

# INVASÃO BIOLÓGICA POR *Crotalaria retusa* L. (FABACEAE) EM ÁREAS DE DUNAS EM SÃO LUÍS, MARANHÃO, NORDESTE DO BRASIL

Ingrid do Bom Parto Araújo Santana<sup>1\*</sup> & Nivaldo de Figueiredo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Maranhão, Campus Universitário do Bacanga, 1966, CEP 65080–805, São Luís, MA, Brasil.

\*Autor correspondente: ingrid.bpas@gmail.com

## RESUMO

O presente estudo tem como objetivo analisar o arranjo estrutural do interior e entorno das moitas de *Crotalaria retusa* em áreas de dunas da Ilha do Maranhão. O estudo foi realizado nas dunas costeiras da Ilha do Maranhão, no trecho entre as praias de São Marcos e Araçagi. Para tanto, foram selecionadas moitas amostradas pelo método de parcelas múltiplas, no qual foi amostrado com parcelas de 1m<sup>2</sup>, 40% da cobertura vegetal no interior e no entorno das moitas de *C. retusa*, sendo posteriormente calculados o Valor de Importância (VI) para cada espécie botânica amostrada, diversidade de Shannon–Wiener (H') e Equabilidade de Pielou (J). A riqueza total de espécies foi de 101 espécies (76 no interior e 81 no entorno). A espécie *C. retusa* apresentou o maior VI no interior (124,97) e no entorno foi a segunda com maior VI (59,40). A diversidade foi de H' = 2,58 nats m<sup>2</sup> no interior e H' = 2,59 nats m<sup>2</sup> no entorno, enquanto que a equabilidade foi de J=0,59 (no interior e no entorno). Observou-se que a riqueza de espécies no interior da moita aumenta à medida que a cobertura de *C. retusa* diminui, demonstrando que a espécie botânica invasora pode interferir na ocorrência das espécies nativas.

**Palavras-chave:** Contaminação biológica; espécies invasoras; dunas costeiras; índice de cobertura; valor de importância.

## BIOLOGICAL INVASION BY *Crotalaria retusa* L. (FABACEAE) IN DUNE AREAS IN SÃO LUÍS, MARANHÃO, NORTHEAST BRAZIL

### ABSTRACT

The present study aims to analyze the structural arrangement of the inside and around of the *Crotalaria retusa* clumps in dune areas of Ilha do Maranhão. The study was realized out in the coastal dunes of Ilha do Maranhão, in the stretch between the beaches of São Marcos and Araçagi. Therefore, clumps of vegetation sampled by the multiple plot method were selected, in which it was a sample with plots of 1m<sup>2</sup>, 40% of the vegetation cover inside and around the *C. retusa* clumps, and the were calculated Importance Value (IV) for each a sampled botanical species, Shannon – Wiener diversity (H') e Pielou Equability (J). The total species richness was 101 species (76 inland and 81 in the around). The species *C. retusa* had the highest VI in the inside (124,97) and in the around it was the second with the highest VI (59,40). The diversity was H' = 2,58 nats.m<sup>2</sup> on the inside and H' = 2,59 nats.m<sup>2</sup> on the around, while the equability was J=0,59 (in the inside and the around). It was observed that the species richness inside the clump increases as the coverage of *C. retusa* decreases, showing the invasive botanical species could interfere with the occurrence of native species.

**Keywords:** Biological contamination; invasive species; coastal dunes; coverage index; importance value.

## INTRODUÇÃO

As dunas costeiras apresentam uma vegetação formada por plantas herbáceas ou arbustivas que podem ocorrer em uma distribuição esparsa ou formando touceiras (Klein *et al.*, 2007; Martins *et al.*, 2008). Nos ambientes de dunas, a vegetação pioneira é adaptada às condições salinas e arenosas, que está sob ação constante, direta ou indireta, do

mar e à mobilidade do substrato arenoso (Almeida Jr. & Zickel, 2009; Arruda *et al.*, 2009).

No Brasil, as áreas costeiras apresentam altas taxas de degradação, pois vem sofrendo com a especulação imobiliária e a expansão urbana, isso ocorre porque a maioria das grandes cidades estão localizadas em áreas costeiras (Barbosa *et al.*, 2004; Fonseca-Kruel & Peixoto, 2004). Amorim *et al.* (2016a), Amorim *et al.* (2016b) e

Santos *et al.* (2019), relatam impactos provocados por ação antrópica à vegetação presente nas dunas da orla de São Luís. Estas praias apresentam um ambiente muito modificado, no qual boa parte da área de vegetação natural foi substituída por estabelecimentos comerciais (restaurantes, hotéis, lojas, barracas), edifícios e casas residenciais, além da presença de várias trilhas (não ecológicas). Estes e outros fatores tem acarretado em grande perda de biodiversidade vegetal nesses ambientes (Araujo *et al.*, 2016; Amorim *et al.*, 2016b).

As intensas atividades antrópicas em ambientes de dunas os tornam mais susceptíveis à invasão biológica e conseqüentemente levam ao empobrecimento na riqueza das espécies nativas, provocando a descaracterização da vegetação das dunas (Kennedy *et al.*, 2002; Amorim *et al.*, 2016a). O termo “invasão biológica” (ou contaminação biológica) refere-se a um processo no qual uma determinada espécie se instala no ambiente que não faz parte de sua área de distribuição natural, se naturalizando nele, causando mudanças no seu funcionamento espontâneo e afetando a biota nativa, sendo ao final do processo categorizada como espécie invasora (Mack, 1996; Vermeij, 1996; Ziller, 2000).

De acordo com Ziller (2000) as formações herbácea-arbustivas são mais propensas a invasão quando comparadas com formações florestais, pois são comunidades que apresentam plantas de pequeno porte, vegetação aberta e uma área com maior grau de perturbação. Tais características podem propiciar a ocorrência de “nichos vagos”, que faz referência a um nicho que não se encontra ocupado pelas espécies nativas de uma determinada comunidade e dessa forma pode estar suscetível a ser invadido por espécies que não são naturais (Shea & Chesson, 2002). Além dos fatores ambientais, a espécie invasora pode apresentar padrões fisiológicos para se adaptar ao clima do novo ecossistema no qual se instala, assim como características biológicas (tipo e taxa de reprodução) e ecológicas (ausência de predadores e competidores naturais) que favoreçam a invasão biológica (Richardson *et al.*, 2000).

Atualmente, no país, de acordo com a base de dados I3N Brasil (2019), existem aproximadamente 469 espécies reconhecidas como exóticas invasoras. Dentre alguns exemplos popularmente conhecidos estão *Coffea arabica* L. (café), *Eucalyptus robusta* Sm. (eucalipto), *Mangifera indica* L. (mangueira) e *Psidium guajava* L. (goiabeira) (Zenni & Ziller, 2011; I3N Brasil, 2019).

A I3N Brasil ainda não possui o registro de todas as espécies invasoras. Nesse caso, a espécie *Crotalaria retusa* L. apesar de ser invasora, não aparece na base de dados. Segundo Boghossian *et al.* (2007) esta espécie é provavelmente nativa da Ásia

e foi introduzida no Brasil visando à recuperação de solos pobres em nutrientes, uma vez que é usada como adubo verde devido sua capacidade de fixação de nitrogênio no solo, e também como cobertura vegetal no plantio direto. No Brasil a espécie tem registro de ocorrência para as regiões Norte (Pará), Nordeste (Bahia, Maranhão, Piauí), Sudeste (Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo) e Sul (Paraná, Rio Grande do Sul, Santa Catarina) (Flora do Brasil 2020).

Na região Nordeste do país, *C. retusa* é a espécie mais abundante, assim como *Crotalaria pallida* Aiton e *Crotalaria lanceolata* E.Mey. (Jacobi *et al.*, 2005). Nas regiões de dunas do Maranhão, a *C. retusa*, é facilmente observada formando moitas densamente povoadas, de formas e tamanhos variados (Amorim *et al.*, 2016b; Santos *et al.*, 2019).

Frente a essas argumentações é possível perceber que existe um grande risco quanto a invasão biológica por *C. retusa* para a biodiversidade vegetal nativa, por isso é importante saber quais são os padrões que favorecem o estabelecimento desta espécie invasora nas áreas de dunas. Dentro desse contexto, este trabalho testou a seguinte hipótese: o “vigor da moita” (relação entre a densidade da espécie invasora e o tamanho da moita) é inversamente proporcional à diversidade de espécies no entorno das moitas; assim moitas com maior vigor ocorreriam em áreas com menor riqueza de espécies nativas. Com isso foi analisado o arranjo estrutural do interior e entorno das moitas de *C. retusa* em áreas de dunas da Ilha do Maranhão.

## MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado nas dunas das praias de São Marcos e Araçagi, situadas na Ilha do Maranhão (2°30'S; 44°16'W), ao norte do estado do Maranhão (Figura 1). A praia de São Marcos se encontra localizada no município de São Luís (2°32'08"S e 44°22'59"W) e possui 4Km de extensão (Araujo *et al.*, 2016). A praia do Araçagi está alocada entre os municípios de São José de Ribamar e Paço do Lumiar (2°41'47"S e 44°16'01"W) e apresenta 17,7Km de extensão (Amorim *et al.*, 2016b).

A região, de acordo com a classificação de Köppen, apresenta um clima do tipo Aw, com temperatura variando de 23°C a 30°C e umidade média de 84%, recebendo influência direta do mar devido à proximidade do mesmo (Alvares *et al.*, 2013; INMET, 2019). Apresenta precipitação pluviométrica anual de 15.8mm e duas estações climáticas, uma estação de estiagem (julho a dezembro) e uma estação chuvosa (janeiro a junho) com chuvas que podem ocorrer rotineiramente durante a estação seca (INMET, 2019).

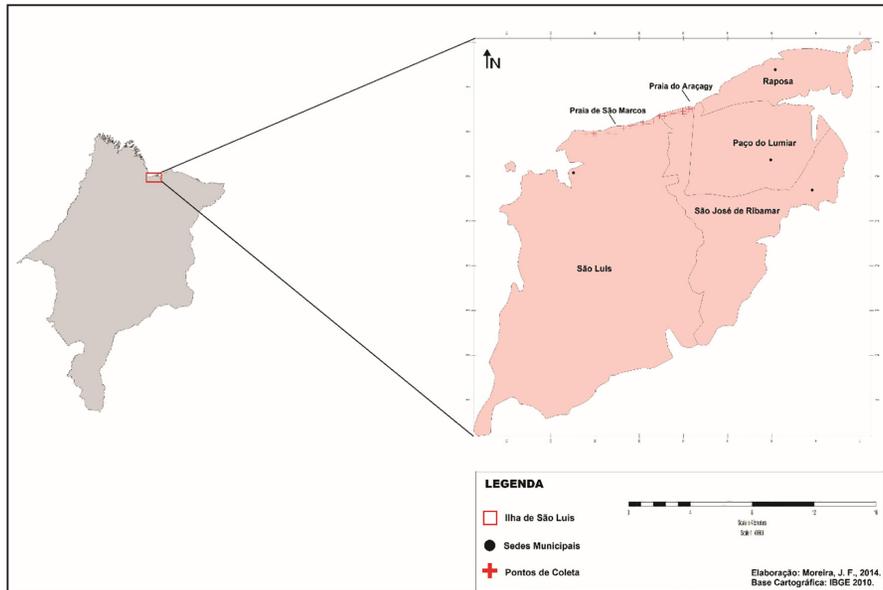


Figura 1. Mapa da área de estudo, situando as áreas das Praias de São Marcos e Araçagi, Ilha do Maranhão, MA, Brasil.

Nessas áreas de dunas é possível observar uma vegetação que apresenta desde formações herbáceas a arbóreas, com espécies que chegam a 8m de altura (Amorim *et al.*, 2016a). O estrato herbáceo abrange a maior parte desses ambientes e entre as várias espécies na lista de ocorrência encontra-se a *Crotalaria retusa* L. (Amorim *et al.*, 2016a; Amorim *et al.*, 2016b; Silva *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2019). *C. retusa* é uma espécie invasora (Figura 2) que têm a capacidade de autopolinização quando seus polinizadores são ausentes ou poucos frequentes, mostrando ser essa uma característica importante para o seu sucesso como invasora (Jacobi *et al.*, 2005).

As espécies pertencentes ao gênero *Crotalaria* L. são plantas arbustivo-herbáceas com altura variando de cerca de 50cm até 3m. Possuem folhas simples, unifolioladas, trifolioladas ou digitadas, predominantemente com flores amarelas, androceu formado por um tubo monadelfo aberto na base com anteras dimorfas, fruto tipo legume, inflado (Flores & Miotto, 2005). Apresentam como nomes vernaculares “xique-xique” (Braga, 1960) e “guizo-de-cascavel” (Soares & Souza, 1976).

Para análise da vegetação presente nas moitas de *C. retusa* foi utilizado o método de parcelas devido ao grande número de gramíneas e espécies herbáceas, além da dificuldade de se definir um indivíduo nestas formações, uma vez que é constante a presença de estolões e rizomas (Mueller-dombois & Ellenberg, 1974). A parcela de 1m<sup>2</sup> (construídas com canos de PVC) foi dividida em quadrados de 10cm x 10cm,

por fios de nylon, cada um correspondendo a 1% da área da parcela (totalizando 100 quadrados de 10cm x 10cm na parcela).

As moitas de *C. retusa* foram selecionadas na área de estudo por meio de busca visual, porém estas apresentavam tamanhos irregulares, por isso em cada uma era realizada a medida do maior comprimento e da maior largura com o auxílio de uma trena. Cada moita deveria ter no mínimo 5m de comp. e 3m de larg. para ser considerada na amostragem e a distância



Figura 2. Espécie exótica invasora *Crotalaria retusa* L. registrada nas dunas das Praias de São Marcos e Araçagi, Ilha do Maranhão, MA, Brasil. Fonte: Luana Mendes Carvalho.

mínima estipulada entre elas deveria ser de 10m. As parcelas de 1m<sup>2</sup> foram distribuídas aleatoriamente, no interior e no entorno das moitas, por meio de sorteios (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974). Definiu-se como moita um agregado populacional de indivíduos da espécie *C. retusa* e como entorno foi considerada a área de 2m de vegetação que circundava essa moita (i.e. a vegetação que está diretamente em contato com a população de *C. retusa* e, portanto, exerce influência direta na dinâmica da moita). Para cada uma das moitas selecionadas, foram anotadas as coordenadas geográficas e a altitude.

Como critério de amostragem, foi definido que o tamanho amostral (número de amostras/parcelas por moita) seria uma proporção de 40% do comp. máximo de cada moita, desse modo eram amostrados 40% do entorno e 40% do interior, para avaliar a composição e diversidade florística em ambos. A definição de um tamanho amostral variável em trabalhos com áreas de tamanhos diferentes evita problemas com superamostragem e subamostragem, que são falhas comuns quando se utiliza um tamanho fixo amostral em moitas de tamanho diferentes.

Foram coletados como material testemunho representantes das plantas amostradas nas parcelas (ramo com flor ou fruto, quando existente ou apenas o ramo) para produção de exsicatas que foram depositadas no acervo do Herbário do Maranhão (MAR) do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Maranhão. Dentre as plantas coletadas, algumas foram identificadas até família, outras até espécie. Os demais indivíduos não identificados (por só apresentarem material vegetativo) foram denominadas de morfoespécies.

Na abordagem estatística, foram calculados, para cada espécie, os seguintes parâmetros fitossociológicos de acordo com Krebs (1989): CA - (Cobertura Absoluta) =  $\sum$  Cobertura da espécie nas parcelas\*100/ Área Amostrada; CR - (Cobertura Relativa) =  $\sum$  %Cobertura da espécie nas parcelas\*100/ Área com Cobertura nas parcelas; FR - (Frequência Relativa) = FA\*100/ $\sum$ FA das demais espécies ocorrentes na parcela; VI - (Valor de Importância) =  $\sum$ CRi+FRi. Para calcular esses parâmetros foi utilizado o programa Microsoft EXCEL 2010.

As espécies mais representativas foram classificadas de acordo com o Valor de Importância (VI), sendo este um método amplamente utilizado para o estrato herbáceo, uma vez que é difícil individualizar espécies rizomatosas e estoloníferas (Cordeiro, 2005; Carvalho & Sá, 2011; Amorim *et*

*al.*, 2016b). Com base no Valor de Importância as espécies encontradas no interior e no entorno das moitas de *C. retusa* foram classificadas segundo Carvalho e Sá (2011) adaptado de Pereira *et al.* (2004) em espécies dominantes (VI>10), intermediárias (10>VI>1) e raras (VI<1). As espécies da família Poaceae foram agrupadas como uma amostragem única do VI. Outros parâmetros calculados foram a diversidade de Shannon-Wiener (H') e a Equabilidade de Pielou (J) de acordo com Krebs (1989) utilizando o programa Statistica.

Os dados obtidos foram transformados pela conversão através de Arco seno ou Logarítmica (Log+1) quando necessário. A hipótese do “vigor da moita” foi avaliada por meio da densidade de indivíduos de *C. retusa* encontrados no interior em relação ao tamanho das moitas. O teste desta hipótese foi obtido através de Análise de Regressão Múltipla, utilizando como variáveis independentes os dados físicos do ambiente (altitude, latitude e longitude) e o tamanho das moitas amostradas e, como variáveis dependentes os valores obtidos de abundância (cobertura de *C. retusa*) e riqueza de espécies (no interior e no entorno das moitas).

## RESULTADOS

Foram amostradas 252 parcelas, sendo 126 no interior e 126 no entorno, um total de 27 moitas distribuídas nas áreas de dunas costeiras da Ilha do Maranhão, MA (Praia de São Marcos e Praia do Araçagi). Dentre as moitas analisadas, a de maior tamanho mediu 27,5m de comp. e 12,2m de larg., enquanto que a menor mediu 5m de comp. e 3,7m de larg.

A riqueza total para as dunas de São Marcos e Araçagi foi de 101 espécies, destas 76 ocorreram no interior e 81 ocorreram no entorno. A espécie mais importante no interior das moitas foi a *C. retusa* (VI = 124,97), ocorrendo em todas as parcelas amostrais (FR 100%) e no entorno a espécie obteve VI de 59,40 e frequência relativa (FR) de 56% (Tabelas 1 e 2). As espécies nativas *Chamaecrista hispidula* (Vahl) H.S.Irwin & Barneby e *Centrosema brasilianum* (L.) Benth, ambas também pertencentes a família Fabaceae, apresentaram no entorno um VI semelhante ao de *C. retusa*, (53,30 e 50,52, respectivamente) e uma frequência relativa de 47% para ambas as nativas (Tabelas 1 e 2). Os espécimes (indivíduos) da família Poaceae obtiveram, o maior VI para o entorno (104,83), obtendo 83% de frequência relativa (Tabelas 1 e 2).

Tabela 1. Relação das 30 espécies de maior VI, amostradas no interior das moitas de *Crotalaria retusa*, classificadas em ordem decrescente do VI. Legenda: VI = Valor de Importância; CA = Cobertura Absoluta (%); CR = Cobertura Relativa (%); FR = Frequência Relativa (%).

Espécies amostradas	Família	VI	CA	CR	FR
<i>Crotalaria retusa</i> L.	Fabaceae	124,97	56	25	100
Espécimes da Família Poaceae	Poaceae	89,21	36	16	73
Espécimes da Subfamília Mimosoideae	Fabaceae	68,47	24	11	58
<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth.	Fabaceae	52,00	10	4	48
<i>Chamaecrista hispida</i> (Vahl) H.S.Irwin & Barneby	Fabaceae	50,87	16	7	44
<i>Turnera subulata</i> Sm.	Turneraceae	49,61	8	4	46
<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem. & Schult.	Convolvulaceae	40,75	6	3	38
<i>Ipomoea imperati</i> (Vahl) Griseb.	Convolvulaceae	34,08	5	2	32
<i>Cassytha filiformis</i> L.	Lauraceae	26,96	14	6	21
<i>Cnidocolus urens</i> (L.) Arthur	Euphorbiaceae	25,71	4	2	24
<i>Passiflora foetida</i> L.	Passifloraceae	16,87	2	1	16
<i>Alternanthera</i> sp.	Amaranthaceae	15,36	4	2	13
<i>Mitracarpus strigosus</i> (Thunb.) P.L.R.Moraes, De Smedt & Hjertson	Rubiaceae	14,09	1	1	13
Acanthaceae	Acanthaceae	11,87	2	1	11
<i>Merremia</i> sp.	Convolvulaceae	11,50	1	0	11
<i>Emilia</i> sp.	Asteraceae	10,75	1	0	10
<i>Turnera pumilea</i> L.	Turneraceae	10,18	1	1	10
<i>Pavonia cancellata</i> (L.) Cav.	Malvaceae	10,00	1	0	10
<i>Pombalia calceolaria</i> (L.) Paula-Souza	Violaceae	9,97	1	0	10
<i>Wedelia goyazensis</i> Gardner	Asteraceae	9,82	2	1	9
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey.	Rubiaceae	9,01	1	0	9
<i>Clitoria laurifolia</i> Poir.	Fabaceae	8,40	1	0	8
<i>Macroptilium atropurpureum</i> (DC) Urb.	Fabaceae	7,50	1	0	7
<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv.	Fabaceae	6,81	1	0	6
<i>Indigofera hirsuta</i> L.	Fabaceae	6,43	2	1	6
<i>Dalechampia pernambucensis</i> Baill.	Euphorbiaceae	4,25	1	0	4
Espécimes da Família Cyperaceae	Cyperaceae	4,20	1	0	4
<i>Polygala</i> sp.	Polygalaceae	4,07	0	0	4
<i>Chamaecrista diphylla</i> (L.) Greene	Fabaceae	3,37	0	0	3
<i>Commelina</i> sp.	Commelinaceae	3,36	0	0	3

No que diz respeito aos índices calculados, a diversidade de Shannon-Wiener não apresentou diferenças significativas para o interior e para o entorno das moitas ( $H' = 2,58$  nats.m<sup>2</sup> no interior e  $H' = 2,59$  nats.m<sup>2</sup> no entorno). E, da mesma forma, a Equabilidade de Pielou ( $J = 0,59$ ) foi a mesma para o entorno e para o interior das moitas de *C. retusa*.

Entre as quatro relações testadas que, a princípio, poderiam influenciar no vigor da moita, ou seja, no tamanho da moita e percentual de cobertura de *C. retusa*, estão: 1) a riqueza de espécies no entorno da moita; 2) o percentual de cobertura de

espécies do interior da moita; 3) o percentual de cobertura das demais espécies no interior da moita; 4) a riqueza de espécies no interior da moita. Entre as quais a única relação que mostrou significância foi a de riqueza de espécies no interior da moita ( $R = 0,487$ ;  $R^2 = 0,237$ ;  $p = 0,0137$ ) como observado na Figura 3.

Estes resultados são o suficiente para corroborar a hipótese central do trabalho, pois comprova que a riqueza de espécies aumenta à medida que a cobertura de *C. retusa* no interior da moita diminui. Desse modo, pode-se afirmar que a riqueza de espécies

Tabela 2. Relação das 30 espécies mais importantes em VI, amostradas no entorno das moitas de *Crotalaria retusa*, classificadas em ordem decrescente do VI. Legenda: VI = Valor de Importância; CA = Cobertura Absoluta; CR = Cobertura Relativa; FR = Frequência Relativa.

Espécies amostradas	Família	VI	CA	CR	FR
Espécimes da família Poaceae	Poaceae	104,83	58	22	83
<i>Crotalaria retusa</i> L.	Fabaceae	59,40	10	4	56
<i>Chamaecrista hispidula</i> (Vahl) H.S.Irwin & Barneby	Fabaceae	53,30	17	6	47
<i>Centrosema brasilianum</i> (L.) Benth.	Fabaceae	50,52	10	4	47
Espécimes da Subfamília Mimosoideae	Fabaceae	49,85	18	7	43
<i>Turnera subulata</i> Sm.	Turneraceae	48,23	8	3	45
<i>Ipomoea asarifolia</i> (Desr.) Roem. & Schult.	Convolvulaceae	42,40	7	3	40
<i>Ipomoea imperati</i> (Vahl) Griseb.	Convolvulaceae	33,37	6	2	31
<i>Cassytha filiformis</i> L.	Lauraceae	29,52	17	7	23
<i>Cnidocolus urens</i> (L.) Arthur	Euphorbiaceae	19,64	4	1	18
<i>Alternanthera</i> sp.	Amaranthaceae	17,26	6	2	15
<i>Emilia</i> sp.	Asteraceae	14,01	1	1	13
<i>Pavonia cancellata</i> (L.) Cav.	Malvaceae	13,34	2	1	13
<i>Mitracarpus strigosus</i> (Thunb.) P.L.R.Moraes, De Smedt & Hjertson	Rubiaceae	12,75	2	1	12
<i>Passiflora foetida</i> L.	Passifloraceae	12,51	2	1	12
<i>Pombalia calceolaria</i> (L.) Paula-Souza	Violaceae	10,07	1	1	10
<i>Wedelia goyazensis</i> Gardner	Asteraceae	9,56	2	1	9
<i>Turnera pumila</i> L.	Turneraceae	9,42	2	1	9
<i>Macroptilium atropurpureum</i> (Sessé & Moc. ex DC.) Urb.	Fabaceae	8,52	2	1	8
<i>Clitoria laurifolia</i> Poir.	Fabaceae	8,27	1	0	8
<i>Indigofera hirsuta</i> L.	Fabaceae	8,26	3	1	7
Acanthaceae	Acanthaceae	8,14	1	0	8
<i>Borreria verticillata</i> (L.) G. Mey.	Rubiaceae	6,63	1	0	6
<i>Dalechampia pernambucensis</i> Baill.	Euphorbiaceae	5,78	1	0	6
<i>Polygala</i> sp.	Polygalaceae	5,64	0	0	6
<i>Calopogonium mucunoides</i> Desv.	Fabaceae	5,15	1	0	5
<i>Merremia</i> sp.	Asteraceae	4,94	0	0	5
<i>Phyllanthus tenellus</i> Roxb.	Phyllanthaceae	4,87	0	0	5
Espécimes da Família Cyperaceae	Cyperaceae	4,38	1	0	4
<i>Desmodium barbatum</i> (L.) Benth.	Fabaceae	4,34	1	0	4

no interior da moita não influenciou no tamanho da moita, tampouco a riqueza de espécies e sua abundância (percentual de cobertura) no entorno das moitas não apresentou relação com o tamanho delas e a abundância de *C. retusa*, indicando que outros fatores devem estar interferindo nessa relação.

Quanto a estrutura da comunidade, no interior das moitas, 13 espécies foram consideradas dominantes (73% do VI), as intermediárias foram representadas por 35 (24% do VI) e as raras por 25 (3% do VI). Para o entorno foram 13 espécies caracterizadas como dominantes (71% do VI), 31 intermediárias (24% do VI) e 34 raras (5% do VI).

A dominância dessas poucas espécies, tanto para o interior como para o entorno, sugere uma estrutura oligárquica para a comunidade vegetal das áreas de dunas de São Luís.

Outras comparações tais como área das moitas e o percentual de cobertura das moitas de *C. retusa*, tanto no entorno como no interior não foram significativas ( $R = 0,164$ ;  $R^2 = 0,027$ ;  $p = 0,414$  e  $R = -0,2695$ ;  $R^2 = 0,073$ ;  $p = 0,174$ , respectivamente) (Figuras 4a e 4b). Na relação entre a elevação e a área das moitas amostradas (Figura 5), também não se observou relação significativa ( $R = 0,258$ ;  $R^2 = 0,067$ ;  $p = 0,192$ ).

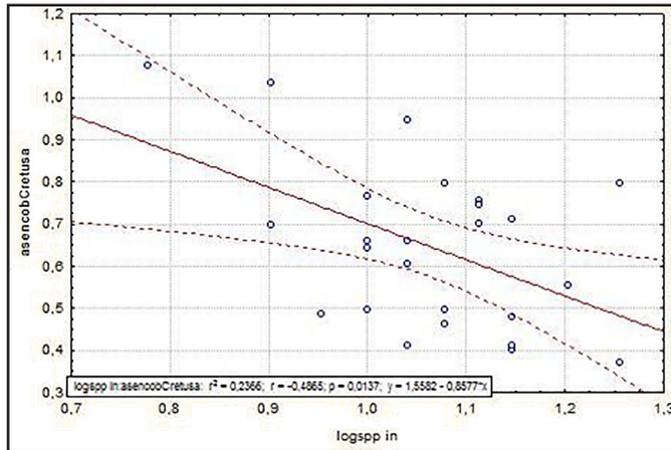


Figura 3. Relação entre a riqueza de espécies e a cobertura de *C. retusa* L. no interior das moitas.

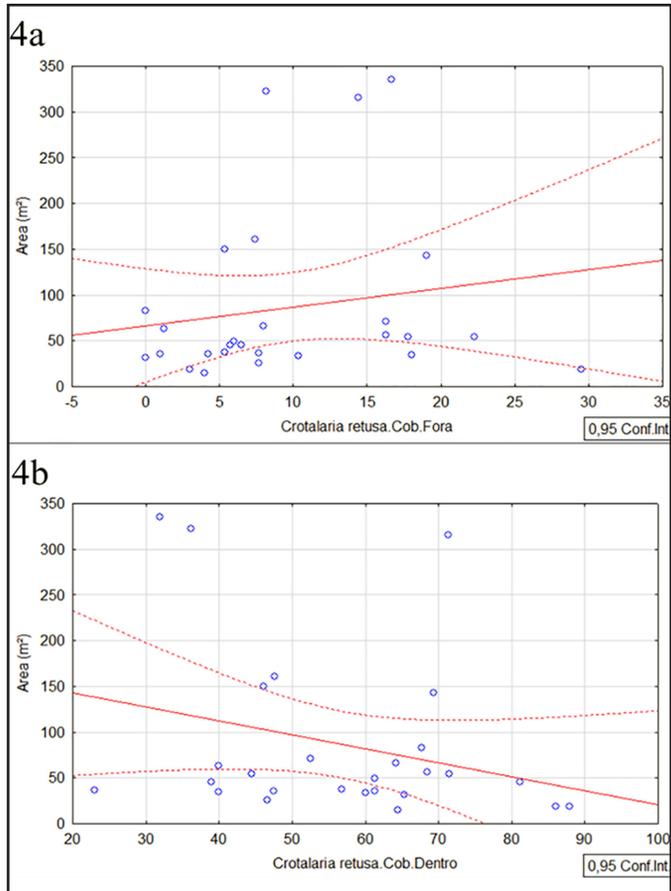


Figura 4. Relação entre a área das moitas com a cobertura de *C. retusa*. a) área externa; b) área interna.

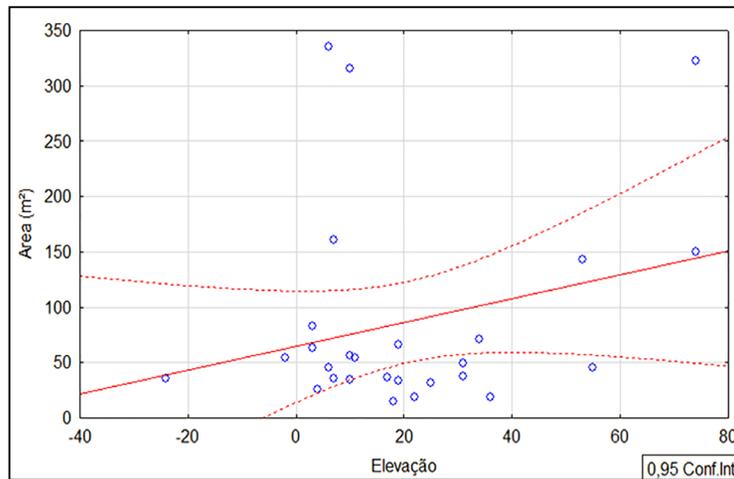


Figura 5. Relação entre a elevação com a área das moitas de *C. retusa*.

## DISCUSSÃO

A riqueza e a diversidade de espécies que foi observada no entorno e no interior das moitas de *C. retusa* (Tabelas 1 e 2) estão dentro do que vem sendo encontrado para áreas de dunas costeiras no Brasil (Pereira *et al.*, 2004; Sonehara, 2005; Amorim *et al.*, 2016a; Amorim *et al.*, 2016b; Araujo *et al.*, 2016; Silva & Melo Jr., 2016; Melo & Boeger, 2018; Santos *et al.*, 2019), indicando que estas são formações naturalmente mais pobres em composição e diversidade quando comparadas com outros ecossistemas.

As moitas amostradas apresentaram tamanhos variáveis, sendo algumas pequenas em extensão (5 de comp. e 3 de larg.), isso ocorre porque as dunas da Ilha do Maranhão são ecossistemas que estão constantemente sofrendo alterações danosas, em alguns casos por conta da frequente ocorrência de queimadas. Neste aspecto, *C. retusa*, mesmo sendo uma planta oportunista não vem conseguindo se estabelecer completamente, pois sempre que começava a formar moitas mais vigorosas ocorriam queimadas ou outros tipos de processos antrópicos.

Os índices de diversidade Shannon-Wiener ( $H'$ ) e a Equabilidade de Pielou ( $J$ ), não apresentaram diferenças significativas para o entorno e para o interior das moitas, provavelmente devido a pequena diferença na riqueza de espécies entre ambos (interior com 76 espécies e no entorno com 81 espécies). Estes resultados mostram que a *C. retusa* não obteve grande sucesso no processo de invasão a ponto de se estabelecer completamente no interior das moitas, do contrário, apresentaria como consequência baixa riqueza de espécies para o interior em relação ao entorno das moitas.

*C. retusa* apresentou um grande Valor de Importância (VI) no interior e no entorno das moitas, ocorrendo em todas as parcelas. Amorim *et al.* (2016b) e Santos *et al.* (2019) também relataram o alto VI para essa espécie invasora nas áreas de dunas de São Luís. Estes resultados, possivelmente, podem estar associados ao fato desta espécie ter a capacidade de autopolinização, facilitando a autofecundação, pois é independente de polinizadores naturais para se estabelecer nos ambientes naturais (Jacobi *et al.*, 2005; Rodger *et al.*, 2013). A dominância também foi alta, comprovando o quanto a *C. retusa* interfere no ecossistema onde se encontra, ocupando o ambiente e possivelmente limitando o estabelecimento de espécies nativas.

A partir da análise da estrutura da vegetação no interior e no entorno das moitas, foi observada dominância de poucas espécies, uma vez que apenas 13 foram consideradas dominantes em ambos, correspondendo a 18% do total de espécies. Essa estrutura oligárquica é frequentemente observada para o estrato herbáceo das áreas de dunas (Pereira *et al.*, 2004; Carvalho & Sá, 2011; Araujo *et al.*, 2016). A oligarquia pode ocorrer em ambientes onde existem espécies (pioneiras ou não) tolerantes ao estresse ambiental, no qual estas contribuem para o estabelecimento posterior de outras espécies mais exigentes (Araujo *et al.*, 2016). *Crotalaria retusa* não é uma espécie que requer muitas exigências para se estabelecer em uma área, pois apresenta alta plasticidade, conseguindo se adaptar a diferentes condições ambientais (mesmo em ambientes com alto grau de estresse), sendo considerada uma espécie oportunista e muito comum em locais alterados como margens de estradas, áreas ruderais e como invasoras de culturas (Flores & Miotto, 2005).

O maior valor de cobertura para o entorno foi atribuído aos espécimes da família Poaceae (não identificados a nível de espécie), pois as mesmas são muito abundantes nessas áreas. Diferentes autores (Amorim *et al.*, 2016a; Amorim *et al.*, 2016b; Araujo *et al.*, 2016; Silva *et al.*, 2016; Santos *et al.*, 2019) listaram *Paspalum maritimum* Trin. e *Paspalum ligulare* Nees como ocorrentes, e muitas vezes dominantes, nas dunas da área de estudo. Ambas espécies são descritas como formadoras de densas populações, sendo comumente encontradas em solos arenosos, dunas ou campos antropizados (Oliveira *et al.*, 2013).

As espécies do gênero *Paspalum* são plantas anuais ou perenes, que podem se apresentar como estoloníferas ou rizomatosas, sendo estas características importantes para a fixação das dunas (Amorim *et al.*, 2016b). Nas dunas de São Marcos as espécies da família Poaceae foram introduzidas para contenção das dunas, onde suas sementes foram depositadas em sacos de areia para tal fim (restos dos sacos ainda são visíveis nessas áreas), desse modo essas espécies também podem ser consideradas invasoras para esse ambiente.

O alto VI das espécies *Chamaecrista hispidula* (Vahl) H.S.Irwin & Barneby e *Centrosema brasilianum* (L.) Benth, assim como também de *C. retusa* (tanto no entorno como no interior das moitas), pode estar relacionado ao fato destas plantas pertencerem ao grupo das leguminosas e por isso consideradas importantes fixadoras de nitrogênio, promovendo a melhoria das condições edáficas e levando assim ao estabelecimento de outras espécies (Araújo *et al.*, 2006). Além disso, outros agentes importantes que podem ter favorecido o elevado VI estão relacionados a resistência dessas plantas a alta luminosidade, salinidade, pouca disponibilidade hídrica e deficiência de nutrientes do solo (Santos *et al.*, 2019), características típicas dos ambientes de dunas.

A espécie parasita *Cassytha filiformis* L. (Lauraceae) foi observada formando densos e extensos “tapetes”, principalmente nas dunas da praia de São Marcos, característica também observada por Araujo *et al.* (2016) na mesma área. A espécie é descrita por Santos (2012) como ocasional para as bordas dos fragmentos da Floresta Atlântica, ocorrendo principalmente em locais com algum nível de antropização, como observado ao longo das dunas de São Marcos. Nelson (2008) relata que *C. filiformis* pode ser usada no controle biológico de espécies invasoras, pois pode transmitir doenças, como folhas amareladas (observada nas plantas *C.*

*retusa* da área de estudo) e outra doença viral. Desse modo, *C. filiformis* pode ter afetado diretamente o estabelecimento de *C. retusa*, visto que nas áreas onde existiam densas aglomerações da espécie parasita a planta invasora não formava moitas vigorosas.

Sobre a hipótese deste trabalho, a mesma foi corroborada, uma vez que a riqueza de espécies no interior da moita influenciou negativamente na abundância de *C. retusa*, confirmando que esta espécie invasora ocupa espaços deixados pelos “nichos vagos” (através da perda de espécies nativas do ambiente) resultantes da degradação das dunas. Assim, a densidade populacional da *C. retusa* diminui à medida que a riqueza de espécies no interior da moita aumenta (Figura 3).

A relação entre o percentual de cobertura de *C. retusa* e o tamanho da moita, no qual se acreditava que moitas maiores teriam uma maior cobertura não mostrou relação de significância nem para o interior e nem para o entorno das moitas. Podendo-se inferir que as ações antrópicas no ambiente, não só favorecem a invasão por *C. retusa*, mas também interferiram no seu estabelecimento. Uma vez que, por se tratar de um ambiente fortemente antropizado, sempre que a *C. retusa* está se estabelecendo no meio, condições adversas (queimadas, liberação de dejetos orgânicos, etc.) impedem que esse evento ocorra em sua totalidade.

Sabe-se que a *C. retusa* é uma planta adaptada a regiões tropicais (Palomino & Vázquez, 1991), logo a coleta de dados geográficos poderia não ser relevante. No entanto foi importante registrar essas informações para compreender os padrões de otimização da espécie invasora. Porém a relação entre a elevação e a área (tamanho) das moitas também não se mostrou significativa (Figura 5), demonstrando que a localização, atuando independentemente, não é um fator limitrofe para o estabelecimento desta espécie.

Em função dos dados obtidos conclui-se que *C. retusa* é uma espécie com grande potencial invasivo, sendo caracterizada como oportunista e que ocupa os nichos deixados pelas espécies nativas nesses ambientes de dunas da Ilha do Maranhão. Também se pode inferir que apesar das constantes adversidades do ambiente ela consegue se estabelecer bem, formando agregações populacionais densamente povoadas. Isto é preocupante, pois esses são ambientes particularmente frágeis e constituídos, em sua maioria, de dunas que, por si só, são áreas mais instáveis pela sua localização nas orlas de grandes cidades; estando expostas a constantes e intensas

agressões (intervenções antrópicas). O descaso com esse ecossistema leva indiretamente e/ou diretamente a processos de invasão biológica como é o caso da *C. retusa*, fazendo deste quadro algo alarmante, pois em longo prazo este processo pode levar à extinção local das espécies nativas desses ecossistemas.

### AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao PIBIC-UFMA pela concessão da bolsa de pesquisa a primeira autora.

### REFERÊNCIAS

- ALMEIDA JR., E.B. & ZICKEL, C.S. 2009. Fisionomia Psamófila-Reptante: Riqueza E Composição de Espécies Na Praia Da Pipa, Rio Grande Do Norte, Brasil. *Pesquisas, Botânica*, 60: 289–299.
- AMORIM, G. S., AMORIM, I. F. F., & DE ALMEIDA JR, E. B. 2016a. Flora de uma área de dunas antropizadas na praia de Araçagi, Maranhão. *Revista Biociências*, 22(2), 18-29.
- AMORIM, I.F.F., SANTOS-FILHO, F.S. & ALMEIDA JR., E.B. 2016b. Fitossociologia do estrato herbáceo de uma área de dunas em Araçagi, Maranhão. In: ALMEIDA JR., E.B. & SANTOS-FILHO, F.S. Biodiversidade do Meio Norte do Brasil: conhecimentos ecológicos e aplicações. Curitiba: 29-44.
- ALVARES, C.A., STAPE, J.L., SENTELHAS, P.C., MORAES, G., LEONARDO, J. & SPAROVEK, G. (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift* 22(6):711–728.
- ARAÚJO, F.S., MARTINS, S.V., NETO, J.A.A.M., LANI, J.L., & PIRES, I.E. 2006. Estrutura da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, Brás Pires, MG. *Revista Árvore*, 30(1): 107–116.
- ARAUJO, A.C.M., SILVA, A.N.F.D., & ALMEIDA JR, E.B.D. 2016. Caracterização estrutural e status de conservação do estrato herbáceo de dunas da Praia de São Marcos, Maranhão, Brasil. *Acta Amazonica*, 46 (3): 247-258.
- ARRUDA, R.C.O., VIGLIO, N.S.F. & BARROS, A.A.M. 2009. Anatomia foliar de halófitas e psamófilas reptantes ocorrentes na restinga de Ipitangas, Saquarema, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, 60 (2): 333–352.
- BARBOSA, F.A.R. SCARANO, F.R., SABARÁ, M.G., & ESTEVES, F.A. 2004. Brazilian LTER: ecosystem and biodiversity information in support of decision-making. *Environmental Monitoring and Assessment*, 90 (1–3): 121-133.
- BOGHOSSIAN, M.R., PEIXOTO, P.V., BRITO, M.F. & TOKARNIA, C.H. 2007 Aspectos clínico-patológicos da intoxicação experimental pelas sementes de *Crotalaria mucronata* (Fabaceae) em bovinos. *Pesquisa Veterinária Brasileira*, 27 (4): 149–156.
- BRAGA, R. 1960. Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará. 2ª Ed. Fortaleza, Imprensa Oficial.
- CARVALHO, D. A. D., & SÁ, C. F. C. D. 2011. Estrutura do estrato herbáceo de uma restinga arbustiva aberta na APA de Massambaba, Rio de Janeiro, Brasil. *Rodriguésia*, 62(2): 367–378.
- CORDEIRO, S.Z. 2005. Composição e distribuição florística da vegetação herbácea em três áreas com fisionomias distintas na Praia do Perú, Cabo Frio, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 19: 679–693.
- FLORES, A.S. & MIOTTO, S.T.S. 2005. Aspectos Fitogeográficos Das Espécies de *Crotalaria* L. (Leguminosae, Faboideae) Na Região Sul Do Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 19 (2): 245–249.
- FONSECA-KRUEL, V.S. & PEIXOTO, A.L. 2004. Etnobotânica na Reserva Extrativista Marinha de Arraial do Cabo, RJ, Brasil.
- FLORA DO BRASIL. 2020. Flores, A.S. 2020. *Crotalaria* in Flora do Brasil 2020. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB82989>>. Acesso em: 10 mar 2019.
- I3N Brasil. 2019. Base de dados nacional de espécies exóticas invasoras I3N Brasil, Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental, Florianópolis – SC. Disponível em: <http://i3n.institutohorus.org.br/www>. Acesso em: 04 mar 2019.
- INMET – Instituto de Meteorologia. 2019. Disponível em: [www.inmet.gov.br/portal/index.php](http://www.inmet.gov.br/portal/index.php). Acesso em: 11 mar 2019.
- JACOBI, C.M.; RAMALHO, M. & SILVA, M. 2005. Pollination Biology of the Exotic Rattleweed *Crotalaria Retusa* L. (Fabaceae) in NE Brazil. *Biotropica*, 37 (3): 357–363.
- KENNEDY, T.A., NAEEM, S., HOWE, K.M., KNOPS, J.M., TILMAN, D. & REICH, P. 2002. Biodiversity as a Barrier to Ecological Invasion. *Nature*, 417 (6889): 636–638.

- KLEIN, A.S., CITADINI-ZANETTE V. & SANTOS, R. 2007. Florística e estrutura omunitária de restinga herbácea no município de Araranguá, Santa Catarina. *Biotemas*, 20 (3): 15–26.
- KREBS, C.J. Ecological methodology. 2. ed. New York, USA: Harper & Row publishers. 1989. 654p. ISBN-13: 978-0321021731.
- MACK, R.N. 1996. Predicting the Identity and Fate of Plant Invaders: Emergent and Emerging Approaches. *Biological Conservation*, 78 (1): 107–121.
- MARTINS, S.E., ROSSI, L., SAMPAIO, P.S.P., MAGENTA, E. & MARA, A.G. 2008. Caracterização florística de comunidades vegetais de restinga em Bertiooga, SP, Brasil. *Acta bot. bras.*, 22 (1): 249–274.
- MELO JR., J.C.F., & BOEGER, M.R.T. 2018. Riqueza e estrutura de uma comunidade vegetal de dunas na planície costeira de Santa Catarina. *Iheringia. Série Botânica*, 73 (3): 290–297.
- MUELLER-DOMBOIS, D. & ELLENBERG, H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. New York: John Wiley & Sons, 547 p.
- NELSON, S.C. 2008. *Cassytha filiformis*. Plant Disease, no. 42. University of Hawaii at Manoa, College of Tropical Agriculture and Human Resources, Cooperative Extension Service, Honolulu, Hawaii, USA.
- OLIVEIRA, R.C.D., SANTANA, S.H.D., SILVA, A.S.D., MACIEL, J.R., & VALLS, J. F.M. 2013. *Paspalum* (Poaceae) no Rio Grande do Norte, Brasil. *Rodriguésia*, 64(4): 847–862.
- PALOMINO, G. & VÁZQUEZ, R. 1991. Cytogenetic Studies in Mexican Populations of Species of *Crotalaria* L. (Leguminosae-Papilionoideae). *Cytologia*, 56 (3): 343–351.
- PEREIRA, M.C.A.; CORDEIRO, S.Z. & ARAUJO, D.S.D. 2004. Estrutura do estrato Herbáceo na formação aberta de *Clusia* do Parque Nacional da Restinga de Jurubatiba, RJ, Brasil. *Acta Botanica Brasílica*, 18 (3): 677–687.
- RICHARDSON, D.M, PYŠEK, P., REJMÁNEK, M., BARBOUR, M.G., PANETTA, F.D., & WEST, C.J. 2000. Naturalization and Invasion of Alien Plants: Concepts and Definitions. *Diversity and Distributions*, 6 (2): 93–107.
- RODGER, J.G.; VAN KLEUNEN, M. & JOHNSON, S.D. 2013. Pollinators, mates and Allee effects: the importance of self-pollination for fecundity in an invasive lily. *Functional Ecology*, 27: 1023–1033.
- SANTOS, S.D.O. 2012. Lauraceae Juss. ao norte da floresta atlântica (Master's thesis, Universidade Federal de Pernambuco).
- SANTOS, C.R., AMORIM, I.F.F. & ALMEIDA JR, E.B. 2019. Caracterização fitossociológica do componente halófilo-psamófilo em uma área de dunas, Maranhão, Brasil. *Boletim do Laboratório de Hidrobiologia*, 29 (1): 1-8.
- SHEA, K. & CHESSON, P. 2002. Community Ecology Theory as a Framework for Biological Invasions. *Trends in Ecology & Evolution* 17(4): 170–176.
- SILVA, A.N.F., ARAUJO, A.C.M., & ALMEIDA JR, E.B. 2016. Flora fanerogâmica das dunas da praia de São Marcos, São Luís, Maranhão. Pp. 11. In: ALMEIDA JR., E. B.; SANTOS-FILHO, F. S.; SOARES, A. F. C. L. (Orgs.). Biodiversidade do Meio Norte do Brasil, conhecimentos ecológicos e aplicações. 1 ed. Curitiba: Editora CRV.
- SILVA, M.M. & MELO JR., J.C.F. 2016. Composição florística e estrutural de uma comunidade herbáceo-arbustiva de restinga em Balneário Barra do Sul, Santa Catarina. *Revista Brasileira de Biociências*, 14 (4): 207-214.
- SOARES, M.G.M.C. & SOUZA, H.M. 1976. *Crotalaria*s da Bahia. *Boletim do Instituto Biológico da Bahia, Salvador*, 15 (1): 93–109
- SONEHARA, J.S. 2005. Aspectos florísticos e fitossociológicos de um trecho de vegetação de restinga no Parque Estadual do Rio da Onça – Matinhos, PR. Dissertação (Mestrado) da Universidade Federal do Paraná. Curitiba, PR. 77f.
- VERMEIJ, G.J. 1996. An agenda for invasion biology. *Biological conservation*, 78: 3–9.
- ZENNI, R.D. & ZILLER, S.R. 2011. An overview of invasive plants in Brazil. *Brazilian Journal of Botany*, 34 (3): 431–446.
- ZILLER, S.R. 2000. A Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica. Dissertação (Doutorado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR. 268 f.