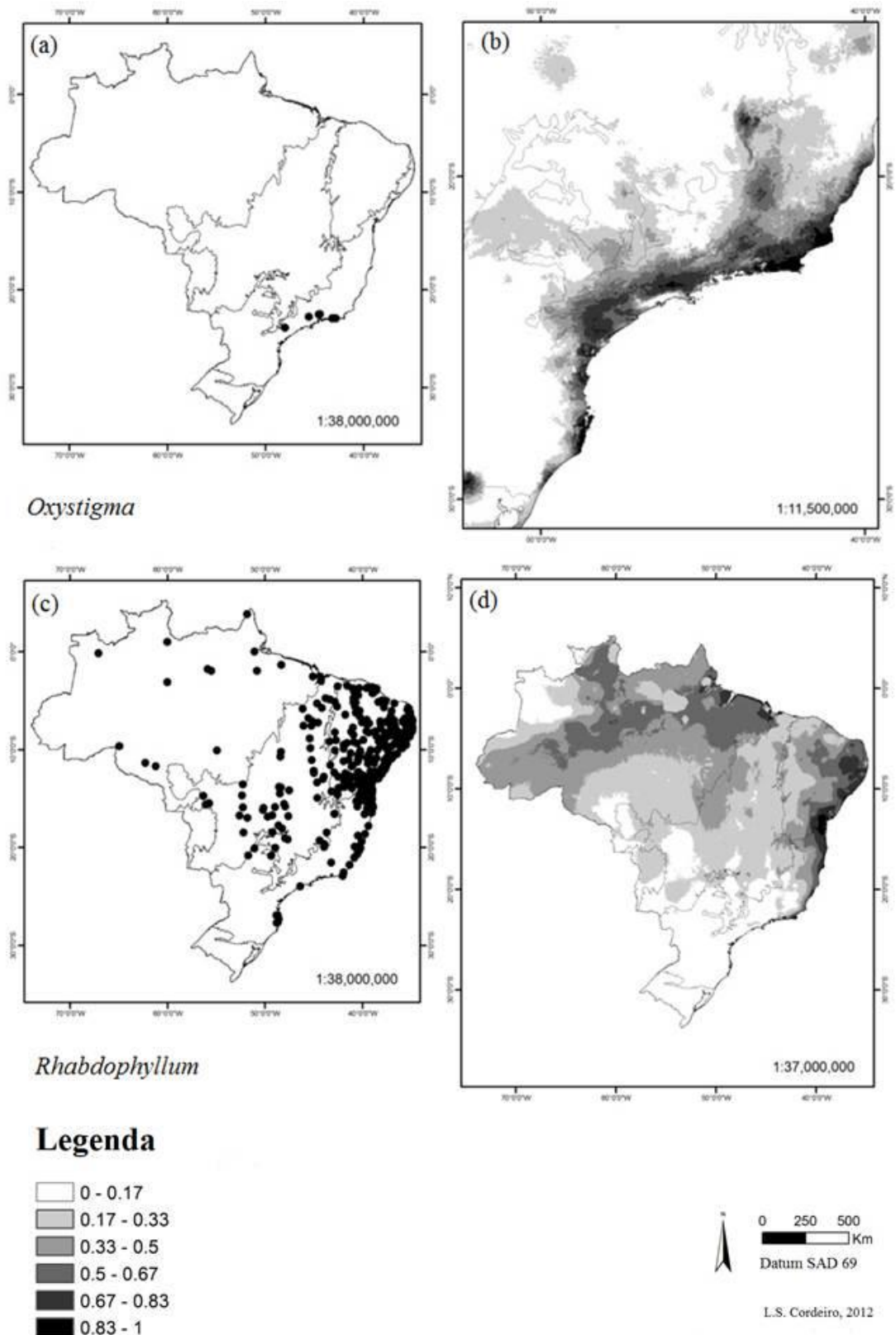


Figura 13 Distribuição das seções taxonômicas de *Erythroxylum* segundo Schulz (1907) para o território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *Erythroxylum* sect. *Oxystigma*, (b) modelo de distribuição para a seção usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para *Erythroxylum* sect. *Rhabdophyllum*, (d) modelo de distribuição para a seção usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies.

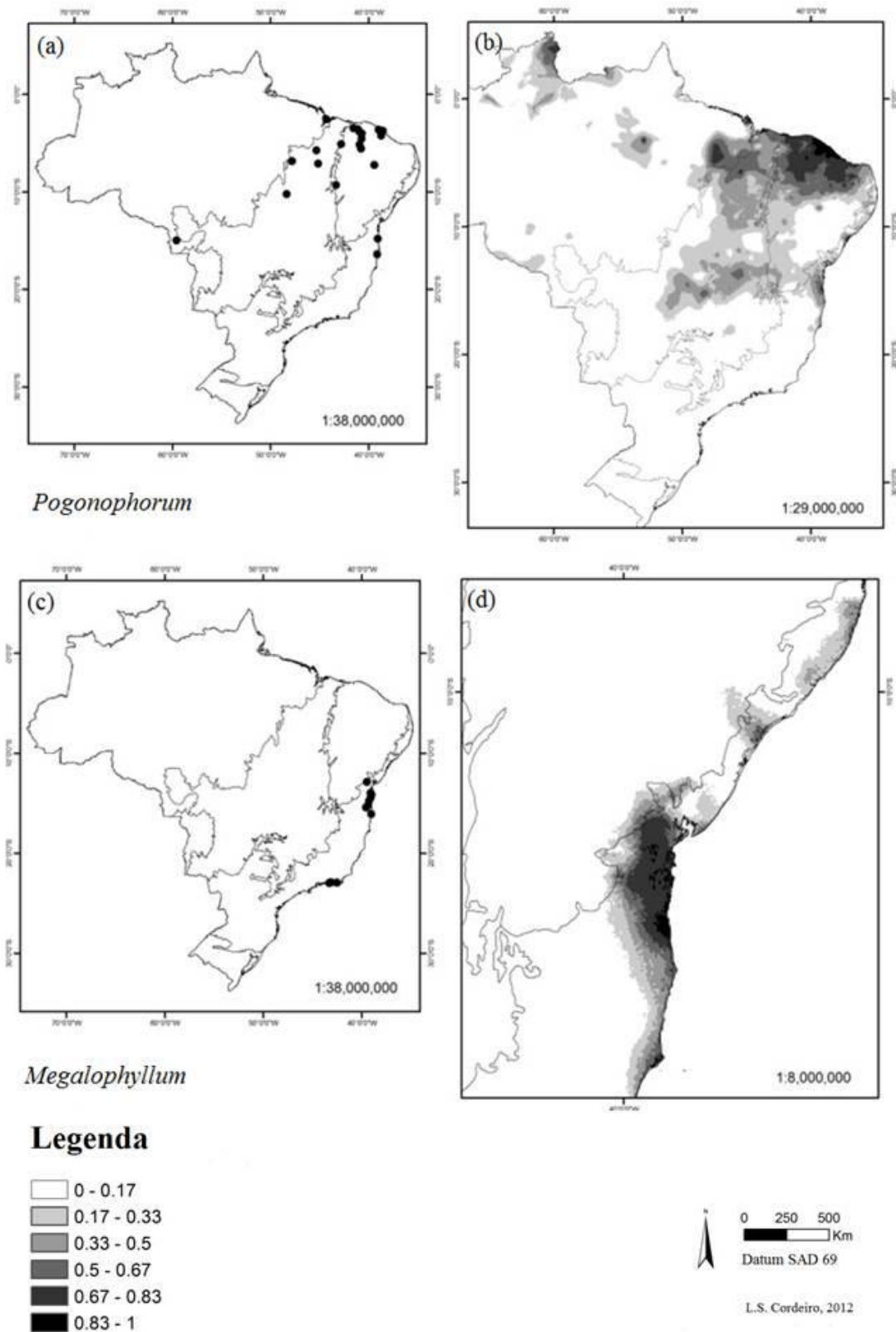


Figura 14 Distribuição das seções taxonômicas de *Erythroxylum* segundo Schulz (1907) para o território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *Erythroxylum* sect. *Pogonophorum*, (b) modelo de distribuição para a seção usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para *Erythroxylum* sect. *Megalophyllum*, (d) modelo de distribuição para a seção usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies.

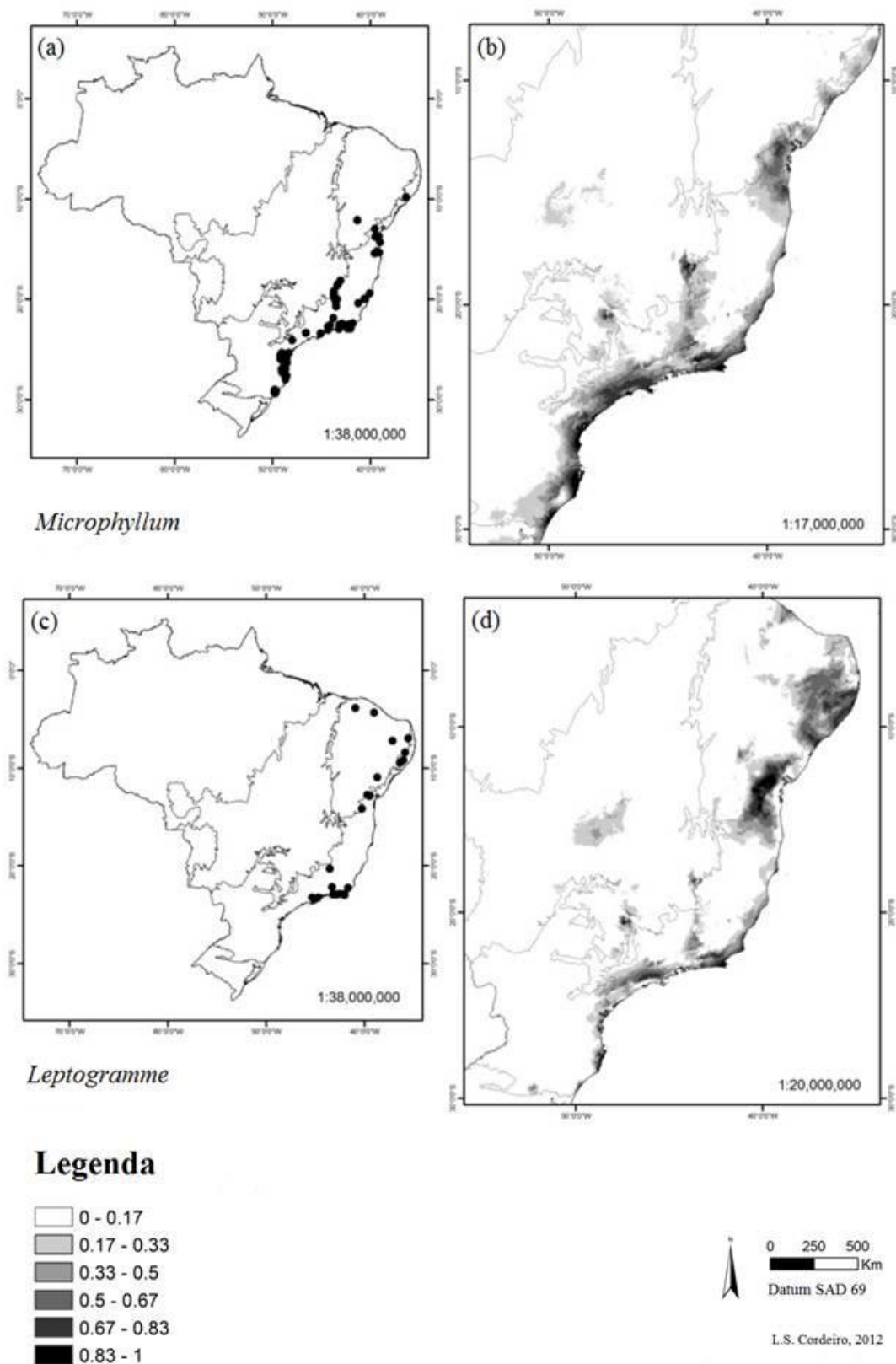


Figura 15 Distribuição das seções taxonômicas de *Erythroxylum* segundo Schulz (1907) para o território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *Erythroxylum* sect. *Microphyllum*, (b) modelo de distribuição para a seção usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para *Erythroxylum* sect. *Leptogramme*, (d) modelo de distribuição para a seção usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies.

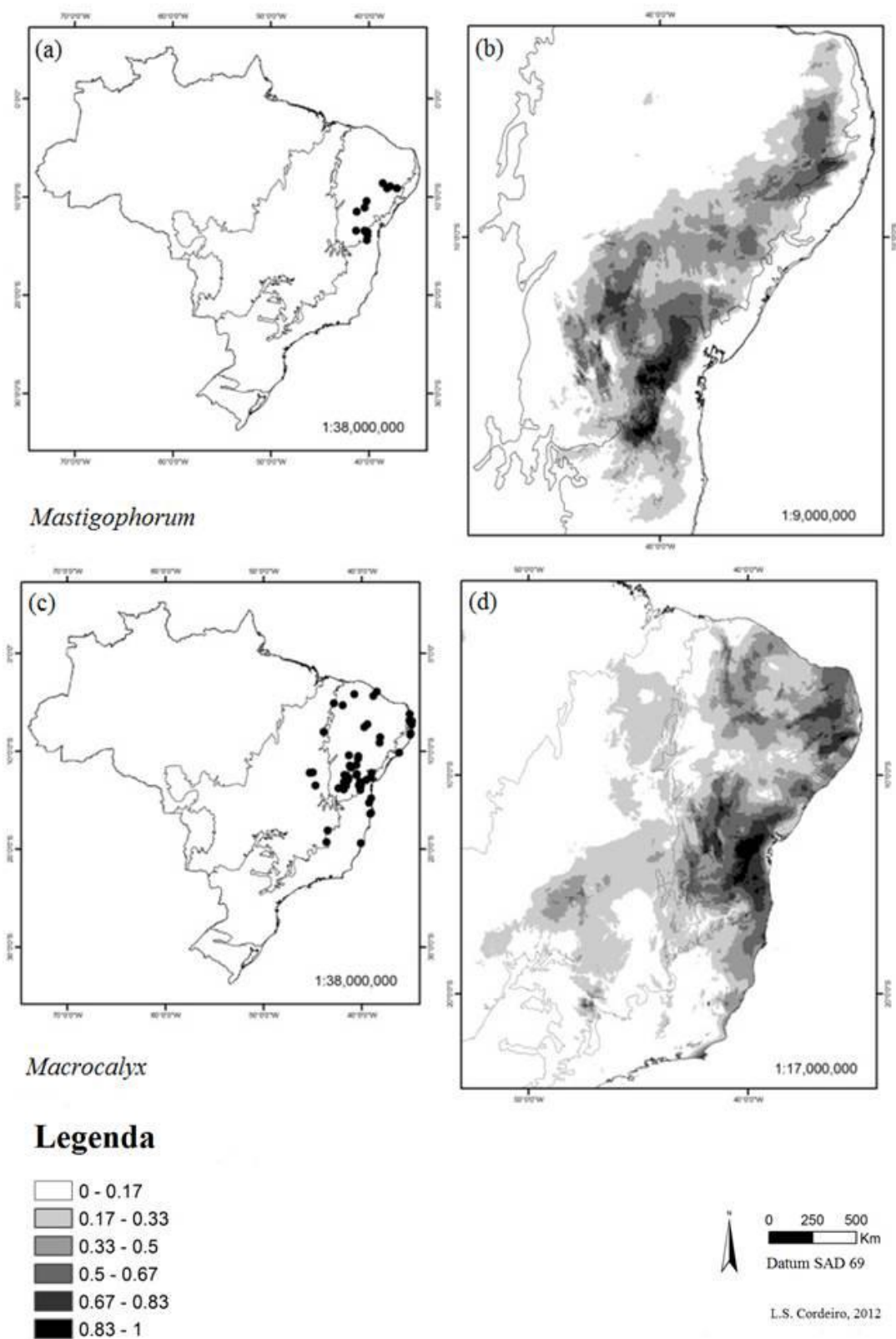


Figura 16 Distribuição das seções taxonômicas de *Erythroxylum* segundo Schulz (1907) para o território brasileiro. (a) pontos de ocorrência georreferenciados para *Erythroxylum* sect. *Mastigophorum*, (b) modelo de distribuição para a seção usando Maxent, (c) pontos de ocorrência georreferenciados para *Erythroxylum* sect. *Macrocalyx*, (d) modelo de distribuição para a seção usando Maxent. Regiões mais escuras indicam maior probabilidade de encontrar as espécies.

## DISCUSSÃO

*Erythroxylaceae* é um grupo de grande versatilidade ecológica, com espécies registradas em vários tipos vegetacionais (Campos Rupestres, Florestas Serranas, Florestas Estacionais, Savanas), ocorrendo em diferentes níveis de elevações, desde o nível do mar até habitats montanhosos acima de 900m (Loiola, 2007; Loiola, 2012). As espécies aqui analisadas tiveram variação desde o nível do mar até 1685m de altitude. As áreas de maior altitude estão associadas a regiões úmidas em topos de serras.

A riqueza de espécies neotropicais está relacionada a cinco gradientes: latitudinal, de precipitação, edáfico, altitudinal e intercontinental (Gentry, 1988; Clinebell *et al.*, 1995). No presente estudo pôde-se observar a influência indireta da precipitação, altitude e latitude a partir das características de cada domínio analisado e de informações associadas aos pontos utilizados. Os principais “hotspots” se encontram em áreas onde ocorre uma variedade de tipos vegetacionais e em interface de mais de um domínio.

Este pool de espécies concentra-se em dois grandes centros de riqueza, um localizado no Nordeste e outro no Sudeste do Brasil e predominam em faixas de transição de tipos vegetacionais secos e úmidos ou sobre influência oceânica. Isso pode ser observado na Chapada Diamantina na Bahia, na Serra do Espinhaço em Minas Gerais, no Planalto da Ibiapaba no Ceará, e em áreas de Mata Atlântica no Rio de Janeiro. Nos centros de maior riqueza foi encontrado também a maior parte das espécies restritas a apenas uma localidade ou área. Isso permite inferir que tais áreas também estejam associadas a locais de maior endemismo.

A formação de fragmentos naturais, onde a riqueza é maior, poderia ser justificada pela teoria dos refúgios florestais que é favorecida por distribuições fragmentadas e descontínuas (Prance, 2000). Em *Erythroxylum*, verificou-se que o principal centro encontra-se na Bahia. Essa área já foi citada anteriormente por Werneck *et al.*, (2012) como um provável refúgio florestal; é preciso, porém, mais estudos sobre o comportamento das populações para definir melhor as áreas de refúgios e com isso propiciar planos de manejo sustentável para essas espécies.

Para algumas espécies de *Erythroxylum*, essa fragmentação ocorre formando núcleos isolados que apresentam características ambientais semelhantes. Um exemplo é a distribuição de *Erythroxylum stipulosum* que ocorre em ambientes mais restritos, especialmente onde as barreiras físicas de dispersão são maiores, apresentando como

núcleos os estados do Ceará e da Bahia. Essa espécie ocorre em tipos vegetacionais estacionais e áreas de altitudes intermediárias (361 a 948 m de altitude) (Cordeiro, 2010), esse tipo de barreira favorece processos fisiológicos e comportamentos adaptativos, que propiciam uma especiação mais intensa por processos de vicariância, contribuindo para formação de hotspots (Soberón & Peterson, 2005).

Segundo a literatura (Prado & Gibbs, 1993; Araújo *et al.*, 2004; Gomes *et al.*, 2006), a presença de algumas espécies em determinadas áreas pode ser usadas como indicadores fitogeográficos, auxiliando a delimitação de tipos vegetacionais diferentes ou a presença de áreas de transição. Os modelos gerados permitem inferir a utilização de algumas espécies como marcador fitogeográfico, como por exemplo: *E. pungens* e *E. caatingae* que podem ser tratadas como marcadoras para o domínio fitogeográfico da Caatinga, pois sua distribuição se assemelha a área determinada como influenciada pelo domínio e são restritas a este. Da mesma forma, *E. nobile* é representativa do domínio Mata Atlântica para o Nordeste.

De acordo com Gaston (2003), na modelagem de nicho é importante delimitar qual o tamanho das populações amostrais e a área a ser analisada. Para *Erythroxyllum*, a maioria das espécies não tiveram amostras suficientes para a elaboração de modelos. Além disso, nem todas as espécies para as quais foram gerados modelos tiveram a distribuição real bem delimitada pelo modelo elaborado, devido a problemas que serão discutidos mais a frente. Porém, os modelos para o gênero e seções tiveram sua distribuição bem representada.

Segundo a literatura, o programa MaxEnt é usado como um algoritmo considerado bom para modelos com poucos pontos (Hernandez *et al.*, 2006; Bean *et al.*, 2011). Porém, no presente estudo, pode-se observar que a produção de modelos para áreas de grande extensão pode resultar em alguns erros na distribuição produzida, tais como o descarte de pontos extremos como aconteceu com *Erythroxyllum mikanii*.

Alguns modelos sugerem uma área potencial de ocorrência maior do que aquela onde se tem informação da presença da espécie e isso pode ocorrer devido à existência da espécie em áreas ainda não visitadas ou à presença de espécies taxonomicamente próximas, como sugere a definição de conservantismo filogenético de nicho (Webb *et al.*, 2002). Nesses casos, a modelagem é uma ferramenta útil para apontar áreas prováveis para a busca de determinada uma espécie, ou áreas de ocorrência de outro táxon que sejam filogeneticamente próximos, como por exemplo, da mesma seção.

Além disso, o gênero *Erythroxylum* possui espécies de difícil delimitação taxonômica devido a grande variedade de polimorfismos, dentre as quais *Erythroxylum flaccidum* e *E. subrotundum* (ambos da sect. *Archerythroxylum*); *E. suberosum* var. *denudatum* (sect. *Macrocalyx*) e *E. rimosum* (sect. *Rhabdophyllum*). Essas espécies tiveram mapas com certo grau de sobreposição, em alguns casos a espécie não ocorria no local, mas a espécie semelhante sim. Nesses casos, os modelos gerados podem ajudar a inferir sobre a semelhança entre espécies ou mesmo possíveis sinonímias.

*Erythroxylum martii* teve o mapa de distribuição mais restrito, porém o mapa não mostrou a distribuição total prevista por Loiola (2012) que inclui o estado do Tocantins, para onde não foram encontradas pontos georreferenciados.

Três espécies apresentaram distribuição mais extrema para a região Sul do país e ocorrem no domínio Mata Atlântica: *E. ambiguum*, *E. cuspidifolium* e *E. gonocladum*. Essas três espécies apresentaram modelo mostrando distribuição mais ampla do que aquela apresentada pela literatura (Amaral, 1980; Sobral, 1987). As áreas onde as espécies potencialmente poderiam ocorrer são semelhantes e podem ser representativas de indícios de que, apesar de apresentar características favoráveis para a existência da espécie. Outros fatores podem estar influenciando na ausência das espécies tais como barreiras geográficas e filtros não analisados no presente estudo.

Segundo Plowman & Hensold (2004) o gênero apresenta distribuição tropical, sendo assim, já era esperado que a riqueza de espécies fosse bastante diminuída em áreas próximas ao Trópico de Capricórnio. Os modelos para as espécies que ocorrem no extremo da distribuição comprovam essa diminuição considerável abaixo do Trópico, como comprovado nos países próximos como, por exemplo, a Argentina que apresenta apenas cinco espécies.

A falta de dados referentes ao domínio Amazônia pode ser observada pela clara tendência de presença para esse domínio. Em cada domínio avaliado, os modelos de distribuição mostraram áreas de maior ou menor probabilidade para a ocorrência das espécies consideradas. Algumas dessas áreas podem ser utilizadas para a escolha e direcionamento de novas coletas para ampliar o conhecimento sobre a distribuição atual das espécies do grupo taxonômico. Com dados não apenas de presença verdadeira mas também de ausência. Particularmente interessante foi a extensa área prevista como potencial para a ocorrência das espécies do gênero na região Amazônica. O que sustenta a necessidade de mais coletas para essa região.

Algumas seções tiveram sua distribuição limitada a somente um domínio. Pode-se observar padrões tanto para a delimitação dos domínios como também em relação a qual centro de riqueza cada uma está relacionada. O número de espécies não foi o maior diferencial para a delimitação espacial e extensão de cada seção. Em geral, aquelas que apresentaram distribuição restrita ao domínio Mata Atlântica apresentaram modelos mais restritos. Sendo assim, domínios mais restritos podem estar ligados a áreas litorâneas e úmidas, enquanto que domínios com distribuição maior ocorreriam em áreas mais secas e mais distantes da ação oceânica.

Segundo Emche *et al.* (2011), as seções taxonômicas propostas por Schulz (1907) não formam grupos monofiléticos. Apesar de ser possível observar certa delimitação espacial, os limites de distribuição não são claros. Algumas seções tiveram distribuição muito semelhante e com diferentes níveis de sobreposição, o que sugere que essas podem pertencer a uma única seção.

## **CONCLUSÕES**

As espécies analisadas de *Erythroxylum* endêmicas ao Brasil apresentam-se distribuídas pela costa Nordeste e Sudeste desse país, seguindo em direção ao interior, e têm como principal centro de riqueza a região Nordeste. Essas espécies estão bem distribuídas em formações vegetacionais úmidas e secas associadas aos quatro domínios estudados (Amazônia, Mata Atlântica, Cerrado e Caatinga) e respondem a alguns gradientes na distribuição (altitude, latitude, precipitação). As seções taxonômicas apresentaram diferentes comportamentos e aquelas que apresentaram distribuição mais restrita encontram-se representadas em apenas um domínio.

Estudos filogenéticos e análise de endemismo, a posteriori, são importantes para elucidar mais profundamente a distribuição e permitir ampliar os conhecimentos sobre os centros de riqueza e a formação da atual distribuição das espécies desse gênero em território brasileiro.

## **AGRADECIMENTOS**

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de mestrado concedida à primeira autora; ao Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais pelo apoio financeiro que possibilitou ida à Universidade



de Campinas para discussão dos dados junto ao Professor Dr. Fernando Roberto Martins e à Professora Dra. Ingrid Koch da Universidade Federal de São Carlos/Sorocaba pela liberação da licença dos programas utilizados e discussão dos dados.

## REFERÊNCIAS

- Ab'saber, A.N. (1983) O domínio dos cerrados: introdução ao conhecimento. *Revista do servidor público*, **111**, 41-55.
- Ab'saber, A.N. (2003) *Os domínios de natureza no Brasil: potencialidades paisagísticas*, 4<sup>th</sup> ed., p. 159, Ateliê ed., São Paulo.
- Al-Kandari, N.M. & Jolliffe, I.T. (2005) Variable selection and interpretation of correlation principal component. *Environ metrics*, **16**, 659-672.
- Amaral Jr., A. (1980) Erithroxiláceas. *Flora ilustrada Catarinense. Erit.* (ed por R.Reitz) pp. 1-64, Herbário Barbosa Rodrigues – HBR ed, Itajaí.
- Amaral Jr., A. (1996) Erythroxyaceae. *Flora fanerogâmica da Ilha do Cardoso*, vol 4, (ed by M.M.F Melo, F. Barros, S.A. Chiea, M. Kirizawa, S.L. Jung-Mendaçolli, & M.G.L. Wandelely), pp. 71-78, Instituto de Botânica de São Paulo ed, São Paulo.
- Andrade-Lima, D. (1981) The caatinga dominium. *Revista brasileira de botânica*, **4**, 149-153.
- Araújo, M.M., Longhi, S.J., Brena, D.A., Barros, P.L.C. & Franco, S. (2004) Análise de agrupamento da vegetação de um fragmento de floresta estacional decidual aluvial, Cachoeira do Sul, RS, Brasil. *Ciência Florestal*, **14**, 133-147.
- Barbosa, A.V.G. & Amaral Jr., A. (2001) Flora dos estados de Goiás e Tocantins: Erythroxyaceae. *Coleção Rizzo*, **29**, 9-73.
- Barry, S. & Elith, J. (2006) Error and uncertainty in habitat models. *Journal of Applied Ecology*, **43**, 413-423.
- Batalha, M.A. (2011) O cerrado não é um bioma. *Biota neotropica*, **11**, 21-24.
- Bean, W.T., Stafford, R. & Brashares, J.S. (2011) The effects of small sample size and sample bias on threshold selection and accuracy assessment of species distribution models. *Ecography*, **34**, 1-9.
- Clinebell, R.R., Phillips, O.L., Gentry, A.H., Stark, N. & Zuuring, H. (1995) Prediction of neotropical tree and liana species richness from soil and climatic data. *Biodiversity and conservation*, **4**, 56-90.
- Coutinho, L.M. (1978) O conceito de cerrado. *Revista brasileira de botânica*, **1**, 17-23.
- Dubs, B. (1998) Erythroxyaceae. *Prodromus florum matogrossensis*. **1**, 94-97.
- Diva-Gis 7.5 – Programa Diva-Gis, Disponível em: <http://www.diva-gis.org/>. (acesso em: 22 Nov. 2012).

- Elith, J., Graham, C.H., Anderson, R.P., Dudi, K.M., Ferrier, S., Guisan, A., Hijmans, R.J., Huettmann, F., Leathwick, J.R., Lehmann, A., Li, J., Lohmann, L.G., Loiselle, B.A., Manion, G., Moritz, C., Nakamura, M., Nakazawa, Y., Overton, J.Mcc., Peterson, A.T.; Phillips, S.J., Richardson, K.S., Scachetti-Pereira, R., Schapire, R.E., Sobero N, J., Williams, S., Wisz, M.S. & Zimmermann, N.E. (2006) Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, **29**, 129-151.
- Emche, S.D., Zhang, D., Melissa B.I.; Bailey, B.A. & Meinhardt, L.W. (2011) AFLP Phylogeny of 36 *Erythroxylum* species: genetic relationships among *Erythroxylum* species inferred by AFLP analysis. *Tropical Plant Biology*, **4**, 126-133.
- ESRI - *Environmental Systems Research Institute*. Inc.:Arcgis. Version 9.3. Redlands, Ca, (2009). Disponível em: <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=welcome> (acesso em: 17 Dez. 2012).
- Fawcett, T. (2003) *ROC graphs: notes and practical considerations for data mining researchers*, p.28, HP Laboratories, Palo Alto.
- Gaston, K. (2003) *The structure and dynamics of geographic ranges*, p. 266, Oxford University Press, Oxford.
- Gentry, A.H. (1988) Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. *Annals of the Missouri botanical garden*, **75**, 1-34.
- Gomes, A.P.S., Rodal, M.J.N. & Melo, A.L. (2006) Florística e fitogeografia da vegetação arbustiva subcaducifólia da Chapada de São José, Buíque, PE, Brasil. *Acta botânica brasílica*, **20**, 37-48.
- Hernandez, P.A., Graham, C.H., Master, L.L. & Albert D.L. (2006) The effect of sample size and species characteristics on performance of different species distribution modeling methods. *Ecography*, **29**, 773-785.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E., Parra, J.L., Jones P.G. & Jarvis, A. (2005) Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International journal of climatology*, **25**, 1965-1978.
- Hijmans, R.J., Cameron, S.E. & Parra, J.L. (2006) *Worldclim global climate layers Version 1.4*. Disponível em: [www.worldclim.org/](http://www.worldclim.org/) (acesso em: 22 Out. 2012)
- Hubbell, S.P. (2001) *The unified neutral theory of biodiversity and biogeography*, p. 448, Princeton university press. Princeton.

- Huston, M.A. & Deangelis, D.L. (1994) Competition and coexistence: the effects of resource transport and supply rates. *American naturalist*, **144**, 954-977.
- Hutchinson, G. (1957) Concluding remarks. *Cold spring harbor symposia on quantitative biology*, **22**, 415-427.
- IBGE – Instituto brasileiro de geografia e estatística, Mapas interativos. Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/> (acesso em: 21 Jul. 2012).
- Kress, W.J., Heyer, W.R., Acevedo, P., Coddington, J., Cole, D., Erwin, T.L., Meggers, B.L., Pogue, M., Thorington, R.W., Vari, R.P., Weitzman, M.J. & Weitzman, S.W. (1998) Amazonian biodiversity: assessing conservation priorities with taxonomic data. *Biodiversity and conservation*, **7**, 1577-1587.
- Loiola, M.I.B. (2004) Flora de Grão Mogol, Minas Gerais: Erythroxyloaceae. *Boletim de botânica da universidade de São Paulo*, **22**, 101-108.
- Loiola, M.I.B. (2006) Erythroxyloaceae. *Checklist das plantas do Nordeste brasileiro: Angiospermas e Gymnospermas*. (ed por M.R.V. Barbosa, C. Sothers, S. Mayo, C.F.L. Gamarra-Rojas & A.C. Mesquita), 1<sup>th</sup> ed., pp. 70-71, Ministério de ciência e tecnologia, Brasília.
- Loiola, M.I.B., Agra, M.F., Baracho, G.S. & Queiroz, R.T. (2007) Flora da Paraíba, Brasil: Erythroxyloaceae Kunth. *Acta botanica brasílica*, **21**, 473-487.
- Loiola, M.I.B. (2012) Erythroxyloaceae. In: *Lista de espécies da flora do Brasil*. Jardim botânico do Rio de Janeiro. Rio De Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB000111>. (acesso em: 20 Set. 2012)
- Loiola, M.I.B. & Cordeiro, L. S. (2012) Diversidade florística nas cangas do quadrilátero ferrífero: Erythroxyloaceae. *Diversidade florística nas cangas do quadrilátero ferrífero* (ed por C.M. Jacobi & F.F. Carmo), pp. 120-121, Código Ed., Belo Horizonte.
- Macarthur, R. & Levins, R. (1967) The limiting similarity, convergence, and divergence of coexisting species. *American naturalist*, **101**, 377-385.
- Magurran, A.M. & Henderson, P.A. (2003) Explaining the excess of rare species in natural species abundance distribution. *Nature*, **422**, 714-716.
- Mcgill, B.J. (2003) A test of the unified neutral theory of biodiversity. *Nature*, **422**, 881-885.
- Mendonça, J.O., Cervi, A.C. & Guimarães, O.A. (1998) O gênero *Erythroxyllum* P.Browne (Erythroxyloaceae) do estado do Paraná, Brasil. *Brazilian archives of biology and technology*, **41**, 349-358.

- Mendonça, R.C., Felfili, J.M., Walter, B.M.T., Silva-Jr., M.C., Rezende, A.V., Filgueiras, T.S., Nogueira, P.E. & Fagg, C.W. (2008) Flora Vascular Do Cerrado: Checklist Com 12.356 Espécies. *Cerrado: ecologia e flora* (ed por S.M Sano, S.P Almeida, & J.F Ribeiro), pp. 417-1279, Embrapa-Cpac, Planaltina.
- Mittelbach, G.G., Schemske, D.W., Cornell, H.V., Allen, A.P., Brown, J.M., Bush, M.B., Harrison, S.P., Hurlbert, A.H., Knowlton, N., Lessios, H.A., McCain, C.M., Mccune, A.R., Mcdade, L.A., Macpeek, M.A., Near, T.J., Price, T.D., Ricklefs, R.E., Roy, K., Sax, D.F., Schluter, D., Sobel, J.M. & Turelli, M. (2007) Evolution and the altitudinal diversity gradient. *Ecology letters*, **10**, 315-331.
- Nicholson, J.D., Boulinier, T., Hines, J.E., Pollock, K.H. & Sauer, J.R. (1998) Inference methods for spatial variation in species richness and community composition when not all species are detected. *Conservation biology*, **12**, 1390-1398.
- Olson, D.M., Dinerstein, E., Wikramanayake, E.D., Burgess, N.D., Powell, G.V.N., Underwood, E.C., D'Amico, J.A., Itoua, I., Strand, H.E., Morrison, J.C., Loucks, C.J., Allnutt, T.F., Ricketts, T.H., Kura, Y., Lamoreux, J.F., Wettengel, W.W., Hedao, P. & Kassem, K.R. (2001) Terrestrial ecoregions of the world: a new map of life on earth. *BioScience*, **51**, 933-938.
- Oliveira-Filho, A.T. & Fontes, M.A.L. (2000) Patterns of floristic differentiation among Atlantic Forests in Southeastern Brazil, and the influence of climate. *Biotropica*, **32**, 793-810.
- Patrício, M.C.B. & Pirani, J.R. (2002) Flora da Serra do Cipó, Minas Gerais: Erythroxyloaceae. *Boletim botânico da universidade de São Paulo*, **20**, 503-61.
- Pando, B.B. & Giles, J.P. (2007) Aplicación de modelos de distribución de especies a la conservación de la biodiversidad en el Sureste de la Península Ibérica, *Geofocus*, **7**, 100-119.
- Phillips, S.J., Anderson, R.P. & Schapire, R.E. (2006) Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological modelling*, **190**, 231-259.
- Plowman, T.C. & Berry, P.E. (1999) Erythroxyloaceae. *Flora of the Venezuelan Guayana*, vol 5, (ed por J. Steyermark, P. Berry, B. Holst & K. Yatskievych), pp. 59-71, Missouri botanical garden press. St. Louis.
- Plowman, T. & Hensold, N. (2004) Names, types and distribution of Neotropical species of *Erythroxyllum* (Erythroxyloaceae). *Brittonia*, **56**, 1-53.
- Prado, D.E. & Gibbs, P.E. (1993) Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. *Annals Missouri Botanical Garden*, **80**, 902-927.

- Prance, G.T. (2000) The failure of biogeographers to convey the conservation message. *Journal of Biogeography*, **27**, 51-57.
- R Development Core Team. R: A Language And Environment For Statistical Computing. *R. Foundation For Statistical Computing* (2010) Vienna, Austria. Disponível em: <http://www.r-project.org>. (acesso em: 12 Out. 2012).
- Ratter, J.A., Bridgewater, S. & Ribeiro, J.F. (2006) Patterns of the biodiversity woody vegetation of the brazilian Cerrados. *Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation* (ed por R.T. Pennington, G.P. Lewis & J.A. Ratter), pp. 31-58, CRC Press, New York.
- Rizzini, C.T. (1979) *Tratado de fitogeografia do Brasil - aspectos sociológicos e florísticos*. vol. 2, p. 747, Hucitec-Edusp ed., São Paulo.
- Schemske, D.W., Husband, B.C., Ruckelshaus, M.H., Gooldwille, C., Parker, I.M. & Bishop, J.H. (1994) Evaluating approaches to the conservation of rare and endangered plants. *Ecology*, **75**, 584-606.
- Schulz, O.E. (1907) Erythroxyloaceae. *Das Pflanzenreich* (ed por A. Engler), **4**, 134, 1-164. Akademie der wissenschaften preuss, Leipzig.
- SPECIESLINK - Sistema De Informação Distribuído Para Coleções Biológicas (2012) Disponível em: [www.splink.cria.org.br/](http://www.splink.cria.org.br/) (acesso em: 12 Out. 2012).
- Soberón, J. & Peterson, A.T. (2005) Interpretation of models of fundamental ecological niches and species distributional areas. *Biodiversity Information*, **2**, 1-10.
- Sobral, M. (1987) *Erythroxyllum* (Erythroxyloaceae) no Rio Grande do Sul. *Pesquisas Botânicas*, **38**, 7-42.
- Sousa, W.P. (1984) The role of disturbance in natural communities, *Annual review of ecology and systematics*, **5**, 353-391.
- Souza, M.J.N., Martins, M.L.R., Soares, Z.M.L., Freitas Filho, M.R., Almeida, M.A.G., Pinheiro, F.S.A., Sampaio, M.A.B., Carvalho, G.M.B.S., Soares, A.M.L., Gomes, E.C.B. & Silva, R.A. (1994) Redimensionamento da região semi-árida do Nordeste do Brasil. *Conferência nacional e seminário Latino-Americano de desertificação*. pp. 1-24, Fundação Esquel do Brasil, Fortaleza.
- Stehmann, J.R. Forzza, R.C., Sobral, M. & Kamino, L.H.Y. (2009) Gimnospermas e angiospermas. *Plantas da floresta atlântica* (ed. por J.R. Stehmann, R.C. Forzza, A. Salino, M. Sobral, D.P. Costa & L.H.Y. Kamino), pp. 27- 37, Instituto de pesquisa do Jardim Botânico, Rio De Janeiro.

- Ter Steege, H., Pitman, N., Sabatier, D., Castellanos, H., Van-der-Hout, P., Daly, D.C., Silveira, M., Phillips, O., Vasquez, R., Van-Andel, T., Duivenvoorden, J., Oliveira, A.A., Ek, R., Lilwah, R., Thomas, R., Van Essen, J., Baider, C., Maas, P., Mori, S., Terborgh, J., Vargas, P.N., Mogollon, H. & Morawetz, W. (2003) A spatial model of tree alpha-diversity and tree density for the amazon. *Biodiversity and conservation*, **12**, 2255-2277.
- Thiers, B. (2012) [Continuously Updated]. *Index Herbariorum: a global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Disponível em: <http://sweetgum.nybg.org/ih/>. (acesso em: 08 Dez. 2012).
- Veloso, H.P., Rangel Filho, A.L.R. & Lima, J.C.A. (1991) *Classificação da vegetação brasileira, adaptada a um sistema universal*, p.124, IBGE, Rio de Janeiro.
- Ward, D.F. (2007) Modelling the potential geographic distribution of invasive ant species in New Zealand. *Biological Invasions, Dordrecht*, **9**, 723–735.
- Warren, D.L. & Seifert, S.N. (2011) Ecological niche modeling in Maxent: the importance of model complexity and the performance of model selection criteria. *Ecological Applications*, **21**, 335 – 342.
- Webb, C.O., Ackerly, D.D., Mcpeek, M.A. & Donoghue, M.J. (2002) Phylogenies and community ecology. *Annual review of ecology and systematics*, **33**, 475-505.
- Werneck, F.P, Guarino, C.N., Colli, R., Sites Jr, J.R. & Costa, G.C. (2012) Climatic stability in the brazilian cerrado: implications for biogeographical connections of South American savannas, species richness and conservation in a biodiversity hotspot. *Journal of Biogeography*, **39**, 1695-1706.
- Whittaker, R. (1975) *Communities and ecosystems*, 2<sup>nd</sup> ed., p. 385, Macmillan publishing Co., New York.

Tabela 1. Espécies de *Erythroxylum* com distribuição restrita ao Brasil, com as respectivas seções, domínios fitogeográficos (MAT= Mata Atlântica; CAA= caatinga; CER= Cerrado; AMA= Amazônia) e distribuição por região/estado. \* Sem indicação do local de coleta.

Seção	Espécie	Autor	Domínio	Distribuição por região/ estado
Archerythroxylum	<i>E. ambiguum</i>	Peyr.	MAT	Sudeste (Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro), Sul (Paraná, Santa Catarina)
	<i>E. betulaceum</i>	Mart.	CAA, CER	Nordeste (Piauí, Ceará, Pernambuco, Bahia), Centro-Oeste (Goiás), Sudeste (Minas Gerais)
	<i>E. bicolor</i>	O.E.Schulz	CER	Sudeste (Minas Gerais)
	<i>E. caatingae</i>	Plowman	CAA	Nordeste (Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Bahia)
	<i>E. coelophlebium</i>	Mart.	MAT	Nordeste (Bahia), Sudeste (Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro)
	<i>E. cyclophylum</i> *	O.E.Schulz	MAT	Sudeste (São Paulo)
	<i>E. flaccidum</i>	Peyr.	MAT, CAA, CER	Nordeste (Pernambuco, Bahia), Sudeste (Minas Gerais)
	<i>E. gracilipes var. exareolatum</i> *	O.E.Schulz	AMA	Norte (Amazonas)
	<i>E. löefgrenii</i>	Diogo	CER, CAA	Nordeste (Ceará, Bahia), Sudeste (Minas Gerais)
	<i>E. mamacoca</i>	Mart.	AMA	Norte (Acre)
	<i>E. martii</i>	Peyr.	MAT	Norte (Tocantins), Nordeste (Bahia)
	<i>E. nummularia</i>	Peyr.	CAA, CER	Nordeste (Piauí, Pernambuco, Bahia), Sudeste (Minas Gerais, Espírito Santo)
	<i>E. ochranthum</i>	Mart.	MAT	Nordeste (Paraíba, Bahia)
	<i>E. oxypetalum</i> *	O.E.Schulz	MAT, CAA	Sudeste (Minas Gerais)
	<i>E. parvistipulatum</i>	Peyr.	MAT, CER	Centro-Oeste (Goiás), Sudeste (Minas Gerais)
	<i>E. rosuliferum</i>	O.E.Schulz	CAA	Nordeste (Piauí, Ceará)



Tabela 1: continuação

Seção	Espécie	Autor	Domínio	Distribuição por região/ estado
Archerythroxyllum	<i>E. subglaucescens</i>	O.E.Schulz	CER	Nordeste (Maranhão, Piauí), Centro-Oeste (Goiás)
	<i>E. strobilaceum</i>	Peyr.	CER	Sudeste (Minas Gerais)
	<i>E. subrotundum</i>	A.St.-Hil.	MAT, CAA, CER	Nordeste (Ceará, Rio Grande do Norte, Pernambuco, Bahia, Alagoas), Centro-Oeste (Goiás, Distrito Federal), Sudeste (Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro)
	<i>E. glazioui</i>	O.E.Schulz	MAT	Sudeste (Rio de Janeiro)
	<i>E. nitidum</i>	Spreng	MAT	Nordeste (Bahia)
	<i>E. occultum</i>	Plowman	MAT	Sudeste (Rio de Janeiro)
	<i>E. santosii</i>	Plowman	MAT	Nordeste (Bahia)
Leptogramme	<i>E. ovalifolium</i>	Peyr.	MAT	Sudeste (Minas Gerais, Rio de Janeiro)
	<i>E. pulchrum</i>	A.St.-Hil.	MAT, CAA	Nordeste (Ceará, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Alagoas), Sudeste (Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro)
Macrocalyx	<i>E. arrojadoi</i>	O.E.Schulz	CER	Nordeste (Piauí, Bahia), Centro-Oeste (Goiás)
	<i>E. hamigerum</i>	O.E.Schulz	MAT, CAA	Nordeste (Bahia)
	<i>E. macrocalyx</i>	Mart.	MAT, CAA, CER	Nordeste (Bahia), Sudeste (Minas Gerais)
	<i>E. plowmani</i>	Amaral	MAT	Sudeste (Espírito Santo)
	<i>E. suberosum var. denudatum</i>	O.E.Schulz	MAT, CER	Norte (Pará), Nordeste (Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Alagoas, Ceará), Centro-Oeste (Mato Grosso, Goiás), Sudeste (Minas Gerais, Espírito Santo)
Mastigophorum	<i>E. macrochaetum</i>	Miq.	CAA	Nordeste (Pernambuco, Bahia), Sudeste (Minas Gerais)

Tabela 1: continuação

Seção	Espécie	Autor	Domínio	Distribuição por região/ estado
Megalophyllum	<i>E. magnolifolium</i>	A.St.-Hil.	MAT	Nordeste (Bahia), Sudeste (Rio de Janeiro)
	<i>E. cryptantum</i> *	O.E.Schulz	MAT	Sudeste (São Paulo, Rio de Janeiro)
	<i>E. gauudichaudii</i>	Peyr.	MAT	Sudeste (Rio de Janeiro)
	<i>E. splendidum</i>	Plowman	MAT	Nordeste (Bahia)
Mycrophyllum	<i>E. cincinnatum</i>	Mart.	MAT	Sudeste (Rio de Janeiro)
	<i>E. lancifolium</i>	Peyr.	MAT	Sudeste (Rio de Janeiro)
	<i>E. gonocladum</i>	O.E.Schulz	MAT, CER	Nordeste (Bahia), Centro-Oeste (Distrito Federal), Sudeste (Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro), Sul (Paraná, Santa Catarina)
	<i>E. cuspidifolium</i>	Mart.	MAT	Nordeste (Bahia), Sudeste (Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Rio de Janeiro), Sul (Paraná, Santa Catarina, Rio Grande do Sul)
Oxystigma	<i>E. frangulifolium</i>	A.St.-Hil.	MAT	Sudeste (Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro)
Pogonophorum	<i>E. barbatum</i>	O.E.Schulz	CAA, CER, AMA	Norte (Pará), Nordeste (Maranhão, Piauí, Ceará, Bahia), Centro-Oeste (Mato Grosso, Goiás)
Rhabdophyllum	<i>E. affine</i>	A.St.-Hil	MAT	Nordeste (Pernambuco, Bahia, Alagoas), Sudeste (Espírito Santo, Rio de Janeiro)
	<i>E. paufferense</i>	Plowman	MAT	Nordeste (Paraíba)
	<i>E. catharinense</i>	Amaral	MAT	Sudeste (São Paulo), Sul (Santa Catarina)
	<i>E. columbinum</i>	Mart.	MAT	Nordeste (Pernambuco, Bahia, Sergipe)
	<i>E. compressum</i>	Peyr.	MAT	Nordeste (Bahia)

Tabela 1: continuação

<b>Seção</b>	<b>Espécie</b>	<b>Autor</b>	<b>Domínio</b>	<b>Distribuição por região/ estado</b>
Rhabdophyllum	<i>E. tenue</i>	Plowman	MAT	Nordeste (Bahia)
	<i>E. leal-costae</i>	Plowman	MAT	Nordeste (Bahia)
	<i>E. mattos-silvae</i>	Plowman	MAT	Nordeste (Bahia)
	<i>E. membranaceum</i>	Plowman	MAT	Nordeste (Bahia)
	<i>E. mikanii</i>	Peyr.	MAT	Nordeste (Bahia, Sergipe), Sudeste (Rio de Janeiro)
	<i>E. nobile</i>	O.E.Schulz	MAT	Nordeste (Bahia, Sergipe)
	<i>E. lygoides</i>	O.E.Schulz	MAT	Sudeste (São Paulo, Rio de Janeiro)
	<i>E. longisetulosum</i>	I.Loiola & M.F.Sales	CAA	Nordeste (Bahia)
	<i>E. pungens</i>	O.E.Schulz	CAA	Nordeste (Maranhão, Piauí, Ceará, Pernambuco, Bahia)
	<i>E. revolutum</i>	Mart.	CAA	Nordeste (Piauí, Ceará, Pernambuco, Bahia, Alagoas, Sergipe)
	<i>E. rimosum</i>	O.E.Schulz	CAA	Nordeste (Piauí, Ceará, Sergipe)
	<i>E. tianguanum</i>	Plowman	CAA	Nordeste (Ceará)
	<i>E. timoteoi</i>	I.Loiola & M.F.Sales	AMA	Nordeste (Maranhão)
	<i>E. andrei</i>	Plowman	MAT, CAA	Nordeste (Bahia, Alagoas, Sergipe)
	<i>E. bezerrae</i>	Plowman	CAA, CER	Nordeste (Piauí, Ceará)
	<i>E. distortum</i>	Mart.	MAT, CAA	Nordeste (Pernambuco, Bahia)
	<i>E. engleri</i>	O.E.Schulz	AMA, CAA, CER	Norte (Pará, Tocantins ), Nordeste (Maranhão, Bahia), Centro-Oeste (Mato Grosso, Goiás, Distrito Federal, Mato Grosso do Sul), Sudeste (Minas Gerais)

Tabela 1: continuação

<b>Seção</b>	<b>Espécie</b>	<b>Autor</b>	<b>Domínio</b>	<b>Distribuição por região/ estado</b>
Rhabdophyllum	<i>E. simonis</i>	Plowman	MAT, CAA	Nordeste (Ceará, Paraíba, Pernambuco, Sergipe)
	<i>E. laetevirens</i>	O.E.Schulz	CAA, CER	Nordeste (Maranhão, Piauí, Ceará, Bahia)
	<i>E. maracasense</i>	Plowman	CAA, CER	Norte (Tocantins), Nordeste (Bahia)
	<i>E. passerinum</i>	Mart.	MAT, CER	Nordeste (Maranhão, Paraíba, Pernambuco, Bahia, Alagoas), Sudeste (Espírito Santo, Rio de Janeiro)
	<i>E. petrae-caballi</i>	Plowman	MAT, CAA	Nordeste (Bahia)
	<i>E. polygonoides</i>	Mart.	MAT, CAA, CER	Nordeste (Pernambuco, Bahia, Sergipe)
	<i>E. squamatum</i>	Sw.	AMA, MAT, CAA, CER	Norte (Roraima, Amapá, Pará, Amazonas, Tocantins, Acre, Rondônia), Nordeste (Maranhão, Ceará, Pernambuco, Bahia, Sergipe), Centro-Oeste (Mato Grosso, Goiás)
	<i>E. stipulosum</i>	Plowman	CAA, CER	Nordeste (Ceará, Bahia), Sudeste (Minas Gerais)

Tabela 2. Variações latitudinais e altitudinais observadas para as seções infragenéricas para *Erythroxylum* propostas por Schulz (1907) com distribuição restrita ao Brasil, com as respectivas seções, domínios fitogeográficos (MAT= Mata Atlântica; CAA= caatinga; CER= Cerrado; AMA= Amazônia) e distribuição por região/estado.

Seção	Latitude (Localidade)	Altitude (m)	Altitude (Localidade)	Espécies que ocorrem no ponto de mínimo e máximo			
				Latitude		Altitude	
				Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
<i>Archerythroxylum</i>	Angelina (SC) a Meruoca (Ce)	5 a 1566	Linhares (ES) a Bocaina de Minas (MG)	<i>E. subrotundum</i>	<i>E. ambiguum</i>	<i>E. nummularia</i>	<i>E. ambiguum</i>
<i>Leptogramme</i>	Ubajara (Ce) a Ubatuba (SP)	4 a 1141	Cabo Frio (RJ) a Ouro Preto (MG)	<i>E. pulchrum</i>	<i>E. pulchrum</i>	<i>E. ovalifolium</i>	<i>E. ovalifolium</i>
<i>Macrocalyx</i>	Eusébio (Ce) a Linhares (ES)	4 a 1287	Lucena (Pb) a Piatã (Ba)	<i>E. suberosum</i> var. <i>denudatum</i>	<i>E. plowmanii</i>	<i>E. suberosum</i> var. <i>denudatum</i>	<i>E. suberosum</i> var. <i>denudatum</i>
<i>Mastigophorum</i>	Floresta (Pe) a Boa Nova (Ba)	324 a 1095	Floresta (Pe) a Morro do Chapéu (Ba)	<i>E. macrochaetum</i>	<i>E. macrochaetum</i>	<i>E. macrochaetum</i>	<i>E. macrochaetum</i>
<i>Megalophyllum</i>	Castro Alves (Ba) a Rio de Janeiro (RJ)	6 a 561	Saquarema (RJ) a Camacan (Ba)	<i>E. grandifolium</i>	<i>E. magnolifolium</i>	<i>E. magnolifolium</i>	<i>E. grandifolium</i>
<i>Microphyllum</i>	Campo Alegre (AL) a Torres (RS)	5 a 1149	São Francisco do Sul (SC) a Sombrio (SC)	<i>E. gonocladum</i>	<i>E. cuspidifolium</i>	<i>E. cuspidifolium</i>	<i>E. cuspidifolium</i>
<i>Oxystigma</i>	Resende (RJ) a São Miguel Arcanjo (SP)	15 a 1685	Rio de Janeiro (RJ) a Campo Limpo Paulista (SP)	<i>E. frangullifolium</i>	<i>E. frangullifolium</i>	<i>E. frangullifolium</i>	<i>E. frangullifolium</i>
<i>Pogonophorum</i>	São Luís (Go) a Porto Seguro (Ba)	7 a 854	São Luís (Go) a Ubajara (Ce)	<i>E. barbatum</i>	<i>E. barbatum</i>	<i>E. barbatum</i>	<i>E. barbatum</i>

Tabela2: continuação

Seção	Latitude (Localidade)	Altitude (m)	Altitude (Localidade)	Espécies que ocorrem no ponto de mínimo e máximo			
				Latitude		Altitude	
				Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
<i>Rhabdophyllum</i>	Oiapoque (Ap) a Santo Amaro da Imperatriz (SC)	3 a 1440	Barra dos Coqueiros (Se) a Abaíra (Ba)	<i>E. squamatum</i>	<i>E. catharinense</i>	<i>E. passerinum</i>	<i>E. rimosum</i>

## Anexo 1: Normas para publicação da revista Diversity and Distribution

### Author Guidelines

Diversity and Distributions publishes papers that deal with conservation biogeography which is defined as "the application of biogeographical principles, theories, and analyses to problems regarding biodiversity conservation" (Whittaker et al. 2005; Diversity and Distributions, 16, 313-320).

Authors considering submitting a paper to Diversity and Distributions are encouraged to read THIS EDITORIAL for details on topics that are appropriate for the journal.

Diversity and Distributions has five main categories of articles: -

1. Biodiversions. These are editorial items solicited directly by the Editor. Unsolicited material will not normally be considered. If you have an idea for such a contribution (up to 2000 words), please contact the Editor, who will provide you with the necessary guidance for submission.

2. Biodiversity Viewpoints. This section contains short essays (usually up to 3000 words) considering biodiversity from a particular disciplinary, regional, political, or other standpoint. If you would like to contribute such an essay, please contact the Editor outlining the distinctive character of your proposed essay, its length, the number of references, and the character of any illustrations to be used.

3. Biodiversity Research and Reviews This is the core section of the journal and presents research or review articles up to 5000 words in length, but preferably shorter (the word limit refers to text from the start of the introduction to the end of the acknowledgements - i.e. excluding the title, abstract, references, figure captions, and tables). Tables should not be overlong and complicated. The Editor reserves the right to publish long tables and appendices on the journal's website, rather than in the printed version. Such a decision will only be taken after consultation with the author. A short running title should be provided. The manuscript must include an abstract of no more than 300 words structured under the headings: Aim, Location, Methods, Results, Main conclusions, and ending with a list of 6-10 keywords or phrases, arranged in alphabetical order. Three different weights of headings are available: authors should indicate the relative importance of a heading by the use of ringed capital letters. i.e. (A) for main headings; (B) for secondary headings; and, (C) for tertiary headings. The correct nomenclatural authorities for all taxa must be given on the first appearance in the text, in Tables, and in the captions to Figures, unless a general reference to a standard source is provided at an appropriate place in the manuscript. Genus names should not be abbreviated in figure captions and table headings. A biosketch entry should be included after the references section (see below).

4. Biodiversity Letters. This section presents short items (normally less than 1000 words) of general news interest with respect to biodiversity, conferences or events, computer hardware and software developments, films and videos, the law, and political debates. Brief letters to the editor are also most welcome. Lively titles are encouraged, and material should be as topical as possible. Longer letters (up to 2500 words in total) prompted by papers previously published in this or

occasionally other journals are also encouraged. Such longer communications should include a one-paragraph abstract (150 word maximum), and a list of 6-10 keywords.

#### Manuscript preparation and submission

Diversity and Distributions requires online submission of manuscripts at <http://mc.manuscriptcentral.com/ddi>. Submission online is an intuitive, step-by-step process. By submitting online, you will benefit from quicker peer-review, web-based manuscript tracking, online reviewing and faster response. You will need your manuscript and figures in a digital format. When submitting, authors should upload a single file that contains all text (including a short running title, references, tables, figure captions and appendices) and figures which should be in the same document, at the end of the document and NOT embedded in the main text.

A PDF file will be automatically created for reviewing purposes. Full instructions and support for authors can be found at the Site. To use the Site you will need a user ID and password. Go to the Journal's submission homepage (<http://mc.manuscriptcentral.com/ddi>) and click 'Create a new account' if you have not registered before, or click 'Check for existing account' if you have submitted online or reviewed online before for the Journal (or if you have forgotten your details). If you at any time experience difficulty with your online submission, please contact the Editorial Assistant at [ddi@sun.ac.za](mailto:ddi@sun.ac.za).

You will need to approve the PDF that is created to complete the submission process. Please check the PDF carefully, especially tables and figures as these are sometimes distorted in conversion to PDF.

Please note that if we notice any formatting errors in the submitted PDF, the paper will be declined immediately.

Contributing authors are requested to submit, at the time of submission of their manuscripts, a list of at least five (and ideally TEN) persons that they consider well qualified to review the submitted work (e-mail addresses must be included). The list of suggested referees should NOT include any current nor recent collaborators in work that is closely related to the topic of the submitted paper, or any persons within the same organization as any of the authors of the submitted work.

All enquiries should be directed to:

Prof. David M. Richardson

Centre for Invasion Biology (CIB)

Department of Botany and Zoology

Stellenbosch University

Private Bag X1

Matieland 7602

South Africa

Tel: +2782 902-9024

Fax: +2721 808-2995

E-mail: [rich@sun.ac.za](mailto:rich@sun.ac.za)



CIB website: [www.sun.ac.za/cib](http://www.sun.ac.za/cib)

Only papers written in English will be accepted. The journal cannot provide detailed editing of manuscripts to correct English. Where necessary, authors should have their manuscripts checked by a native English speaker before submitting their work.

#### Conflict of Interest

Diversity and Distributions requires that all authors disclose any potential sources of conflict of interest. Any interest or relationship - financial or otherwise - that might be perceived as influencing an author's objectivity is considered a potential source of conflict of interest. These must be disclosed when directly relevant or indirectly related to the work that the authors describe in their manuscript. Potential sources of conflict of interest include but are not limited to patent or stock ownership, membership of a company board of directors, membership of an advisory board or committee for a company, and consultancy for or receipt of speaker's fees from a company. The existence of a conflict of interest does not preclude publication in this journal.

It is the responsibility of the corresponding author to review this policy with all authors and to collectively list in the manuscript (under the Acknowledgment section) and in the online submission system ALL pertinent commercial and other relationships.

Corresponding authors will be asked to confirm whether or not a conflict of interest exists as part of the submission process.

Diversity and Distributions is a member of and subscribes to the principles of the Committee on Publication Ethics.

#### Abbreviations and units

SI units (metre, kilogram, etc.) are essential. Statistics and measurements should be given in figures, i.e. 10†mm, except where the number begins the paragraph. When the number does not refer to a unit of measurement, it is spelt out, except where the number is greater than 10. A list of preferred abbreviations and naming conventions is available [here](#).

#### Tables

Tables must be positioned on separate sheets, numbered consecutively (Table 1, Table 2, etc.) and grouped together after the References. Column headings should be brief: with units of measurement in parentheses. Tables should be typed as text, using 'tabs' (not spaces) to align columns. The use of table editors should be avoided. Do not use graphics software to create tables.

#### Methods

Please ensure that this section is entitled 'METHODS', and not 'MATERIALS AND METHODS'.

#### Figures, Illustrations and Maps

All illustrations (including photographs) are classified as figures and should be numbered consecutively (Fig. 1, Fig. 2, etc.), and grouped together after the Tables – they should NOT be embedded in the text.

Upon your manuscript being accepted for publication, please supply separate files containing electronic versions of your figures (see File Formats, below). Please note that your paper will go through production more quickly if instructions on content and format are followed carefully. Each figure must have a legend that makes the material completely understandable. Legends should be presented separately from the figures, in a list at the end of the manuscript. Label multi-panel figures (a), (b), (c), etc., preferably in the upper left corner, and refer to them in the text as, for example, Fig. 1(a). Please ensure that electronic artwork is prepared such that, after reduction to fit across one or two columns or two-thirds width (80 mm, 169 mm or 110 mm, respectively) as required, all lettering and symbols will be clear and easy to read, i.e. no labels should be too large or too small. Avoid using tints if possible; if they are essential to the understanding of the figure, try to make them coarse.

Maps that display area data and organism distribution at a continental, hemispheric, or world scale must always use an equal-area map projection (e.g. Mollweide or Aitoff's). Note especially that Mercator's projection is not acceptable for such data. Please indicate the precise projection employed in the caption. On these maps, the equatorial scale should be indicated, while scale information should be provided, preferably as a scale bar within the figure, for all maps of whatever size and area.

File Formats: After acceptance of your manuscript for publication, figure files should be supplied as follows. Photographic figures should be saved in tif format at 300 d.p.i. (or failing that in jpg format with low compression). Line figures should be saved as vector graphics (i.e. composed of lines, curves, points and fonts; not pixels) in eps or pdf format, or embedded as such in Word, as this enhances their display when published online. Combination figures (those composed of vector and pixel/raster elements) should also be saved in eps or pdf format where possible (or embedded as such in Word). If line figures and combination figures cannot be saved in vector graphics format, they should be saved in tif format at high resolution (i.e. 600 d.p.i.) (do not save them in jpg format). If you are unsure about the resolution of your tif files, please zoom in and check that fonts, curves and diagonal lines are smooth-edged and do not appear blocky when viewed at high magnification. Note that line and combination figures supplied in tif format are downsampled for online publication and so authors should preferentially opt for vector graphic formats for these figure types (full resolution tif files are used for print publication).

If there is colour artwork in your manuscript when it is accepted for publication, Wiley-Blackwell requires you to complete and return a Colour Work Agreement Form before your paper can be published. This form can be downloaded from [www.blackwellpublishing.com/pdf/SN\\_Sub2000\\_F\\_CoW.pdf](http://www.blackwellpublishing.com/pdf/SN_Sub2000_F_CoW.pdf). To comply with UK Payment Card Industry Data Security Standard (PCI DSS) legal requirements, it now has to be returned to the Production Editor VIA POST to the address below. This form must be received as signed hardcopy before it can be processed (please note that faxed and scanned versions of the form are NOT acceptable).

Once completed, please return the form to the Production Editor at the address below:

Farhana Hossain, Production Editor  
 Diversity and Distributions, Wiley-Blackwell,  
 1 Fusionopolis Walk  
 #07-01 Solaris South Tower,  
 Singapore 138628

(Please note that electronic or faxed copies cannot be accepted)

Any article received by Wiley-Blackwell with colour work will not be published until the form has been returned

Under exceptional circumstances, authors may request the above charges to be waived. This must be done, in writing, at the time of submission of the manuscript, and authors must justify to the Editor that inclusion of the figure(s) in colour is essential for interpretation of the results presented. If authors wish to apply for funds to cover the costs of colour printing, the Editor will provide relevant support letters to funding bodies, indicating acceptance of the paper. Note that we offer a free Colour on the Web option whereby authors can have figures printed in black and white in the journal but in colour in the online version, free of charge.

#### Appendices and Supporting Information

Appendices may be provided for important primary data, which needs to be included in the paper. If, however, these data are very extensive, or if they are of only indirect relevance to the paper, they will normally be made available in an electronic form through the Journal's web pages. Mention of the first supporting appendix, table or figure ,etc., in the text should be in the form 'see Appendix S1 in Supporting Information' [where 'S' indicates Supporting], subsequent mention should be in the form 'see Appendix S2'. Authors should then include a Supporting Information section after the References section, which should be in the following form (text in curly brackets is for completion by the author, see instructions below):

-----  
 Supporting Information

Additional Supporting Information may be found in the online version of this article:

Appendix S1 {Insert short legend to online Appendix S1}

Figure S1 {Insert short legend to online Figure S1}

Table S1 {Insert short legend to online Table S1}

As a service to our authors and readers, this journal provides supporting information supplied by the authors. Such materials are peer-reviewed and may be re-organized for online delivery, but are not copy-edited or typeset. Technical support issues arising from supporting information (other than missing files) should be addressed to the authors.

-----  
 For reasons of space, only short titles to Supporting Information should be given in this section; full titles (if different) can be given with the Supporting Information itself; full titles can include a fuller description of content, definition of abbreviations, etc. Supporting Information files are hosted by the Publisher in the format supplied by the author and are not copy-edited by the Publisher. It is

the responsibility of the author to supply Supporting Information in an appropriate file format and to ensure that it is accurate and correct. Authors should therefore prepare Supporting Information with the same rigour as their main paper, including adherence to journal style (e.g. formatting of references). Supporting Information can be provided as separate files or as one combined file. Authors are discouraged from supplying very large files or files in non-standard file formats, both of which may reduce their use to the readership. Files should be prepared without line numbers or wide line spacing, and with all track-change edits accepted. Further information on Supporting Information is available [here](#).

At proof correction stage authors will be given access to their Supporting Information (via the web) and should check it for accuracy and updates. If changes are required corrected versions of the files received with the proof must be emailed to the Production Editor, with a brief description of the changes made. Supporting Information must be checked alongside the main proof and corrections for both returned to the Production Editor at the same time.

#### Biosketch/Biosketches

A short Biosketch/Biosketches entry (30-100 words for one author/150 words for the first three authors, respectively) describing the research interests of the author(s) should be provided. For papers with 4 or more authors, biosketch details should be supplied for the first author only; alternatively, a general statement of the focus of the research team (a link to a group web page is encouraged) should be provided, together with a statement of author roles, e.g. Author contributions: A.S. and K.J. conceived the ideas; K.J. and R.L.M. collected the data; R.L.M. and P.A.K. analysed the data; and A.S. and K.J. led the writing.

#### References

We recommend the use of a tool such as EndNote for reference management and formatting. [Click here](#) to download the most up to date EndNote reference style for Diversity and Distributions. References should be made by giving the author's name with the year of publication in parentheses. When reference is made to a work by three authors or more, only the first name and et al. should be given in the citation. All authors' names should be listed in the reference itself. If several papers by the same author and from the same year are cited, a, b, c, etc., should be inserted after the year of publication. References must be listed in alphabetical order at the end of the paper in the following standard form:

Cox, C. B. & Moore, P. D. (1999) *Biogeography: an ecological and evolutionary approach*, 6th edn. Blackwell Science Ltd, Oxford.

May, R.M. (1994) The effects of spatial scale on ecological questions and answers. *Large-scale ecology and conservation biology* (ed. by P.J. Edwards, R.M. May and N.R. Webb), pp. 1-17. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Prentice, I.C., Guiot, J., Huntley, B., Jolly, D. & Cheddadi, R. (1996) Reconstructing biomes from palaeoecological data: a general method and its application to European pollen data at 0 and 6 ka. *Climate Dynamics*, 12, 185-194.

Please note that titles of journals should be written in full. Unpublished data, works in preparation and papers submitted but not yet accepted may be cited in the text, giving the author's initials and surname, but should not be included in the reference list.

It is imperative that you follow the above format for your references. ANY deviation from the required format WILL result in the paper being RETURNED TO THE AUTHOR FOR CORRECTION.

#### Copyright Transfer Agreement

Authors will be required to sign an Copyright Transfer Agreement (CTA) for all papers accepted for publication. Signature of the CTA is a condition of publication and papers will not be passed to the publisher for production unless a signed form has been received. Government employees need to complete the Author Warranty sections, although copyright in such cases does not need to be assigned. After submission authors will retain the right to publish their paper in various medium/circumstances (please see the form for further details). To assist authors an appropriate form will be supplied by the editorial office. Alternatively, authors may like to download a copy of the form [www.wiley.com/go/ctaaglobal](http://www.wiley.com/go/ctaaglobal). The form should be returned by post, fax or e-mail attachment to:

Farhana Hossain, Production Editor  
Diversity and Distributions, Wiley-Blackwell,  
1 Fusionopolis Walk  
#07-01 Solaris South Tower,  
Singapore 138628  
Fax: (65) 6643 8008; (65) 6643 8599  
E-mail: [ddi@wiley.com](mailto:ddi@wiley.com)

#### Online Open

OnlineOpen is available to authors of primary research articles who wish to make their article available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article. With OnlineOpen, the author, the author's funding agency, or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley Online Library, as well as deposited in the funding agency's preferred archive. For the full list of terms and conditions, see [http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen\\_Terms](http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen_Terms).

Any authors wishing to send their paper OnlineOpen will be required to complete the payment form available from our website at:

[https://authorservices.wiley.com/bauthor/onlineopen\\_order.asp](https://authorservices.wiley.com/bauthor/onlineopen_order.asp)

(Please note this form is for use with OnlineOpen material ONLY.)

Prior to acceptance there is no requirement to inform an Editorial Office that you intend to publish your paper OnlineOpen if you do not wish to. All OnlineOpen articles are treated in the same way as any other article. They go through the journal's standard peer-review process and will be accepted or rejected based on their own merit.

Referrals to the Open Access Journal "Ecology and Evolution"

Diversity and Distributions works together with Wiley's Open Access Journal, Ecology and Evolution, to enable rapid publication of good quality research that is unable to be accepted for publication by our journal. Authors will be offered the option of having the paper, along with any related reviews, automatically transferred for consideration by the Editor of Ecology and Evolution. Authors will not need to reformat or rewrite their manuscript at this stage, and publication decisions will be made a short time after the transfer takes place. The Editor of Ecology and Evolution will accept submissions that report well-conducted research which reaches the standard acceptable for publication. Accepted papers can be published rapidly: typically within 15 days of acceptance. Ecology and Evolution is a Wiley Open Access journal and article publication fees apply. For more information please go to [www.ecolevol.org/info](http://www.ecolevol.org/info).

#### Proofs

The corresponding author will receive an email alert to download an PDF file of the proof. Acrobat Reader will be required in order to read this file. This software can be downloaded (free of charge) from the following Web site:

<http://www.adobe.com/products/acrobat/readstep2.html>

This will enable the file to be opened, read on screen, and printed out in order for any corrections to be added. Further instructions will be sent with the proof. Proofs will be posted if no e-mail address is available. The proofs should be returned to the Production Editor within two weeks of receipt. Major alterations to the text and illustrations are only accepted when absolutely necessary; the additional costs may be charged to the author.

#### Offprints

Free access to the final PDF offprint of your article will be available via Author Services only. Please therefore sign up for Author Services if you would like to access your article PDF offprint and enjoy the many other benefits the service offers. This free access replaces any free paper copies, and you will not be sent a PDF. You may also nominate up to 10 colleagues for free access. All accesses from Author Services count towards the usage of your article. Additional paper copies may be purchased and should be ordered when proofs are returned. Offprints are normally sent out about 3 weeks after publication.

#### Policy on the use of RAPD markers

The appropriateness of RAPD markers for population genetic inference is increasingly questioned by our reviewers and editors because of concerns about reproducibility, dominance, and homology. Given these worries, and the ready availability of other kinds of markers that do not suffer from all of these problems, studies based primarily on RAPDs only rarely pass the scrutiny of peer review in Diversity and Distributions. Of course, there may be situations in which RAPDs are appropriate, such as in genetic mapping studies or in searches for diagnostic markers for a given species or trait. These latter kinds of studies will continue to be reviewed by the journal.

#### Policy on molecular sequences

It is a condition of publication that papers using new molecular sequences must place the sequences in an appropriate database (e.g. GenBank). Relevant accession numbers should be provided in the final manuscript. Accession numbers are required for all sequences used in analyses, including existing sequences in databases.

Online production tracking is available for your article through Wiley-Blackwell's Author Services

Author Services enables authors to track their article – once it has been accepted – through the production process to publication online and in print. Authors can check the status of their articles online and choose to receive automated e-mails at key stages of production. The author will receive an e-mail with a unique link that enables them to register and have their article automatically added to the system. Please ensure that a complete e-mail address is provided when submitting the manuscript. Visit <http://authorservices.wiley.com/bauthor/> for more details on online production tracking and for a wealth of resources including FAQs and tips on article preparation, submission and more.

## **CAPITULO 2. MODELAGEM DE NICHOS DE ESPÉCIES DE *ERYTHROXYLUM* ENDÊMICAS DO BRASIL, A PARTIR DE PREDITORES AMBIENTAIS**

**L.S.Cordeiro, F.R.Martins e M.I.B.Loiola**

L.S.Cordeiro (ls.cordeiro@yahoo.com.br) and M.I.B.Loiola, Programa de Pós-graduação em Ecologia e Recursos Naturais, Departamento de Biologia, Universidade Federal do Ceará, Campus do Pici, 60455-760, Fortaleza, Ceará, Brasil - F.R.Martins, Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas, 13081-970 Campinas, São Paulo, Brasil.

### Resumo

As plantas têm sua distribuição influenciada por inúmeros fatores que agem como facilitadores mantenedores ou inibidores. Esses fatores atuam controlando o tamanho e a capacidade de dispersão para novas áreas. Variáveis ambientais são mais facilmente mensuráveis e podem atuar como demarcadores dos limites de distribuição, a partir das necessidades de cada população ou de cada espécie. A diferença de riqueza em áreas diversas ajuda a demarcar como essas variáveis estariam agindo sobre a distribuição. Da mesma forma, análises de endemismos auxiliam na definição de padrões de respostas associados a variáveis diferentes. Nesse sentido, o presente estudo utiliza modelos de distribuição espacial como ferramenta para delimitar padrões de resposta para espécies do gênero *Erythroxylum* endêmicas ao Brasil (exceto as espécies registradas na região Norte). Foram gerados modelos que tiveram como variáveis resposta os índices de riqueza e endemismo corrigidos. Foram também determinadas áreas de endemismos verdadeiros através de uma análise de parcimônia de endemismo. Os modelos gerados estão de acordo com as condições e fatores ambientais observadas nas áreas de maiores endemismos, regiões Nordeste e Sudeste do Brasil. Em geral, as espécies de *Erythroxylum* ocorrem em ambientes com marcada estacionalidade climática. A riqueza diminui à medida que se aproxima do trópico de Capricórnio, tendo apenas pequenas áreas após o trópico. Os endemismos ocorrem em terrenos mais antigos, com solos expostos e rasos, em regiões de sotavento, nas mais variadas de altitudes.



O conceito de heterogeneidade espacial refere-se à distribuição de um dado recurso em um ambiente determinado (Jacobi, 1992). Assim, os indivíduos de uma espécie em uma comunidade podem estar distribuídos na área ao acaso, em intervalos regulares ou agrupados, formando manchas (Barreto 1999).

A distribuição espacial dos indivíduos é a chave para entender como os recursos são usados pelas populações e garantir o sucesso reprodutivo, evitando extinção local (Condit et al. 2000, Götzenberger et al. 2011). A ocorrência de diferentes micro-habitats em uma área e a maior adaptabilidade da população a um deles pode resultar em um padrão agregado devido às variações ambientais presentes (Barreto 1999).

A observação da heterogeneidade espacial em comunidades tem recebido atenção crescente, não só devido a dificuldades na delimitação amostral, mas também por causa de suas implicações funcionais para a biodiversidade (Murrell et al. 2001, Stoll e Prati 2001, Lieberman e Lieberman 2007).

A distribuição das populações resulta de vários fatores, tais como a dispersão, os padrões históricos de especiação e migração, fatores bióticos e abióticos, ou a soma de variáveis que podem atuar simultaneamente (Bell 2001, Chase 2003, Urich 2004, Ejrnæs et al. 2006, Götzenberger et al. 2011). Outros acontecimentos geológicos foram fundamentais para a origem das espécies e contribuíram significativamente para a atual distribuição (Gentry 1982, Behling e Hooghiemstra 2001, Pennington 2009).

Segundo Keith et al. (2008), as flutuações nas condições climáticas e o contexto temporal são os responsáveis pela atual organização espacial das espécies, pois atuam na disponibilidade de recursos para sua manutenção. Já para Hawkins et al. (2003) e Whittaker et al. (2007), a hipótese do clima ‘contemporâneo’ sugere que a disponibilidade imediata de recursos limita a densidade populacional e, conseqüentemente, o número de espécies que podem coexistir em uma determinada região.

Os padrões de distribuição de populações podem auxiliar na observação do comportamento e na resposta das espécies a condições ambientais. Uma forma de analisar tais condições é a utilização de indicadores de diversidade, tais como índices de diversidade, endemismo e riqueza (Huston e Deangelis 1994, Magurran e Henderson 2003). Para alguns autores (Myers et al. 2000, Kier e Barthlott 2001, Brooks et al. 2006, Kier et al. 2009, Burlakova et al. 2011) o endemismo e a riqueza são as mais importantes variáveis para que se possa analisar áreas com maior prioridade de conservação.

Em plantas, a análise de riqueza e endemismo permite a observação associada à influência ambiental e de espaço e auxilia inferir sobre os processos de dispersão e vicariância (Wilcox e Murphy 1985).

As espécies podem apresentar diferentes níveis de restrições a variáveis ambientais. Em geral, espécies tropicais respondem favoravelmente a condições ambientais que apresentam menor variação (Mittelbach 2007, Lomolino et al. 2006).

Assim espécies com distribuição restrita a região Tropical apresentam padrões de resposta exclusivos para climas quentes e que variam de úmidos a secos. Para o presente estudo foram selecionadas as espécies do gênero *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae). Esse gênero é exclusivamente tropical e, por tanto, tem sua distribuição associada a condições ambientais de tipos vegetacionais que ocorrem nessa região.

Para o Brasil, o gênero apresenta ampla distribuição e possui 120 táxons em seu território, dos quais 74 são endêmicos (Loiola 2012). Esse número correspondendo a aproximadamente 50% das espécies de *Erythroxylum* reconhecidas para a região pantropical (Schulz 1907, Plowman e Hensold 2004).

Esse gênero é alvo de exploração por apresentar valor farmacológico e algumas espécies são cultivadas para extração de alcalóides como a cocaína: *Erythroxylum coca* var. *coca*, *E. coca* var. *ipadu*, *E. novogranatense* var. *novogranatense* e *E. novogranatense* var. *truxillense* (Emche et al. 2011), e a catuaba: *Erythroxylum vacciniifolium* e *Erythroxylum amplifolium* (Silva 2005). Pesquisas com espécies nativas têm sido realizadas em estudos taxonômicos e floras locais (Plowman 1983, 1984, 1986 e 1987, Amaral Jr. 1976a, 1976b, 1980, 1996, Barbosa e Amaral 2001, Loiola 2001, 2004, 2006, 2007, 2009, 2012, Loiola e Cordeiro 2012); ensaios para extração e caracterização de alcalóides (Corrêa 1984, Machado 1972, Ansell et al. 1993) e estudos fitossociológicos (Plowman e Rivier 1983, Zuanazzi et al. 2001, Chen et al. 2009).

O gênero teve origem no continente africano e ocorre em toda a região pantropical (Plowman e Hensold 2004). No Brasil, *Erythroxylum* foi registrado nos domínios Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica, tendo os principais hotspots na Mata Atlântica e Caatinga na região Nordeste (Loiola 2012, Cordeiro et al. 2013, em elaboração).

Muitos são os fatores que podem influenciar a distribuição e essa pode ser justificado por filtros bióticos e abióticos (Götzenberger et al. 2011). Esses últimos podem ser explicados por variáveis ambientais ou pela delimitação espacial (Barreto 1999). A hipótese desse trabalho é a de que os filtros abióticos são os principais responsáveis pela atual distribuição das espécies de *Erythroxylum* endêmicas do Brasil.

Como consequência da hipótese espera-se que: se as variáveis ambientais forem as responsáveis pela atual conformação das espécies, então as áreas para sua conservação são aquelas que apresentam as condições ambientais necessárias para manutenção, e a presença de condições desfavoráveis não restringe a dispersão, mas a germinação. Por outro lado, se os filtros espaciais forem os responsáveis, então as áreas para conservação das espécies são consideradas maiores por abranger toda a extensão onde é possível encontrar a espécie. Sendo assim, o que impede uma maior distribuição são barreiras geográficas ou a distância entre as áreas.

O objetivo do estudo foi investigar quais filtros abióticos são os responsáveis pela atual distribuição de *Erythroxylum*, a partir dos registros de ocorrências das espécies, levando em consideração áreas de endemismo e riqueza do gênero.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Delimitação do espaço amostral

O presente estudo foi elaborado utilizando o território brasileiro sem os estados da região norte. Essa escolha deveu-se a insuficiência de dados para o domínio vegetacional amazônico e também por este domínio apresentar apenas três espécies endêmicas (Cordeiro et al. 2013, em elaboração).

O Brasil se encontra quase que inteiramente em clima tropical e equatorial e somente o sul do país apresenta clima temperado (IBGE 2012). O território pode ser dividido em seis domínios fitogeográficos (Cabrera e Willink 1973, Fig. 1). De acordo com Loiola (2012), as espécies de *Erythroxylum* foram registradas nos domínios Amazônia, Caatinga, Cerrado e Mata Atlântica. A obtenção de dados sobre distribuição foi realizada a partir do Banco de Dados *on line* do Centro de Referência de Informação Ambiental - CRIA (SPECIESLINK 2012) e foram incorporados dados obtidos das seguintes fontes:

- Cerrado: o banco de dados do projeto Conservação e Manejo da Biodiversidade do Bioma Cerrado - CMBBC (Ratter et al. 2011) e do Programa de Biodiversidade Tropical do Nordeste Ecotonal (Bioten) cujo banco de dados FLORACENE (Flora dos Cerrados da região Nordeste do Brasil) (Castro et al. 2007, 2008a, 2008b) representa 10 anos de pesquisas sobre as áreas de cerrado ocorrentes no nordeste brasileiro;

- Mata Atlântica: banco de dados cedido pelo professor Fernando Roberto Martins, Universidade Estadual de Campinas (Silva e Martins, dados não publicados);
- Caatinga: informações obtidas a partir do banco de dados digital de biogeografia da Caatinga (Marcelo F. Moro, dados não publicados).

#### Elaboração de mapas

Foram elaborados mapas divididos em quadrículas de um grau por um grau. Os mapas produzidos foram elaborados a partir do mapa do Brasil disponível no site do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE e foram gerados no programa Arc-GIS 10.0 (ESRI 2010).

#### Índices

O cálculo dos índices de riqueza e endemismo corrigidos foi realizado utilizando-se o programa R (R Development Core Team 2011). Ambos os índices tiveram suas performances avaliadas pelo coeficiente de correlação de Spearman.

Riqueza corrigida (CR): a riqueza é obtida pelo total de espécies que ocorrem em cada quadrícula (Crisp et al. 2001). No entanto, em algumas áreas a distribuição dentro de uma quadrícula não se encontra bem distribuída e, por isso, faz-se necessário a correção do valor de riqueza para associar um peso a essas regiões de cada quadrícula. Esse valor é calculado dividindo-se a riqueza pelo logaritmo da área - CR (Ramírez-Barahona et al. 2011).

Endemismo corrigido (RCE): o endemismo pode ser definido como o valor de espécies restritas por célula. Tal definição e cálculo são bastante semelhantes àqueles utilizados para a obtenção do valor de riqueza (Crisp et al. 2001). Para diminuir a semelhança e permitir que os valores de endemismos por quadrícula tenham um peso de endemismo associado, Crisp et al. (2001) propôs dividir o peso de cada espécie pelo inverso da sua gama (número de células com as espécies), como um valor corrigido para o cálculo de endemismo. Dessa forma, quanto mais endemismos ocorrerem em uma respectiva célula, menor será o peso associado a ela.

#### Análise de parcimônia de endemismo

Análise de Parcimônia de Endemismo (PAE) é um algoritmo que analisa a parcimônia de matrizes de distribuição e classifica áreas baseadas na presença compartilhada dos táxons, resultando um cladograma de área (Rosen 1988). Para esse trabalho, as áreas

foram delimitadas por célula (quadrícula), como sugerido por Cracraft (1991) e foram excluídas as áreas onde ocorre somente uma espécie (Santos et al. 2007). Cada área corresponde a um grid de 1° x 1° latitude-longitude (Morrone 1994), totalizando 191 áreas analisadas e 59 táxons.

Para a elaboração da análise foi utilizado o programa Winclada (Nixon 2002), com interface com o programa complementar Nona (Goloboff 1999). Essa análise foi rodada com número máximo de árvores igual a 1000, com número de replicações igual a 100 e número de árvores iniciais para cada replicação igual a 1000 (Morrone 1994, Santos et al. 2007, Morrone 2009). O resultado obtido foi elaborado com a árvore de consenso estrito, produzida da colapso de nós não suportados pelas árvores. Foram aceitas as árvores de endemismo que apresentaram mais de duas espécies sinapomórficas (Morrone 1994).

#### Análise de autocorrelação espacial

De acordo com Legendre (1993), autocorrelação é uma propriedade muito geral de variáveis ecológicas e de todas as variáveis observadas ao longo de séries temporais (autocorrelação temporal) ou através do espaço geográfico (autocorrelação espacial). Autocorrelação espacial pode ser definida como a propriedade de variáveis aleatórias com os valores gerando pares de locais a certa distância, que são mais semelhantes (autocorrelação positiva) ou menos semelhantes (autocorrelação negativo) do que o previsto para os pares associados ao acaso.

Para a observação de endemismo e riqueza é importante testar a semelhança entre as áreas, através da análise de autocorrelação espacial entre as áreas. Dessa forma, pode-se testar se o padrão geográfico de riqueza e endemismo é essencialmente aleatório, ou se existem centros ou "hotspots" (Crisp et al. 2001). A autocorrelação foi avaliada com o índice de Moran (Moran 1950), que testa a hipótese nula de independência espacial (Legendre e Legendre 1998). As análises para cada índice foram realizadas em ambiente virtual estatístico R (R Development Core Team 2011) com o pacote "ncf" (Bjørnstad, 2009). Foi definido um valor mínimo de 200 km de distância para se obter o mínimo de grids autocorrelacionados. A medição de continuidade espacial foi obtida pela construção de um correlograma com 1000 permutações e  $\alpha = 0,05$ , totalizando seis classes de distância.

O nível de Bonferroni foi utilizado para corrigir e avaliar a importância global do correlograma. No cálculo, se pelo menos um coeficiente de correlação é inferior a  $\alpha$  dividido pelo número de classes de distância, então ocorre autocorrelação (Legendre e Fortin 1989; Legendre e Legendre 1998).

## Modelagem ACAIC

No âmbito da análise multivariada, vários métodos têm sido propostos para incluir preditores explícitos de espaço (Borcard e Legendre 2002). A modelagem de distribuição espacial baseada em critérios de informação Akaike (AIC, do inglês Akaike information criteria) é uma dessas ferramentas que trabalha com a partição da variância ou análise de tendência de superfície multivariada (Borcard e Legendre 2002, Diniz-Filho et al. 2008). As variáveis ecológicas são decompostas em quatro frações: ambiental, espacial, explicada pelo espaço e ambiente, e não explicada pelos fatores observados (Borcard et al. 1992, Borcard e Legendre 1994, Me'ot et al. 1998).

Dessa forma, essas análises permitem a observação de fatores ou filtros que influenciem na distribuição espacial das espécies, além de permitir avaliar individualmente cada variável incluída no modelo final. Para a elaboração do modelo, os resíduos utilizados como variável resposta foram os índices calculados CR e RCE. Estes foram testados quanto à autocorrelação espacial de seus valores.

Quando os resíduos são autocorrelacionados, é preciso incorporar a estrutura espacial dos dados para o modelo, para estimar melhor e testar os parâmetros do modelo mínimo (MM) que se adequa as condições analisadas. Para tanto, foi utilizada o autovetor baseado em filtros espacial ou em coordenada principal de matrizes vizinhas (CPMV), que extrai de uma matriz de conectividade e expressa a relação espacial entre parcelas (Borcard e Legendre 2002, Diniz-Filho e Bini 2005).

Os autovetores tendem a diminuir escalas espaciais, de modo que os de autovalores maiores tendem a descrever padrões em larga escala espaciais; enquanto autovetores com autovalores pequenos tendem a descrever padrões locais (Borcard e Legendre 2002, Diniz-Filho e Bini 2005). Para isso, foram utilizados preditores adicionais das variáveis de resposta no MM, numa tentativa de reduzir a autocorrelação nos resíduos (Diniz-Filho e Bini 2005). As variáveis explicativas usadas como predictoras e os filtros garantiram um nível mínimo desejável de autocorrelação espacial em resíduos.

Para a escolha do melhor modelo foi selecionado aquele que apresentou mais baixo valor da AIC (Richards 2005, Diniz-Filho et al. 2008). Em seguida, foi testada a colinearidade das variáveis com o fator de inflação da variância (VIF). Valores de VIF maiores que 10 indicam que há colinearidade entre as variáveis (Borcard et al. 2011). O modelo final foi definido como o que melhor se ajustou aos pressupostos de independência espacial e falta de colinearidade entre as variáveis explicativas. Os testes foram feitos no programa Sam 4.0 - Spatial Analysis in Macroecology (Rangel et al. 2010).

Para testar a significância do modelo final, foi feita uma análise de correspondência canônica (CCA) com os valores de similaridade de Bray-Curtis como matriz biótica, obtida a partir de uma matriz binária de presença e ausência, e matriz abiótica que corresponde às variáveis ambientais do modelo e filtro espacial, quando presente. O teste foi feito com 999 permutações, e o coeficiente de Monte Carlo foi utilizado para avaliar se a correlação entre matrizes bióticas e abióticas era diferente do esperado ao acaso. Para essa análise foi utilizado o programa PC-ORD 6.0 (McCune e Mefford 2011).

#### Variáveis preditoras utilizadas na modelagem

Os dados climáticos referentes à temperatura, precipitação e amplitude térmica anual foram obtidos do Wordclim (Hijmans et al. 2006) com definição de 5 km. Esses dados climáticos espacialmente interpolados em grids são usados em muitas aplicações, especialmente em meio ambiente, ciências agrárias e biológicas (Hijmans et al. 2005, Parra et al. 2004).

A resolução espacial das superfícies climáticas utilizada para um estudo depende das necessidades de aplicação e dos dados disponíveis. Para muitas aplicações, uma alta resolução ( $\leq 1\text{km}^2$ ) espacial é necessária para capturar a variabilidade ambiental que pode ser, em parte, perdida em resoluções mais baixas, especialmente em áreas montanhosas e outros ambientes com gradientes climáticos íngremes (Hijmans et al. 2005). No entanto, esses dados de alta resolução estão disponíveis apenas para uma limitada região do mundo, por exemplo, a base de dados Daymet para os Estados Unidos (Thornton et al. 1997).

Os dados edáficos foram obtidos de banco de dados mundial harmonizado do solo (HWSD) com resolução de 5 km (Nachtergaele et al. 2012). Esses representam um compilado de informações obtidas de associações internacionais: Informações Mundiais de Solo (ISRIC) em associação com a Organização de Alimentos e Agricultura dos Estados Unidos (FAO), que foram responsáveis pelo desenvolvimento do banco de dados tipos de terreno, solos e perfis; a Rede Europeia de Solos, com informações de solo para a Europa e Eurásia do Norte; e do instituto de Ciência do Solo, da Academia Chinesa de Ciências. Foram utilizadas como variáveis de solo: percentual de nitrogênio (%N), acidez do solo ( $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ ), carbono orgânico dissolvido (%C) e capacidade de troca catiônica (CTC).

## RESULTADOS

Os valores para cada índice encontram-se no anexo 1. Os valores de CR e RCE indicam áreas de endemismo espalhadas nas regiões Nordeste e Sudeste do Brasil (Figs. 1 e 2). Resultado semelhante foi observado pela Análise de Parcimônia de Endemismo (PAE), onde o cladograma mais parcimonioso obteve comprimento de árvore igual a 1001, índice de consistência igual a nove, índice de retenção de 11, formando pequenas áreas de endemismo nos estados da Bahia, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Paraíba, Pernambuco, Piauí e Ceará e duas áreas maiores: entre Pernambuco e Alagoas e no estado da Bahia (Anexo 1 e Fig.3).

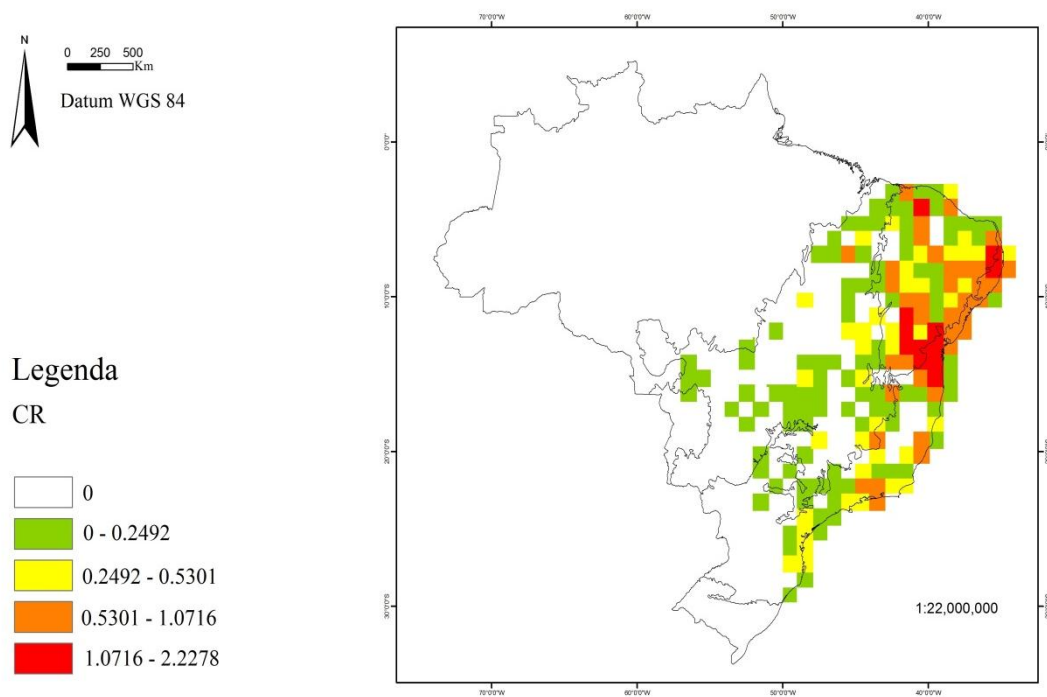


Figura 1. Índices de Riqueza Corrigida (CR) dos representantes de *Erythroxylum* na área amostral por quadrícula (cada quadrícula representa uma célula de 1° x 1° do território brasileiro).



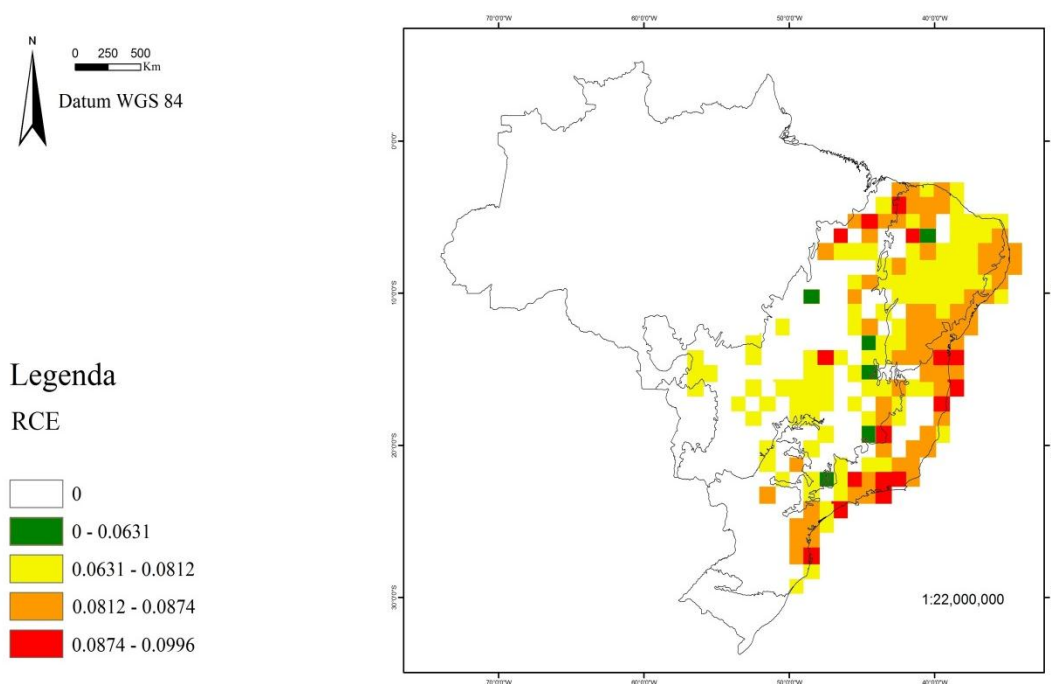


Figura 2. Índices de Endemismo Corrigido (RCE) dos representantes de *Erythroxylum* na área amostral por quadrícula (cada quadrícula representa uma célula de 1° x 1° do território brasileiro).

Foram elaborados dois modelos referentes aos índices corrigidos. As equações dos modelos analisados foram:

Riqueza corrigida (CR):

$$y = 2.414 - 0.029 \text{ temperatura máxima} - 0.002 \text{ precipitação} - 0.024 \text{ CTC} \\ + 0.406 \text{ silte e argila} - 0.061 \text{ média de temperatura anual} \\ - 2.082 \text{ filtro A}$$

Endemismo Corrigido (RCE):

$$y = 0.087 + (< .001) \text{ temperatura mínima} + (< .001) \text{ precipitação} + (< .001) \text{ CTC} \\ + (< .001) \text{ média de temperatura anual}$$

O modelo obtido para CR teve valor de  $r^2 = 0.446$ , ou seja, esse modelo explica 0.446 da distribuição; os valores obtidos a partir da partição da variância se encontram na tabela 1. Já o modelo para RCE não demonstrou influência de filtros ambientais e explica 0.197 da distribuição ( $r^2 = 0.197$ ).

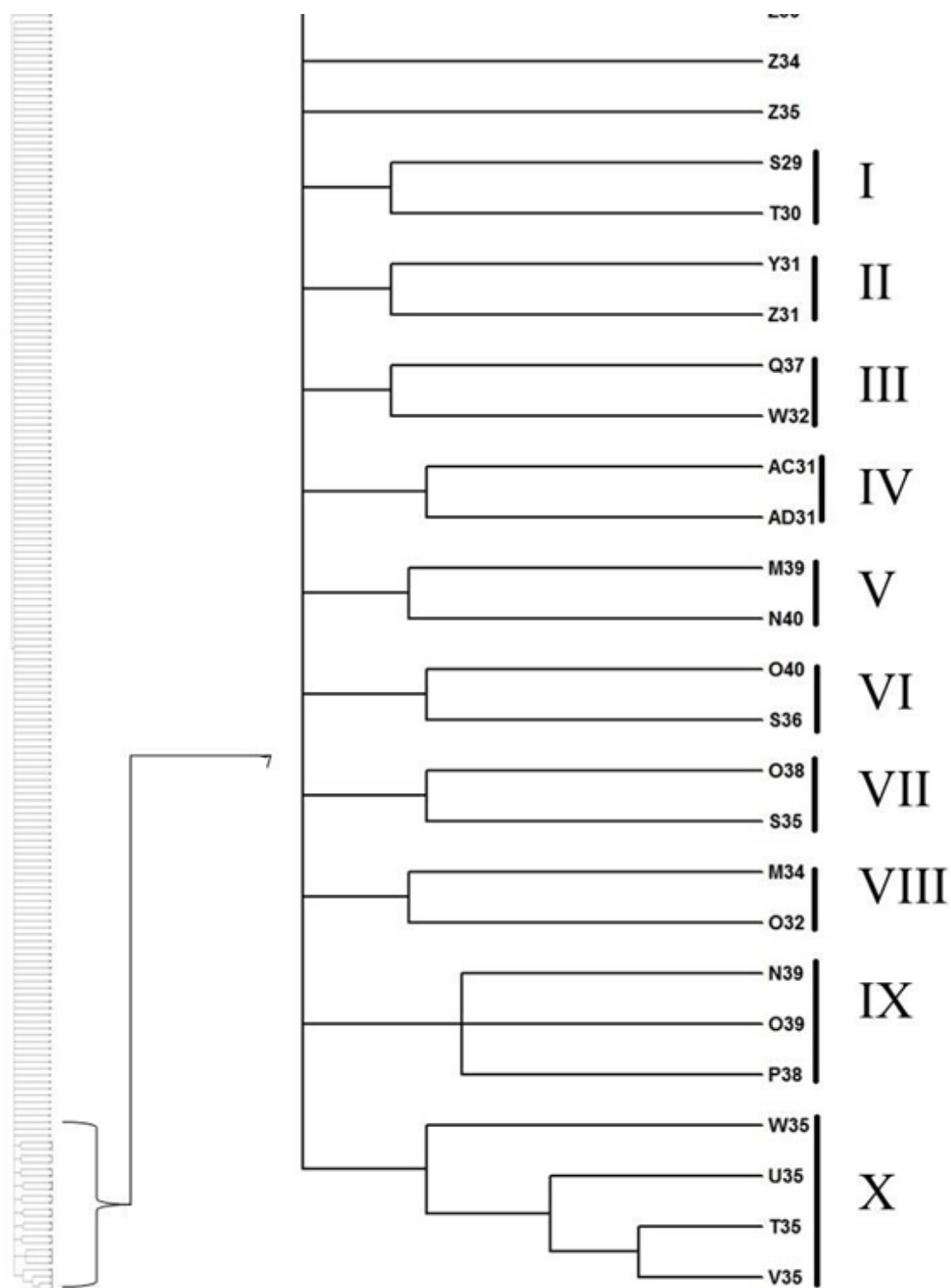


Figura 3. O cladograma mais parcimonioso (comprimento de árvore = 1001, índice de consistência = 9, índice de retenção = 11) obtido pela análise de parcimônia de endemismo, baseado na distribuição de 60 espécies em 191 quadrículas na área amostral (I- Bahia, cidades de São Desidério e Correntina; II- Minas Gerais, cidades de Couto de Magalhães e Lagoa Santa; III- Minas Gerais, cidade de Cel. Murta; IV- Rio de Janeiro, cidades de Magé e Rio de Janeiro; V- Paraíba, cidades de Mamanguape e Santa Rita; VI- entre os estados da Bahia (Ruy Barbosa) e Pernambuco (Recife); VII- entre os estados da Bahia (Feira de Santana) e Pernambuco (Alagoinha); VIII- entre os estados do Ceará (Aiuaba) e Piauí (Cel. José Dias); IX- entre os estados de Pernambuco (Tamandaré) e Alagoas (Cajueiro); X- Bahia nas cidades de Guaratinga, Itacaré, Ituberá e Cancan).

Tabela 1. Partição da variância para o modelo gerado para o Índice de Riqueza Corrigida. (a = variáveis ambientais; b = variáveis ambientais e espaciais; c = filtros espaciais; d = variáveis não explicadas pelos fatores observados)

Modelo	a = a-b	b	c = c-b	d = 1-(a+b+c)
CR	0.234	0.367	0.133	0.554

Para ambos os modelos, a CCA deu significativa ( $p$  de Monte Carlo=0.0010), ou seja, os índices apresentam diferentes resposta a distribuição espacial (Fig. 4). RC apresenta autocorrelação espacial positiva, enquanto que RCE teve menor valor de autocorrelação e distribuição melhor explicada pela influencia da aleatorização ao acaso (Fig. 5).

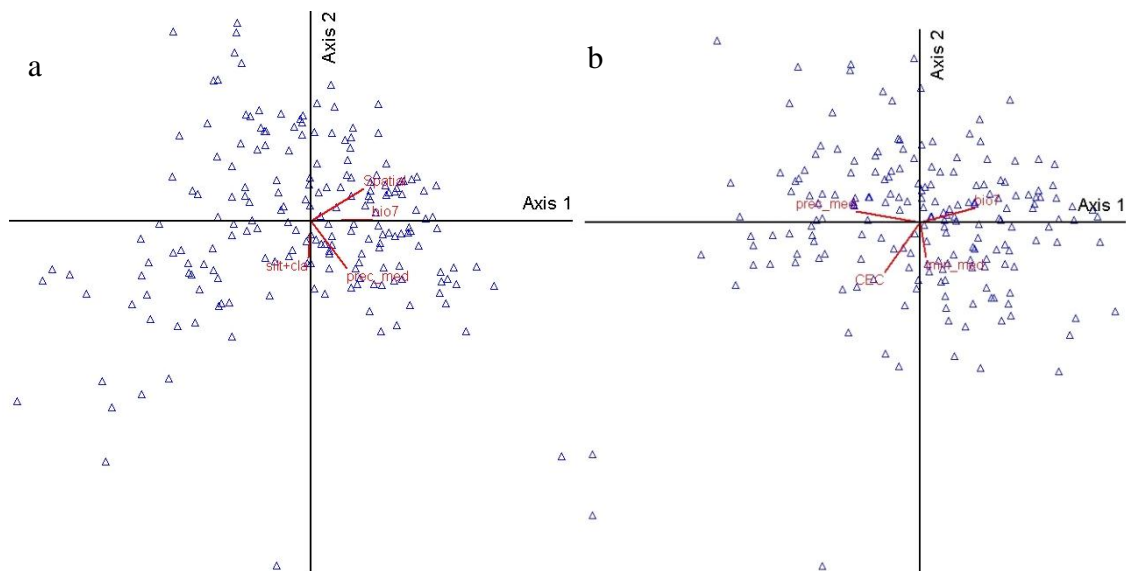


Figura 4. Eixos 1 e 2 da CCA. (a) para Riqueza Corrigida (CR), eixo 1 explica 29.1 e eixo 2 explica 0.5 ( $p = 0.0010$ ); (b) para Endemismo Corrigido (RCE), eixo 1 explica 13.6 e o eixo 2 explica 0.3. ( $p = 0.0010$ ).

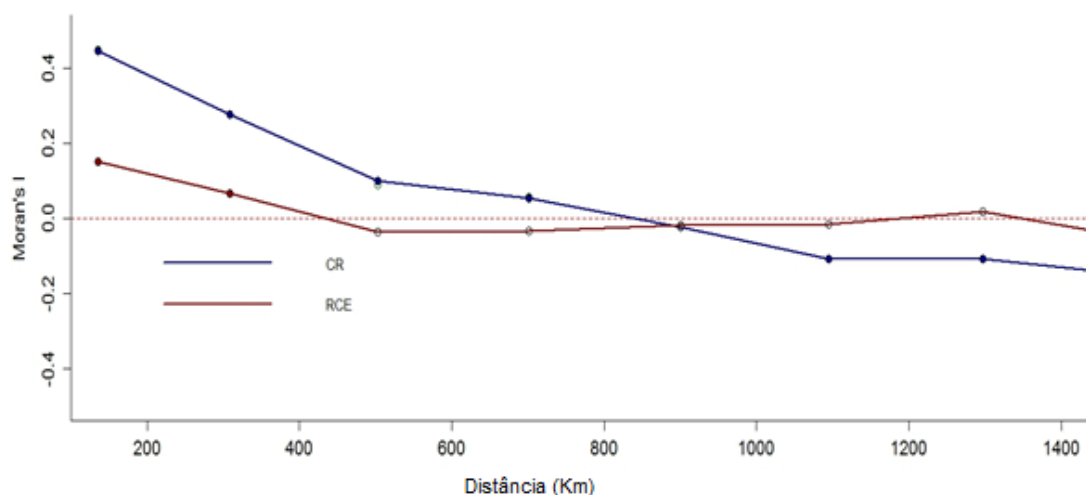


Figura 5. Correlograma baseado no coeficiente espacial de autocorrelação I de Moran para Riqueza Corrigida (CR) e Endemismo Corrigido (RCE) ( $\alpha= 5\%$ ).

## DISCUSSÃO

Os valores de CR identificam áreas de maior riqueza do gênero, sendo assim, o modelo resposta é mais abrangente que as espécies analisadas. A equação gerada prediz o comportamento das espécies de *Erythroxylum* e corresponde a distribuição do gênero como um todo.

Para o gênero, um aumento da temperatura máxima diminui a riqueza de espécie em um determinado ambiente. Da mesma forma, um aumento na média de temperatura anual reflete numa diminuição da riqueza. Isso permite inferir que as espécies ocorrem em ambientes onde a variação de temperatura é menor e permanece mais uniforme durante o ano. Essa característica pode ser observada em ambientes de forte estacionalidade climática (Pennington et al. 2009).

Além disso, nesse modelo, a precipitação negativa mostra que são ambientes de baixa precipitação, ou seja, áreas e regiões a sotavento e depressão sertaneja com solos intemperizados e rasos que apresentam maior soma silte e argila. Esses ambientes, mesmo com baixa precipitação, conseguem ter alta capacidade de retenção de água.

A presença de filtros ambientais no modelo CR permite inferir que, quanto mais distantes as áreas de ocorrência, maior será a diferença de riqueza entre elas. Assim, para a preservação de uma maior quantidade de espécies e por tanto, uma maior diversidade, faz-se necessária à preservação da maior área possível.

O modelo para RCE apresentou valor de  $r^2$  baixo, porém esse valor é considerado alto quando empregado para esse tipo de modelagem (Legendre e Legendre 1998). Esse modelo caracteriza especificamente as espécies endêmicas. Para esse modelo, todas as variáveis analisadas tiveram influência positiva, ou seja, maiores valores representam um aumento do número de espécies endêmicas. Essas ocorrem em ambientes em que a temperatura mínima e média de temperatura anual têm valores altos e a precipitação não é o fator limitante; em solos ácidos e antigos e que apresentam trocadores de bases diferente do alumínio. Essas características de solo são encontradas em solos antigos, em que a argila já sofreu decomposição bem acentuada e perde a capacidade de retenção de alumínio.

Comportamentos preferenciais na região tropical têm sido confirmados por estudos em biogeografia histórica e devem auxiliar para a melhor compreensão da distribuição das espécies. Áreas de maior estabilidade durante as eras geológicas são mais propícias para a preservação de grupos antigos, como visto para as áreas onde ocorrem as espécies atuais de *Erythroxylum* (Carnaval e Moritz 2008, Werneck et al. 2011). Essas áreas também detectadas pelos estudos desenvolvidos por Werneck et al. (2012) sugerem a existência de refúgios de diversidade e são coincidentes para as espécies de *Erythroxylum* aqui analisadas (Cordeiro et al. 2013, em elaboração).

A estabilidade de habitat tem sido considerada como um dos mais importantes mantenedores da riqueza de espécies em estudos onde, a escala espacial prevalece como mais importante (Graham et al. 2006). Para as espécies endêmicas de *Erythroxylum*, a variável espacial (o filtro) presente no modelo para a riqueza de espécies (CR) sugere que quanto maior a autocorrelação espacial, menor será CR. Porém, não foi representada no modelo para RCE. Isso sugere que áreas endêmicas ocorrem em microhábitats mais limitados e que quanto mais distantes as áreas, mais diferentes serão as espécies endêmicas observadas (Me'ot et al. 1998).

Foi observada diferença nas equações dos modelos gerados para CR e RCE, em especial, na relação das variáveis preditoras influenciando cada índice associado. Os valores associados as variáveis observados para riqueza são negativos enquanto que os valores para endemismo são positivos. Isso pode ser melhor analisado ao se observar a influência do espaço e dos filtros ambientais para cada uma das equações. Para riqueza o espaço atua como uma variável de grande influência sendo assim o arranjo espacial dos núcleos de distribuição facilitaria uma manutenção das populações em áreas maiores, permitindo uma maior variações para cada variável. Já para endemismo as áreas de ocorrência seriam menores, formando pequenos grupos endêmicos, para essa situação as variáveis preditoras devem

apresentar menores variações para manter uma maior quantidade de espécies associadas a esses núcleos.

A relação espécie-área e a mudança no número de espécies com o aumento da área é fundamental para a compreensão da distribuição e permite inferir sobre as necessidades das plantas (Cushman et al. 2012). Dessa forma, podem-se analisar quais áreas são mais interessantes para estudos conservacionistas e como garantir uma maior preservação das espécies.

Em *Erythroxylum*, essa relação é fundamental tendo em vista que as espécies ocorrem em microhábitats específicos e que apresentam características de solo bastante complexas. Pequenas variações podem gerar uma diminuição em CR, o mesmo pode-se perceber nas áreas de endemismo observadas no PAE.

Essa relação também pode auxiliar a estimativa de padrões gerais e identificar hotspots de riqueza de espécies, quando as regiões diferem em área (Cordeiro et al. 2013, em elaboração). Por exemplo, a eficácia de terras protegidas no fornecimento de populações viáveis de espécies nativas, pode ser altamente influenciada pelo grau de dispersão entre manchas de hábitat ocupado (Wilcox e Murphy 1985, Hanski e Ovaskainen 2002).

A distribuição de *Erythroxylum*, como observada é fragmentada e descontínua. Para algumas espécies essa fragmentação gera núcleos isolados a longa distância como observado em Cordeiro et al. (2013). Em ambientes fragmentados, a ausência de conectividade, diminui a chegada de propágulos e compromete o fluxo gênico das espécies, impossibilitando ou dificultando os fragmentos a constituírem metapopulações, reduzindo o tamanho efetivo populacional (Hanski e Gilpin 1991). Em outros casos, associados a um aumento na riqueza de espécies os núcleos encontram-se mais próximo garantindo a conectividade entre áreas.

Trabalhos envolvendo análise de parcimônia de endemismo têm sido consideravelmente criticados, pois estes não observam características evolutivas e filogenéticas dos grupos analisados (Brooks e Veller 2006, Santos et al. 2007). Tais estudos utilizam grupos taxonômicos diferentes e várias famílias e tem como principal foco a análise de tipos vegetacionais. No presente estudo, o foco é dado somente um grupo taxonômico o que permite uma maior fidelidade para os dados analisados. Porém, não descarta a necessidade de estudos filogenéticos posteriores.

Assumindo as áreas de endemismo como unidades básicas, a sobreposição pode auxiliar o conhecimento de um grupo complexo de espécies que co-ocorrem e compreender variações na distribuição de forma, e permite observar também a história evolutiva dos grupos (Platnick 1991). Apesar disso, a sobreposição nunca é total; de algum modo, a

identificação das áreas de endemismo pode se tornar um processo subjetivo e para uma maior acurácia das informações faz-se necessário definir acuidade dos dados utilizados (Platnick 1991, Linder 2001).

## CONCLUSÕES

Os modelos gerados estão de acordo com as condições e fatores ambientais observadas nas áreas de maiores riqueza e endemismos encontrados em território brasileiro. Porém, as variáveis analisadas não foram suficientes para confirmar a hipótese.

Em geral, as espécies de *Erythroxylum* ocorrem em ambientes com uma marcada estacionalidade climática e tem riqueza diminuída à medida que se aproxima dos trópicos. Os endemismos ocorrem em terrenos mais antigos com solos expostos e rasos.

O modelo gerado para riqueza permitiu inferir que condições ambientais seriam os principais responsáveis pela distribuição de espécies no Brasil. O modelo para os endemismos, porém não conseguiu responder bem a formação dos núcleos. Sendo assim outras variáveis devem ser incluídas para a produção de melhores modelos.

Em geral, as espécies do gênero com registros para a área amostral se encontram em áreas de grande autocorrelação espacial; porém, os endemismos estão em áreas pequenas e distintas.

A utilização de índices como preditores de distribuição pode induzir a erros; pois, todas as espécies passam a ter o mesmo peso na distribuição e na diversidade, não importando a distância evolutiva ou importância ecológica entre elas. Sendo assim, é preciso mais estudos sobre a caracterização filogenética e funcional das espécies de *Erythroxylum*, de forma a preencher lacunas sobre o conhecimento dos representantes desse gênero.

## REFERÊNCIAS

- Amaral Jr., A. 1976a. *Erythroxylum campinense* (Erythroxylaceae), espécie nova da Amazônia. — Acta Amaz. 6(2): 213–214.
- Amaral Jr., A. 1976b. Novas localidades de ocorrência de espécies de *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae) — I. Loefgrenia. 68: 1–10.
- Amaral Jr., A. 1980. Erithroxiláceas. — Flora ilustrada Catarinense. Erit. (ed by R.Reitz) HBR.
- Amaral Jr., A. 1996. Erythroxylaceae. — In: Melo, M.M.F et al. (eds). Flora fanerogâmica da Ilha do Cardoso, vol. 4. Inst.Bot. de SP ed, pp. 71–78.
- Ansell, S.M. et al. 1993. Diterpenes from the timber of 20 *Erythroxylum* species. — Phytochemistry. 32(4): 953–959.
- Auler, A.S et al. 2004. Quaternary ecological and geomorphic changes associated with rainfall events in presently semi-arid northeastern Brazil. — J.Quat.Science. 19: 693–701.
- Barbosa, A.V.G. e Amaral Jr., A. 2001. Flora dos estados de Goiás e Tocantins: Erythroxylaceae. — Col. Rizzo. 29: 9–73.
- Barreto, C.C. 1999. Heterogeneidade espacial do habitat e diversidade específica: implicações ecológicas e métodos de mensuração. — In: Silva, S.H.G. e Lavrado, H.P.(eds) Ecologia dos ambientes costeiros do estado do Rio de Janeiro. Série Oecologia Brasiliensis, vol VII. PPGE-UFRJ, pp. 121–153.
- Behling, H. e Hooghiemstra, H., 2001. Neotropical savanna environments in space and time: late Quaternary interhemispheric comparisons. — In: Markgraf, V. (ed.), Interhemispheric Climate Linkages. Academic Press, pp. 307–324.
- Bell, G. 2001. Neutral Macroecology. — Science. 293: 2413–2418.
- Bigarella, J.J. et al. 1975. Considerações a respeito das mudanças paleoambientais na distribuição de algumas espécies vegetais e animais no Brasil. — An. Academia Bras. de Ciências, 47: 411–464.
- Bjørnstad, O.N. 2009. ncf: Spatial nonparametric covariance functions. R package version 1.13. Disponível em: <http://cran.r-project.org/web/packages/ncf/index.html>. Acesso em 30 Jan. 2013.
- Borcard, D. et al. 1992. Partialling out the spatial component of ecological variation. — Ecology. 73: 1045–1055.



- Borcard, D. e Legendre, P. 1994. Environmental control and spatial structure in ecological communities: an example using Oribatid mites (Acari, Oribatei). – *Environ. Ecol. Stat.* 1: 37–61.
- Borcard, D. e Legendre, P. 2002. All-scale spatial analysis of ecological data by means of principal coordinates of neighbour matrices. – *Ecol. Model.* 153: 51–68.
- Borcard, D et al. 2011. *Numerical Ecology with R.* – Springer, New York.
- Brooks, D.R. e Veller, M.G.P. 2006. Critique of parsimony analysis of endemism as a method of historical biogeography. – *J. Biog.* 30: 819–825.
- Burlakova, L.E. et al. 2011. Endemic species: Contribution to community uniqueness, effect of habitat alteration, and conservation priorities. – *Biol. Cons.* 144: 155–165.
- Cabrera, A.L. e Willink, A. 1973. *Biogeografia de America Latina*, 1st edition. –Secretaria General de la Organizacion de los Estados Americanos.
- Carnaval, A.C., e Moritz, C.2008. Historical climate modelling predicts patterns of current biodiversity in the Brazilian Atlantic forest. – *J. Biog.* 35: 1187–1201.
- Castro, A.A.J.F. et al. 2007. Cerrados marginais do Nordeste e ecótonos associados. – *Rev. Bras. de Bioc.* 5(1): 273–275.
- Castro, A.A.J.F. et al. 2008a. Flora dos cerrados marginais do Nordeste e ecótonos associados: FLORACENE. – In: *Simpósio nacional do cerrado: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais*, 9; *Simpósio Internacional de Savanas Tropicais*, 2. Brasília, 2008. *Anais do Simpósio Nacional do Cerrado*. Planaltina. Embrapa Cerrados, 7p. CD-ROM.
- Castro, A.A.J.F. et al. 2008b. FLORACENE: banco de dados dos cerrados marginais do Nordeste e ecótonos associados. – In: *Simpósio sobre o bioma cerrado: recuperação, conservação e desenvolvimento*, 1. Brasília: Centro Brasileiro para Conservação da Natureza e Desenvolvimento Sustentável, Planaltina. Embrapa Cerrados. 5p. CD-ROM.
- Chase, J.M. e Leibold, M.A. 2003. *Ecological niches.* – Univ. of Chicago Press.
- Chen, S.Y. et al. 2009. Beyond dual-lattice models: incorporating plant strategies when modeling the interplay between facilitation and competition along environmental severity gradients. – *J. Theor. Biol.* 258: 266–273.
- Condit, R. et al. 2000. Spatial patterns in the distribution of tropical tree species. – *Science.* 288: 1414–1418.
- Cordeiro, L.S. *Flora do Ceará: Erythroxylaceae Kunth*. 2010. *Monografia de Graduação.* – Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.

- Cordeiro, L.S. et al. 2013. Padrões de distribuição de espécies neotropicais: uma análise dos representantes de *Erythroxylum* P. Browne (Erythroxylaceae). – Cap.1 da Dissertação. Artigo em elaboração
- Cracraft, J. 1991. Patterns of diversification within continental biotas: hierarchical congruence among the areas of endemism of australian vertebrates. – *Aus. Sys. Bot.* 4: 211–247.
- Crisp, M. D. et al. 2001. Endemism in the Australian flora. – *J. Biog.* 28: 183–198.
- Cushman, S.A. et al. 2012. Evaluating the sufficiency of protected lands for maintaining wildlife population connectivity in the U.S. northern Rocky Mountains. – *Div. Dist.* 18: 873–884.
- Diniz-Filho, J.A.F. e Bini, L.M. 2005. Modelling geographical patterns in species richness using eigenvector-based spatial filters. – *Glo. Ecol. Biog.* 14: 177–185.
- Diniz-Filho, J.A.F. et al. 2008. Model selection and information theory in geographical ecology. – *Glo. Ecol. Biog.* 17: 479–488.
- Ejrnæs, R. et al. 2006. Community assembly in experimental grasslands: suitable environment or timely arrival? – *Ecology* 87: 1225–1233.
- Emche, S.D. et al. 2011. AFLP Phylogeny of 36 *Erythroxylum* species: genetic relationships among *Erythroxylum* species inferred by AFLP analysis. – *Trop. Plant Bio.* 4: 126–133.
- ESRI. 2010. ArcGIS 10.0. Environmental Systems Research Institute Inc, Redlands.
- Gentry, A.H. 1988. Changes in plant community diversity and floristic composition on environmental and geographical gradients. – *An. Mis. Bot. G.* 75: 1–34.
- Graham, C.H. et al. 2006. Habitat history improves prediction of biodiversity in rainforest fauna. – *Proc. Natl Acad. Sci. USA*, 103: 632–636.
- Goloboff, P. 1999. NONA (No Name) ver. 2 – Published by the author, Tucumán, Argentina.
- Götzenberger, L. et al. 2011. Ecological assembly rules in plant communities — approaches, patterns and prospects. – *Biol. Rev.* 87(1): 111–127.
- Hanski, I.A. e Gilpin, M.E. 1999. Metapopulation biology: ecology, genetics and evolution – Academic Press, San Diego–London
- Hanski, I. e Ovaskainen, O. 2002. Extinction debt at extinction threshold. – *Cons. Bio.* 16: 666–673.
- Hawkins, B.A. et al. 2003. Productivity and history as predictors of the latitudinal diversity gradient for terrestrial birds. – *Ecology*. 4: 1608–1623.
- Hijmans, R.J. et al. 2005. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. – *Internat. J. Climat.* 25: 1965–1978.

- Hijmans, R.J. et al. 2006. Worldclim global climate layers Version 1.4. – Disponível em: [www.worldclim.org/](http://www.worldclim.org/) (acesso em: 22 Out. 2012)
- Huston, M.A. e Deangelis, D.L. 1994. Competition and coexistence: the effects of resource transport and supply rates. – *Am. Nat.* 144: 954–977.
- IBGE 2012. Instituto brasileiro de geografia e estatística, Mapas interativos. – Disponível em: <http://mapas.ibge.gov.br/>. (acesso em: 21 Jul. 2012).
- Jacobi, C.M. 1992. Efeitos da heterogeneidade estrutural na colonização de substratos artificiais por anfípodos do entre-marés. Tese de Doutorado – Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Keith, D.A. et al. 2008. Predicting extinction risks under climate change: coupling stochastic population models with dynamic bioclimatic habitat models. – *Biol. Lett.* 4: 560–563.
- Kier, G. e Barthlott, W. 2001. Measuring and mapping endemism and species richness: a new methodological approach and its application on the flora of Africa. – *Biodiver. and Cons.* 10: 1513–1529.
- Kier, G. et al. 2009. A global assessment of endemism and species richness across island and mainland regions. – *Proc. Natl Acad. Sci. USA.* 106: 9322–9327.
- Legendre, P. 1993. Spatial autocorrelation: trouble or new paradigm? – *Ecology* 74: 1659–1673.
- Legendre, P. e Fortin, M.J. 1989. Spatial pattern and ecological analysis. – *Vegetation* 80: 107–138.
- Legendre, P. e Legendre, L. 1998. *Numerical Ecology*. – Elsev. Science B.V.
- Lieberman, M. e Lieberman, D. 2007. Nearest-neighbor tree species combinations in tropical forest: the role of chance, and some consequences of high diversity. – *Oikos* 116: 377–386.
- Linder, H.P. 2001. Plant diversity and endemism in sub-Saharan tropical Africa. – *J. Biog.* 28:169–182.
- Loiola, M.I.B. 2001. Revisão taxonômica de *Erythroxylum* P. Browne sect. *Rhabdophyllum* O.E.Schulz (Erythroxylaceae Kunth). Tese de doutorado. – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.
- Loiola, M.I.B. 2004. Flora de Grão Mogol, Minas Gerais: Erythroxylaceae – *Boletim de Botânica da Universidade São Paulo.* 22(2): 101–108.
- Loiola, M.I.B. 2006. Erythroxylaceae. – In: Barbosa, M.R.V. et al.(eds). *Checklist das plantas do Nordeste brasileiro: Angiospermas e Gymnospermas*, 1<sup>th</sup> ed. Ministério de ciência e tecnologia, pp. 70–71.

- Loiola, M.I.B. 2012. Erythroxyloaceae. – In: Lista de espécies da flora do Brasil. Jardim botânico do Rio de Janeiro. Rio De Janeiro – Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/2012/FB000111>. (acesso em: 20 Set. 2012)
- Loiola, M.I.B. et al. 2007. Flora da Paraíba, Brasil: Erythroxyloaceae Kunth. – Act. Bot. Bras. 21: 473–487.
- Loiola, M.I.B. e Gomes, J.M. de O. 2009. Flora de Mirandiba: Erythroxyloaceae. In: Alves, M. et al. (ed.). Flora de Mirandiba. 1<sup>th</sup> ed. – Recife: Associação Plantas do Nordeste, pp. 146–148.
- Loiola, M.I.B. e Cordeiro, L.S. 2012. Diversidade florística nas cangas do quadrilátero ferrífero: Erythroxyloaceae. In: Jacobi, C.M. e Carmo, F.F.(ed.). Diversidade florística nas cangas do quadrilátero ferrífero.– Código Ed., pp. 120–121.
- Lomolino, M.V., Riddle, B.R., Brown, J.H. 2006. Biogeography, 3<sup>th</sup> ed. Sinauer Associates, Sunderland.
- Machado, E. 1972. El genero Erythroxyloaceae en el Peru. – Raymondiana 5: 101.
- Magurran, A.M. e Henderson, P.A. 2003. Explaining the excess of rare species in natural species abundance distribution. – Nature. 422: 714–716.
- McCune, B. e Mefford, M.J. 2011. PC-ORD. Multivariate Analysis of Ecological Data. Oregon.
- Me´ot, A. et al. 1998. Partialling out the spatial component of ecological variation: questions and propositions in the linear modeling framework. – Environ. Ecol. Stat. 5: 1–26.
- Mittelbach, G.G. et al. 2007. Evolution and the altitudinal diversity gradient. – Ecology letters. 10: 315-331.
- Moro, M.F. dados não publicados
- Morrone, J.J. 1994. On the identification of Areas of Endemism. – Sys. Bio. 43(3): 438–441.
- Morrone, J.J. 2009. Evolutionary Biogeography: An Integrative Approach.— Universidad Nacional Autónoma de México: Columbia University Press.
- Murrell, D.J. et al. 2001. Uniting pattern and process in plant ecology. – Trends Eco. and Evo. 16: 529–230.
- Myers, N. et al. 2000. Biodiversity hotspots for conservation priorities. – Science 403: 858–858.
- Nixon, K.C. 2002. WinClada ver. 1.00.08. – Published by the author, Ithaca, NY.
- Nachtergaele, F. et al. 2012. Harmonized World Soil Database (Version 1.2). – Disponível: <http://webarchive.iiasa.ac.at/Research/LUC/External-World-soil-database/HTML/index.html?sb=1>. Acesso em: 30 Jan. 2012.

- Parra, J.L. et al. 2004. Evaluating alternative data sets for ecological niche models of birds in the Andes. – *Ecography* 27: 350–360.
- Pennington, R.T. et al. 2009. Woody Plant Diversity, Evolution, and Ecology in the Tropics: Perspectives from Seasonally Dry Tropical Forests. – *An. Rev. Eco. and Evo. Sys.* 40: 437–457.
- Platnick, N.I. 1991. On areas of endemism. – *Aus. Sys. Bot.* 4: 11–12.
- Plowman, T. 1983. New species of *Erythroxylum* from Brazil and Venezuela. – *Botanical Museum Leaflets.* 29 (3): 273–290.
- Plowman, T. 1984. New taxa of *Erythroxylum* (Erythroxylaceae) from the Amazon. – *Basin. Supl. Acta Amaz.* 14 (1/2): 117–143.
- Plowman, T. 1986. Four new species of *Erythroxylum* (Erythroxylaceae) from northeastern Brazil. – *Brittonia.* 38(3): 189–200.
- Plowman, T. 1987. Ten new species of *Erythroxylum* (Erythroxylaceae) from Bahia, Brazil. – *Fieldiana Botany.* 19: 1–41.
- Plowman, T. 1989. Erythroxylaceae. – In: Harling, G. e Andersson, L. (eds.). *Flora of Ecuador.* 36: 1–32.
- Plowman, T. e Rivier L. 1983. Cocaine and cinnamoylcocaine content of *Erythroxylum* species – *Ann. Bot.* 51(5): 641–659.
- Plowman, T. e Berry, P.E. 1999. Erythroxylaceae. – In: Steyermark, J. et al. (eds). *Flora of the Venezuelan Guayana*, vol 5. Missouri Botanical Garden Press, pp. 59–71.
- Plowman, T. e Hensold, N. 2004. Names, types and distribution of Neotropical species of *Erythroxylum* (Erythroxylaceae). – *Brittonia.* 56: 1–53.
- R Development Core Team. R: A Language And Environment For Statistical Computing. R. Foundation For Statistical Computing. 2010. – Disponível em: <http://www.r-project.org>. (acesso em: 12 Out. 2012).
- Ramírez-Barahona, S. et al. 2011. Species richness, endemism, and conservation of American tree ferns (Cyatheales). – *Biodiversity and Conservation* 20: 59–72.
- Rangel, T.F. et al. 2010. SAM: a comprehensive application for Spatial Analysis in Macroecology. – *Ecography.* 33: 46–50.
- Ratter, J.A. et al. 2006. Patterns of the biodiversity woody vegetation of the Brazilian Cerrados. – In: Pennington, R.T. et al. (eds) *Neotropical savannas and seasonally dry forests: plant diversity, biogeography, and conservation.* CRC Press, pp. 31–58.
- Richards, S.A. 2005. Testing ecological theory using the information-theoretic approach: examples and cautionary results. – *Ecology.* 86: 2805–2814.

- Rosen, B.R. 1988. From fossils to earth history: applied historical biogeography. – In: Myers, A.A. e Giller, P.S (eds.). Chapman & Hall, pp. 437–481.
- Santos, A.M. et al. 2007. Biogeographical relationships among tropical forests in north-eastern Brazil Journal of Biogeography. – J. Biog. 34: 437–446.
- Schulz, O.E. 1907. Erythroxylaceae. Das Pflanzenreich (ed by A. Engler). – Akademie der wissenschaften preuss. 4(134): 1–164.
- SPECIESLINK 2012- Sistema De Informação Distribuído Para Coleções Biológicas. – Disponível em: [www.splink.cria.org.br/](http://www.splink.cria.org.br/) (acesso em: 12 Out. 2012).
- Stoll, P. e Prati, D. 2001. Intraspecific aggregation alters competitive interactions in experimental plant communities. – Ecology. 82: 319–327.
- Thornton, P.E. et al. 1997. Generating surfaces of daily meteorology variables over large regions of complex terrain. – J. Hyd. 190: 214–251.
- Urich, W. 2004. Species co-occurrences and neutral models: reassessing J. M. Diamond's assembly rules. – Oikos. 107: 603–609.
- Werneck, F.P. et al. 2011. Revisiting the historical distribution of Seasonally Dry Tropical Forests: new insights based on palaeodistribution modelling and palynological evidence. – Glo. Ecol. Biog. 20: 272–288.
- Werneck, F.P. et al. 2012. Climatic stability in the brazilian cerrado: implications for biogeographical connections of South American savannas, species richness and conservation in a biodiversity hotspot. – J. Biog. 39: 1695–1706.
- Wilcox, B.A. e Murphy, D.D. 1985. Conservation strategy – effects of fragmentation on extinction. – Am. Nat. 125: 879–887.
- Whittaker, R.J. et al. 2007. Geographical gradients of species richness: a test of the water-energy conjecture of Hawkins et al. (2003) using European data for five taxa. – Glo. Ecol. and Biog. 16: 76–89.
- Zuanazzi, J.A.S. et al. 2001. Alkaloids of *Erythroxylum* (Erythroxylaceae) species from Southern Brazil. – Biochemical Sys. and Ecol. 29: 819–825.

Anexo 1. Índices de riqueza e endemismo corrigidos para o Brasil (sem o Norte) para as espécies de *Erythroxylum* num total de 191 células de grade de 1 ° de latitude-longitude. Estados: AL-Alagoas, BA-Bahia, CE-Ceará, DF-Distrito Federal, ES-Espírito Santo, GO-Goiás, MA-Maranhão, MG-Minas Gerais, MS-Mata Grosso do Sul, MT-Mato Grosso, PB-Paraíba, PE-Pernambuco, PI-Piauí, PR-Paraná, RJ-Rio de Janeiro, RN-Rio Grande do Norte, RS-Rio Grande do Sul, SC-Santa Catarina, SE-Sergipe, TO-Tocantins; N: número de espécies registradas por grid, CR: corrigido riqueza, RCE: faixa-corrigida endemismo. \* Áreas representadas no cladograma de PAE como endemismo verdadeiro.

Área	N	CR	RCE	Longitude	Latitude	Estado
AA23	1	0.117155544570007	0.0798044018448344	-51.0833	-20.0833	MS
AA26	1	0.120947059768319	0.0798044018448344	-48.9404	-20.0205	MG
AA31	3	0.346001004661812	0.0852919232716602	-43.4979	-20.6905	MG
AA33	3	0.314558968142621	0.0823741905541671	-41.2834	-20.7515	ES
AA34	7	0.814391400723282	0.0832133639779824	-40.6006	-19.9361	ES
AB23	1	0.104950845013271	0.0798044018448344	-51.7167	-20.8	MS
AB25	1	0.106816475088119	0.0860374533551269	-49.3798	-20.8202	SP
AB28	1	0.105044676271698	0.0805194490774475	-46.2504	-20.9172	MG
AB30	2	0.28524904503187	0.0810740923087512	-44.9664	-21.3335	MG
AB31	1	0.106307505854183	0.0781421109661602	-43.2021	-21.5377	MG
AB32	1	0.105134529793537	0.0816555157868846	-42.0334	-20.7665	MG
AB33	2	0.240791909694234	0.0827335279378084	-41.2514	-21.7015	RJ
AC24	1	0.105220449365087	0.0805194490774475	-50.3837	-22.6005	SP
AC26	1	0.106294405884696	0.0805194490774475	-48.1171	-22.6338	SP
AC27	2	0.210440898746683	0.0402597245387238	-47.6524	-22.6515	SP
AC28	1	0.105220449365087	0.0805194490774475	-46.95	-22.4333	SP
AC29	1	0.11667392967333	0.0942052967199575	-45.5918	-22.7399	SP
AC30	5	0.635145189124681	0.0843383703878928	-44.3237	-22.6841	SP
AC31*	6	0.753634572700996	0.0887975064546181	-43.041	-22.6533	RJ
AC32	5	0.526512380730153	0.0904743168201957	-42.3164	-22.5505	RJ
AC33	4	0.42120990461744	0.0827534764630594	-41.3248	-21.7547	RJ
AD23	1	0.105315160007502	0.0816555157868846	-51.1734	-23.2555	PR
AD26	1	0.105405859820058	0.0805194490774475	-48.0535	-23.5922	SP
AD28	1	0.105302476137701	0.0804926688306177	-46.6504	-23.4165	SP
AD29	3	0.315907428413103	0.0836776050837237	-45.0743	-23.4306	SP
AD30	3	0.315907428413103	0.0836776050837237	-44.0557	-22.9305	RJ
AD31*	9	1.02415287237212	0.0967560125742484	-43.2154	-22.9535	RJ
AD32	8	0.842419809234881	0.0895219247589721	-42.8204	-22.9205	RJ
AE26	3	0.316748472880191	0.0850724715426743	-48.0674	-24.2335	SP
AE27	1	0.10538064870973	0.0805194490774475	-46.9987	-24.3205	SP
AE28	1	0.10538064870973	0.0996430156960324	-46.3964	-23.9659	SP
AF25	2	0.210761297436262	0.0826557951775871	-49.2068	-25.5352	PR

## Anexo 1. Continuação ...

Área	N	CR	RCE	Longitude	Latitude	Estado
AF27	2	0.21076129741946	0.0805060589540326	-47.9667	-25.1333	SP
AG25	1	0.105380648718131	0.0848189215245565	-49.1993	-25.9286	PR
AG26	3	0.316365009812789	0.0819436798108739	-48.846	-26.3049	SC
AH25	3	0.316365009787381	0.0819436798108739	-49.0498	-27.6308	SC
AH26	3	0.32713035720738	0.0883182020170689	-48.6898	-27.5408	SC
AI26	1	0.10545500326246	0.0804926688306177	-48.684	-27.9622	SC
AJ25	1	0.10545500327093	0.0804926688306177	-49.7273	-29.3358	RS
J32	2	0.249179755472026	0.0861097050984422	-42.547	-35.16	GO
J33	7	0.738679015695718	0.0857973366233481	-41.0925	-3.5626	CE
J34	2	0.211052225330822	0.0784517388316996	-40.4553	-3.5421	CE
J35	2	0.211051147341634	0.0822715137612618	-39.5864	-3.6871	CE
J36	4	0.422102294683268	0.0811455208659747	-38.9686	-3.6076	CE
K31	1	0.116699062874409	0.0772268977994506	-43.7837	-4.7504	GO
K32	1	0.105592391607911	0.0902540413695234	-42.9167	-3.8667	GO
K33	2	0.211184783215823	0.0822894799575889	-41.7025	-4.1222	PI
K34	11	1.16151630778159	0.0830868425875252	-40.9264	-4.7451	CE
K35	1	0.105592391616508	0.0816555157868846	-38.9967	-4.306	CE
K36	6	0.633554349647467	0.0803521624527993	-38.9017	-4.4704	CE
L29	1	0.105592391607911	0.0818323426054949	-45.3204	-5.7204	GO
L30	2	0.211310973294229	0.0906090930711807	-44.1587	-5.7337	GO
L31	2	0.211310973294229	0.083740469584487	-43.7837	-4.7504	GO
L32	4	0.432498771927312	0.0868502114214044	-42.6081	-5.5646	PI
L33	2	0.211310973294229	0.0804357554327113	-41.9336	-5.2887	PI
L34	8	0.845243893176914	0.0823510359722788	-40.9167	-5.7167	CE
L36	1	0.105655486647114	0.0780377547213601	-38.3728	-5.1071	CE
L37	2	0.211310973294229	0.0770397470347761	-37.7992	-5.6646	RN
L38	2	0.211310973294229	0.0780463103707449	-36.5014	-5.1404	RN
L39	1	0.10565548665577	0.0781421109661602	-35.3075	-5.706	RN
M28	2	0.211429772644958	0.0885910858481188	-46.139	-5.8198	GO
M30	4	0.42285954535961	0.0874374332150316	-44.7167	-6.1667	GO
M33	1	0.105714886322479	0.0925678444009162	-41.7456	-6.4075	PI
M34*	7	0.740004204257353	0.0564955555046802	-40.382	-6.724	CE
M36	2	0.212361427044232	0.0773858219440657	-38.4336	-6.2671	RN
M37	3	0.317144658967437	0.0780434584876166	-37.0333	-6.5833	RN
M38	1	0.105714886322479	0.0768525962701016	-36.3461	-6.046	RN
M39*	7	0.740004204257353	0.0822463056515932	-35.1256	-6.6783	PB
N27	1	0.165264937332036	0.0818323426054949	-47.817	-6.8171	TO
N28	1	0.105714886322479	0.0787106028635589	-46.036	-7.5329	GO
N29	6	0.634289318039415	0.0796313235772623	-45.2426	-7.5587	PI



## Anexo 1. Continuação ...

Área	N	CR	RCE	Longitude	Latitude	Estado
N30	2	0.211429772662381	0.0799867575545667	-44.5565	-7.2298	PI
N33	2	0.211429772644958	0.0799867575545667	-40.99	-7.7335	PI
N34	2	0.374939523686914	0.0865538770024274	-40.0464	-7.2129	CE
N35	8	0.847327229232321	0.0805964514586821	-39.7245	-7.5123	PE
N36	3	0.317311848715023	0.0801483703945367	-38.6895	-7.3301	CE
N37	5	0.528853081191705	0.0785039560833011	-37.4317	-7.1865	PB
N38	3	0.317311848715023	0.0827336263296184	-36.8975	-7.4708	PB
N39	12	1.26924739486009	0.083003461277726	-35.21	-7.2501	PB
N40	5	0.528853081235527	0.0833730823846507	-34.9784	-7.1143	PB
O31	1	0.105770616238341	0.0799638326536031	-43.8721	-8.0132	PI
O32*	6	0.634623697430046	0.0821004632975922	-42.4892	-8.7336	PI
O33	3	0.317468100389942	0.0786845412097667	-41.5972	-7.8782	PI
O34	2	0.212193967707107	0.0775729727087402	-40.9246	-8.4747	PE
O35	2	0.211645400259962	0.0795296202024728	-39.5786	-8.091	PE
O36	10	0.105822700129981	0.072682921450697	-38.5689	-8.6015	PE
O37	9	0.952404301169827	0.0710037147845902	-37.062	-7.8771	PB
O38*	7	0.740758900909866	0.0873050882059978	-36.7761	-8.4668	PE
O39*	12	1.26987240166554	0.0816481845651716	-35.1663	-8.7334	PE
O40*	6	0.634936200779885	0.0814327791374274	-34.8814	-8.0543	PE
P29	1	0.105822700147609	0.0782483275228739	-45.3915	-8.8342	PI
P30	2	0.21164540027759	0.0844823221165412	-44.7167	-9.3	PI
P31	2	0.211645400259962	0.0799872267858276	-43.3303	-9.279	PI
P32	4	0.801157755980359	0.0779735757505998	-42.0817	-9.6221	BA
P33	3	0.317623711150943	0.0779917517947899	-41.5895	-9.299	BA
P34	3	0.317613479823489	0.0777279000462802	-40.4989	-9.4121	BA
P35	2	0.211742319882326	0.0775729727087402	-39.8259	-8.8082	PE
P36	6	0.635226959646978	0.0796920888524149	-38.0178	-9.5638	SE
P37	4	0.423484639764652	0.0809370227672039	-37.8342	-9.5023	AL
P38*	7	0.741098119588141	0.0797021888799183	-36.1539	-9.3971	AL
P39	6	0.746073327222861	0.0813517025314496	-35.7356	-9.6662	AL
Q26	4	0.423484639764652	0.0599712679933008	-48.3607	-10.2132	TO
Q29	1	0.105916015854239	0.0819653688273611	-45.3443	-9.8321	PI
Q32	2	0.211832031708479	0.0775729727087402	-42.5503	-10.6504	BA
Q33	7	0.741412110979675	0.0794730470407564	-41.3267	-10.7332	BA
Q34	8	0.847328126905141	0.0808336470585238	-40.2298	-10.1032	BA
Q35	1	0.106114721962715	0.0780377547213601	-39.3362	-10.439	BA
Q36	4	0.423664063416957	0.0786936918592131	-38.9803	-9.9499	BA
Q37*	5	0.637787181533424	0.0824134673425306	-37.4256	-10.6854	SE
Q38	6	0.635496095125436	0.0836440216836079	-36.3511	-9.7823	AL

## Anexo 1. Continuação ...

Área	N	CR	RCE	Longitude	Latitude	Estado
Q39	1	0.105916015854239	0.0781421109661602	-35.9081	-9.8404	AL
R29	1	0.105957286385118	0.0781421109661602	-45.1935	-11.0487	BA
R31	3	0.317871859155353	0.0779521827603464	-43.3504	-11.6338	BA
R33	12	1.30943883093056	0.0814191307541414	-41.1189	-11.7227	BA
R34	7	0.741701004695823	0.0813409904074617	-40.1409	-11.1174	BA
R35	2	0.211914572770235	0.0779784011696949	-39.567	-10.7838	BA
R36	7	0.741701004695823	0.0820299785610282	-38.1504	-11.511	BA
R37	9	0.953615577466059	0.0820400330828263	-37.7836	-11.5504	BA
S24	1	0.105994988417375	0.0798044018448344	-50.9171	-12.7004	MT
S29*	4	0.439659862304159	0.079846628893454	-45.0833	-12.3833	BA
S30	3	0.317984965252124	0.0817892176459637	-44.9671	-12.1504	BA
S32	3	0.317984965252124	0.0779521827603464	-42.8965	-12.3173	BA
S33	11	1.16594487259112	0.0820281968808122	-41.5192	-12.4616	BA
S34	5	0.529974942086873	0.0829178846744878	-40.492	-12.311	BA
S35*	12	1.27193986100849	0.0841948153588138	-39.7837	-12.7338	BA
S36*	10	1.05994988417375	0.0839797009936772	-38.967	-12.2671	BA
S37	4	0.738345893504082	0.0821175790353139	-37.6109	-11.814	BA
T22	2	0.211989976834749	0.0790263646838542	-52.2704	-13.5504	MT
T30*	5	0.530145686219068	0.0631411470322894	-44.7171	-13.4837	BA
T31	1	0.112329293289483	0.0782483275228739	-43.9501	-12.7615	BA
T32	3	0.318087411704403	0.0811445805924666	-42.4917	-13.5468	BA
T33	15	1.5904370586572	0.0822914610613236	-41.835	-13.5957	BA
T34	12	1.27234964692576	0.081996641285485	-40.8034	-12.7554	BA
T35*	19	2.01455360763246	0.0860575601849698	-39.117	-13.6671	BA
T36	7	0.742203960706695	0.0863152412350256	-38.5111	-12.9716	BA
U18	1	0.106029137234801	0.0798044018448344	-56.3279	-14.7207	MT
U22	1	0.106029137243814	0.0798044018448344	-52.3337	-14.6837	MT
U26	1	0.106029137234801	0.0782483275228739	-48.5715	-13.7904	GO
U27	2	0.212058274487627	0.0893048619956055	-47.5104	-14.1329	GO
U28	2	0.212119493192048	0.0804974724162784	-46.3704	-14.0904	GO
U30	2	0.212486350000943	0.0777815995668303	-44.15	-14.4	MG
U31	1	0.106059746605067	0.0772268977994506	-43.1623	-14.2677	BA
U32	9	0.9545377194456	0.0842447627949847	-42.5176	-14.7457	BA
U33	8	0.848477972840533	0.0844348852165133	-41.0587	-13.9452	BA
U34	11	1.16665721265573	0.0847613268415245	-40.1878	-14.3741	BA
U35	15	1.59089619894036	0.0888968739233311	-39.0836	-14.4172	BA
U36	1	0.106059746605067	0.0901833489048537	-38.967	-14.0671	BA
V18	1	0.148318164654496	0.0798044018448344	-56.0971	-15.5965	MT
V19	2	0.212119493192048	0.0793838883001607	-55.7501	-15.461	MT
V26	2	0.26512377038216	0.078328499057468	-48.0337	-15.5338	DF

## Anexo 1. Continuação ...

Área	N	CR	RCE	Longitude	Latitude	Estado
V27	1	0.106086828741868	0.0768525962701016	-47.8768	-15.5837	DF
V29	1	0.106086828741868	0.0787106028635589	-45.1671	-15.4838	MG
V30	3	0.318260486225605	0.0555063970340947	-44.3621	-15.4886	MG
V34	6	0.636520972451209	0.0846201112243181	-40.8397	-14.8666	BA
V35*	21	2.22782340357923	0.0870435509497862	-39.4961	-15.4197	BA
V36	2	0.212173657483736	0.0855084056710469	-38.9475	-15.6755	BA
W18	1	0.106086828741868	0.0805194490774475	-56.0833	-15.7667	MT
W22	1	0.106086828741868	0.0798044018448344	-52.6171	-16.7338	GO
W24	1	0.106086828750937	0.0782483275228739	-50.1407	-15.9348	GO
W25	1	0.106086828750937	0.0798044018448344	-49.2543	-16.679	GO
W26	1	0.106086828741868	0.0798044018448344	-48.9596	-15.8529	GO
W27	2	0.212220788847202	0.078328499057468	-47.9301	-15.7801	DF
W30	1	0.107019845959447	0.0768525962701016	-44.2196	-15.9533	MG
W31	2	0.212220788865386	0.0796150259705032	-43.8671	-16.7505	MG
W32*	7	0.742772760965206	0.0871183766551459	-42.1826	-16.6194	MG
W33	2	0.212220788847202	0.0788801372409606	-41.4803	-16.2205	MG
W34	1	0.106110394423601	0.0782483275228739	-40.5184	-15.8069	MG
W35*	9	0.954993549812407	0.0868380838265776	-39.7831	-16.5844	BA
W36	1	0.106110394423601	0.0950122434284717	-38.8831	-15.8636	BA
X21	1	0.1061304529606	0.0805194490774475	-53.3504	-17.2504	MT
X23	1	0.1061304529606	0.0782483275228739	-51.8104	-16.9604	GO
X25	1	0.1061304529606	0.0798044018448344	-49.7182	-16.8341	GO
X26	1	0.116379886665454	0.0798044018448344	-48.6254	-17.7422	GO
X27	1	0.106673050655775	0.0798044018448344	-47.614	-16.7691	GO
X29	1	0.1061304529606	0.0805194490774475	-45.8337	-17.0338	MG
X31	2	0.212260905921201	0.082669185301002	-43.1667	-17.6667	MG
X32	1	0.110390343352108	0.0787106028635589	-42.3435	-16.8049	MG
X35	2	0.212260905921201	0.0920183322999345	-39.7422	-17.5355	BA
Y22	1	0.1061304529606	0.0782483275228739	-52.196	-18.471	GO
Y25	1	0.106147012253841	0.0798044018448344	-49.2157	-18.4197	GO
Y26	1	0.106147012253841	0.0782483275228739	-48.254	-18.058	GO
Y30	1	0.107694051711194	0.0768525962701016	-44.1726	-17.758	MG
Y31*	4	0.424588049015364	0.0826473583044133	-43.4715	-18.0719	MG
Y32	1	0.106147012253841	0.0787106028635589	-42.8593	-17.8577	MG
Y35	4	0.424588049015364	0.0822465923857248	-39.9013	-18.6665	ES
Z27	2	0.293050163210258	0.0790263646838542	-47.6751	-19.153	MG
Z30	3	0.322399611727756	0.0522189993716453	-44.2337	-19.4505	MG
Z31*	6	0.669999533072675	0.0890022948986289	-43.8904	-19.6305	MG
Z34	10	1.07164119766441	0.0842385450971344	-40.4478	-18.7705	ES
Z35	1	0.106160419591806	0.0768525962701016	-39.8943	-19.657	ES

## Anexo 2: Normas da revista Ecography

### Author Guidelines

#### General editorial practice

Submit your manuscript online: <http://mc.manuscriptcentral.com/ecogra>

Authors submitting a manuscript do so on the understanding that the work follows ethical guidelines and legislation within the country where it has been carried out, that it has not been published before, that it is not being considered for publication elsewhere and that it has been read and approved by all authors. Authors will be required to sign an Exclusive Licence Form (ELF) for all papers accepted for publication. Signature of the ELF is a condition of publication and papers will not be passed to the publisher for production unless a signed form has been received. Please note that signature of the Exclusive Licence Form does not affect ownership of copyright in the material. After submission, authors will retain the right to publish their paper in various media/circumstances.

Manuscripts are screened by the editorial board before being sent out for external review and may be rejected editorially. Editorial reject decisions are based on how well a manuscript fits the scope of the journal as well as on the quality of the manuscript. Typically, editorial reject decisions are taken within a week from submission. Manuscripts sent out for external review are evaluated based on their scientific significance and soundness. Authors will generally be notified of acceptance, rejection, or need for revision within three months. Decisions of the editor are final. Uninvited resubmissions are subject to rejection without peer review.

Manuscripts are edited to improve communication between author and reader.

Authors will receive electronic proofs via e-mail, together with a Query Form detailing any questions we have regarding the article, and an Exclusive License Form. Correct only printer's mistakes. You may be charged for excessive corrections beyond such mistakes.

No offprints will be supplied. Instead corresponding authors will receive a locked PDF file to use at their discretion.

There are no page charges.

**Authorship.** Statement on authorship. Papers should conform to recommendations for authorship provided by the International Committee of Medical Journal Editors (the Vancouver Group; see <http://www.icmje.org>). That is, authorship of a paper carries with it responsibility as well as credit. All those whose names appear as authors should have played a significant role in designing or carrying out the research, writing the manuscript, or

providing extensive guidance to the execution of the project. They should be able to present and defend the work in a public forum. Honorary authorship is to be avoided. All authors must be in agreement on both the submission and full content of any article carrying their name. Any violation of these conditions represents academic misconduct and will be dealt with accordingly.

Note: Ecography uses iThenticate software to detect instances of overlapping and similar text in submitted manuscripts. To find out more about CrossCheck visit <http://www.crossref.org/crosscheck.html>

### Manuscripts

Format. Manuscripts should be double-spaced throughout (including tables, figure legends, appendices, literature cited) with all lines and pages numbered.

Specific information for Software Notes. Abstracts for Software Notes have a 100 word length limitation. Papers in this section have a 2,500 word length limitation for all text, excluding tables and legends. Submitted notes should be subdivided only into an abstract, main text, acknowledgements, and references. Software Notes may include a maximum of three tables/figures. They should provide the basic rationale behind the software, its basic functions, and sample usage, output, and interpretation. A link to a persistent website where the software may be downloaded or used must be provided. Software Notes are not intended to replace proper user documentation, and the user's manual along with test datasets should be available from the software website. The section particularly welcomes user-friendly approaches.

To ensure that software websites referred to in Software Notes will be accessible for years to come, the journal requires authors to establish a persistent internet address (PURL) for the software published in the journal. A step-by-step guide explaining how to do this is provided at the journal's PURL page: [www.oikos.ekol.lu.se/ecoPURL.html](http://www.oikos.ekol.lu.se/ecoPURL.html).

Language. Manuscripts should be in English. Linguistic usage should be correct. Avoid the use of the passive voice. Avoid extensive reviews in the Introduction and Discussion. Cite only essential sources of a theory or opinion. Authors for whom English is a second language may choose to have their manuscript professionally edited before submission to improve the English. A list of independent suppliers of editing services can be found at [www.blackwellpublishing.com/bauthor/english\\_language.asp](http://www.blackwellpublishing.com/bauthor/english_language.asp). All services are paid for and arranged by the author, and use of one of these services does not guarantee acceptance or preference for publication.

Title. The title should be brief and contain words useful for indexing and information retrieval.

**Text.** The first page should contain only the title and the author's name, address and email-address. Page two contains the abstract, in which the main results of the work should be summarized. The abstract should not contain more than 300 words. Begin the introduction on page three. Avoid right margin justification and hyphenation. Double-check the contents of your manuscript before submitting. Only printer's mistakes in proofs will be changed free of charge.

**Illustrations.** All illustrations should bear author's name. Tables and legends of illustrations should be written double-spaced on separate sheets. Do not incorporate the legend in the figure itself. Tables and illustrations should be comprehensible without reference to the text.

Colour plates may be included at the author's expense.

Plan your illustrations for the smallest size possible (one column). Do not submit originals until so instructed.

**Units.** Use SI units as far as possible.

**Nomenclature.** Binomial Latin names should be used in accordance with International Rules of Nomenclature.

**References.** In the list of references, the following usage should be conformed to:

**Journal:** Phillips, B. L. and Shine, R. 2006. Spatial and temporal variation in the morphology (and thus, predicted impact) of an invasive species in Australia. — *Ecography* 29: 205-212.

**Book:** Gavrilets, S. 2004. *Fitness landscapes and the origin of species*. — Princeton Univ. Press.

**Chapter:** von Ende, C. N. 2001. Repeated-measures analysis: growth and other time-dependent measures. — In: Scheiner, S. and Gurevitch, J. (eds), *Design and analysis of ecological experiments*. Oxford Univ. Press, pp. 134-157.

In the text references are given: Gavrilets (2004) or, at the end of a sentence, (Gavrilets 2004).

Titles of journals should be abbreviated following Biological Abstracts. If in doubt, give the title in full. Do not refer to unpublished material.

The reference list should be arranged alphabetically on authors' names and chronologically per author. If the author's name is also mentioned with co-authors, the following order should be used: publications of the single author, arranged chronologically – publications of the same author with one co-author, arranged chronologically – publications of the author with more than one co-author, arranged chronologically. When there is more than one co-author, please write the first author followed by et al. Publications by the same author(s) in the same year should be listed as 2004a, 2004b, etc. Reference lists not

conforming to this format will be returned for revision. When in doubt, please consult the latest issues of ECOGRAPHY.

Excessive use of references causes unnecessary long articles. To avoid excessive use of references, use only the most relevant. As a rule, avoid using more than 50 references in a regular research paper.

Acknowledgements: Keep them short.

Appendices: Supplementary material may be posted as electronic appendices on the journal's appendix site.

Authors are recommended to follow the guidelines set out in: O'Connor, M. 1991. *Writing successfully in science*. - Harper Collins Academic, London. Manuscripts not conforming to the requirements will be returned for revision.

## COPYRIGHT

Authors will be required to sign an Exclusive Licence Form (ELF) for all papers accepted for publication. Signature of the ELF is a condition of publication and papers will not be passed to the publisher for production unless a signed form has been received. Please note that signature of the Exclusive Licence Form does not affect ownership of copyright in the material. (Government employees need to complete the Author Warranty sections, although copyright in such cases does not need to be assigned). After submission authors will retain the right to publish their paper in various medium/circumstances (please see the form for further details).

## Online Open

Online Open OnlineOpen is available to authors of primary research articles who wish to make their article available to non-subscribers on publication, or whose funding agency requires grantees to archive the final version of their article. With OnlineOpen, the author, the author's funding agency, or the author's institution pays a fee to ensure that the article is made available to non-subscribers upon publication via Wiley Online Library, as well as deposited in the funding agency's preferred archive. For the full list of terms and conditions, see [http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen\\_Terms](http://wileyonlinelibrary.com/onlineopen#OnlineOpen_Terms)

Any authors wishing to send their paper OnlineOpen will be required to complete the payment form available from our website at: <https://onlinelibrary.wiley.com/onlineOpenOrder>

Prior to acceptance there is no requirement to inform an Editorial Office that you intend to publish your paper OnlineOpen if you do not wish to. All OnlineOpen articles are treated in the same way as any other article. They go through the journal's standard peer-review process and will be accepted or rejected based on their own merit.

Read important instructions on how we handle supplementary materials here.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O gênero *Erythroxylum* tem ampla distribuição em toda a região Tropical, o que sugere que seu surgimento tenha ocorrido antes da separação dos continentes. Sendo assim, espera-se que um maior número de espécies esteja adaptado a locais que sofreram maior ação de intemperes climáticos. Isso se confirmou nos modelos espaciais gerados tendo em vista que tais modelos sugerem que o número de espécies aumente em condições ambientais associadas a áreas de clima quente e seco, com forte estacionalidade climática e solos rasos e ácidos.

Os centros de diversidade, riqueza e endemismo das espécies de *Erythroxylum* restritas ao Brasil ocorrem em locais onde existe a presença de mais de um domínio fitogeográfico e se encontram distribuídas no Nordeste e Sudeste do Brasil. A região da Chapada Diamantina (estado da Bahia) foi a área de maior riqueza e diversidade, assim como, um dos principais centros de endemismo no país. Destacaram-se também o litoral do Rio de Janeiro (região de Mata Atlântica), o norte de Minas Gerais e do Planalto da Ibiapaba no Ceará (áreas onde prevalecem tipos vegetacionais estacionalmente secos).

Também é importante destacar que a riqueza de espécies diminui conforme se aproxima dos trópicos. Nessas áreas, a distribuição se limita preferencialmente ao litoral, de forma que a severidade das condições ambientais seja amenizada pela estabilidade climática gerada pela ação da proximidade oceânica.

Ao analisar as seções taxonômicas reconhecidas para o gênero nos modelos gerados, pôde-se observar que algumas tiveram distribuição bem restrita; em quanto que outras, tiveram distribuição mais ampla. Em ambos os casos, houve indícios de delimitação das seções no espaço; porém, são necessários estudos filogenéticos para verificar uma provável origem monofilética nas seções.

De modo geral, os conhecimentos prévios sobre as espécies do gênero foram confirmados pelas técnicas utilizadas. No entanto, a quantidade de pontos analisados foi considerada deficiente em alguns locais, dificultando uma melhor delimitação das espécies do gênero e definição de áreas endêmicas.

Os modelos gerados no capítulo dois foram elaborados a partir de um recorte do território brasileiro e foram descartados os pontos extremos da distribuição para o Norte do país. Esses dados não utilizados representam, em sua maioria, informações referentes a tipos vegetacionais úmidos. A ausência desses



dados pode ter interferido na real distribuição e nos ambientes preferenciais das espécies, sendo estas associadas em mais áreas mais secas. Por outro lado, merece destacar que em estudos realizados no Nordeste do Brasil, as espécies de *Erythroxylum* diferiram quanto à preferência de habitat. No estado da Paraíba ocorreram principalmente em ambientes mais úmidos (Mata Atlântica); já no estado do Ceará foram registradas em ambientes mais secos, como carrasco e caatinga.

Ressalta-se que os modelos gerados no capítulo dois, representam os principais centros de riqueza observados no primeiro capítulo, uma vez que as áreas são coincidentes.