



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

NATANAEL BATISTA PEREIRA ALVES

**FORMAS DE CONTROLE DA ESPÉCIE FLORÍSTICA INVASORA *LEUCENA*
LEUCOCEPHALA [LAM.] DE WIT NA BAIA DE SUESTE, NO PARQUE
NACIONAL MARINHO DO ARQUIPÉLAGO FERNANDO DE NORONHA – PE
(BRASIL)**

RECIFE – PE

2022

NATANAEL BATISTA PEREIRA ALVES

FORMAS DE CONTROLE DA ESPÉCIE FLORÍSTICA INVASORA *LEUCENA LEUCOCEPHALA* [LAM.] DE WIT NA BAIJA DE SUESTE, NO PARQUE NACIONAL MARINHO DO ARQUIPÉLAGO FERNANDO DE NORONHA – PE (BRASIL)

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental para obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, Área de Concentração: Gestão Ambiental e Recursos Hídricos.

Orientadora: Profa. Dra. Soraya Giovanetti El-Deir

Co-orientador: Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva

RECIFE – PE

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- A474f Alves, Natanael Batista Pereira
Formas de controle da espécie florística invasora *Leucena leucocephala* [lam.] De wit na Baía de Sueste, no Parque Nacional Marinho do Arquipélago Fernando de Noronha – PE (Brasil) / Natanael Batista Pereira Alves. - 2022.
73 f. : il.
- Orientadora: Soraya Giovanetti El El-Deir.
Coorientador: Thieres George Freire da Silva.
Inclui referências.
- Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, 2022.
1. Biodiversidade. 2. Espécies exóticas. 3. Invasão biológica. I. El-Deir, Soraya Giovanetti El, orient. II. Silva, Thieres George Freire da, coorient. III. Título

CDD 620.8

NATANAEL BATISTA PEREIRA ALVES

**FORMAS DE CONTROLE DA ESPÉCIE FLORÍSTICA INVASORA *LEUCENA
LEUCOCEPHALA* [LAM.] DE WIT NA BAIJA DE SUESTE, NO PARQUE
NACIONAL MARINHO DO ARQUIPÉLAGO FERNANDO DE NORONHA – PE
(BRASIL)**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental da Universidade Federal Rural de Pernambuco, para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental, na Área de Concentração de Tecnologia e Gestão do Meio Ambiente – Gestão Ambiental.

Aprovado em: 24 de fevereiro de 2022

Prof^a. Dra. Soraya Giovanetti El-Deir (PPEAMB/UFRPE)
Presidente da Banca e Orientadora

Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva (PGEA/UFRPE)
Co-orientador

Prof. Dr. Victor Casimiro Piscoya (PPEAMB/UFRPE)
Examinador Interno

Prof^a. Dra. Liliana Andrea dos Santos (ITEP)
Examinadora Externa

Prof. Dr. Marcus Metri Corrêa (PPEAMB/UFRPE)
Coordenador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus pelo dom da vida e por sua infinita graça e misericórdia, me protegendo e me guardando dia após dia, dando sabedoria e força para prosseguir.

Aos meus pais, Sebastião Pereira e Lelita Moésia, a quem sou eternamente grato por todo amor, carinho e dedicação ao longo de toda a vida. Minha fortaleza e fonte de inspiração, sem a ajuda de vocês nada disso seria possível.

Aos meus irmãos, Filipe Batista e Gabriel Batista por todo o apoio e incentivo, sempre presentes, auxiliando com seus conselhos quando preciso.

Agradeço a Ana Cecília, por toda a cumplicidade e companheirismo, se fazendo sempre à disposição com sua amizade e carinho nas dificuldades e nas conquistas.

À minha orientadora, Professora Dr^a. Soraya Giovanetti El-Deir, por toda confiança depositada e pelos ensinamentos transmitidos ao longo desta jornada, contribuindo significativamente na minha formação acadêmica, profissional e pessoal.

Ao meu coorientador Professor Dr. Thieres George Freire da Silva pelo apoio institucional.

Aos amigos pesquisadores do Grupo de Gestão Ambiental em Pernambuco – Gampe, pelas experiências, conhecimentos e oportunidades.

Aos amigos Gleyton Lopes, Kardelan Arteiro, Flávio Guedes e Alice Pedrosa por todo apoio dado ao longo deste trabalho.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, em especial a toda equipe que compõe o Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental.

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – FACEPE, pela concessão da bolsa de mestrado.

ALVES, Natanael Batista Pereira. Formas de controle da espécie florística invasora *Leucena leucocephala* [Lam.] De wit na Baía de Sueste, no Parque Nacional Marinho do Arquipélago Fernando de Noronha – PE (Brasil). **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2022.

RESUMO

As ilhas cobrem cerca de 3% da superfície da Terra, apresentando características bióticas e abióticas particulares, como mecanismos ecossistêmicos de menor complexidade e elevada taxa de endemismo, que resulta numa alta vulnerabilidade ambiental. As espécies exóticas invasoras se beneficiam desta fragilidade, estabelecendo vantagem em relação as espécies nativas, dominando o meio a qual foi inserida com maior eficiência, causando danos significativos a biodiversidade local. Neste sentido, o Arquipélago Brasileiro de Fernando de Noronha apresenta um quadro de invasão pela *Leucena leucocephala* [Lam.] De Wit., leguminosa de alto potencial adaptativo, classificada entre as 100 espécies invasoras mais agressivas do planeta. Por esta razão, faz-se necessário a elaboração de estudos que visem elucidar as lacunas acadêmicas em torno desta problemática. Desta forma, este trabalho tem como objetivo auxiliar na melhoria da qualidade ambiental, por meio da identificação de formas de controle de espécie florística invasora *L. leucocephala* na restinga da Baía de Sueste, no Parque Nacional Marinho do Arquipélago Fernando de Noronha - PE (Brasil). Este estudo está ordenado em quatro capítulos: Capítulo 1 – Revisão sistemática integrativa bibliométrica e cientométrica, com o objetivo de mapear o desenvolvimento científico do controle de espécies florísticas invasoras em ambientes insulares, na escala temporal de 10 anos; Capítulo 2 – Avaliação da espécie nativa *Erythrina velutina*, submetendo à parâmetros pré-estabelecidos afim de classificar como bioindicador da qualidade ambiental e ferramenta de análise dos impactos ocasionados pela invasão da espécie exótica *L. leucocephala*; Capítulo 3 – Análise quantitativa da biodiversidade florística da restinga da Baía de Sueste, Fernando de Noronha – PE, com o intuito de compreender os mecanismos que facilitam as invasões e propagações de espécies exóticas invasoras; Capítulo 4 – Avaliação dos acordos internacionais e Políticas Públicas nacionais relacionadas ao controle de espécies invasoras como da *L. leucocephala*, tentando compreender como as leis ambientais brasileiras regulamentam esta questão, visto que esta espécie é uma das invasoras mais agressivas do mundo. Os resultados apontaram que existe uma preocupação global com a temática, expressa pelo aumento na quantidade de publicações, entretanto é evidente a necessidade de estudos que avaliem técnicas de controle. Já em relação a bioindicação, a *Erythrina velutina* foi classificada como bioindicador ótimo para ambientes invadidos pela *L. leucocephala*, demonstrando sensibilidade negativa aos efeitos da exótica. A aplicação dos índices de diversidade de Shannon-Weaver (H') e o índice de Equidade de Pielou (J) revelou um elevado nível de dominância pela exótica na Baía de Sueste. No tocante a políticas públicas, faz-se necessária a criação de legislação mais abrangente, a fim de englobar desde espécies invasoras às que apresentem elevado potencial de invasão, de forma a viabilizar a tomada de decisão no sentido do estabelecimento de práticas de controle, monitoramento e combate das invasoras. Compreende-se que o estudo de invasoras deve ter lugar nas pesquisas científicas, para que se identifique maneiras de controle ou combate a tal impacto na biodiversidade local.

Palavras-Chave: Biodiversidade; Espécies exóticas; Invasão biológica.

ALVES, Natanael Batista Pereira. Ways to control the invasive floristic species *Leucena leucocephala* [Lam.] De wit in Sueste Bay, in the National Marine Park of the Fernando de Noronha Archipelago – PE (Brazil). **Dissertation** (Master's in Environmental Engineering) – Federal Rural University of Pernambuco, Recife, 2022.

ABSTRACT

Islands cover about 3% of the Earth's surface, presenting particular biotic and abiotic characteristics, such as less complex ecosystem mechanisms and a high rate of endemism, which results in high environmental vulnerability. Invasive exotic species benefit from this fragility, establishing an advantage over native species, dominating the environment in which it was inserted with greater efficiency, causing significant damage to local biodiversity. In this sense, the Brazilian Archipelago of Fernando de Noronha presents a picture of invasion by *Leucena leucocephala* [Lam.] De Wit., a legume with high adaptive potential, classified among the 100 most aggressive invasive species on the planet. For this reason, it's necessary to elaborate studies that aim to elucidate the academic gaps around this problem. Thus, this work aims to help improve environmental quality, through the identification of ways to control the invasive floristic species *L. leucocephala* in the restinga of Baía de Sueste, in the National Marine Park of the Fernando de Noronha Archipelago - PE (Brazil). This study is organized into four chapters: Chapter 1 – Bibliometric and scientometric integrative systematic review, with the objective of mapping the scientific development of the control of invasive floristic species in insular environments, on a 10-year timescale; Chapter 2 – Evaluation of the native species *Erythrina velutina*, submitting it to pre-established parameters in order to classify it as a bioindicator of environmental quality and a tool for analyzing the impacts caused by the invasion of the exotic species *L. leucocephala*; Chapter 3 – Quantitative analysis of floristic biodiversity in the restinga of Baía de Sueste, Fernando de Noronha – PE, in order to understand the mechanisms that facilitate the invasions and propagation of invasive exotic species; Chapter 4 – Assessment of international agreements and national Public Policies related to the control of invasive species such as *L. leucocephala*, trying to understand how Brazilian environmental laws regulate this issue, since this species is one of the most aggressive invasive species in the world. The results showed that there is a global concern with the theme, expressed by the increase in the number of publications, however, the need for studies that evaluate control techniques is evident. Regarding bioindication, *Erythrina velutina* was classified as an optimal bioindicator for environments invaded by *L. leucocephala*, demonstrating negative sensitivity to the effects of the exotic. The application of Shannon-Weaver diversity indices (H') and Pielou's Equity index (J) revealed a high level of dominance by the exotic in Sueste Bay. With regard to public policies, it is necessary to create more comprehensive legislation, in order to encompass from invasive species to those with a high potential for invasion, in order to facilitate decision-making in the sense of establishing control practices, monitoring and combating invasives. It is understood that the study of weeds must take place in scientific research, so that ways of controlling or combating such an impact on local biodiversity can be identified.

Keywords: Biodiversity; Exotic species; Biological invasion.

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Figura 1 - Fluxograma das etapas metodológicas para a análise bibliométrica	20
Figura 2 - Quantitativo das publicações no período de 2011 a 2020	22
Figura 3 - Espacialização geográfica das publicações sobre espécies exóticas invasoras em ambientes insulares no mundo.....	23
Figura 4 - Ocorrência dos indicadores no corpus textual	24
Figura 5 - Análise de similitude	27
Figura 6 - Nuvem de palavras	29

CAPÍTULO 3

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo em Fernando de Noronha-PE, Brasil	47
Figura 2 - Distribuição de médias para Diâmetro a Altura do Peito entre os grupos.....	53
Figura 3 - Distribuição em boxplots para Altura Média em função grupos.....	54
Figura 4 - Distribuição em boxplots para Área Basal em função grupos.....	55

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

Tabela 1 - Incidência de publicações por indicadores nas bases de pesquisa	22
Tabela 2 - Classificação das revistas segundo o Journal Citation Reports – JCR.....	24

CAPÍTULO 2

Tabela 1 - Parâmetros de classificação de bioindicador aplicado a E. velutina	40
--	----

CAPÍTULO 3

Tabela 1 - Teste de normalidade para as variáveis	52
--	----

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 2

Quadro 1 - Caracterização do Fator Impactante.....	35
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

APA	Áreas de Preservação Ambiental
CAP	Circunferência à Altura do Peito
CDB	Convenção sobre Diversidade Biológica
Cnumad	Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento
Conama	Conselho Nacional do Meio Ambiente
Consema	Conselho Estadual do Meio Ambiente
COP10	Décima Conferência das Partes
DAP	Diâmetro à Altura do Peito
EEI	Espécies Exóticas Invasoras
FEPAM	Fundação Estadual de Proteção Ambiental
FI	Fator de Impacto
GPS	<i>Global Position System</i>
H'	Índice de Shannon-Weaver
IAP	Instituto Ambiental do Paraná
Ibama	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
ICMBio	Conservação da Biodiversidade
IUCN	Comunidade Científica da União Internacional para Conservação da Natureza
J	Índice de Equabilidade de Pielou
JCR	<i>Journal Citation Reports</i>
MMA	Ministério do Meio Ambiente

ODS	Objetivos do Desenvolvimento Sustentável
PARNAMAR	Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
SEMA	Secretaria do Meio Ambiente
SEUC	Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza
Sisnama	Sistema Nacional de Meio Ambiente
UC	Unidades de Conservação
UNESCO	<i>United Nations Education, Scientific and Culture Organization</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	12
2. OBJETIVO	13
2.1 Objetivo Geral.....	13
2.2 Objetivos Específicos.....	13
3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	14
REFERÊNCIAS	15

CAPÍTULO 1 - CONTROLE DE ESPÉCIES FLORÍSTICAS INVASORAS EM AMBIENTES INSULARES: REVISÃO SISTEMÁTICA INTEGRATIVA BIBLIOMÉTRICA E CIENTOMÉTRICA ENTRE 2011 A 2020

1. INTRODUÇÃO	18
2. METODOLOGIA	19
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	21
3.1. Análise qualiquantitativa.....	21
3.2. Análise Lexicográfica	27
4. CONCLUSÃO	29
REFERÊNCIAS	30

CAPÍTULO 2 - *ERYTHRINA VELUTINA* COMO BIOINDICADORA DE QUALIDADE AMBIENTAL NO CENÁRIO DE INVASÃO *LEUCAENA LEUCOCEPHALA*.....

1. INTRODUÇÃO	33
2. REFERENCIAL TEÓRICO	34
2.1. Dados gerais da <i>Leucaena leucocephala</i>	34
2.2. Dados gerais da <i>Erythrina velutina</i>	36
2.3. Bioindicador da qualidade ambiental.....	37
3. METODOLOGIA	38
4. RESULTADOS	40
5. CONCLUSÃO	42
REFERÊNCIAS	43

CAPÍTULO 3 - AVALIAÇÃO QUANTITATIVAMENTE DA BIODIVERSIDADE FLORÍSTICA DA RESTINGA DA BAÍA DE SUESTE, ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA – PE (BRASIL)

1. INTRODUÇÃO	46
2. METODOLOGIA	47

2.1. Caracterização da área de estudo.....	47
2.2. Passos metodológicos.....	48
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	50
3.1. Índice de Shannon	50
3.2. Análise estatística.....	51
4. CONCLUSÃO	55
REFERÊNCIAS	56
CAPÍTULO 4 - POLÍTICAS PÚBLICAS NO ÂMBITO DA GESTÃO DE ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS: ESTUDO DE CASO DA <i>LEUCAENA LEUCOCEPHALA</i>.....	59
1. INTRODUÇÃO	60
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	61
2.1 Invasão Biológica.....	61
2.2 Políticas Públicas Internacionais.....	62
2.3 Políticas Públicas Nacionais.....	64
2.4 Políticas Públicas Estaduais	65
3. RECOMENDAÇÕES	68
REFERÊNCIAS	69
CONCLUSÕES GERAIS	72

1. INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é um país megadiverso, abrangendo seis biomas que juntos possuem cerca de 19% da flora mundial, considerados *hotspots* de biodiversidade (MARTELLI; SÁ; SAMUDIO, 2020). Diante deste cenário, a invasão biológica representa uma grande ameaça, capaz de modificar os ecossistemas e causar danos aos processos físicos e biológicos. As espécies exóticas invasoras atuam diretamente na diversidade do meio à qual foi inserida, sendo apontada como uma das principais causas de redução de espécies endêmicas, e até a extinção (EGOH et al., 2020). A invasão biológica já é apontada como a segunda maior causa da redução da biodiversidade, atrás somente da destruição de habitat (EARLY et al., 2016).

De acordo com Chen et al. (2021), um sexto da superfície terrestre encontra-se altamente susceptível a invasões biológicas. Tal problemática se agrava quando se trata de ambientes insulares, uma vez que estes possuem componentes bióticos e abióticos particulares, como a limitação de território e de recursos naturais, o isolamento geográfico, a baixa concentração de espécies e a elevada taxa de endemismo florístico e faunístico (HOFMAN; RICK, 2018).

Por conta destas características, os ambientes insulares possuem mecanismos ecossistêmicos de menor complexidade, que irá resultar numa maior vulnerabilidade ambiental a estressores, facilitando a propagação e o domínio de espécies exóticas invasoras (CYBÈLE et al., 2021). Deste modo, as invasoras podem impactar a estrutura populacional de espécies nativas, alterando a composição da comunidade e desequilibrando os mecanismos ecossistêmicos, com efeitos que podem chegar a ser irreversíveis (GAIOTTO et al., 2020).

O Arquipélago de Fernando de Noronha – PE (Brasil) destaca-se pelo alto valor econômico e ambiental, apresentando valiosa biodiversidade marinha e terrestre (UNESCO, 2020). O Arquipélago abriga diversas espécies ameaçadas de extinção, além de contar com o único mangue insular do Oceano Atlântico Sul, servindo de refúgio e moradia para diversos animais, como peixes, aves marinhas, cetáceos e tartarugas marinhas (SILVA-JR; SILVA; SAZIMA, 2005; MOHR et al., 2009; COLMAN et al., 2015).

Embora exista zoneamento para utilização antrópica dos recursos naturais em Fernando de Noronha, de forma consolidada nas Unidades de Conservação – UC (BRASIL, 2000, Art. 7º), os impactos ambientais são diversos e potencialmente negativos no arquipélago. A invasão biológica é um dos problemas enfrentados, onde algumas espécies endêmicas encontram-se em

risco pela ação das espécies exóticas, a exemplo da invasora *Leucaena leucocephala* [Lam.] De Wit. Esta espécie florística da família Fabaceae, é nativa do México e da América Central, possuindo características como elevada taxa de reprodução e adaptabilidade a ambientes diversos, sendo classificada entre uma das 100 espécies invasoras mais agressivas do mundo pela Comunidade Científica da União Internacional para Conservação da Natureza – IUCN (LOWE et al., 2000).

Em estudo realizado por Silva (2020), na Baía de Sueste, Fernando de Noronha, foi constatado que a presença da *L. leucocephala* tem substituído a restinga com avançado nível de dominância, tendo como limítrofe o manguezal. De acordo com Mello (2014), a espécie invasora já ocupava 50% da ilha principal em 2014, apontando a fragilidade dos ambientes que muitas vezes não apresentam estrutura para o controle de espécies exóticas e a mitigação dos danos potenciais. Desta forma, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos que investiguem os mecanismos de ações presentes nas invasões, bem como a elaboração de políticas públicas eficientes que auxiliem a construção e implementação de planos de controles de espécies exóticas invasoras. Diante da problemática abordada, este trabalho tem como objetivo auxiliar na melhoria da qualidade ambiental por meio da identificação de formas de controle de espécie florística invasora *L.leucocephala* [Lam.] De Wit na restinga da Baía de Sueste, no Parque Nacional Marinho do Arquipélago Fernando de Noronha - PE (Brasil).

2. OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Auxiliar na melhoria da qualidade ambiental por meio da identificação de formas de controle de espécie florística invasora *Leucaena leucocephala* [Lam.] De Wit na restinga da Baía de Sueste, no Parque Nacional Marinho do Arquipélago Fernando de Noronha - PE (Brasil).

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Identificar, por meio de revisão sistemática integrativa, o grau de eficiência de cada prática e a possibilidade de replicar na restinga da Baía de Sueste, contemplando

questões relativas ao controle de espécies florísticas invasoras em ambientes insulares, em particular a leucena;

- ✓ Investigar a possibilidade de utilização de uma espécie como ferramenta de bioindicação, analisando sua resposta aos impactos ambientais ocasionados pela invasora leucena;
- ✓ Avaliar quantitativamente a biodiversidade florística da restinga da Baía de Sueste, por meio de dados primários em quadrantes de 25m²;
- ✓ Dar subsídios para a estruturação de modelo de gestão ambiental para a Baía de Sueste que sejam norteadoras de políticas públicas de conservação da biocenose encontrada na restinga.

3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Com o intuito de alcançar os objetivos propostos, a presente dissertação está dividida em quatro capítulos.

Capítulo 1 – Controle de espécies florísticas invasoras em ambientes insulares: revisão sistemática integrativa bibliométrica e cientométrica entre 2011 a 2020. Neste capítulo inicial, foi realizado um mapeamento do desenvolvimento científico do controle de espécies florísticas invasoras em ambientes insulares, na escala temporal de 10 anos.

Capítulo 2 – *Erythrina velutina* como bioindicadora de qualidade ambiental no cenário de invasão *Leucaena leucocephala*. Foi realizada uma avaliação da espécie nativa *Erythrina velutina*, submetendo a parâmetros pré-estabelecidos afim de classificar como bioindicador da qualidade ambiental e ferramenta de análise dos impactos ocasionados pela invasão da espécie exótica *L. leucocephala*.

Capítulo 3 – Avaliação quantitativamente da biodiversidade florística da restinga da Baía de Sueste, Arquipélago de Fernando de Noronha – PE (Brasil). O terceiro capítulo apresenta uma análise quantitativa da biodiversidade florística na restinga da Baía de Sueste, Fernando de Noronha – PE, com intuito de compreender os mecanismos que facilitam as invasões e propagações de espécies exóticas invasoras.

Capítulo 4 – Políticas Públicas no âmbito da gestão de espécies exóticas invasoras: estudo de caso da *Leucaena leucocephala*. Neste último capítulo, foi realizada uma análise dos acordos

internacionais e Políticas Públicas nacionais relacionadas ao controle de espécies invasoras como da *L. leucocephala*, tentando compreender como as leis ambientais brasileiras regulamentam esta questão, visto que esta espécie é uma das invasoras mais agressivas do mundo.

REFERÊNCIAS

- BRASIL. Lei Federal n. 9.985. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 18 jul. 2000.
- CHEN, J., MA, F., ZHANG, Y., WANG, C., XU, H. Spatial distribution patterns of invasive alien species in China. **Global Ecology and Conservation**, v. 26, n. e01432, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01432>
- COLMAN, L. P., PATRÍCIO, A. R. C., MCGOWAN, A., SANTOS, A. J., MARCOVALDI, M. Â., BELLINI, C., GODLEY, B. J. Long-term growth and survival dynamics of green turtles (*Chelonia mydas*) at an isolated tropical archipelago in Brazil. **Marine biology**, v. 162, p. 111-122, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00227-014-2585-5>
- CYBÈLE, C., FLORES, O., BARET, S., CHIROLEU, F., REYNAUD, B., RIVIÈRE, JN., ROUGET, M., SAUROY-TOUCOUERE, S., ZITTE, Y., STRASBERG, D. An assessment of biological control of *Rubus alceifolius* invasion on Réunion Island (Mascarene archipelago). **Biological Control**, v. 163, n. 104670, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2021.104670>
- EARLY, R., BRADLEY, B. A., DUKES, J. S., LAWLER, J. J., OLDEN, J. D., BLUMENTHAL, D. M., TATEM, A. J. Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. **Nature Communications**, v. 7, n. 12485, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms12485>
- EGOH, B. N., NTSHOTSHO, P., MAOELA, M. A., BLANCHARD, R., AYOMPE, L. M., RAHLAO, S. Setting the scene for achievable post-2020 convention on biological diversity targets: A review of the impacts of invasive alien species on ecosystem services in Africa. **Journal of Environmental Management**, v. 261, n. 110171, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110171>
- GAIOTTO, J. V., ABRAHÃO, C. R., DIAS, R. A., BUGONI, L. Diet of invasive cats, rats and tegu lizards reveals impact over threatened species in a tropical island. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 18, n. 4, p. 294-303, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pecon.2020.09.005>
- HOFMAN, C. A., RICK, T. C. Ancient Biological Invasions and Island Ecosystems: Tracking Translocations of Wild Plants and Animals. **Journal of Archaeological Research**, v. 26, p. 65-115, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10814-017-9105-3>
- LOWE, S., BROWNE, M., BOUDJELAS, S., POORTER, M. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. **Auckland: Invasive Species Specialist Group**, 2000.
- MARTELLI, A., SÁ, L. A. D. de., SAMUDIO, E. M. M. Redução da biodiversidade pela proliferação de *Leucaena leucocephala* e formas de contenção e controle desenvolvidos no município de Itapira-SP. **Brazilian Journal of Technology**, v. 3, n. 1, p. 33-47, 2020. DOI: <https://doi.org/10.38152/bjtv3n1-001>
- MELLO, T. J. Invasão biológica em ilhas oceânicas: o caso de *Leucaena leucocephala* (*Leguminosae*) em Fernando de Noronha. 2014. 96 f. **Dissertação** (Mestrado). Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2014.
- MOHR, L. V., CASTRO, J. W. A., COSTA, P. M. S., ALVES, R. J. V. Ilhas oceânicas brasileiras: da pesquisa ao manejo-volume II. **Brasília: MMA/Secretaria de Biodiversidade e Florestas**, 2009.
- SILVA, K. A. da. Sustentabilidade em manguezal de ambiente insular; Indicadores sustentáveis aplicáveis a realidade socioeconômica e ambiental da gestão da Baía de Sueste, Fernando de Noronha, Pernambuco (Brasil). 2020. 100 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.

SILVA-JR, J. M., SILVA, F. J., SAZIMA, I. Rest, nurture, sex, release, and play: diurnal underwater behaviour of the spinner dolphin at Fernando de Noronha Archipelago, SW Atlantic. **Aqua**, v. 9, n. 4, p. 161-176, 2005.

UNESCO. **Brazilian Atlantic Islands: Fernando de Noronha and Atol das Rocas Reserves**. 2020. Disponível em: <https://whc.unesco.org/en/list/1000/> Acesso em: 15 de jan de 2022.

CAPÍTULO 1

CONTROLE DE ESPÉCIES FLORÍSTICAS INVASORAS EM AMBIENTES INSULARES: REVISÃO SISTEMÁTICA INTEGRATIVA BIBLIOMÉTRICA E CIENTOMÉTRICA ENTRE 2011 A 2020

RESUMO

As alterações antrópicas dos ecossistemas dão possibilidades para invasões biológicas, provocando danos ambientais significativos, como a fragmentação e destruição de habitats, modificação estrutural das comunidades e transformação dos processos ecológicos. Estudos bibliométricos têm sido amplamente realizados como ferramentas fomentadoras de conhecimento e que permitem a análise do desenvolvimento científico, em particular na temática de invasão por espécies exóticas e os impactos relacionados. Nesta direção, este estudo teve como objetivo identificar o desenvolvimento científico sobre o controle de espécies florísticas invasoras em ambientes insulares, na escala temporal de 10 anos (2011-2020). O levantamento das produções científicas foi realizado em quatro bases de pesquisa: Scielo, *Science Direct*, *Scopus* e *Web of Science*, utilizando os indicadores “*biological control*”, “*invasive alien species*” e “*island*”, aplicados ao título, ao resumo e às palavras-chaves. Desta forma, 52 artigos foram selecionados para análise descritiva em relação à incidência de publicações por descritores, à espacialização geográfica das publicações, à ocorrência de indicadores no corpus textual e à classificação dos periódicos em que os artigos foram publicados. Os resultados indicam um aumento gradual na produção de artigos científicos sobre controle de espécies exóticas invasoras em ambientes insulares na última década, demonstrando o interesse da comunidade acadêmica em compreender a dinâmica das invasões em ilhas. Em relação ao conteúdo dos artigos, foi possível observar que poucos estudos aplicaram técnicas de controle de espécies exóticas, evidenciando a existência de lacunas neste aspecto. Existe uma preocupação a nível global com a temática abordada, de acordo com o crescimento na quantidade de publicações; entretanto, é perceptível a necessidade de estudos que avaliem as técnicas de controle pela baixa quantidade de artigos publicados.

Palavras-Chave: Biodiversidade; Controle ambiental; Flora.

CONTROL OF INVASIVE FLORISTIC SPECIES IN ISLAND ENVIRONMENTS: SYSTEMATIC INTEGRATIVE BIBLIOMETRIC AND SCIENTOMETRIC REVIEW BETWEEN 2011 TO 2020

ABSTRACT

Anthropogenic changes in ecosystems provide possibilities for biological invasions, causing significant environmental damage, such as fragmentation and destruction of habitats, structural modification of communities and transformation of ecological processes. Bibliometric studies have been widely carried out as tools to foster knowledge and allow the analysis of scientific development, particularly on the topic of invasion by exotic species and related impacts. In this

direction, this study aimed to identify the scientific development on the control of invasive floristic species in insular environments, in the time scale of 10 years (2011-2020). The survey of scientific production was carried out in four research bases: Scielo, Science Direct, Scopus and Web of Science, using the indicators "biological control", "invasive alien species" and "island", applied to the title, abstract and keywords. Thus, 52 articles were selected for descriptive analysis in relation to incidence of publications by descriptors, geographical spatialization of publications, occurrence of indicators in the textual corpus and classification of journals in which the articles were published. The results indicate a gradual increase in the production of scientific articles about the control of invasive alien species in insular environments in the last decade, demonstrating the interest of the academic community in understanding the dynamics of invasions on islands. Regarding the content of the articles, it was possible to observe that few studies applied techniques to control exotic species, evidencing the existence of gaps in this aspect. There is a global concern with the theme addressed, according to the growth in the number of publications; however, the need for studies that evaluate control techniques is noticeable due to the low number of published articles.

Keywords: Biodiversity; Environmental control; Flora.

1. INTRODUÇÃO

A invasão biológica é apontada como a segunda maior causa da perda da biodiversidade em caráter global, gerando prejuízos significativos para a conservação dos ecossistemas (ARAÚJO; FABRICANTE, 2020). A mesma apresenta atuação direta sob as espécies nativas, alterando os processos ecológicos, e os serviços ecossistêmicos, assim como o cenário, a identidade e a cultura dos ambientes (DEMETER et al., 2021)

Os ambientes insulares são caracterizados pela fragmentação e limitação dos recursos naturais, ocasionando maior vulnerabilidade à invasão de espécies exóticas. Missio e Longhi (2019) afirmam que a baixa diversidade de espécies nativas proporciona uma menor complexidade dos serviços ecossistêmicos, resultando na superioridade competitiva da invasora. De acordo com van Kleunen et al. (2015), cerca de metade das áreas em situação de invasão por espécies florísticas exóticas em todo o planeta se dão em ambientes insulares. Associado a tais características, a intensa ação antrópica nestes ambientes tem impactado negativamente o meio, levando à potencialização da invasão por espécies exóticas (CEZIMBRA; PORTO; OVERBECK, 2021).

Nesta perspectiva, a suscetibilidade à invasão retrata a necessidade de estudos que investiguem numa maior compreensão da dinâmica relativo as invasões e os respectivos impactos. Desta feita, a bibliometria se apresenta como uma importante ferramenta para o

estudo teórico do estado da arte a respeito de espécies exóticas invasoras em ambientes insulares. A mesma consiste numa análise qualiquantitativa da literatura científica, expondo estatisticamente os dados referentes aos periódicos, aos autores, à filiação, ao fator de impacto e à distribuição geográfica. Desta forma, é possível mapear o desenvolvimento científico da temática ao longo dos anos, pontuando aspectos mais abordados e negligenciados, e assim, subsidiar a elaboração de futuros estudos com *insights* atualizados sobre a área de pesquisa (LIU; YU; CHANG, 2021).

Com isso, o presente estudo visa a elaboração de uma revisão sistemática integrativa, por meio, do uso da bibliometria e da cientometria, buscando abranger as produções científicas em quatro bases de pesquisas que contemplam as questões relativas ao controle de espécies florísticas invasoras em ambientes insulares, especificamente a respeito da *Leucaena leucocephala* [Lam.] De Wit, na temporalidade de 10 anos (2011 – 2020). Tendo em vista que os artigos científicos consolidam um meio de comunicação e intercâmbio de conhecimentos científicos, torna-se necessário a elaboração de estudos bibliométricos e cientométricos, a fim de que possa subsidiar os pesquisadores na percepção do nível de conhecimento relacionado ao tema abordado, assim como na identificação de subtemas e lacunas científicas a serem desenvolvidas.

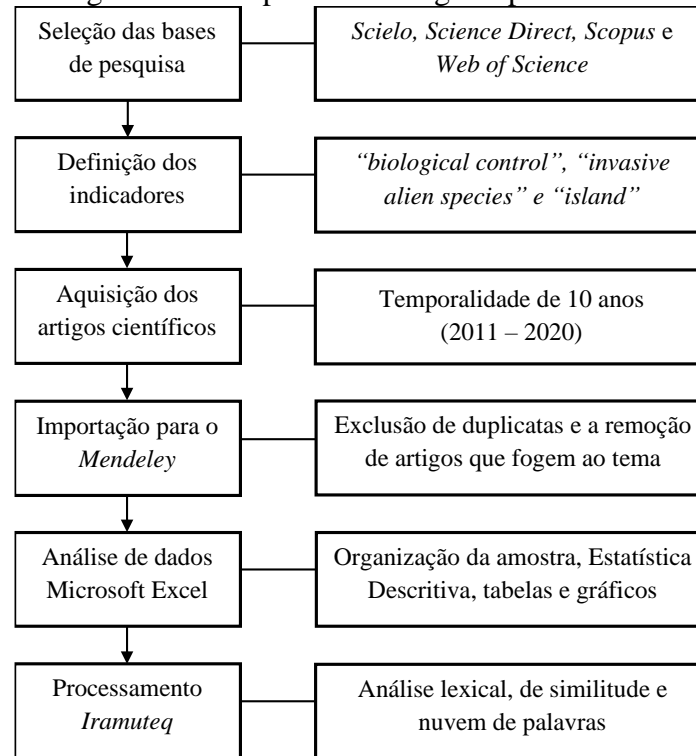
2. METODOLOGIA

A bibliometria consiste num estudo capaz de avaliar estatisticamente a literatura acadêmica, descrevendo o comportamento científico a respeito da temática. Deste modo, torna possível observar as nuances evolutivas, pontuando novas perspectivas e tendências (LIU et al., 2019).

O levantamento bibliográfico foi realizado com a finalidade de recuperar e coletar documentos confiáveis voltados às técnicas de controle de espécies invasoras, em especial a *Leucaena leucocephala* (XU et al., 2021). Para isto, foram seguidos passos metodológicos (Figura 1) que se iniciaram pela definição dos indicadores e seleção das bases de pesquisa. Por tanto, a busca foi realizada por meio dos indicadores de pesquisa “*biological control*”, “*invasive alien species*” e “*island*”, aplicados ao título, ao resumo e às palavras-chaves nas bases de pesquisa *Scielo*, *Science Direct*, *Scopus* e *Web of Science*. Foram identificados artigos no

idioma inglês, respeitando a temporalidade de 10 anos (2011 a 2020), configurando-se no universo da pesquisa.

Figura 1 - Fluxograma das etapas metodológicas para a análise bibliométrica



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Para determinação da amostra primária, estes artigos foram importados para o *Software Mendeley* com o intuito de excluir as duplicatas e organizar o material a ser analisado. Em seguida, por meio da leitura do título e resumo, foi possível remover os artigos que tangenciaram do eixo temático, reduzindo quantidade de artigos, determinando assim a amostra secundária. O *Mendeley* é uma ferramenta de grande utilidade para a produção científica. Entre as inúmeras funcionalidades o gerenciador de referências e a mídia social acadêmica tem se evidenciado, tendo em vista a eficiência para subsidiar estudos métricos, como a bibliometria e a altimetria (SILVA FILHO; VANZ, 2020).

Para a realização da análise quantitativa, a utilização do *Microsoft Excel* teve lugar. De início, a busca da filiação até o quinto autor de cada artigo esteve como parâmetro analítico, além da nacionalidade, assim como o fator de impacto (com autocitações e sem autocitações)

dos periódicos, de acordo com a classificação do *Journal Citation Reports* – JCR. Após a classificação, foi utilizada a Estatística Descritiva, gerando gráficos, mapas e tabelas.

Posteriormente, a análise qualitativa teve o emprego do *Interface de R pour les analyses Multidimensionnelles de Textes et de Questionnaires* – Iramuteq, *software* livre ancorado ao programa estatístico R, responsável pelo tratamento dos dados textuais (CARNEIRO; VIZOLLI, 2021). Neste, a análise lexical estatística textual ocorreu por meio da posição e estrutura das palavras no corpus textual. Para a realização da análise lexicográfica, o corpus textual foi construído com a incorporação de segmentos de texto dos artigos da amostra secundária, contendo o título, resumo e palavras-chave dos artigos abordados no estudo. Com isso, foi possível a realização da análise de similitude, retratando as importantes conexões dos elementos; bem como a nuvem de palavras, demonstrando graficamente a frequência das palavras, ao longo do corpo textual (CARMO et al., 2021). A nuvem de palavras consiste numa análise lexical simples, contudo, resulta num gráfico de fundamental importância e interesse, visto que permite a rápida e eficaz identificação das palavras chaves de um corpus.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Tendo em vista a evolução da temática no meio acadêmico, os resultados apresentados buscam exprimir a produção científica quanto ao controle de espécies florísticas invasoras em ambientes insulares, expressas nas bases de dados *Scielo*, *Science Direct*, *Scopus* e *Web os Science*.

3.1. Análise qualiquantitativa

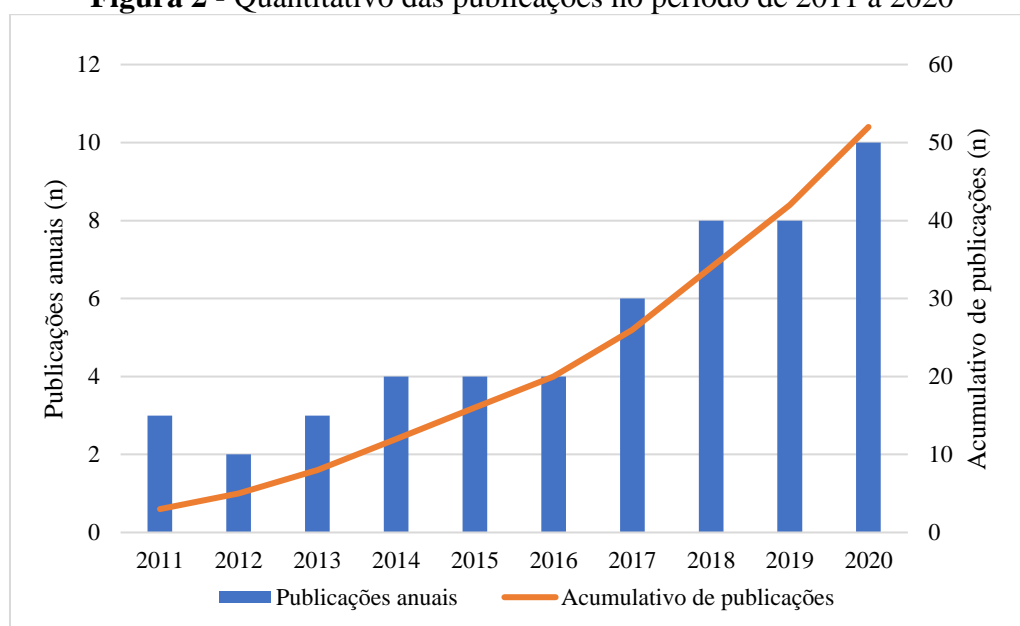
Neste estudo, foram encontradas com universo um total de 1.019.717 publicações para o indicador *Biological Control* na Plataforma *Science Direct*, durante o período de 2011 a 2020 (Tabela 1). Este fato corrobora com o crescente número de artigos sobre a temática, indicando a existência de preocupações com a integridade ambiental no tocante às invasões biológicas no meio acadêmico. Inicialmente, a combinação dos termos “*Invasive Alien Species*”, “*Island*” e “*Biological Control*” resultou em 78 publicações, compreendendo a amostra primária. Posteriormente, foi realizada a remoção de duplicatas e a exclusão de artigos que abordaram assuntos tangentes ao tema, reduzindo a amostra para 52 artigos, sendo esta a amostra secundária.

Tabela 1 - Incidência de publicações por indicadores nas bases de pesquisa

Indicadores	Science Direct	Scopus	WoS	Scielo
<i>Invasive Alien Species</i>	5.065	5.882	1.386	83
<i>Biological Control</i>	1.019.717	239.112	22.761	3.128
<i>Invasive Alien Species AND Island</i>	507	182	129	0
<i>Invasive Alien Species AND Biological Control</i>	177	85	100	17
<i>Biological Control AND Island</i>	1.831	345	217	8
<i>Invasive Alien Species AND Island AND Biological Control</i>	69	5	4	0

Fonte: elaborado pelo autor, 2022.

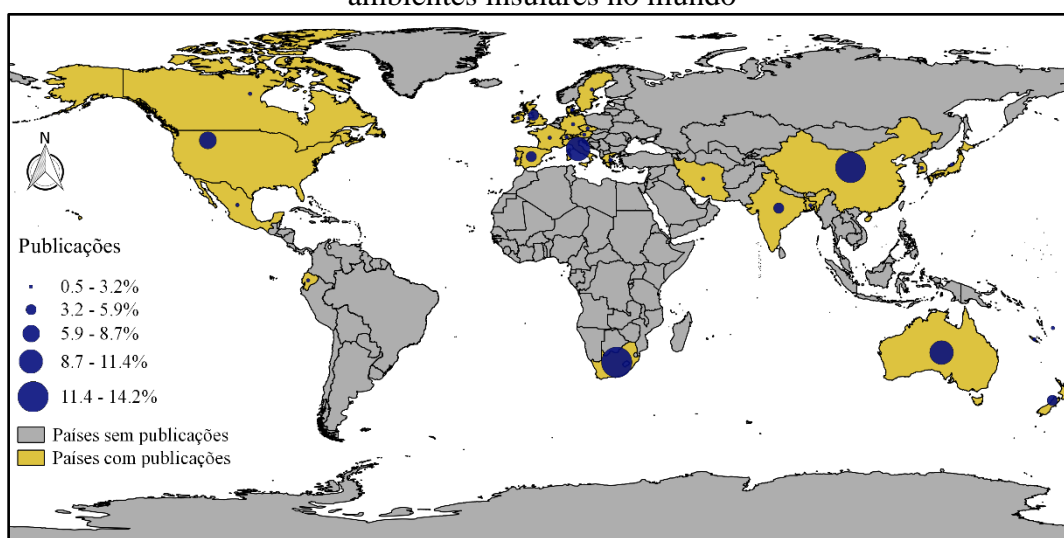
A partir da análise gráfica (Figura 2), nota-se que houve um aumento gradual na produção de artigos científicos que abordavam o controle de espécies exóticas invasoras em ambientes insulares, no intervalo temporal de dez anos, embora tenha havido oscilações na quantidade de artigos sobre o tema estudado. Olisah, Okoh e Okoh (2019) apontaram o interesse de novos pesquisadores, a melhoria na estrutura técnica e o apoio financeiro como fatores que justificam a evolução científica e o surgimento de novas publicações. Com relação ao intervalo temporal analisado, no ano de 2012 houve apenas dois artigos publicados, representando o menor registro. Em contraponto, o ano de 2020 destacou-se com dez artigos, sendo o de maior quantidade computada.

Figura 2 - Quantitativo das publicações no período de 2011 a 2020

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

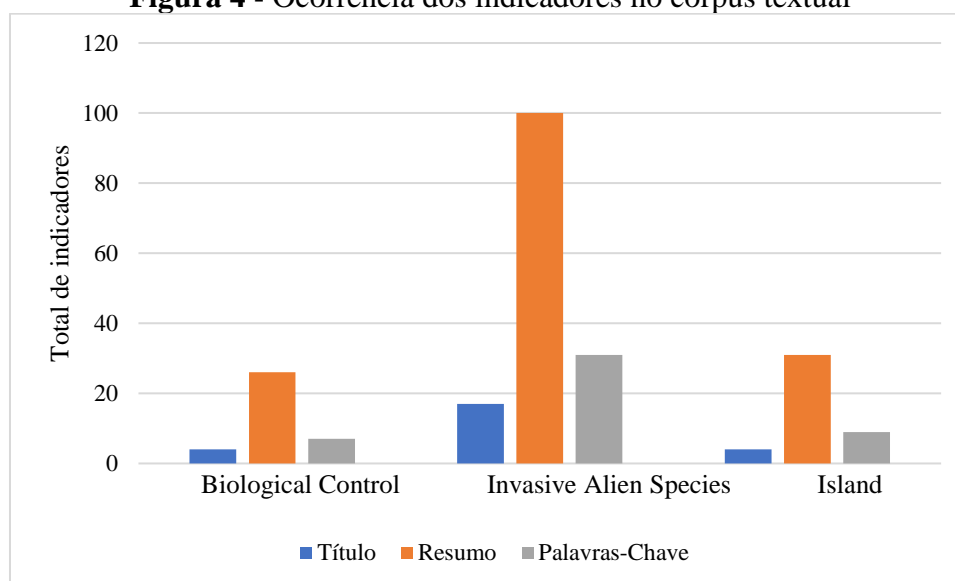
A análise da contribuição por países é de fundamental importância, pois nesta é possível identificar as áreas que possuem maior interesse na temática, assim como as nações que incentivam a elaboração de estudos para desenvolver a ciência e a tecnologia em alguns campos científicos (POLAT et al., 2022). Diante disto, os 52 artigos científicos analisados sob a perspectiva da invasão e controle biológico em ilhas da amostra secundária foram desenvolvidos por 219 autores, distribuídos em 29 países (Figura 3). Foi possível constatar que cerca de 55% das publicações estão concentradas em cinco países, com destaque para África do Sul (14,2%), aprestando a maior quantidade de trabalhos, seguida China (12,3), Itália (11%), Austrália (10%) e Estados Unidos (8,2%). Diante da mobilização da comunidade científica acadêmica, é possível constatar o elevado interesse por parte dos respectivos países em compreender a dinâmica das invasões em ilhas, temática esta que apresenta relevância global.

Figura 3 - Espacialização geográfica das publicações sobre espécies exóticas invasoras em ambientes insulares no mundo



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Com base na análise quantitativa dos indicadores utilizados, o termo “*Invasive Alien Species*” destacou-se das demais, apresentando um quantitativo de 100 ocorrências na seção de resumo entre os trabalhos analisados. Em sequência, os termos “*Island*” e “*Biological control*” apresentaram 31 e 26 repetições, respectivamente (Figura 4). Desta forma, foi possível verificar uma mobilização científica a respeito do estudo das espécies exóticas invasoras, indicando a importância de compreender a dinâmica e o controle das mesmas.

Figura 4 - Ocorrência dos indicadores no corpus textual

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Dentre os 52 trabalhos analisados, 32 periódicos foram identificados com publicações sobre o tema estudado, no período entre 2011 a 2019 (Tabela 2). Das revistas científicas, 26 apresentaram qualificação com fator de impacto – FI, no sistema de avaliação científica *Journal Citation Reports* – JCR. O periódico *Biological Reviews* apresentou FI de igual a 12,82, sendo este o maior valor observado. Em seguida, apenas 6 revistas científicas atingiram FI entre o intervalo de 5 a 8, ao passo que as demais ficaram abaixo deste valor.

Tabela 2 - Classificação das revistas segundo o Journal Citation Reports – JCR

Revista/Periódico	Publicações	Fator de Impacto	Fator de Impacto sem autocitações
<i>Journal of Environmental Management</i>	5	6.79	6.39
<i>Biological Conservation</i>	4	5.99	5.55
<i>Global Ecology and Conservation</i>	4	3.38	3.02
<i>Forest Ecology and Management</i>	3	3.56	3.02
<i>Journal for Nature Conservation</i>	3	2.83	2.66
<i>South African Journal of Botany</i>	3	2.32	2.17
<i>Flora</i>	2	2.09	1.86
<i>Science of the Total Environment</i>	2	7.96	6.94
<i>Trends in Ecology and Evolution</i>	2	-----	-----
<i>Urban Forestry and Urban Greening</i>	2	-----	-----
<i>Applied Geography</i>	1	4.24	4.06
<i>Biological Control</i>	1	3.69	3.42
<i>Biological Invasions</i>	1	3.13	2.84
<i>Biological Reviews</i>	1	12.82	12.6
<i>Biomass and Bioenergy</i>	1	-----	-----

<i>Botany Letters</i>	1	1.74	1.63
<i>Crop Protection</i>	1	2.57	2.39
<i>Current Opinion in Insect Science</i>	1	5.19	5.05
<i>Ecological Engineering</i>	1	4.04	3.74
<i>Ecological Indicators</i>	1	4.96	4.42
<i>Ecosystem Services</i>	1	5.45	4.80
<i>Environmental Science and Policy</i>	1	----	----
<i>Estuarine, Coastal and Shelf Science</i>	1	----	----
<i>Journal of Asia-Pacific Biodiversity</i>	1	----	----
<i>Journal of Asia-Pacific Entomology</i>	1	1.30	1.22
<i>Journal of Cleaner Production</i>	1	7.25	5.52
<i>Journal of Insect Science</i>	1	1.86	1.77
<i>Journal of Integrative Agriculture</i>	1	2.85	2.73
<i>Mammalian Biology</i>	1	1.86	1.76
<i>PeerJ</i>	1	2.98	2.87
<i>Perspectives in Plant Ecology Evolution and Systematics</i>	1	3.63	3.57
<i>Weed Research</i>	1	2.42	2.25

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

De acordo com Erivan et al. (2020), o FI é responsável por avaliar a taxa de publicação e a taxa de citação de determinado periódico através da quantidade de artigos e respectivas citações num intervalo de 2 anos anteriores à análise, em relação a quantidade de escritos científicos neste mesmo período. Desta forma, o FI é um ótimo indicador de qualidade científica, o que justifica a vasta aplicação deste mecanismo em pesquisas de cunho bibliográfico classificatório.

O periódico *Journal of Environmental Management* apresentou o maior número de trabalhos a respeito de espécies exóticas invasoras no intervalo temporal estudado, totalizando 5 artigos científicos. Os referidos estudos abordam temas como (i) a participação da comunidade, com o registro voluntariado, no manejo de espécies exóticas invasoras em ambiente insular; (ii) a viabilidade da cobrança de taxa de conservação ambiental à visitantes de áreas florestais, voltadas ao combate de invasoras; (iii) o papel das organizações públicas no manejo de espécies exóticas invasoras; e (iv) a avaliação da percepção da população no tocante ao tema estudado, assim como os conflitos de interesses entre partes envolvidas no manejo de invasoras.

Em relação ao conteúdo dos artigos dentro da amostra secundária, três artigos se destacaram apresentando abordagens relevantes ao tema, assim como a aplicação de técnicas de controle de espécies exóticas invasoras.

Maccioni et al. (2020) investigaram a utilização de óleo essencial de alecrim (*Salvia rosmarinus*) como forma de controle da exótica invasora *Acacia saligna* na fase de mudas. Foi observado que o aumento da concentração de óleo essencial reduziu a biomassa, o comprimento da parte aérea e da raiz, o crescimento e a sobrevivência das mudas. Com isso, o emprego deste composto natural se apresenta como uma opção viável no controle biológico em substituição aos herbicidas sintéticos, reduzindo custos e mitigando impactos ambientais.

Moodley, Procheş e Wilson (2017) estudaram a invasão da exótica *Epipremnum aureum* na África do Sul, mapeando a ocorrência da espécie e avaliando técnicas de controle. Foram abordados três métodos de manejo: (i) tratamento de corte sem aplicação de herbicidas; (ii) tratamento de corte com aplicação do herbicida glifosfato; (iii) tratamento de corte e o uso de gel herbicida a base de triclopir e picloram, aplicados na parte aérea recém cortada e na parcela enraizada. Diante disto, foi possível observar que o corte enfraqueceu os indivíduos, mas o rápido desenvolvimento vegetativo da *E. aureum* inviabilizou o tratamento. Enquanto isso, o tratamento químico apresentou resultados satisfatórios, como a danificação significativa do caule e mortalidade de três plantas durante as análises. Quanto a utilização de agentes de controle biológico, os autores classificaram como inviável devido à falta de agente disponível no mercado, a eficiência satisfatória do controle químico, o fácil acesso e o baixo nível de propagação das populações estudadas.

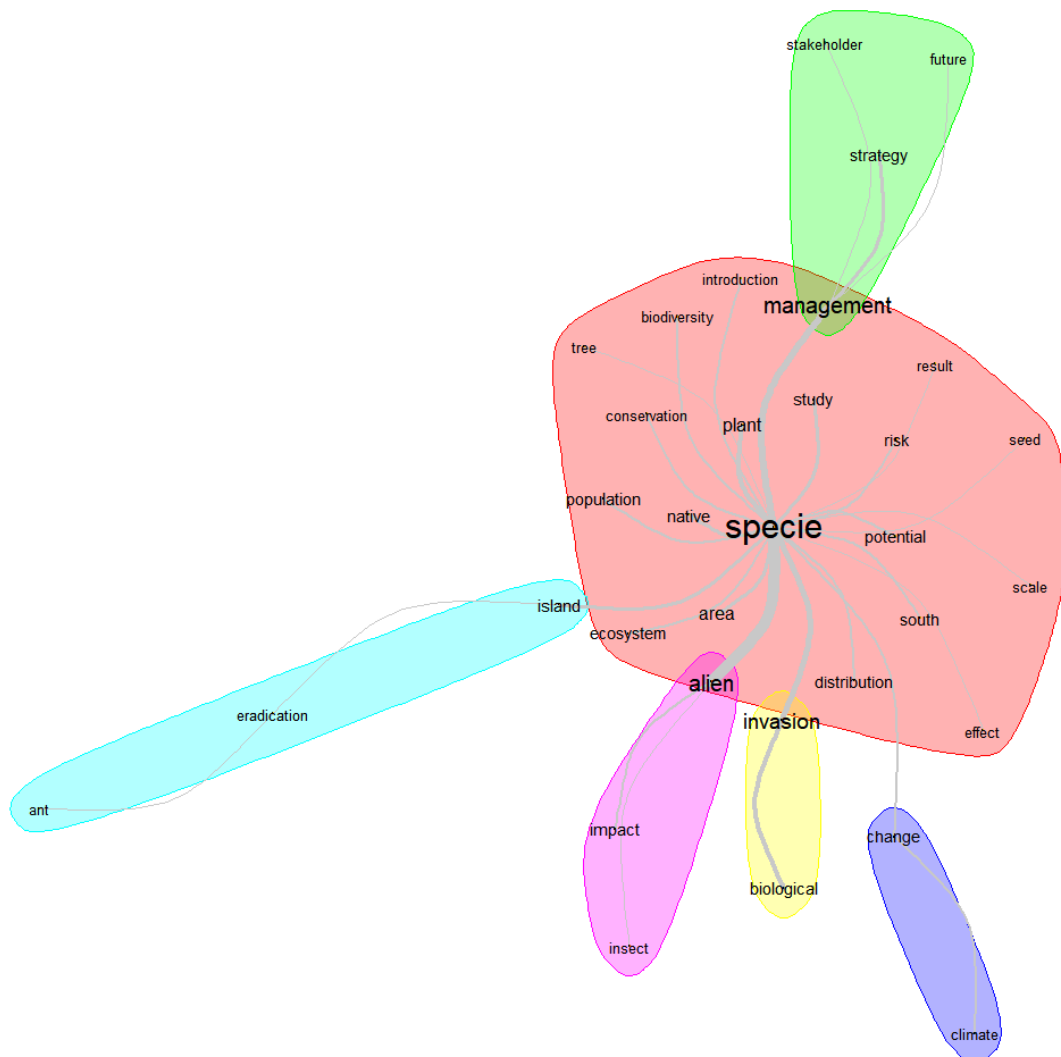
Meyer e Fourdrigniez (2011) avaliaram o biocontrole em um cenário de invasão por *Miconia calvescens* DC. utilizando um fungo patógeno, *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. miconiae. A espécie invasora é responsável por formar densas florestas monoespecíficas, dificultando a disponibilidade de luz para as espécies endêmicas, como é o caso da *Ophiorrhiza subumbellata* G. Forst., uma espécie rara, com pequenas populações e distribuição irregular.

Os autores coletaram folhas das árvores de *Miconia* e expuseram em laboratório, à ação do fungo. Com isso, foi possível observar lesões nas folhas variando de 5 a 35%, e o aumento da desfolha parcial de acordo com a elevação. Paralelamente, os danos causados pelas espécies do gênero *Miconia* afetaram positivamente a densidade populacional, o crescimento e a fertilidade da *O. subumbellata*, uma vez que a antracnose folhear proporcionou maior disponibilidade da luz solar, favorecendo o desenvolvimento da endêmica.

3.2. Análise Lexicográfica

O corpus textual foi construído com a incorporação de 52 segmentos de texto dos artigos da amostra secundária. Quanto a análise de similitude, representa a conexão entre as palavras, identificando relações estreitas entre os termos por meio de um gráfico, onde o tamanho da fonte aponta a frequência de ocorrência, enquanto a espessura da linha de conexão representa influência da relação entre os termos (GONÇALVES JÚNIOR et al., 2021). Neste caso, foram construídos cinco grupos de palavras anexado a um sexto grupo principal (Figura 5). A palavra “*Specie*” encontra-se no grupo vermelho localizado centro da imagem, a qual as demais se ramificam, indicando ser o termo principal para a conexão com os demais subtemas. Os demais grupos são conectados por meio dos termos “*Management*” (verde), “*Invasion biological*” (amarelo), “*Alien*” (rosa), “*Island*” (azul claro), “*Change climate*” (azul escuro).

Figura 5 - Análise de similitude



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Representado com maior intensidade pelos termos “*management*” (gestão) e “*strategy*” (estratégia), o grupo expresso pela cor verde agrupou trabalhos que abordaram ferramentas e técnicas de gestão para o controle de exóticas, assim como os mecanismos de invasões que possam subsidiar o alinhamento estratégias eficientes. Entre o grupo, o estudo elaborado por Rao et al. (2017) ganha destaque ao abordar as dificuldades de pesquisas sobre ervas daninhas na Índia, apontando os desafios e oportunidades. As maiores dificuldades encontradas foram relacionadas ao manejo em pequenas propriedades, assim como a falta de acesso a tecnologias e a informações sobre a prevenção e o controle de daninhas. Por sua vez, os autores assinalaram como oportunidades a exploração da ciência na busca por tecnologias de manejo avançadas para aumento de produtividade das culturas.

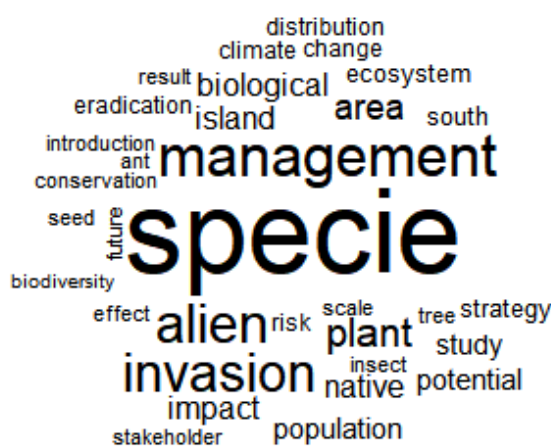
O grupo amarelo foi representado pelos termos “*Invasion*” (invasão) e “*Biological*” (biológico), abordando as invasões biológicas como tema central. Dente os artigos, destaca-se o estudo teórico realizado por Biswas et al. (2018) tratando da invasão de plantas em florestas de mangue em todo mundo. Os autores conseguiram identificar as espécies, apontando as principais características, assim como as causas e os mecanismos das invasões (padrões e processos). Desta forma, foi constatado a alteração de habitat como principal causa de invasão, recomendando a restauração ecológica do mangue como prática de manejo mais apropriada para a conservação.

Por sua vez, o grupo roxo apresentou “*Alien*” (alienígena/exótico) e “*Impact*” (impacto) como termos principais, correlacionando os temas de espécies exóticas e os impactos ambientais. Maccioni et al. (2020) elaborou analisou os efeitos fitotóxicos do óleo essencial de *Salvia rosmarinus* Schleid no crescimento de mudas da invasora *Acacia saligna* Lindley. Foi observado que a sobrevivência e o crescimento das plântulas diminuíram com o aumento da exposição ao óleo essencial, comprometendo a germinação da exótica. Desta forma, foi possível confirmar a viabilidade desta ferramenta para o controle biológico de *A. saligna*, reduzindo os impactos ocasionados as espécies nativas, como também reduzindo o uso de herbicida sintéticos.

A nuvem de palavras consiste em uma análise que tem por resultado um grafo capaz de agrupar e ordenar as palavras graficamente em função desta frequência, possibilitando a visualização dos termos mais citados pelos autores (BUENO; BAÑULS; GALLEG0, 2021). Neste sentido, é possível observar “*specie*” como o termo de maior relevância alinhado ao centro da imagem, com 256 citações ao longo do corpus textual, seguido de “*management*”, “*alien*”, “*invasion*”, “*plant*”, “*island*”, com 113, 106, 101, 71 e 47 citações, respectivamente.

Tais resultados indicam o foco da pesquisa bibliográfica a respeito da temática da invasão de espécies exóticas invasoras em ambientes insulares, assim como na gestão das mesmas (Figura 6).

Figura 6 - Nuvem de palavras



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Silva (2020) elaborou estudo bibliométrico sobre a problemática e o manejo de espécies vegetais invasoras em ambientes insulares, abordando a análise por nuvem de palavras. Assim, foi possível identificar os termos principais sendo *specie*, *island*, *plant* e *management*, indicando a proximidade da temática com resultados que validam os encontrados neste trabalho.

4. CONCLUSÃO

Por meio da aplicação da análise bibliométrica, foi possível verificar uma preocupação a nível global com a temática da invasão biológica de espécies exóticas em ambientes insulares, tendo em vista o constante aumento na quantidade de publicações durante o período avaliado, assim como a distribuição geográfica, apontando a África do Sul com o país de maior quantitativo. Em contra partida, é perceptível a necessidade de estudos que avaliem as técnicas de controle pela baixa quantidade de trabalhos publicados.

Desta forma, este estudo abordou as características e a dinâmica da comunidade científica, analisando as principais base de dados em um contexto global. Com isso, pretende-se subsidiar novos estudos no que tange análise de lacunas de pesquisa, de modo a contribuir para evolução do conhecimento sobre a invasão de espécies exóticas em ambientes insulares entre pesquisadores e formuladores de políticas públicas.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, K. C. T. de., FABRICANTE, J. R. Invasão biológica no Parque Nacional Serra de Itabaiana, Sergipe, Brasil. **Revista de Ciências Ambientais**, v. 14, n. 2, 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.18316/rca.v14i2.6169>
- BISWAS, S. R., BISWAS, P. L., LIMON, S. H., YAN, E. R., XU, M. S., KHAN, M. S. I. Plant invasion in mangrove forests worldwide. **Forest Ecology and Management**, v. 429, p. 480-492, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.07.046>
- BUENO, S., BAÑULS, V. A., GALLEGO, M. D. Is urban resilience a phenomenon on the rise? A systematic literature review for the years 2019 and 2020 using textometry. **International Journal of Disaster Risk Reduction**, v. 66, n. 102588, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2021.102588>
- CARMO, W. L. N. do, SILVA, S. R. da., VERGA, S. M. P., MAZZA, V. de A., CARVALHO, I. S. R. Diagnóstico do Transtorno do Espectro do Autismo (TEA) em crianças e os impactos no âmbito familiar: análise de nuvens de palavras e similitude. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 6, 2021. DOI: <https://doi.org/10.34117/bjdv7n6-665>
- CARNEIRO, R dos S., VIZOLLI, I. Produções acadêmicas em educação matemática na Amazônia legal brasileira: um olhar a partir do iramuteq. **Revista Exitus**, v. 11, p. 01-25, 2021. DOI: <https://doi.org/10.24065/2237-9460.2021v11n1IID1690>
- CEZIMBRA, L. D., PORTO, A. B., OVERBECK, G. E. Invasão por gramíneas exóticas em campos sobre paleodunas: efeitos na diversidade florística. **Oecologia Australis**, v. 25, n. 4, 2021. DOI: <https://doi.org/10.4257/oeco.2021.2504.03>
- D.MOODLEY, D., PROCHEŞ, S., WILSON, J. R. U. Assessing and managing the threat posed by *Epipremnum aureum* in South Africa. **South African Journal of Botany**, v. 109, p. 178-188, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2016.12.005>
- DEMETER, L., MOLNÁR, A. P., BEDE-FAZEKAS, A., KINGA ÖLLERER, K., VARGA, A., et al. Controlling invasive alien shrub species, enhancing biodiversity and mitigating flood risk: A win-win-win situation in grazed floodplain plantations. **Journal of Environmental Management**, v. 295, n. 113053, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113053>
- ERIVAN, R., DARTUS, J., VILLATTE, G., MARCHEIX, P. S., DESCAMPS, S., BOISGARD, S. Bibliometric analysis of case report citations and their effect on the impact factor: How does publishing case reports impact journals? **Orthopaedics & Traumatology: Surgery & Research**, v. 106, n.8, p. 1463-1467, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.otsr.2020.05.016>
- GONÇALVES JÚNIOR, J., SALES, J. P. de, SILVA, F. C. T. da, QUIRINO FILHO, J. de D., CAVALCANTI, R. de C. P. B., LANDIM, J. M. M., LIMA, N. N. R., MATOS NETO, F. F., CARDOSO, F., ROLIM NETO, M. L. Analysis of the prison population's mental health in Sars-Cov-2 pandemic: Qualitative analysis. **Psychiatry Research**, v. 296, n. 113669, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.psychres.2020.113669>
- LIU, F., YU, C., CHANG, Y. Bibliometric analysis of articles published in journal of dental sciences from 2009 to 2020. **Journal of Dental Sciences**, v. 17, p. 642-646, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jds.2021.08.002>
- LIU, W., WANG, J., LI, C., CHEN, B., SUN, Y. Using Bibliometric Analysis to Understand the Recent Progress in Agroecosystem Services Research. **Ecological Economics**, v. 156, p. 293-305, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.09.001>
- MACCIONI, A., SANTO, A., FALCONIERI, D., PIRAS, A., FARRIS, E., MAXIA, A., BACCHETTA, G. Phytotoxic effects of *Salvia rosmarinus* essential oil on *Acacia saligna* seedling growth. **Flora**, v. 269, n. 151639, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151639>
- MACCIONI, A., SANTO, A., FALCONIERI, D., PIRAS, A., FARRIS, E., MAXIA, A., BACCHETTA, G. Phytotoxic effects of *Salvia rosmarinus* essential oil on *Acacia saligna* seedling growth. **Flora**, v. 269, n. 151639, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.flora.2020.151639>
- MEYER, J. Y., FOURDRIGNIEZ, M. Conservation benefits of biological control: The recovery of a threatened plant subsequent to the introduction of a pathogen to contain an invasive tree species. **Biological Conservation**, v. 144, p. 106-113, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2010.08.004>

- MISSIO, F. DE F., LONGHI, S. J., Invasão biológica por espécies exóticas em floresta estacional decidual - mesorregião central do Estado do Rio Grande do Sul. **Agrarian Academy**, v. 6, n. 12, 2019. DOI: https://doi.org/10.18677/Agrarian_Academy_2019b5
- OLISAH, C., OKOH, O. O, OKOH, A. I. Global evolution of organochlorine pesticides research in biological and environmental matrices from 1992 to 2018: A bibliometric approach. **Emerging Contaminants**, v. 5, p. 157-167, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2019.05.001>
- RAO, A. N., SINGH, R. G., MAHAJAN, G., WANID, S. P. Weed research issues, challenges, and opportunities in India. **Crop Protection**, v. 134, n. 104451. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.02.003>
- SILVA FILHO, R. da C., VANZ, S. A. de S. Análise da produção científica da Enfermagem e seus leitores no Mendeley. **Revista Ibero-Americana de Ciência da Informação**, v. 14, n. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.26512/rici.v14.n1.2021.31979>
- SILVA, K. A. da. Sustentabilidade em manguezal de ambiente insular; Indicadores sustentáveis aplicáveis a realidade socioeconômica e ambiental da gestão da Baía de Sueste, Fernando de Noronha, Pernambuco (Brasil). 2020. 100 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.
- VAN KLEUNEN, M., DAWSON, W., ESSL, F., PERGL, J., WINTER, M., et al. Global exchange and accumulation of non-native plants. **Nature**, v. 525, p. 100-103, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1038/nature14910>
- XU, Z., WANG, X., WANG, X., SKARE, M. A comprehensive bibliometric analysis of entrepreneurship and crisis literature published from 1984 to 2020. **Journal of Business Research**, v. 135, p. 304-318, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.06.051>
- ZEYNEL ABIDIN POLAT, Z. A., ALKAN, M., PAULSSON, J., PAASCH, J. M. Eftychia Kalogianni Global scientific production on LADM-based research: A bibliometric analysis from 2012 to 2020. **Land Use Policy**, v. 112, n. 105847, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2021.105847>

CAPÍTULO 2

ERYTHRINA VELUTINA COMO BIOINDICADORA DE QUALIDADE AMBIENTAL NO CENÁRIO DE INVASÃO *LEUCAENA LEUCOCEPHALA*

RESUMO

A invasão por espécies exóticas é considerada a segunda maior causa de extinção de espécies, tornando-se potencialmente danosa à biodiversidade e gerando desequilíbrio em todos os ecossistemas. A *Leucaena leucocephala* está entre as 100 espécies invasoras mais agressivas do planeta. O biomonitoramento apresenta-se como um instrumento eficaz no estudo de impactos ambientais, pois a adaptabilidade dos organismos retrata a integridade ecológica do meio, refletindo prováveis mudanças em características. Nesse sentido, o estudo objetiva fazer uso da *Erythrina velutina* como bioindicador da qualidade ambiental e ferramenta de análise dos impactos ocasionados pela invasão da espécie exótica *L. leucocephala*. A pesquisa é descritiva dedutiva, onde foi avaliado o comportamento da *E. velutina* em resposta aos efeitos ambientais causados pela invasora, por meio da utilização de parâmetros para identificar um bioindicador ideal. Foram atribuídos pesos aos parâmetros de acordo com a importância ecológica e estabelecidas notas, sendo o produto destas variáveis resultando numa pontuação final para a classificação. Com isso, foi observada a redução significativa de indivíduos da espécie analisada em áreas de competição, demonstrando sensibilidade negativa aos impactos ambientais ocasionados. Na aplicação dos parâmetros foi atingido o total de 89 pontos, indicando elevada representatividade, atendendo com êxito aos critérios pré-estabelecidos. Ao ser submetida as faixas de categorização, *E. velutina* foi enquadrada como bioindicador ótimo para a qualidade ambiental face à ambientes que estejam potencialmente sujeitos a presença da invasora *L. leucocephala*. Recomenda-se aprofundar os estudos para o uso deste no monitoramento ambiental.

Palavras chave: Biodiversidade; Espécies exóticas; Gestão Ambiental; Impacto Ambiental.

ERYTHRINA VELUTINA AS AN ENVIRONMENTAL QUALITY BIOINDICATOR IN THE *LEUCAENA LEUCOCEPHALA* INVASION SCENARIO

ABSTRACT

Biological invasion is considered the second biggest cause of species extinction, becoming potentially harmful to biodiversity and generating imbalance in all ecosystems. *Leucaena leucocephala* is among the 100 most aggressive invasive species on the planet. Biomonitoring is presented as an effective instrument in the study of environmental impacts, since the adaptability of organisms portrays the ecological integrity of the environment, reflecting probable changes in characteristics. In this sense, the study aims to make use of *Erythrina velutina* as a bioindicator of environmental quality and a tool for analyzing the impacts caused by the invasion of the exotic species *L. leucocephala*. The research is descriptive deductive, where the behavior of *E. velutina* in response to the environmental effects caused by the invader was evaluated, through the use of parameters to identify an ideal bioindicator. Weights were assigned to the parameters according to ecological importance and scores were established, with the product of these variables resulting in a final score for the classification. There was a significant reduction in individuals of the species analyzed in competition areas, showing a

negative sensitivity to the environmental impacts caused. In the application of the parameters, a total of 89 points was reached, indicating high representativeness, successfully meeting the pre-established criteria. When submitted to the categorization bands, *E. velutina* was classified as an optimal bioindicator for environmental quality in the face of environments that are potentially subject to the presence of the invasive *L. leucocephala*. Further studies are recommended for its use in environmental monitoring.

Key words: Biodiversity; Exotic species; Environmental Management; Environmental Impact.

1. INTRODUÇÃO

As ações antrópicas têm elevado as taxas de imigração de espécies, seja acidentalmente ou intencionalmente, inserindo-as além da zona biogeográfica. Em detrimento desse cenário, a invasão biológica é considerada a segunda maior causa de extinção de espécies recentes e em andamento, tornando-se potencialmente danosa à biodiversidade, gerando desequilíbrio em todos os tipos de ecossistemas. Neste cenário, a invasão biológica tem alcançado notoriedade da ciência em proporção global, sobretudo no que tange a proteção ambiental (SENSKE et al., 2019).

Considerando todos os impactos resultantes da dispersão das espécies exóticas no ambiente, são necessárias ações preventivas visando o controle ou erradicação das mesmas, no meio que estão inseridas. Desta forma, a detecção precoce é crucial e pode ser realizada por meio de diversos métodos e parâmetros de avaliação (GOMEZ et al., 2020), dentre estes destacam-se os indicadores e bioindicadores ambientais. Ambos apresentam grande relevância na determinação e monitoramento de ecossistemas invadidos por espécies exóticas e são capazes de fornecer informações importantes para o delineamento de medidas e estratégias.

Por meio da adaptabilidade as condições ambientais, os organismos retratam a integridade ecológica do meio, indicando prováveis mudanças nas características. Com isso, torna-se possível a realização de monitoramento biológico utilizando organismos como parâmetro de comparação para avaliar a biodiversidade, degradação ou restauração de um determinado ambiente (AMORIM, 2018). Desse modo, a utilização de bioindicadores torna-se uma alternativa eficiente no monitoramento de espécies que alteram as condições naturais do meio, sendo amplamente utilizados na predição de ambientes afetados por algum fator ambiental. Nesse sentido, o estudo tem como objetivo fazer o uso da *Erythrina velutina* enquanto bioindicador da qualidade ambiental, buscando compreender esta como ferramenta

de análise dos impactos ocasionados pela invasão da espécie exótica *Leucaena leucocephala* no Arquipélago de Fernando de Noronha.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

As espécies exóticas invasoras desempenham diversas funções, sendo capazes de alterar o equilíbrio do meio que estão inseridas, impactando a biodiversidade e causando perdas significativas aos ecossistemas. Esta inserção pode ocorrer de forma natural ou intencional, por intervenção humana (RAI; SINGH, 2020).

Ao serem introduzidas em um novo habitat, as espécies exóticas invasoras muitas vezes se adaptam as condições submetidas e, por não ter elementos naturais de controle populacional, exercem grande vantagem sob as espécies nativas, favorecendo sua propagação e, conseqüentemente, dominação do ambiente. Este aumento não controlado do número de indivíduos modifica consideravelmente as funções e serviços ecossistêmicos, causando danos significativos (WAN; WANG, 2018). Com isso, a invasão biológica é um problema de ordem global, sendo considerada a segunda maior causa de perda da biodiversidade em ecossistemas.

2.1. Dados gerais da *Leucaena leucocephala*

Originária da América Central, a *Leucaena leucocephala* [Lam.] De Wit. é uma espécie florística leguminosa, cultivada largamente devido aos diversos usos, sendo esta, introduzida em mais de 120 países. A leucena possui rápido crescimento e pode se reproduzir de forma sexuada e assexuadamente, intensificada pela alta taxa de produção de sementes e curto período pré-reprodutivo (RAMÍREZ-BAHENA et al., 2020). Quando estes fatores são associados a boa adaptabilidade à diversos ambientes, faz com que esta seja bastante disseminada no ambiente, sendo classificada com alto potencial invasor, garantindo sua inclusão na lista entre as 100 espécies invasoras mais agressivas do planeta, de acordo com a Comunidade Científica da União Internacional para Conservação da Natureza – IUCN (LOWE et al., 2000).

A *L. leucocephala* é uma espécie pertencente ao Reino *Plantae*, da Ordem *Fabales*, Família das *Fabaceae* e Subfamília *Mimosoideae* (NEHDI et al., 2014). Nativa do México, foi bastante utilizada em todas as partes do mundo por seus efeitos benéficos, como uma excelente base nutricional para o agronegócio. Porém, na maioria dos habitats, esta tem se comportado como espécie invasora, acarretando no desequilíbrio de habitats.

A *Leucaena* é capaz de interagir diretamente no ambiente em que fora introduzida por meio de diversos mecanismos, entre estes estão a relação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio, elevando assim os níveis de nitrogênio disponíveis no solo. Porém, a facilidade em reproduzir-se, associada à resistência, favorece a ocupação descontrolada no ambiente, causando impactos nocivos a médio e longo prazo (MELLO, 2014).

A caracterização do agente impactante é fundamental para conhecer e compreender as peculiaridades da espécie degradante. A partir dessas informações (Quadro 1), é possível examinar a potencial influencia ao meio, subsidiando a estruturação de medidas de manejo, controle e mitigação podem ser traçadas, fazendo com que se compreenda o fator impactante (SANTOS; EL-DEIR, 2019).

Quadro 1 - Caracterização do Fator Impactante

Característica	Critério	Descrição
Frequência	Alta	Apresenta-se com elevada frequência em ambientes invadidos.
Sinergia/Interações sistêmicas	Existente	Inicia uma cadeia de impactos pela perda de mecanismos ecossistêmicos, levando a destruição dos habitats.
Persistência	Alta	Após estabelecida no ambiente, é difícil retornar as condições iniciais pela sua facilidade de rebrota e sua produção de sementes.
Dispersão	Alto	Rapidamente se dispersa no ambiente, invadindo áreas próximas com facilidade.
Volume/Densidade	Alto	Após a sua instalação, a <i>Leucaena</i> em condições favoráveis povoa densamente as áreas invadidas.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Após a instalação, o avanço da *L. leucocephala* ocorre de maneira rápida, dispersando com facilidade e povoando densamente o ambiente invadido, inviabilizando a sobrevivência de certas espécies nativas e assim, favorecendo a homogeneização florística. Aliado ao rápido crescimento, a espécie rebrota diversas vezes após o corte. As sementes são produzidas em grande quantidade, cuja dispersão é realizada tanto pela gravidade como pela ação dos animais (zoocórica), expandindo a área de atuação e consolidando um banco de sementes no solo consistente por um longo período, garantindo a *Leucaena* alta persistência no ambiente e,

consequentemente, acentuando os efeitos nocivos, impossibilitando a regeneração da vegetação nativa (COSTA; DURIGAN, 2010).

Um fator que potencializa os impactos causados pela *Leucaena* é a alelopatia, em que consiste na liberação de substâncias químicas que afetam a germinação, crescimento e desenvolvimento das demais espécies por meio da toxicidade, estabelecendo vantagens sobre as demais (QIN et al., 2018). Com isso, rapidamente a *Leucaena* estabelece dominância sobre as demais, reduzindo as populações de espécies nativas.

Diante disso, a dinâmica da comunidade é alterada significativamente e toda a cadeia alimentar é afetada de maneira sistêmica, acarretando que o ecossistema entre faixa de plasticidade face a perda de elementos biocenóticos. Dessa forma, é crucial a existência de um plano de manejo específico, apresentando estratégias que visem o controle das espécies na área afetada; caso contrário, a ausência dessas medidas pode propiciar danos ambientais irreversíveis (SHER et al., 2018).

2.2. Dados gerais da *Erythrina velutina*

Popularmente conhecida por Mulungu, a *Erythrina velutina* Willd. é uma espécie nativa brasileira, pertencente ao Reino *Plantae*, da Divisão *Angiospermae*, Ordem *Fabales*, Família das *Fabaceae* e Subfamília *Faboideae*. Apresenta intolerância ao frio, tendo distribuição geográfica espontânea e com maior frequência no bioma Caatinga, havendo incidência na Mata Atlântica e no Cerrado. A área de ocorrência desta espécie é desde a região central do Brasil ao Nordeste (EMBRAPA, 2008).

Podendo atingir de 8 a 15 metros de altura, a *E. velutina* é uma espécie arbórea espinhenta, apresentando comportamento foliar decíduo, com copa arredondada e aberta. Bastante florífera, apresenta flores tamanho grande e de coloração vermelho-coral, com polinização do tipo cruzada, feita comumente por beija-flor (SOUZA, 2018).

O Mulungu apresenta frutos do tipo legume com comprimento de 5 a 8 centímetros, que tem seu período de amadurecimento entre os meses de janeiro e fevereiro. Contendo de 1 a 4 sementes por fruto, estas com a tonalidade vermelha-escura e vermelho alaranjada, ambos brilhantes com o hilo preto. O vento e as aves (zoocórica) são os principais mecanismos de dispersão, a coloração das sementes torna favorável a dispersão das mesmas no ambiente, uma vez que atraem várias espécies de animais (OLIVEIRA, 2014).

Comumente encontrada em várzeas úmidas, a *E. velutina* possui rápido crescimento e boa resistência a seca, garantindo rusticidade necessária para a sua disseminação no bioma Caatinga, caracterizado pelo regime hídrico irregular, propiciando a escassez hídrica na maior parte do ano. Por meio de associações simbióticas com bactérias, esta leguminosa é capaz de realizar a fixação de nitrogênio no solo, viabilizando seu uso na recuperação de áreas degradadas (SANTOS et al., 2012).

2.3. Bioindicador da qualidade ambiental

As atividades antrópicas de caráter negativo alteram a dinâmica ambiental e causam intensos impactos ao ecossistema, essas modificações, por sua vez, ocorrem de diversas formas, provocando estresses ambientais que vão da redução da disponibilidade de recursos até a destruição de habitats (PRESTES; VINVENCINI, 2019). Desse modo, é indispensável o planejamento e formulação de medidas e técnicas adequadas para o manejo e monitoramento das áreas afetadas.

Como instrumento de relevância na gestão ambiental, a utilização de bioindicadores possibilita a análise de desempenho ambiental de um determinado processo (SEQUINEL, 2018). Neste âmbito, o biomonitoramento surge como um dos métodos capazes de descrever e mensurar as mudanças ocorridas no ambiente, avaliando as reações metabólicas ou comportamentais impostas pelas alterações ambientais, por meio da utilização de um componente biótico do ecossistema como indicador da qualidade ambiental (TOONGKOOM et al., 2018).

Para Carvalho et al. (2018), os bioindicadores podem ser caracterizados como conjunto de comunidades biológicas em que a presença, diversidade e condições revelam uma determinada situação ambiental, de fundamental importância para a correlação de um fator antrópico e/ou natural que cause impacto, refletindo a integridade ecológica e contribuindo na identificação e recuperação de áreas degradadas.

A avaliação da interação da espécie perante o estresse submetido, no âmbito da dinâmica populacional, é imprescindível para a compreensão e classificação do indicador. Caracterizadas por utilizar maiores quantidades energéticas em atividades como crescimento e manutenção, as espécies k-estrategistas (especialista) competem por meio da evolução da prole, assegurando maior ciclo de vida. Por outro lado, as espécies r-estrategistas (não especialista ou oportunista)

têm por objetivo a reprodução, resultando em populações densas de indivíduos com baixo ciclo de vida e elevado potencial invasor no ambiente. Desta forma, os organismos r-estrategista asseguram maior sensibilidade de resposta, expandindo a população mediante as alterações do ambiente, tornando-se mais viável a sua utilização como indicador (BURSTIN, 2016; FERREIRA, 2016). Visto estas características, as alterações ambientais atingirão a população de espécies de k-estrategistas de forma mais intensa, diminuindo a quantidade de indivíduos, podendo chegar à extinção desta população na comunidade, face a baixa resiliência processual. Já as populações de espécies r-estrategistas, na ausência de competição com as k-estrategistas, além de apresentarem maior tolerância as alterações ambientais, apresentarão sucesso reprodutivo e elevada frequência de indivíduos. Então, processos de dominância em ambientes impactados são decorrentes da presença de espécies r-estrategistas.

Na escolha de um indicador relevante e representativo, é fundamental a análise das características comportamentais em relação ao meio, dentre os parâmetros necessários para a avaliação, tem-se a mobilidade (SANTOS et al., 2021). Este atributo está relacionado à facilidade de deslocamento de uma espécie, entretanto, organismos fixos e de baixa locomoção, como espécies florísticas e espécies bentônicas sesséis, apresentam maior estabilidade, facilitando a realização de análises e, conseqüentemente, o fornecimento de dados consistentes (LIJTEROFF et al., 2009). Diante deste cenário, Ré (2007) justifica a maior utilização de organismos florísticos em ecossistemas terrestres, quando se comparado a espécies da fauna em estudos envolvendo bioindicação.

3. METODOLOGIA

A pesquisa apresenta natureza descritiva dedutiva, ou seja, é baseada na caracterização de um evento, por meio de uma análise das condições gerais. Desse modo, as informações foram obtidas mediante levantamento bibliográfico em livros, artigos acadêmicos, dissertações, teses, legislações, normas, dentre outros meios de pesquisa. Todo o aporte científico para a compreensão do comportamento das espécies, possibilitando a descrição ecológica.

A espécie bioindicadora selecionada para o estudo foi a *Erythrina velutina*, na qual foi avaliado o comportamento em resposta aos efeitos ambientais causados pela *Leucaena leucocephala*. Foram utilizados 10 parâmetros que identificam um bioindicador ideal propostos por Johnson et al. (1993 apud NEUMANN-LEITÃO; EL-DEIR, 2009) para análise da *E. velutina*, descrevendo o possível potencial uso para a bioindicação.

A importância ecológica de cada parâmetro foi determinada através de pesos (P_i), a fim de estabelecer uma escala hierárquica. Desta forma, cada atributo recebeu um valor, que está compreendido numa escala de 1 a 3, correspondendo à baixa, média e alta relevância, respectivamente, são estes: (i) Taxonomicamente bem definida, 3; (ii) Distribuição geográfica ampla, 2; (iii) Facilmente bem reconhecida por não especialista, 3; (iv) Ser abundante, 1; (v) Ter tamanho grande, 2; (vi) Características ecológicas bem definidas, 3; (vii) Longo ciclo de vida, 2; (viii) Baixa mobilidade, 3; (ix) Baixa variabilidade ecológica e gênica, 2; e (x) Possibilidade de uso em estudos de laboratório, 1.

Para aprimorar a qualificação do bioindicador, foram atribuídas notas (N_i) para cada parâmetro. Este critério de avaliação baseia-se nas condições apresentadas pela espécie bioindicador, sendo que a atribuição das notas se fundamenta em estudos científicos encontrados na literatura. Por sua vez, os valores determinados variam de 1 a 5, equivalendo à mínima, baixa, média, boa e excelente representatividade, respectivamente.

Após a atribuição das notas para cada parâmetro, foi realizada a multiplicação pelo peso e, em seguida, o somatório dos resultados obtidos em cada parâmetro. O valor total encontrado no somatório expressa numericamente a competência da espécie estudada em refletir as alterações impostas ao meio ambiente, uma vez que maiores valores representam significativa aptidão para ser utilizada como indicadora, quando se comparado a espécies que apresentaram valores inferiores (PINHEIRO et al., 2015).

Na busca pela praticidade e qualidade do estudo de qualificação, foi realizado o cálculo da média ponderada, visando estabelecer um valor de nota mediana, levando em consideração a hierarquia dos parâmetros, por meio dos pesos atribuídos.

Através do uso da média ponderada, foi possível elaborar uma faixa de categorização do bioindicador, no qual estabeleceu-se 4 classes: (i) Bioindicador ruim, média variando de 1 a 2; (ii) Bioindicador regular, de 2 a 3; (iii) Bioindicador bom, de 3 a 4; e (iv) Bioindicador ótimo, de 4 a 5. Esta categorização aponta a capacidade do bioindicador em refletir as alterações impostas ao meio ambiente; dessa forma, quanto maior for a média ponderada, melhor será a competência do bioindicador.

Com isso, através do aporte do somatório total dos parâmetros e da classificação categórica dos bioindicadores, realizou-se uma análise quali-quantitativa do potencial de bioindicação da espécie em estudo. Ademais, comparou-se os resultados encontrados com dados de outros trabalhos, a fim de assegurar maior consistência e robustez ao estudo.

4. RESULTADOS

A introdução de espécies exóticas é uma atividade com elevado grau de risco, devido as interações a serem mantidas no ecossistema. Estudo desenvolvido por Mello (2014), realizado no arquipélago de Fernando de Noronha, traz os efeitos ambientais causados pela introdução da *L. leucocephala* e a interação direta com a espécie nativa *E. velutina*.

A exótica, de fácil adaptação a ambientes, foi introduzida na ilha com o objetivo de subsidiar a agropecuária. Ao encontrar condições favoráveis, rapidamente estabeleceu dominância e passou a invadir áreas adjacentes, chegando a estar presente em cerca de 50% da ilha. Por sua vez, a *E. velutina* está presente de forma ampla no ambiente, exceto nas áreas invadidas pela Leucena. Diante deste cenário, em experimento realizado por Mello (2014), com a utilização de mudas de *E. velutina*, foi obtido taxa de 60% de sobrevivência em áreas de não influência por Leucena, enquanto apenas cerca de 10% das mudas sobreviveram à exposição da invasora, respaldando o efeito negativo da exótica na sobrevivência desta.

A aplicação da análise qualiquantitativa para mensurar se a *E. velutina* pode ser considerada como uma espécie boa para bioindicação apresentou valores que denotam esta como predominantemente boa (4) e excelente (5) nos parâmetros estudados, onde obtiveram frequência relativa de 30 e 50%, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 1 - Parâmetros de classificação de bioindicador aplicado a *E. velutina*

CARACTERÍSTICAS	Pi	Ni	TOTAL
1. Taxonomicamente bem definida	3	5	15.00
2. Distribuição geográfica ampla	2	4	8.00
3. Facilmente bem reconhecida por não especialista	3	1	3.00
4. Ser abundante	1	4	4.00
5. Tamanho grande	2	5	10.00
6. Características ecológicas bem definidas	3	5	15.00
7. Longo ciclo de vida	2	5	10.00
8. Baixa mobilidade	3	5	15.00
9. Baixa variabilidade ecológica e gênica	2	4	8.00
10. Possibilidade de uso em estudos de laboratório	1	1	1.00
Total			89.00
Média Ponderada			4.04

Fonte: Modificado de Pinheiro et al. (2015).

Foi atribuído boa representatividade (4) a *E. velutina*, quando submetida aos parâmetros que condiz a sua abundância, distribuição geográfica e baixa variabilidade ecológica e gênica.

A espécie é nativa da região central do Brasil, com presença registrada em vários estados do Sudeste ao Nordeste. Em âmbito internacional, há relatos da espécie em diversos países da América, seja no continente ou em ilhas oceânicas, sendo encontrada no Peru, Equador, Venezuela, Colômbia e Antilhas (SILVA et al., 2020). A árvore pioneira é de longo ciclo de vida, variando de 16 a 60 anos. Esta espécie possui grande valor ecológico devido as associações com diversos animais, além de bactérias responsáveis pela fixação de nitrogênio no solo, sendo altamente indicada para a recuperação de áreas degradadas (RODRIGUES et al., 2018). Conhecida por Mulungu, apresenta alta taxa de produção de sementes, associada ao rápido crescimento e à resistência climática. Tais características resultam em taxas de reprodução significativas, favorecendo a distribuição da espécie e tornando-a mais frequente (MELLO, 2014).

Já para os parâmetros facilmente reconhecida por não especialista e possibilidade de uso em estudos de laboratórios, foi atribuído mínima representatividade (1), tendo em vista que o Mulungu, em fase adulta, pode atingir de 8 a 15 metros de altura e 80 centímetros de diâmetro à altura do peito – DAP (EMBRAPA, 2008). Desta forma, a espécie apresenta características de grande porte, que inviabilizam o estudo em laboratório.

Desta forma, foi realizado para a espécie *E. velutina* o somatório final do produto das notas pelos pesos de cada parâmetro levantado, resultando em 89 pontos, com destaque para os parâmetros que atingiram excelente representatividade (5): taxonomia bem definida, tamanho grande, características ecológicas bem definidas, baixa mobilidade e longo ciclo de vida. Na etapa de categorização, foi realizada a média ponderada (M_p), obtendo-se o resultado de 4.04 pontos, que determina a classificação da espécie como bioindicador ótimo.

Estudando bioindicadores de águas residuais do sistema produtivo, Guimaraes et al. (2014) fez uso da metodologia proposta por Johnson et al. (1993), para analisar as espécies *Selenastrum capricornutum* Printz, *Daphnia magna* Straus e *Keratella tropica* Apstein. Como resultado, foi obtido 79 e 85 pontos para *S. capricornutum* e *D. magna*, respectivamente, sendo consideradas boas no uso de indicação da qualidade ambiental. Enquanto isso, a espécie *K. tropica* somou 58 pontos, não sendo recomendada para bioindicação.

Ainda sob a sistemática elaborada por Johnson et al. (1993), em estudo do potencial de três espécies florísticas como bioindicadores de solos salinos, Carvalho et al. (2018) realizou a análise da *Copernicia prunifera* (Mill.) H. E. Moore, *Atriplex numulária* Lindl e *Gossypium hirsutum* L. R. Latifolium Hutch. Como resultado, foram obtidas as pontuações finais de 75, 68

e 84, respectivamente, onde todas as espécies foram consideradas boas bioindicadores. Santos, Luz e El-Deir (2015) realizaram a investigação com *Croton sonderianus* Muell. Arg., *Poincianella bracteosa* (Tul.) L. P. Queiroz e *Mimosa tenuiflora* (willd.) Poir, afim de avaliar o uso das espécies como bioindicadores de áreas degradadas na Caatinga, alcançando como resultados 61, 69 e 73 pontos. Desta forma, os autores classificaram as espécies como bons bioindicadores da qualidade ambiental. Os resultados encontrados pelos estudos supracitados corroboram com o encontrado para a *E. velutina*, constatando que a espécie apresentou pontuação elevada, quando comparada as demais que foram consideradas ideais para desempenhar a função de indicação ambiental.

5. CONCLUSÃO

Diante do cenário da competição advindo da invasão da exótica *Leucaena leucocephala* em áreas onde havia a presença da espécie florística *Erythrina velutina*, esta última demonstrou sensibilidade negativa aos impactos ambientais ocasionados. Após submetida aos parâmetros pré-estabelecidos para a escolha de um bioindicador ideal, a *E. velutina* atendeu com êxito aos critérios, que por meio da utilização de faixas de categorização propostas, pode ser classificada como bioindicador ótimo. Assim, recomenda-se o uso de *E. velutina* como bioindicador da qualidade ambiental face a ambientes que estejam potencialmente sujeitos a presença da invasora *L. leucocephala*.

Dessa forma, a técnica de bioindicação apresenta viabilidade e eficiência como instrumento de avaliação e monitoramento em estudos ambientais, fornecendo informações cruciais para o delineamento de ações e estratégias que norteiem a estruturação de um modelo de gestão ambiental. Entretanto, é evidente a necessidade de estudos mais aprofundados a respeito de características etológicas, fisiológicas e morfológicas das diversas espécies florísticas presentes nos biomas brasileiros, afim de que se conheça o potencial destas para o biomonitoramento e/ou bioindicação. Certamente, ao conhecimento servirá para estruturação de iniciativas de gestão ambiental nos diversos ecossistemas.

REFERÊNCIAS

- AMORIM, H. P. C. Avaliação da influência do uso e ocupação do solo na qualidade da água utilizando bioindicadores. 2018. 68 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) – Universidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, 2018.
- BURSTIN, B. A. Population dynamics of *Parhyale hawaiiensis* (Crustacea: Amphipod) in laboratory culture and life history differences between laboratory and wild populations. 2016. 51 f. **Dissertação** (Mestrado em Tecnologia na Área de Ambiente) – Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2018.
- CARVALHO, M. F., EL-DEIR, S. G., CORRÊA, M. M., CARVALHO, G. C. Estudo de caso de três espécies de plantas bioindicadoras de solos salinos. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 3, p. 01-08, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.18378/rvads.v10i3.2883>
- COSTA, J. N. M. N., DURIGAN, G. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae): INVASORA OU RUDERAL? **Revista Árvore**, v. 34, n. 5, p. 825-833, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622010000500008>
- EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Mulungu (*Erythrina velutina*). **Embrapa: Circular técnica 160**. Colombo: Embrapa Florestas, 2008.
- FERREIRA, G. L. Estratégia reprodutiva e dinâmica populacional de *Hyalella azteca* (Crustacea: Amphipoda). Integração de parâmetros populacionais em testes de ecotoxicidade. 2016. 54 f. **Dissertação** (Mestrado em Tecnologia na Área de Ambiente) – Universidade Estadual de Campinas, Limeira, 2016.
- GOMEZ, J. C. G., VALVERDE, J. S., GONZÁLEZ, A. R., CHACÓN, M. M., PONZONE, L. O., MOYANO, E. S., VALRIBERAS, E. O., MEGINA, C. From exotic to invasive in record time: The extreme impact of *Rugulopteryx okamurae* (Dictyotales, Ochrophyta) in the strait of Gibraltar. **Science of the Total Environment**, v. 704, n. 135408, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135408>
- JOHNSON, R. K., WIEDERHOLM, T., ROSENBERG, D. M. Freshwater bioimonitoring using individual organisms, populations, and species as seblanges of benthic macroinvertebrates. In: ROSENBERG, D. M., RESH, V. H. (ed.). **Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates**. New York: Chapman & Hall, p. 40-158, 1993.
- LIJTEROFF, R., LIMA, L., PRIERI, B. Uso de líquenes como bioindicadores de contaminación atmosférica em la ciudad de San Luis, Argentina. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, v. 25, n. 2, 2009.
- LOWE, S., BROWNE, M., BOUDJELAS, S., POORTER, M. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. **Auckland: Invasive Species Specialist Group**, 2000.
- MELLO, T. J. Invasão biológica em ilhas oceânicas: o caso de *Leucaena leucocephala* (Leguminosae) em Fernando de Noronha. 2014. 96 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.
- NEHDI, I. A., SBIHI, H., TAN, C. P., AL-RESAYES, S. I. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit seed oil: Characterization and uses. **Industrial Crops and Products**, v. 52, p. 582-587, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.11.021>
- NEUMANN - LEITÃO, S., EL-DEIR, S.G. O uso de Bioindicadores no monitoramento da Qualidade ambiental. In: NEUMANN-LEITÃO, S., EL-DEIR, S. G. (Org.) **Bioindicadores da Qualidade Ambiental**. Recife, Instituto Pró Cidadania. p. 19-49, 2009.
- OLIVEIRA, M. K. T. Estudos ecofisiológicos com mudas de mulungu (*Erythrina velutina* Willd.). 2014. 186 f. **Tese** (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2014.
- PINHEIRO, S. M. G., GONÇALVES, M. de L. A., GONÇALVES, E. M., EL-DEIR, S. G. Espécies vegetais do bioma Caatinga com potencial como bioindicador da qualidade ambiental. In: II Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro. **Anais**. Campina Grande, 2015.
- PRESTES, R. M., VINVENC, K. L. Bioindicadores como avaliação de impacto ambiental. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, v. 2, n. 4, p. 1473-1493, 2019.

QIN, F., LIU, S., YU, S. Effects of allelopathy and competition for water and nutrients on survival and growth of tree species in *Eucalyptus urophylla* plantations. **Forest Ecology and Management**, v. 424, p. 387-395, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.05.017>

RAI, P. K.; SINGH, J. S. Invasive alien plant species: Their impact on environment, ecosystem services and human health. **Ecological Indicators**, v. 111, n. 106020, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106020>

RAMÍREZ-BAHENA, M. H., FLORES-FÉLIX, J. D., VELÁZQUEZ, E., PEIX, A. The Mimosoid tree *Leucaena leucocephala* can be nodulated by the symbiovar genistearum of Bradyrhizobium canariense. **Systematic and Applied Microbiology**, v. 43, n. 126041, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.syapm.2019.126041>

RÉ, T. M. O uso de formigas como bioindicadores no monitoramento ambiental de revegetação de áreas mineradas. 2007. 244 f. **Tese** (Doutorado em Engenharia Mineral) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 244p, 2007.

RODRIGUES, D. R., SILVA, A. F. DA, CAVALCANTI, M. I. P., ESCOBAR, I. E. C., FRAIZ, A. C. R., RIBEIRO, P. R. DE A., FERREIRA-NETO, R. A., FREITAS, A. D. S. DE, FERNANDES-JÚNIOR, P. I. Phenotypic, genetic and symbiotic characterization of *Erythrina velutina* rhizobia from Caatinga dry forest. **Brazilian Journal of Microbiology**, v. 49, p. 503-512, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bjm.2017.09.007>

SANTOS, J. P. DE O., EL-DEIR, S. G. Produção de gesso no Araripe Pernambucano: impactos ambientais e perspectivas futuras. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, v. 12, n. 3, p. 496-509, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2019.12.3.62953>

SANTOS, J. P. de O., LOPES, G. N., GONZAGA, K. S., ABREU, K. G., MUNIZ, L. E. S., CARTAXO, P. H. de A. Insetos como bioindicador de qualidade ambiental em ambientes aquáticos. **Revista Thema**, v. 19, n. 2, p. 356-366, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.15536/thema.V19.2021.356-366.1737>

SANTOS, P. L., FERREIRA, R. A., ARAGÃO, A. G., AMARAL, L. A., OLIVEIRA, A. S. Estabelecimento de espécies florestais nativas por meio de sementeira direta para recuperação de áreas degradadas. **Revista Árvore**, v. 36, n. 2, p. 237-245, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000200005>

SENSKE, W. F. K., REIGADA, A. L. D., CARLI, B. P. DE., RAMIRES, M., ROTUNDO, M. M. Registro de invertebrados bioinvasores no Complexo baía-estuário de Santos, São Vicente e Canal de Bertiooga, SP, Brasil. In: Encontro Nacional de Pós-Graduação, 1, 2019, Santa Catarina. **Anais [...]**. Santa Catarina: Univesidade Santa Cecília. p. 99-103, 2019.

SEQUINEL, L. F., REDRIGUES, R. R., SILVA JUNIOR, C. A. P. DA, FONTENELE, H. B. Desenvolvimento de um instrumento para avaliação de desempenho ambiental de serviços de manutenção rodoviária com auxílio da metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista. **Revista AIDIS de Ingeniería y Ciencias Ambientales**, v. 12, n. 3, p. 453-466, 2019. DOI: <https://doi.org/10.22201/iingen.0718378xe.2019.12.3.63302>

SHER, A. A., WAER, H. E., GONZÁLEZ, E., ANDERSON, R., HENRRY, A. L., BIEDRON, R., YUE, P. Native species recovery after reduction of an invasive tree by biological control with and without active removal. **Ecological Engineering**, v. 111, p. 167-175, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.11.018>

SILVA, P. A., SILVA, L. L., BRITO, L. Using bird-flower interactions to select native tree resources for urban afforestation: the case of *Erythrina velutina*. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 51, n. 126677, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126677>

SOUZA, E. M. S. DE. *Erythrina velutina* Willd. E *Schinus terebinthifolia* Raddi em áreas de reflorestamento e remanescentes de Mata Atlântica e Caatinga. 2018. 96 f. **Tese** (Doutorado em Agricultura e Biodiversidade) – Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2018.

TONGKOOM, K., MAROHN, C., PIEPHO, H. P., CADISCH, G. Ecosystem recovery indicators as decision criteria on potential reduction of fallow periods in swidden systems of Northern Thailand. **Ecological Indicators**, v. 95, p. 554-567, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.07.061>

WAN, J., WANG, C. Expansion risk of invasive plants in regions of high plant diversity: A global assessment using 36 species. **Ecological Informatics**, v. 46, p. 8-18, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2018.04.004>

CAPÍTULO 3

AVALIAÇÃO QUANTITATIVAMENTE DA BIODIVERSIDADE FLORÍSTICA DA RESTINGA DA BAÍA DE SUESTE, ARQUIPÉLAGO DE FERNANDO DE NORONHA – PE (BRASIL)

RESUMO

A qualidade ambiental está diretamente relacionada à biodiversidade, fornecendo serviços indispensáveis para o equilíbrio ecossistêmico. Neste sentido, a invasão biológica de espécies exóticas se destaca entre as causas mais danosas a biodiversidade, representando uma ameaça à integridade dos ecossistemas. Assim, o presente estudo visa avaliar quantitativamente a biodiversidade florística da restinga da Baía de Sueste, Fernando de Noronha – PE, com intuito de compreender os mecanismos que facilitam a invasão e propagação de espécies exóticas invasoras. Para a realização da análise da biodiversidade florística, foram utilizados os Índices de Diversidade de Shannon-Weaver (H') e Equabilidade de Pielou (J). Com o objetivo de melhor avaliar o perfil de invasão, as unidades amostrais foram estratificadas em 3 grupos distintos, de acordo com a quantidade de indivíduos *L. leucocephala* presente, utilizando as variáveis Diâmetro à Altura do Peito (DAP), altura total (H) em metros e a Área Basal (AB) para confrontar os grupos formados. Posteriormente, foi realizado o Teste de Hipótese sob as condicionantes do Teste de Normalidade e Igualdade de Variâncias. A aplicação dos Índices apontou um cenário de elevado nível de dominância pela planta exótica invasora *L. leucocephala* na Baía de Sueste, oferecendo risco significativos a biota local e até a extinção de espécies. Este quadro foi ratificado pelo emprego dos Testes de Hipóteses. Deste modo, faz-se necessário a elaboração de pesquisas para o avanço científico na temática, assim como a construção de políticas públicas eficientes que sejam voltadas ao manejo adequado destas espécies em ambientes insulares, de modo a promover a conservação do equilíbrio ecossistêmico.

Palavras-Chave: Ambiente insular; Arquipélago; Diversidade biológica; Flora.

ABSTRACT

Environmental quality is directly related to biodiversity, providing essential services for ecosystem balance. In this sense, the biological invasion of exotic species stands out among the most harmful causes to biodiversity, representing a threat to the integrity of ecosystems. Thus, the present study aims to quantitatively evaluate the floristic biodiversity of the restinga of Baía de Sueste, Fernando de Noronha - PE, in order to understand the mechanisms that facilitate the invasion and propagation of invasive alien species. To carry out the floristic biodiversity analysis, the Indices of Shannon-Weaver Diversity (H') and Pielou Equability (J) were used. In order to better assess the invasion profile, the sampling units were stratified into 3 distinct groups, according to the number of *L. leucocephala* individuals present, using the variables Diameter at Chest Height (DBH), total height (H) in meters and the Basal Area (AB) to confront the formed groups. Subsequently, the Hypothesis Test was carried out under the conditions of

the Normality and Equality of Variances Test. The application of the Indexes pointed to a scenario of high level of dominance by the invasive exotic plant *L. leucocephala* in Sueste Bay, offering significant risk to the local biota and even the extinction of species. This framework was ratified by the use of Hypothesis Tests. Thus, it is necessary to carry out research for scientific advancement on the subject, as well as the construction of efficient public policies that are aimed at the proper management of these species in insular environments, in order to promote the conservation of the ecosystem balance.

Keywords: Island environment; Archipelago; Biological diversity; Flora.

1. INTRODUÇÃO

A qualidade ambiental está diretamente relacionada à biodiversidade, a qual fornece serviços de abastecimento, regulação e apoio indispensáveis para a manutenção do equilíbrio ecossistêmico (EASTWOOD et al., 2022). A expansão das atividades antrópicas, têm sido uma ameaça para a biodiversidade em escala global, impactando na perda da riqueza de espécies e na degradação de mais de 60% dos mecanismos ecológicos (YIN; YE; CADOTTE, 2021).

Dentre as causas da perda de biodiversidade destacam-se a destruição de habitat e a invasão biológica. De acordo com Early et al., (2016), um sexto da superfície terrestre se encontra susceptível a invasões biológicas, representando uma ameaça à integridade dos ecossistemas. A problemática se agrava quando se trata de ambientes insulares, devido às as particularidades como localização geográfica, limitação de recursos, fauna e flora endêmicas (HORTAL et al., 2010).

A invasão por espécies exóticas se dá pelo mecanismo de competição com as espécies nativas através da disputa por recursos, resultando na redução das espécies endêmicas e na homogeneização florística. O padrão de invasão, por sua vez, é influenciado pela interação de elementos bióticos e abióticos, sendo por exemplo, o clima, a cobertura vegetal e a topografia, alguns dos fatores determinantes no êxito deste processo (CHEN et al., 2021).

Entre as invasoras, a *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit, popularmente conhecida como leucena, têm apresentado tendência crescente de distribuição geográfica em todo o mundo, sendo comprovada a presença em mais de 120 países (SHARRATT; OLCKERS, 2019; GISD, 2022). Em função do rápido crescimento, da resistência à ambientes diversos e da boa fonte nutricional, a espécie é amplamente utilizada na agropecuária. Tais características associadas à elevada taxa de produção de sementes e reprodução, influenciam na propagação vertiginosa em áreas adjacentes, garantindo à *L. leucocephala* a posição entre uma das 100 espécies invasoras mais danosas do planeta segundo a Comunidade Científica da União Internacional para Conservação da Natureza – IUCN (LOWE et al., 2000).

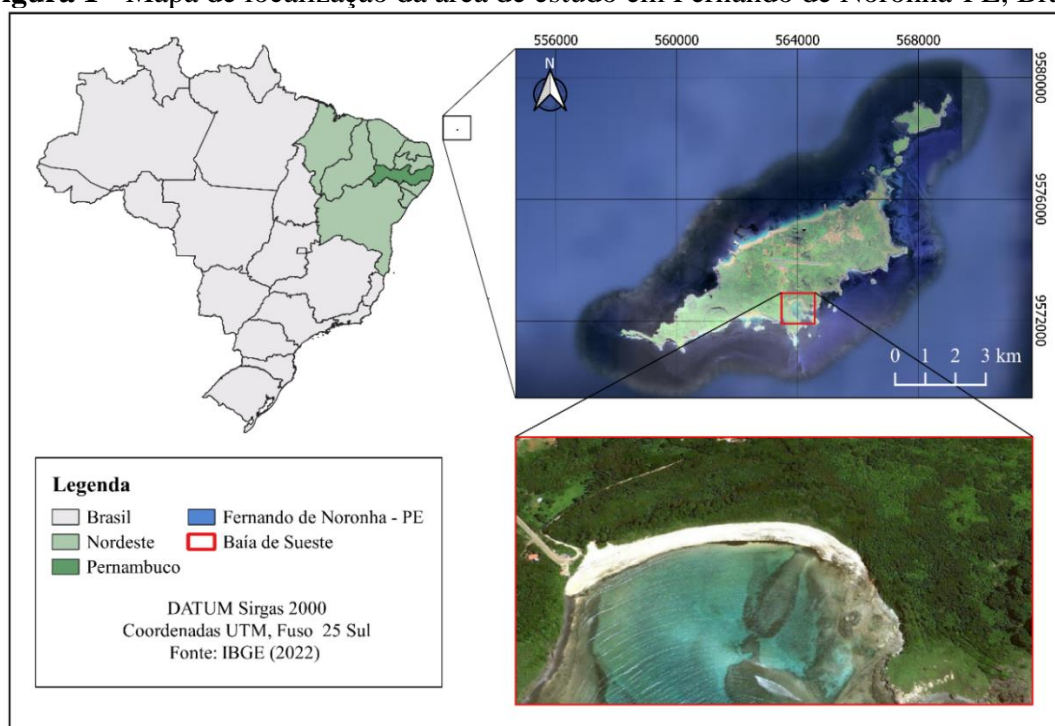
No Arquipélago Marinho Fernando de Noronha, Pernambuco, a *Leucaena* foi introduzida com objetivo de contribuir com a alimentação animal, estabelecendo dominância no ambiente e provocando declínio na população das espécies nativas. De acordo com Mello (2014), a espécie invasora já ocupa cerca de 50% da ilha principal, tornando-se uma problemática preocupante diante dos efeitos adversos ao meio. Desta forma, o presente estudo visa avaliar quantitativamente a biodiversidade florística na restinga da Baía de Sueste, Fernando de Noronha – PE, com intuito de compreender os mecanismos que facilitam as invasões e propagações de espécies exóticas invasoras, contribuindo para a elaboração de práticas de manejo e controle, bem como a construção de políticas públicas eficazes.

2. METODOLOGIA

2.1. Caracterização da área de estudo

Localizado no Oceano Atlântico Sul, distante 340 km da costa brasileira, o Arquipélago de Fernando de Noronha (Figura 1) é formado por um conjunto de 21 ilhas e ilhotas de origem vulcânica, que juntas somam 26 km², que destes, 17 km² pertencem a ilha principal. Sob clima tropical oceânico, o arquipélago apresenta duas estações bem definidas, período seco de agosto a janeiro e chuvoso de março a julho (BARCELLOS, 2017).

Figura 1 - Mapa de localização da área de estudo em Fernando de Noronha-PE, Brasil



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

O primeiro relato histórico de Fernando de Noronha se deu em 1504, com uma visita acidental de Américo Vespúcio, tornando-se a primeira Capitania Hereditária do Brasil. Após longas disputas, foi em 1737 que os portugueses à conquistaram de forma definitiva, sendo esta utilizada como base militar e prisional pelos 200 anos seguintes. Somente com a entrada do Brasil na Segunda Guerra Mundial que a prisão foi desativada e o arquipélago passou a servir com base de segurança nacional (SILVEIRA et al., 2020). Foi durante o ano de 1988 que o arquipélago foi reintegrado ao Estado de Pernambuco e, posteriormente, adquirindo o título de Patrimônio Natural da Humanidade, Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura, do inglês, *United Nations Education, Scientific and Culture Organization* (UNESCO, 2019).

Atualmente, o arquipélago encontra-se dividido em duas Unidades de Conservação: Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha – PARNAMAR, caracterizado por ser Área de Preservação Integral, foi criado em 1988 e administrado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, contém cerca de 70% da área total, na qual é autorizado apenas o uso indireto dos seus recursos naturais. Já os 30% restantes pertencem a Áreas de Preservação Ambiental – APA, criada em 1986 com o objetivo de conciliar a ocupação humana com a proteção do meio ambiente. Nesta última, são permitidas algumas atividades, desde que apresentem manejo adequado, visando a conservação e uso sustentável (DOMINGUEZ, 2016).

2.2. Passos metodológicos

A análise da biodiversidade florística presente na Baía de Sueste, no Parque Nacional Marinho do Arquipélago Fernando de Noronha – PE (Brasil), foi realizada por meio da utilização de dados secundários extraídos da pesquisa desenvolvida por Silva (2020), intitulada como “Sustentabilidade em manguezal de ambiente insular; Indicadores sustentáveis aplicáveis a realidade socioeconômica e ambiental da gestão da Baía de Sueste, Fernando de Noronha, Pernambuco (Brasil)”.

De acordo com Silva (2020), a coleta de dados foi realizada em março e junho de 2019. O autor utilizou o sistema de amostragem aleatória, com unidades amostrais de 5m x 5m (25m²), foram selecionados 15 pontos de abertura de parcelas, sendo estas da duna primária até a presença de manguezal, resultando em 39 parcelas, totalizado 975m², aproximadamente 5,7% da área estudada. O georreferenciamento das unidades amostrais foi realizado com o uso do

receptor *Global Position System* – GPS Garmin, modelo Etrex 30x e elaborado croqui com aderência às imagens de satélite.

O levantamento de espécies vegetais arbustivas-arbóreas registrou os indivíduos com altura mínima de 1,30m do solo, sendo mensurado destes a Circunferência à Altura do Peito – CAP e a altura total – H em metros. Os indivíduos selecionados passaram pela identificação botânica, além da coleta de exsicatas para comparação e comprovação das espécies existentes (SILVA, 2020). Silva (2020) determinou a suficiência amostral por meio da variável Diâmetro à Altura do Peito – DAP de todos os indivíduos presentes na amostra. O cálculo do erro de amostragem admite valor máximo de 20% para a Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco (CPRH, 2006) e de 10% a 20% para o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012).

2.2.1. Análise da diversidade florística

Para a análise da diversidade florística, foi realizado o uso dos dados obtidos por Silva (2020) e aplicados aos métodos propostos por Shannon-Weaver (1949). Baseado na abundância proporcional das espécies, o Índice de Shannon-Weaver – H' é bastante utilizado no estudo de diversidade, calculando-a por meio de dados categóricos e atribuindo pesos maiores para espécies raras, assim, quanto maior o valor de dominância, menor será a sua diversidade (RANDRIAMBANONA; RANDRIAMALALA; CARRIÈRE, 2019).

Para o cálculo do Índice de Shannon – H' (Equação 1), é necessário que os indivíduos estejam distribuídos aleatoriamente, numa população indefinidamente grande.

$$H' = -\sum p_i \cdot \log p_i \quad (1)$$

Onde;

H' : Índice de Shannon-Weaver

P_i : Proporção da i -ésima espécie na amostra (proporção de indivíduos de uma espécie pelo número total de indivíduos na comunidade)

Diante de tal, é possível calcular a Índice de Equabilidade de Pielou – J (1966), que retrata a distribuição da proporção dos indivíduos na comunidade, a partir de H' (Equação 2). Com isso, será identificada a proporção entre o valor obtido e o valor máximo teórico para a amostra. A equabilidade varia no intervalo de 0 a 1, representando maior uniformidade de distribuição quando próximos de 1.

$$J = \frac{H'}{H'_{max}} = \frac{H'}{\log S} \quad (2)$$

Onde;

J: Equabilidade de Pielou

H': Índice de Shannon-Weaver

S: Número de espécies

2.2.2. Análise estatística

Com o objetivo de melhor avaliar o perfil de invasão, as 39 unidades amostrais foram estratificadas em três grupos de acordo com a quantidade de indivíduos de *Leucaena leucocephala*: Grupo 1 (Baixa concentração) – unidades com até 10 indivíduos; Grupo 2 (média concentração) – unidades apresentando entre 11 a 20 indivíduos; e Grupo 3 (elevada concentração) – unidades com quantidades superiores a 20 indivíduos. Posteriormente, calculou-se a área basal de cada unidade, que juntamente com os valores de DAP e altura dos indivíduos, foram utilizados para confrontar os grupos formados. Para isso, foi realizado o teste de hipótese sob as condicionantes do teste de normalidade e igualdade de variâncias.

A distribuição dos dados foi realizada pelo teste Shapiro-Wilk a nível de significância de 5%. Se a condição de normalidade é atendida quando as variáveis apresentarem dados com distribuição normal em todos os grupos, justificando a aplicação do teste paramétrico de análise de variância (ANOVA); em contrapartida, se as variáveis manifestarem distribuição não normal, a condição de normalidade não será satisfeita. Deste modo, para dados não normais ($p > 0,05$) e variâncias iguais ($p > 0,05$), utilizou-se o teste proposto por Kruskal-Wallis (1952), análise de dados não paramétricos equivalente a ANOVA.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Índice de Shannon

Diante do cenário de invasão biológica pela leguminosa na Baía de Sueste, Fernando de Noronha – PE, observou-se que as 39 unidades amostrais de 5m x 5m (25m²) apresentaram composição florística com 610 indivíduos. Deste universo, 578 são *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit, pertencente à Família *Fabaceae* (presente em 100% das unidades), 23 *Laguncularia racemosa* (L.) Gaertn, da Família *Combretaceae*, espécie nativa popularmente conhecida por Mangue Branco e 9 indivíduos de *Acacia farnesiana* (L.) Willd, pertencente à Família *Fabaceae*.

Deste modo, é possível constatar o elevado grau de invasão, tendo em vista que apenas uma das espécies corresponde a 94,75% da composição florística da área. O estudo realizado por Schlickmann et al. (2019) corrobora com esta concepção, uma vez que ao descreverem a composição florística e estrutural de um fragmento de restinga, em área de dunas sem histórico de invasões no município de Jaguaruna – SC, constaram a presença de 21 espécies, retratando uma realidade contrária a encontrada na Baía de Sueste. Thomas et al. (2018) apontam que os impactos provenientes da invasão de espécies exóticas representam grande risco para a mudança na composição florística e do ecossistema, configurando-se como uma ameaça para a sobrevivência de espécies endógenas menos competitivas.

O Índice de Diversidade de Shannon-Weaver (H') é uma ferramenta empregada para retratar a riqueza e diversidade biológica, com aplicação em diversos habitats. O mesmo pode ser utilizado quando os indivíduos são amostrados de forma aleatória em população ampla e independente (TIKDAR; KUNDA; MAZUMDER, 2021). Para a Baía de Sueste, o valor encontrado para H' foi de 0,51, considerado baixa de acordo com a categorização proposta por Floriano (2009), que determinou: Baixa diversidade – valores de H' menores que 1,5; Média diversidade – valores H' entre 1,5 a 3,5; e Alta diversidade – valores de H' acima de 3,5. Com o objetivo de uniformizar a distribuição dos indivíduos entre as analisadas, aplicou-se o Índice de Equidade de Pielou (J), baseado no Índice de Diversidade de Shannon-Weaver. Desta forma, o estudo apresentou J de 0,46, indicando que 46% da diversidade (H') hipotética máxima foi obtida.

Araújo, Silva e Almeida Júnior (2016), em estudo que buscava avaliar a vegetação nas dunas da Praia de São Marcos – MA, encontraram H' de 3,04 e J de 0,85. No mesmo sentido, Santana e Figueiredo (2019) ao avaliarem a composição florísticas em dunas de São Luíz – MA, chegaram a um H' de 2,58 e J de 0,59. Desta forma, em comparação com os valores encontrados nos índices H' e J neste estudo, revelam uma situação preocupante no tocante a discrepância na proporção populacional entre as espécies presentes, indicando um elevado grau de invasão da espécie florística invasora *L. leucocephala* nas dunas da Baía de Sueste.

3.2. Análise estatística

Para melhor entender a dinâmica de invasão da *L. leucocephala*, as unidades amostrais foram estratificadas em três grupos, baseada na quantidade de indivíduos. Desta forma os grupos 1, 2 e 3, contemplaram 13, 18 e 8 unidades amostrais, respectivamente. A realização do

estudo se deu pela comparação das variáveis (DAP, Área Basal e Altura Média) entre os grupos por meio de testes estatísticos.

Analisar o modelo de distribuição dos dados é de fundamental importância, uma vez que influencia diretamente na qualidade e segurança das análises estatísticas, sendo uma condicionante para aplicação de testes estatísticos (NUNES; MATTOS, 2020). Assim, realizou-se o Teste de Shapiro-Wilk (Tabela 1) a significância de 5% entre as variáveis e os grupos, resultando em dados normais ($p > 0,05$) em todos os grupos para Diâmetro a Altura do Peito – DAP, indicando desta forma, a realização da análise por testes paramétricos. Em contrapartida, os grupos 1 e 2 para Área Basal ($p=0,002$), e grupo 2 para Altura Média ($p=0,007$), apresentaram dados com distribuições não-normais ($p < 0,05$), sendo necessário o uso de testes não-paramétricos para a análise destas variáveis.

Tabela 1 - Teste de normalidade para as variáveis

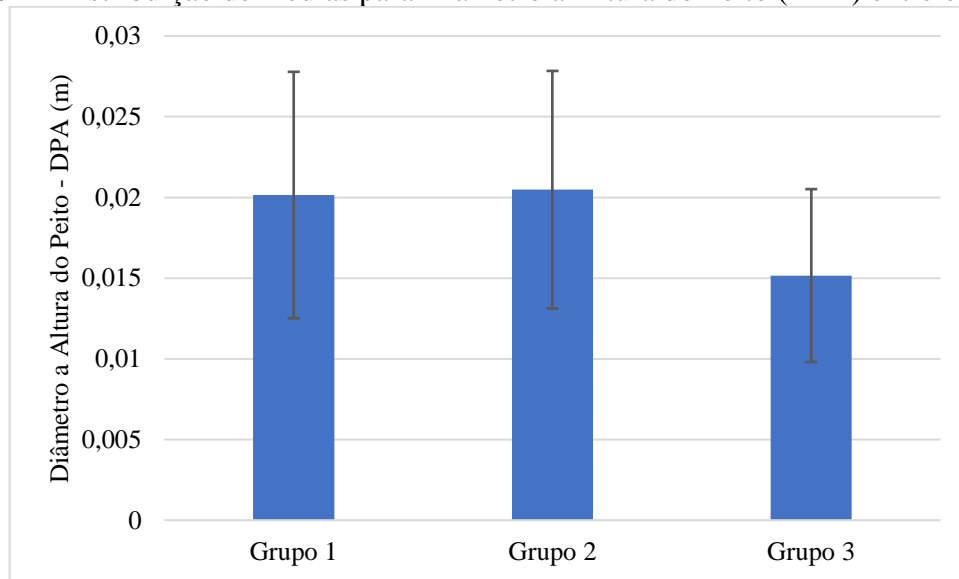
Variável	Grupo	Teste de normalidade		
		n	Estatística	P-valor
DAP Médio (m)	Grupo 1	13	0,914	0,207
	Grupo 2	18	0,905	0,069
	Grupo 3	8	0,915	0,394
Área Basal (m ²)	Grupo 1	13	0,761	0,002*
	Grupo 2	18	0,812	0,002*
	Grupo 3	8	0,903	0,310
Altura Média (m)	Grupo 1	13	0,869	0,051
	Grupo 2	18	0,844	0,007*
	Grupo 3	8	0,868	0,143

Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

*Dados com distribuições não-normais ($p < 0,05$).

Diante da distribuição normal dos dados da variável Diâmetro a Altura do Peito, foi utilizado o teste paramétrico ANOVA para verificar a ocorrência de diferença significativa entre os grupos estudados. O parâmetro de análise utilizado para verificação de tendência foi a média, onde a mesma não apresentou diferença estatística ($p=0,198$) entre os grupos, a nível de 5% de significância (Figura 2). Desta forma, com valores de médias aproximadamente entre 0,020 a 0,015 m, pode-se inferir que os indivíduos apresentaram valores de DAP próximos entre os grupos.

Figura 2 - Distribuição de médias para Diâmetro a Altura do Peito (DAP) entre os grupos



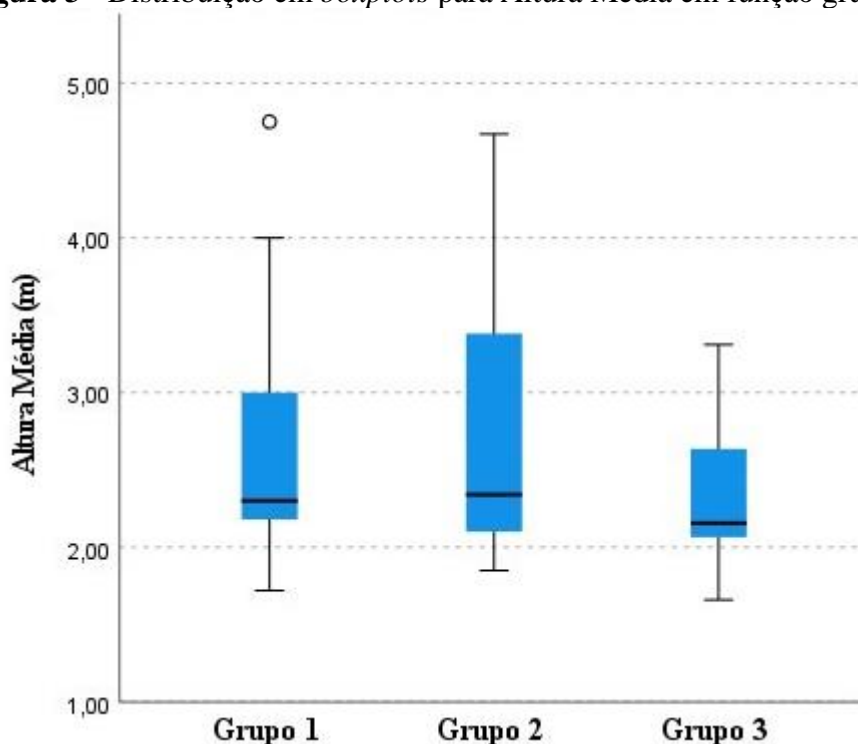
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Em estudo que buscou avaliar as características dendométricas da *L. leucocephala*, Silva et al. (2017) encontraram valores de DAP média de 0,09 m, classificando-os como indivíduos médios. Os autores ainda apontam que o parâmetro sofre influência de fatores como a idade do indivíduo, o tipo do solo e as condições ambientais. Diante disso, pode-se constatar que a média encontrada na Baía de Sueste indica que os indivíduos apresentam pequeno porte.

O teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis foi adotado para as variáveis que apresentaram distribuição não-normal (Área Basal e Altura Média), com o intuito de verificar a ocorrência de diferença significativa entre os grupos definidos. Neste teste, a mediana é o parâmetro central da análise, possibilitando a descrição do comportamento das variáveis por meio da representação gráfica em *boxplot*.

Os grupos não apresentaram diferença significativa para a Altura Média, podendo ser verificada pela análise por pares, onde todos os valores de P-valor foram superiores a 0,05 (Figura 3). Desta forma, pode-se dizer que a altura apresentou valores próximos entre os grupos formados com base na quantidade de indivíduos.

Figura 3 - Distribuição em *boxplots* para Altura Média em função grupos

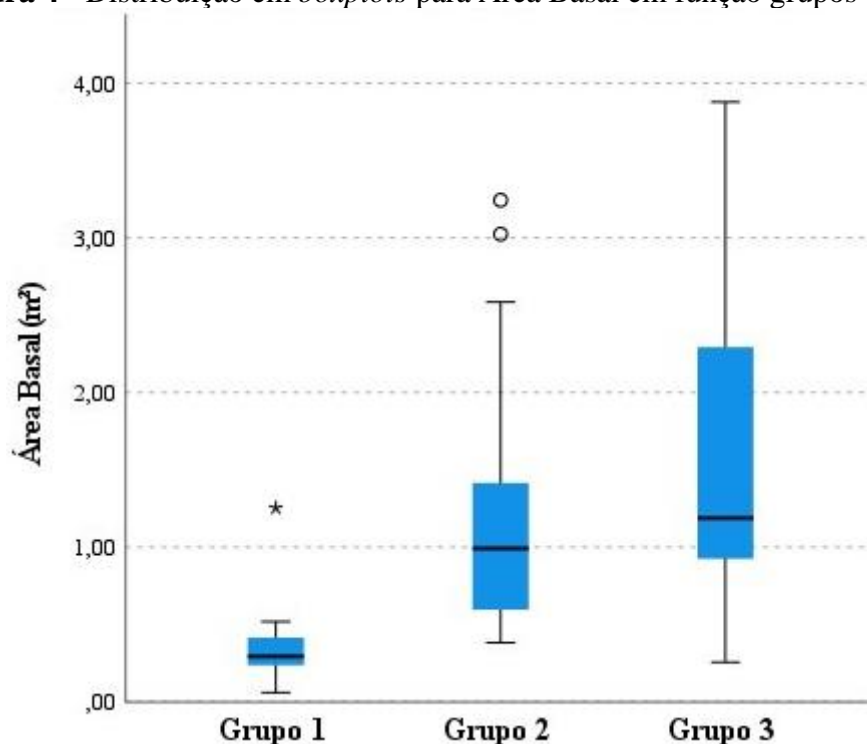


Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

A altura média dos indivíduos manifestou baixa variação, apresentando valores de 2,72, 2,67 e 2,34 metros, para os grupos 1, 2 e 3, respectivamente. Buscando avaliar a estrutura e os defeitos das espécies florísticas em área urbana em Hong Kong, China, os autores Chau, Jimb e Zhang (2020) encontraram indivíduos de *L. leucocephala* apresentando 10 metros de altura e 0,20 metros de DAP, em média. Drumond e Ribaski (2010) afirmaram que esta espécie arbóreo-arbustiva pode apresentar dimensões de até 20 metros de altura e DAP de até 0,30 m.

Já para a Área Basal, a análise gráfica revela discrepância do Grupo 1 em relação aos demais, com diferença significativa ($p < 0,05$) quando comparado aos demais. Por sua vez, os grupos 2 e 3 não apresentaram diferença estatisticamente significativa ($P = 0,596$) entre si (Figura 4). A *L. leucocephala* é uma espécie leguminosa lenhosa tropical de elevada taxa de crescimento e com capacidade adaptativa a uma ampla variedade de clima e tipos de solo (FERNÁNDEZ et al., 2020). Estas características favorecem o sucesso no processo de invasão e dominância nos ambientes, explicando o aumento na Área Basal em grupos com maiores quantidades de indivíduos. Potencialmente danosa ao meio, a *Leucaena* afeta negativamente espécies endêmicas, propiciando a homogeneização florística e conseqüentemente o desequilíbrio dos mecanismos ecossistêmicos (ALVES et al., 2014).

Figura 4 - Distribuição em *boxplots* para Área Basal em função grupos



Fonte: Elaborado pelo Autor, 2022.

4. CONCLUSÃO

Por meio da aplicação do Índice da Diversidade de Shannon-Weaver (H') e o Índice de Equidade de Pielou (J), foi possível observar um cenário de elevado nível de dominância pela planta exótica invasora *Leucena leucocephala* na Baía de Sueste, Fernando de Noronha – PE, oferecendo risco significativos a biota local e até a extinção de espécies. Os testes de hipóteses revelaram homogeneidade estatística entre os grupos formados quando confrontados com Altura Média e Diâmetro a Altura do Peito. Já para a Área Basal, o grupo com até 10 indivíduos apresentou diferença significativa com valores inferiores ao demais, indicando a elevada densidade de povoamento ocasionada pela invasão da exótica.

Pesquisas recentes indicaram elevados níveis de dominância da *L. leucocephala* na Baía de Sueste, com a formação de florestas monoespecíficas, resultando na baixa diversidade local. Tal situação é preocupante pois a espécie em questão possui elevado grau de agressividade, causando impactos significativos como a modificação da paisagem, homogeneização florística e afugentamento das espécies nativas, de modo a desequilibrar os mecanismos ecossistêmicos. Mesmo com a presença comprovada em mais de 120 países no mundo, não há metodologia de controle e erradicação eficiente para a espécie.

Tendo em vista que o Arquipélago Marinho de Fernando de Noronha é uma área de elevada importância ambiental, contemplando duas Unidades de Conservação, a Área de Proteção Ambiental – APA, e o Parque Nacional Marinho – PARNAMA, o elevado grau de invasão por *L. leucocephala* reflete a ausência de planejamento voltado ao controle biológico em prol da conservação ambiental. Desta forma, faz-se necessário o desenvolvimento de novas pesquisas que possam aprofundar os conhecimentos a respeito dos mecanismos e padrões de invasão da exótica, e subsidiar a estruturação de metodologias e técnicas de manejo sustentáveis, assim como auxiliar na elaboração de Políticas Públicas eficazes.

REFERÊNCIAS

- ALVES J. S., REIS L. B. O., SILVA E. K. C., FABRICANTE J. R., SIQUEIRA FILHO J. A. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. In: FABRICANTE JR. **Plantas exóticas e exóticas invasoras da Caatinga**. Florianópolis: Bookes, v. 4, p.13-18, 2014.
- ARAUJO, A. C. M., SILVA, A. N. F. da, ALMEIDA JÚNIOR, E. B. de. Caracterização estrutural e status de conservação do estrato herbáceo de dunas da Praia de São Marcos, Maranhão, Brasil. **Acta Amazonica**, v. 46, n. 3, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/1809-4392201504265>
- BARCELLOS, R. L., LINS, S. R. R. M., COELHO JÚNIOR, C., TRAVASSOS, P. E. P. F. Processos sedimentares sazonais e análise da fração arenosa no sistema ambiental do Sueste, Fernando de Noronha, Estado de Pernambuco. **Arquivos de Ciências do Mar**, v. 50, n. 1, p. 42-71, 2017. DOI: <https://doi.org/10.32360/acmar.v50i1.18822>
- CHUA, N. L., JIMB, C. Y., ZHANG, H. Species-specific holistic assessment of tree structure and defects in urban Hong Kong. **Urban Forestry & Urban Greening**, v. 55, n. 126813, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126813>
- CHEN, J., MA, F., ZHANG, Y., WANG, C., XU, H. Spatial distribution patterns of invasive alien species in China. **Global Ecology and Conservation**, v. 26, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01432>
- CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. **Instrução normativa CPRH n. 007/2006**. Disciplina os procedimentos da CPRH referentes à aprovação da localização 58 da Reserva Legal em propriedades e posses rurais; à autorização para supressão de vegetação e intervenção em Áreas de Preservação Permanente e à autorização para o desenvolvimento das atividades florestais no Estado de Pernambuco. Disponível em: <http://www2.cprh.pe.gov.br/wp-content/uploads/2021/01/IN-007-2006.pdf> Acesso em: 10 de jan. de 2021.
- DOMINGUEZ, P. S., ZEINEDDINE, G. C., ROTUNDO, M. M., BARRELLA, W., RAMIRES, M. A pesca artesanal no Arquipélago de Fernando de Noronha (PE). **Revista Científica de Pesca, Aqüicultura e Limnologia**. v. 42, n. 1, p. 241-251, 2016. DOI: <https://doi.org/10.5007/1678-305.2016v42n1p241>
- DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J. Leucena (*Leucaena leucocephala*): leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. **Comunicado Técnico**. Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, n. 142, p. 1-8, 2010.
- EARLY, R., BRADLEY, B. A., DUKES, J. S., LAWLER, J. J., OLDEN, J. D., BLUMENTHAL, D. M., GONZALEZ, P., GROSHOLZ, E. D., IBAÑEZ, I., MILLER, L. P., SORTE, C. J. B., TATEM, A. J. Global threats from invasive alien species in the twenty-first century and national response capacities. **Nature Communications**, v. 7, n. 12485, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms12485>
- EASTWOOD, N., STUBBINGS, W. A., ABOU-ELWafa ABDALLAH, M. A., DURANCE, I., PAAVOLA, J., DALLIMER, M., PANTEL, J. H., JOHNSON, S., ZHOU, J., HOSKING, J. S., BROWN, J. B., ULLAH, S., KRAUSE, S., HANNAH, D. M., CRAWFORD, S. E., WIDMANN, M., ORSINI, L. The Time Machine framework: monitoring and prediction of biodiversity loss. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 37, p. 138-146, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.09.008>

FERNÁNDEZ, M., ALAEJOS, J., ANDIVIA, E., MADEJÓN, P., DÍAZ, M. J., TAPIAS, R. Short rotation coppice of leguminous tree *Leucaena* spp. improves soil fertility while producing high biomass yields in Mediterranean environment. **Industrial Crops and Products**, v. 157, n. 112911, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112911>

FLORIANO, E. P. **Fitossociologia florestal**. São Gabriel: UNIPAMPA, p. 142, 2009.

GISD, 2022. Global Invasive Species Database. **Species profile:** *Leucaena leucocephala*. Disponível em: <http://www.iucngisd.org/gisd/speciesname/Leucaena+leucocephala>. Acesso em: 12 jan. 2022.

HORTAL, J., BORGES P. A. V., JIMÉNEZ-VALVERDE, A., AZEVEDO, E. B. DE, SILVA, S. Assessing the areas under risk of invasion within islands through potential distribution modelling: The case of *Pittosporum undulatum* in São Miguel, Azores. **Journal for Nature Conservation**, v. 18, p. 247-257, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2009.11.002>

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Manual Técnico da Vegetação Brasileira**. 2ª ed. Rio de Janeiro. Manuais Técnicos em Geociências, n. 1, 2012. Disponível em: <https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv63011.pdf>. Acesso em: 08 de dez. de 2020.

KRUSKAL, W.H.; WALLIS, W.A. Use of ranks in on-criterion variance analyses. **Journal of the American Statistical Association**, v. 47, n. 260, p. 583-621, 1952. DOI: <https://doi.org/10.2307/2280779>

LOWE, S., BROWNE, M., BOUDJELAS, S., POORTER, M. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. **Auckland: Invasive Species Specialist Group**, 2000.

MELLO, T. J. Invasão biológica em ilhas oceânicas: o caso de *Leucaena leucocephala* (Leguminosae) em Fernando de Noronha. 2014. 96f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

NUNES, G. dos S., MATTOS, V. L. D. de. Considerações sobre testes de normalidade utilizados pelo *Software GRETL*. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 10, n. 2, 2020.

RANDRIAMBANONA, H., RANDRIAMALALA, J. R., CARRIÈRE, S. M. Native forest regeneration and vegetation dynamics in non-native *Pinus patula* tree plantations in Madagascar. **Forest Ecology and Management**, v. 446, p. 20-28, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.05.019>

SANTANA, I. do B. P. A., FIGUEIREDO, N. de. Invasão biológica por *Crotalaria retusa* L. (Fabaceae) em áreas de dunas em São Luís, Maranhão, Nordeste do Brasil. **Boletim do Laboratório de Hidrobiologia**, v. 29, n. 2, p. 1-11, 2019.

SCHLICKMANN, M. B., FERREIRA, M. E. A., VARELA, E. P., PEREIRA, J. L., DUARTE, E., LUZ, A. P. C., DREYER, J. B. B., SILVA, M. T. S., PINTO, F. M. P. Fitossociologia de um fragmento de restinga herbácea-subarbutiva no sul do Estado de Santa Catarina, Brasil. **Hoehnea**, v. 46, n. 2, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-8906-29/2018>

SHANNON, C. E; WEAVER, W. **The Mathematical Theory of Communication**. Urbana, Illinois: University of Illinois Press. 1949. 117 p.

SHARRATT, M., OLCKERS, T. Responses of the seed-feeding beetle *Acanthoscelides macrophthalmus* and its recruited parasitoids to resource availability – Implications for the biological control of *Leucaena leucocephala* in South Africa. **Biological Control**, v. 135, p. 102-109, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.05.013>

SILVA, K. A. da. Sustentabilidade em manguezal de ambiente insular; Indicadores sustentáveis aplicáveis a realidade socioeconômica e ambiental da gestão da Baía de Sueste, Fernando de Noronha, Pernambuco (Brasil). 2020. 100 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.

SILVA, L. L. H., OLIVEIRA, E., CALEGARI, L., PIMENTA, M. C., DANTAS, M. K. L. Características Dendrométricas, Físicas e Químicas da *Myracrodruon urundeuva* e da *Leucaena leucocephala*. **Floresta e Ambiente**, v. 24, n. e20160022, 2017. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2179-8087.002216>

SILVEIRA, J. C., OLIVEIRA, F. S., SCHAEFER, C. E. G. R., VARAJÃO, A. F. D. C., VARAJÃO, C. A. C., SENRA, E. O. Phosphatized volcanic soils of Fernando de Noronha Island, Brazil: Paleoclimates and landscape Evolution. **Catena**, v. 195, n. 104728, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104728>

THOMAS, Z. A., TURNEY, C. S. M., PALMER, J. G., LLOYDD, S., KLARICICH, J. N. L., HOGG, A. Extending the observational record to provide new insights into invasive alien species in a coastal dune environment of New Zealand. **Applied Geography**, v. 98, p. 100-109, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2018.07.006>

TIKADAR, K. K., KUNDA, M., MAZUMDER, S. K. Diversity of fishery resources and catch efficiency of fishing gears in Gorai River, Bangladesh. **Heliyon**, v. 7, n. 12, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e08478>

UNESCO. Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura. **Brazilian Atlantic Islands: Fernando de Noronha and Atol das Rocas Reserves**. Disponível em: <https://whc.unesco.org/en/list/1000> Acesso em: 23 de dez de 2021.

YIN, D., YE, Q., CADOTTE, M. W. Habitat loss-biodiversity relationships are influenced by assembly processes and the spatial configuration of area loss. **Forest Ecology and Management**, v. 496, n. 119452, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2021.119452>

CAPÍTULO 4

POLÍTICAS PÚBLICAS NO ÂMBITO DA GESTÃO DE ESPÉCIES EXÓTICAS INVASORAS: ESTUDO DE CASO DA *LEUCAENA LEUCOCEPHALA*

RESUMO

O Brasil é um país mega diverso, com cerca de 20% da biodiversidade global. Entretanto, o avanço das ações antrópicas tem fragilizado este cenário, com a introdução de espécies exóticas invasoras, sendo um dos fatores para a diminuição da biodiversidade. A *Leucaena leucocephala* [Lam.] De Wit é uma leguminosa de alto potencial adaptativo, estabelecendo relação de dominância com a flora nativa, invadindo rapidamente o ambiente. Assim, esta espécie impacta negativamente, constituindo uma homogeneização florística. Diante disto, estudos que contemplem áreas protegidas são relevantes para auxiliar estratégias de conservação da biocenose. Esta pesquisa objetivou avaliar acordos internacionais e Políticas Públicas nacionais relacionadas ao controle de espécies invasoras como da *L. leucocephala*, tentando compreender como as leis ambientais brasileiras regulamentam esta questão, visto que esta espécie é uma das invasoras mais agressivas do mundo. Globalmente, diversos Encontros Científicos e Convenções discutiram questões ambientais, deliberando acordos e estratégias para a prevenção e o controle dos impactos ambientais. A nível nacional, as leis e regulamentos estabelecem ações que devem ser adotadas para a prevenção, o controle ou a erradicação das espécies invasoras. Já na esfera estadual, é possível verificar o desenvolvimento de legislações voltada à proteção da biodiversidade. Entretanto, esse arcabouço legal ainda é insuficiente. Por esta razão, faz-se necessária a criação de normativas mais restritivas a respeito de espécies invasoras, de forma a contribuir no processo decisório e na conservação da qualidade ambiental.

Palavras-chave: Biodiversidade, Conservação ambiental, Competição biológica, Fernando de Noronha, Leucena.

PUBLIC POLICIES IN THE FIELD OF THE MANAGEMENT OF INVASIVE EXOTIC SPECIES: CASE STUDY OF *LEUCAENA LEUCOCEPHALA*

ABSTRACT

Brazil is a mega diverse country, with about 20% of the global biodiversity. However, the advance of anthropic actions has weakened this scenario, with the introduction of invasive alien species, being one of the factors for the reduction of biodiversity. *Leucaena leucocephala* [Lam.] De Wit is a legume with a high adaptive potential, establishing a dominant relationship with the native flora, quickly invading the environment. Thus, this species has a negative impact, constituting a floristic homogenization. In view of this, studies that contemplate protected areas are relevant to assist strategies for the conservation of biocenosis. This research aimed to evaluate international agreements and national public policies related to the control of invasive species such as *L. leucocephala*, trying to understand how Brazilian environmental laws regulate this issue, since this species is one of the most aggressive invaders in the world. Globally, several Scientific Meetings and Conventions discussed environmental issues, deliberating agreements and strategies for the prevention and control of environmental impacts.

At the national level, laws and regulations establish actions that must be taken to prevent, control or eradicate invasive species. At the state level, however, it's possible to verify the development of legislation aimed at protecting biodiversity. However, this legal framework is still insufficient. For this reason, it's necessary to create more restrictive regulations regarding invasive species, in order to contribute to the decision-making process and the conservation of environmental quality.

Keywords: Biodiversity, Environmental conservation, Biological competition, Fernando de Noronha, Leucena.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa a principal colocação entre os 17 países megadiversos. De acordo com o Ministério do Meio Ambiente (MMA, 2017), estima-se que 20% da biodiversidade global está presente neste território. Essa abundância favorece a formação de ecossistemas com alta variabilidade genética e ambientes menos vulneráveis. Por sua vez, a intervenção antrópica em habitats estáveis tem fragilizado este cenário, a exemplo da introdução de espécies exóticas invasoras, como uma das causas de perda de biodiversidade global (MARTELLI et al., 2020).

As plantas exóticas invasoras são caracterizadas por se expandirem em ecossistemas diversos, deslocando e reduzindo populações nativas, causando danos a biodiversidade e mudanças na dinâmica do ecossistema, podendo dominar o ambiente. O estudo torna-se de maior valia quando se trata de áreas protegidas, necessitando de maior aporte científico a fim de estabelecer políticas públicas voltadas a conservação da biodiversidade (MIYAMURA et al., 2019).

Bastante disseminada no território brasileiro e no mundo, a *Leucaena leucocephala* [Lam.] De Wit, conhecida popularmente por Leucena, é uma leguminosa nativa da América Central. O rápido crescimento e a capacidade de fixação de nitrogênio no solo por meio da associação simbiótica com bactérias justificam a utilização desta para a recuperação de áreas degradadas (MACHADO, 2018). De forma acelerada, esta espécie atua negativamente no ambiente inserido, disputando e minimizando o potencial germinativo das espécies nativas, propiciando a homogeneização da florística. A planta exótica *L. leucocephala* é uma forrageira que possui características que favorecem a invasão em ambientes, como a elevada produção de sementes ao longo do ano, a facilidade de germinação e a rebrota após cortes. Altamente palatável, a mesma possui grande valor nutricional, apresentando de 20 a 35% de proteína em sua composição (DRUMOND; RIBASKI, 2010). Ainda de acordo com os autores, a produção de biomassa seca comestível da *L. leucocephala* na cidade de Petrolina – PE é de 1.300 a 7.000

kg ha⁻¹. No estado de Pernambuco, a espécie foi introduzida como fonte nutricional para a cadeia produtiva da pecuária bovina, em especial para o gado de corte, encontrando-se presente em diversos ambientes, causando danos significativos a fauna e a flora nativa (FRANÇA; MACIEL, 2020).

Portanto, a leucena torna-se objeto de estudo de grande relevância ambiental, sendo considerada uma das 100 espécies mais agressivas do planeta, de acordo com a Comunidade Científica da União Internacional para Conservação da Natureza – IUCN (LOWE et al., 2000). Nesse sentido, o presente trabalho tem como objetivo avaliar acordos internacionais e Políticas Públicas nacionais e estaduais para o controle da *L. leucocephala*, visando compreender como a legislação ambiental brasileira regulamentam esta questão, visto que esta espécie é uma das mais agressivas do mundo. Para tal, o escrito teve por método a realização de uma revisão sistemática documental.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Invasão Biológica

Ao longo do tempo, a exploração humana vem intensificando os impactos, resultando na formação de ambientes cada vez mais susceptíveis (SILVA et al., 2019). Neste cenário, o equilíbrio ecossistêmico é modificado, acarretando efeitos nocivos às interações entre as espécies e estabelecendo condições oportunas para espécies biológicas (BARROS et al., 2017; ZHANG et al., 2020).

A invasão biológica se dá por meio da introdução de organismos pela atividade antrópica, de forma acidental ou intencional, em ambientes externos a área de abrangência natural, na qual se adaptam e se estabelecem (BRASIL, 2018). Na ausência de fatores naturais com capacidade de limitação populacional, a espécie rapidamente se reproduz, gerando um aumento incontrolado no número de indivíduos que passam a exercer processos de dominância sob as espécies nativas, caracterizando-as como espécies exóticas invasoras. As espécies podem se dispersar para além do local de introdução, potencializando os efeitos danosos sob o meio. Com isso, as espécies exóticas invasoras já são consideradas um problema global, modificando os mecanismos ecossistêmicos, sendo a segunda causa de perda de biodiversidade (PRIP, 2018).

Assim, faz-se necessária a atuação dos órgãos públicos, envolvendo as esferas federal, estadual e municipal, na construção e estruturação de estratégias voltadas para a precaução e o controle de invasões biológicas (LEÃO et al., 2011). Em termos globais, diversas Conferências e Convenções foram realizadas para debater questões ambientais, deliberando Acordos e estratégias para a prevenção e o controle dos impactos ambientais. No âmbito nacional, diversas Leis e normas estabelecem que devem ser adotadas para a prevenção, o controle ou a erradicação das espécies invasoras. Todavia, esses devem articular esferas políticas e a mobilização da sociedade civil (SEMA, 2016).

2.2 Políticas Públicas Internacionais

Realizada em Estocolmo, Suécia, em junho de 1972, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano foi um dos eventos com foco na conservação ambiental, estabelecendo Princípios de Proteção Ambiental (RIBEIRO; SILVA, 2019). Na época, ambientalistas defendiam a conservação do meio, visando a manutenção da harmonia e estética. Anos depois, estudos científicos identificaram a influência das atividades antrópicas nas mudanças no ambiente, levando à degradação, mudando o foco a respeito da preservação. Dessa forma, os ecossistemas passaram a ser estudados como sistemas de alta complexidade, com fatores bióticos e abióticos que interagem entre si.

Em junho 1992, no Rio de Janeiro, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – Cnumad. Desta vez, foram assinados cinco Acordos Internacionais, entre estes a Agenda 21 e a Convenção sobre Diversidade Biológica – CDB, com maior notoriedade ambiental dentre os países da Organização das Nações Unidas (ULLOA; JAX; VINKHUYZEN, 2018).

A CDB foi estruturada a partir de três pilares: a conservação da diversidade biológica, o uso sustentável da natureza e a repartição justa e equitativa na utilização dos recursos genéticos (ROSA; SABONARO, 2019). Visando fortalecer e complementar os instrumentos internacionais para conservação da biodiversidade, com vistas no benefício das gerações presentes e futuras, a CDB faz uso das diretrizes para o controle e a erradicação de espécies exóticas invasoras.

Ratificada pelo Decreto Legislativo nº 2 (BRASIL, 1994) e pelo Decreto Federal nº 2.519 (BRASIL, 1998, Art. 8º), a CDB trata da conservação *in situ*, preconiza a importância das ações de conservação em níveis intraespecífico, específico e ecossistêmico, visto que são

de fundamental importância para a manutenção da biodiversidade. Ainda no mesmo artigo, afirma que “Cada partes contratantes deve, na medida do possível e conforme o caso: ... h) Impedir que se introduzam, controlar ou erradicar espécies exóticas que ameacem os ecossistemas, habitats ou espécies...”. Com isso, a CBD expõe preocupação com a redução da diversidade biológica e assegura que a conservação da biodiversidade é uma obrigação da humanidade, estabelecendo diretrizes ligadas ao poder público e a sociedade civil, para a manutenção da qualidade de vida (EGOH et al., 2020).

Ainda durante a Rio 92, foi assinada a Agenda 21, um plano de ação global composto por 40 capítulos, com diretrizes e recomendações para Políticas Públicas. Abordando estratégias hierárquicas nas esferas globais, nacionais e locais, a Agenda 21 é um instrumento relevante na formação de sociedades sustentáveis, visando adequar os métodos de proteção ambiental, justiça social e eficiência econômica, sendo de responsabilidade de cada país a elaboração de Políticas Públicas nacionais (XAVIER; JACOBI; TURRA, 2019).

A Agenda 21 contém recomendações para subsidiar ações direcionadas à preservação do patrimônio ambiental do território nacional. O capítulo nº 15, “Conservação Sobre Diversidade Biológica” - CDB, objetiva a melhoria da conservação da diversidade biológica e o apoio a intuítos estabelecidos na CDB (BRASIL, 1994).

No decorrer da Cúpula do Milênio da Organização das Nações Unidas (ONU, 2000), em *New York* – EUA, líderes de 189 países assinaram a Declaração do Milênio. Estes assumiram compromisso para o combate da pobreza e a fome no mundo, além de determinados os Objetivos de Desenvolvimento do Milênio – ODM (GARCÍA; SÁNCHEZ; PABSDORF, 2019). Estes oito ODM, com período de implantação 2000 a 2015, compreendem dimensões de desenvolvimento avaliados por indicadores. Destaca-se o ODM-7 que trata da sustentabilidade ambiental, subdividido em cinco metas, desde os princípios do desenvolvimento sustentável à acessibilidade a água potável, erradicação de lixões e geração de energias renováveis (ONU, 2000).

Em setembro de 2015, líderes mundiais voltaram a se reencontrar em *New York* – EUA, com a finalidade de estabelecer avanços numa nova agenda mundial. Desta surgiu a Agenda 2030, composta por 17 Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS, abrangendo 169 metas para 2015 a 2030 (ALVES, 2015). Subdividido em 12 metas, o ODS 15 da Agenda 2030 aborda a proteção na vida terrestre. A meta 8 busca a elaboração de novas Políticas Públicas visando “Até 2020, implementar medidas para evitar a introdução e reduzir significativamente

o impacto de espécies exóticas invasoras em ecossistemas terrestres e aquáticos, e controlar ou erradicar as espécies prioritárias” (ONU, 2015).

No decorrer da décima Conferência das Partes - COP10, realizada na província de Aichi, Japão, no ano de 2010, foram estabelecidas 20 metas a serem atingidas pelos países signatários até 2020. O documento conhecido por Metas de Aichi foi estruturado sob a divisão em cinco temas gerais: o combate as causas de redução da biodiversidade, integrando o governo e a sociedade; minimizar e racionalizar ações que exerça pressão sobre a biodiversidade; compromisso em ações que visem o desenvolvimento das condições de sustentabilidade dos ecossistemas; iniciativas de restauração dos serviços ecossistêmicos, promovendo benefícios a sociedade; medidas que buscam a valorização e conservação de culturas indígenas e comunidades locais, centralizando no estabelecimento do planejamento participativo, qualificação pessoal e na gestão do conhecimento. (WENCESLAU; BARDEN; TURATTI, 2020).

2.3 Políticas Públicas Nacionais

Foi a partir da década de 60, em meio ao cenário de alta demanda de recursos naturais por parte das indústrias e dos empreendimentos, que surgiram os primeiros movimentos ambientalistas em âmbito nacional, os quais pressionavam por ações do poder público para as questões ambientais. Os movimentos culminando na instituição da Lei 6.938 (BRASIL, 1981), conhecida por Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, considerada um marco na legislação ambiental brasileira, dando notoriedade à temática e também servindo como instrumento legal para a proteção da natureza.

A PNMA é composta por instrumentos e diretrizes com a finalidade de nortear as atividades que usam recursos naturais e provocam poluição, objetivando assegurar as condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana, por meio da preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental.

De acordo com Santiago (2012), a atuação da PNMA auxiliou a ampliação da base legal no Brasil. A partir desta, foi instituído o Sistema Nacional de Meio Ambiente – Sisnama, estrutura responsável pela articulação entre órgãos intra e interestaduais, a fim de estabelecer a gestão ambiental com eficiência no país. O Sisnama apresenta órgãos deliberativos, consultivos, superiores, central, executores, seccionais e locais, como: o Conselho Nacional do

Meio Ambiente – Conama, Conselho de Governo, Ministério do Meio Ambiente – MMA, Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis – Ibama e o Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, além de órgãos estaduais e municipais, respectivamente.

Tendo em vista os danos causados ao meio ambiente e à saúde pública, foi lançado o primeiro informe nacional, “Espécies exóticas invasoras: situação brasileira” (MMA, 2006), objetivando a coleta, sistematização e divulgação das espécies no país. Este documento abrangeu espécies invasoras de ambientes terrestres a aquáticos, sendo instrumento informacional para um sistema de prevenção e controle nacional contra invasões biológicas.

Instruída pela Resolução da Comissão Nacional de Biodiversidade nº 5 (CONABIO, 2009), a primeira estratégia nacional sobre espécies exóticas invasora teve por objetivo orientar a implementação de medidas para evitar a introdução e a dispersão, como reduzir significativamente o impacto de espécies exóticas invasoras sobre a biodiversidade brasileira.

A Resolução Conabio nº 7 (CONABIO, 2018) estabelece o direcionamento estratégico, subsidiando a gestão e manejo específico de espécies exóticas invasoras durante o período de 12 anos. Dentre os instrumentos utilizados, pode-se citar: planos de prevenção, erradicação Controle e Monitoramento de Espécies Exóticas Invasoras, Sistemas de Detecção Precoce e Resposta Rápida, Análise de Risco e Base de dados com sistema informatizado.

Com o foco direcionado às exóticas invasoras que ameaçam ou impactam a diversidade biológica, a estratégia nacional tem por objetivo principal orientar a implementação de ações, a fim de promover a redução significativa dos impactos ocasionados pelas invasoras, evitando a introdução e dispersão.

2.4 Políticas Públicas Estaduais

Partindo do levantamento bibliográfico sobre políticas públicas a nível estadual, foi possível observar que quatro estados se destacaram, apresentando estruturas robustas e consolidadas voltadas à proteção da biodiversidade. Tais estados apresentam legislação que trata de espécies invasoras, foco deste escrito.

2.4.1 Santa Catarina

No estado de Santa Catarina, foi estabelecido o Código Estadual de Meio Ambiente, por meio da Lei nº 14.675 (SANTA CATARINA, 2009), que trata, dentre outros temas, do combate e controle às espécies exóticas invasoras. O Art. 251 determina que é responsabilidade do proprietário o estabelecimento do controle e erradicação da dispersão fora das áreas de cultivo, com relação ao plantio de espécies exóticas que apresentam elevada capacidade de dispersão. A Lei incumbe ao Estado a responsabilidade de definir o programa de controle de exóticas invasoras, tendo sido atribuída à Fundação do Meio Ambiente – FATMA a implantação do Programa de Controle de Espécies Exóticas Invasoras, com normas e procedimentos para o licenciamento, monitoramento, fiscalização, controle e erradicação.

De acordo com o Art. 290, o Conselho Estadual do Meio Ambiente – Consema do Estado de Santa Catarina é o responsável pela Lista Oficial de Espécies Exóticas Invasoras, com espécies para controle. A primeira lista foi de 2010, sendo retificada pela Resolução nº 08 (CONSEMA, 2012), tendo atualização bienal. Este é um instrumento eficaz para ações para mitigar os impactos à biodiversidade.

2.4.2 Paraná

No ano de 2007 foi publicada a primeira “Lista Oficial de Espécies Invasoras do Estado do Paraná”. Visando o desenvolvimento da conservação da biodiversidade, assim como o uso sustentável, foi publicado pelo Instituto Ambiental do Paraná – IAP, a Portaria nº 59 (PARANÁ, 2015) a terceira atualização da lista, abrangendo 71 espécies florísticas e 140 de fauna, com presença registrada no Estado.

Este documento é uma ferramenta fundamental para o controle e o combate as Espécies Exóticas Invasoras – EEI no estado, com riscos apresentados pela dispersão de invasoras aos serviços ecossistêmicos e ambientais, à biodiversidade e à socioeconomia. Assim, é possível subsidiar ações preventivas, elevando o nível de eficiência no combate e no controle das EEI (OLIVEIRA; POLLI, 2018).

2.4.3 Rio Grande do Sul

O Estado do Rio Grande do Sul – RS tem arcabouço legal realizado pela Secretaria do Meio Ambiente – SEMA e pela Fundação Estadual de Proteção Ambiental – FEPAM, com 2 Portarias e 9 Instruções Normativas para o combate a EEI.

A Portaria nº 79 (SEMA, 2013) foi o primeiro instrumento legal do Estado, com a “Lista Oficial de Espécies Exóticas Invasoras do Estado do Rio Grande do Sul” e normas de controle. O documento subdivide a lista em categorias: A – EEI presentes no estado do RS; B – espécies com capacidade de invasão, mas sem informações que permitam a classificação com base em dados de distribuição e/ou histórico de invasão no estado; C – espécies com ausência de registro no estado, mas com elevada tendência de invasão pela ocorrência em regiões fronteiriças.

Conseqüentemente, a Portaria nº 79 (SEMA, 2013) deu início a elaboração de um conjunto de normativas estaduais, das quais pode-se destacar a Instrução Normativa nº 10 (SEMA, 2014). Esta estabelece os procedimentos para a execução de medidas de prevenção, controle e monitoramento das invasoras. A Instrução Normativa nº 12 (SEMA, 2014) institui os procedimentos para o controle e para a erradicação de espécies de plantas exóticas invasoras enquadradas na Lista A da Portaria.

Em 2018, foi criado o “Programa Estadual de Controle de Espécies Exóticas Invasoras – Invasoras RS”, por meio da promulgação da Portaria nº 14 (SEMA; FEPAM, 2018). Esta tem por objetivo de promover condutas que visam a prevenção contra a introdução de EEI no RS, viabilizando ações para o monitoramento, o controle e a erradicação de espécies com presença registrada no estado.

2.4.4 Pernambuco

Em Pernambuco, foi estabelecida Política Florestal do Estado, por meio da Lei nº 11.206 (PERNAMBUCO, 1995), dispendo sobre os princípios, objetivos e diretrizes. O Art. 3º discorre sobre o gerenciamento da proteção e uso das florestas e demais formas de vegetação, visando melhorar e recuperar a qualidade ambiental propícia à vida, atendendo os Princípios da Preservação da Biodiversidade e da Integralidade do Patrimônio Genético do Estado. A mesma, no que trata a respeito da fauna e da flora aquática, aborda no Art. 43 a proibição à introdução de espécies exóticas da fauna e flora aquáticas nos corpos d’água de domínio público existentes no Estado sem prévia autorização do órgão ambiental competente.

Por meio da promulgação da Lei nº 13.787 (PERNAMBUCO, 2009), foi instituído o Sistema Estadual de Unidades de Conservação da Natureza – SEUC, no âmbito estadual. Tratando da criação, implantação e gestão das Unidades de Conservação, foi estabelecido no Art. 37 a proibição da introdução de espécies exóticas nas unidades de conservação de Proteção Integral e nas zonas de proteção de vida silvestre das Áreas de Proteção Ambiental. No Art. 38

traz que deverá ser desestimulada a introdução de espécies exóticas nas unidades de conservação de uso sustentável.

Ainda sobre a temática, o Decreto nº 50.351 (PERNAMBUCO, 2021) dispõe sobre ações a respeito das espécies exóticas invasoras e da proteção da biodiversidade marinha na zona costeira continental e oceânica do Estado. Desta forma, o mesmo estabelece regras de prevenção, controle e monitoramento de espécies exóticas invasoras visando à proteção da biodiversidade marinha na zona costeira continental e oceânica do Estado de Pernambuco.

3. RECOMENDAÇÕES

Como consequência das ações antrópicas, têm-se observado o crescimento das alterações ambientais, desequilibrando o meio e refletindo em prejuízos aos mecanismos ecossistêmicos. Ocorrendo de maneira acidental ou não, a introdução de organismos exóticos em ambientes que apresentam fragilidade afeta diretamente a dinâmica do meio, uma vez que interferem na manutenção e reestruturação das espécies nativas, estabelecendo domínio sob as mesmas e a propagação em áreas adjacentes. Por esta razão, a invasão biológica foi apontada como a segunda causa mais danosa à biodiversidade a nível global, atingindo diretamente a economia e a saúde humana.

A nível nacional e estadual, pode-se destacar a inexistência de medidas de controle, com ênfase na proteção de áreas de preservação, unidades de conservação e outras, tendo em vista a importância ambiental destas regiões. Ressalta-se que cabe ao poder público e/ou a iniciativa privada a responsabilidade da manutenção e melhoria da qualidade ambiental dos ecossistemas em unidades de conservação, a depender da tipologia. Faz-se necessária a criação legislação mais abrangente, a fim de englobar desde espécies invasoras às que apresentem elevado potencial de invasão, de forma a viabilizar a tomada de decisão no sentido do estabelecimento de práticas de controle, monitoramento e combate das invasoras.

Diante disso, torna-se necessário a elaboração de estudos voltados a construção de instrumentos eficazes no combate às espécies exóticas invasoras, baseada em diretrizes para evitar a introdução de organismos com elevado potencial adaptativo, assim como o controle e a erradicação das espécies invasoras já instaladas.

Já em áreas privadas voltadas para a produção agropecuária, quer de pequeno porte, vinculada à agricultura familiar, quer do *agrobusiness*, existe a necessidade de normativa legal que busque o engajamento destes no controle, monitoramento e combate das invasoras. Neste

sentido, o estabelecimento de Políticas Públicas focadas no incentivo ao produtor rural, para que este seja um agente ativo de iniciativas de controle e de monitoramento das espécies exóticas utilizadas no empreendimento, deve ter lugar. A estruturação de instrumentos econômicos da gestão ambiental, que possam gerar benefícios administrativos, tributários ou financeiros, podem-se configurar em maneiras para estimular boas práticas conservacionistas no meio rural.

Reconhecendo que a leucena é uma das invasoras mais agressivas do mundo, observa-se a necessidade de um olhar particular por parte de Políticas Públicas conservacionistas que especifiquem ações, programas e projetos direcionados ao controle e/ou erradicação desta espécie. Ressalta-se o comprometimento da preservação da biodiversidade nos ecossistemas onde esta se encontra. Tal realidade pode gerar no decaimento significativo da biodiversidade ecossistêmica local, fato ainda mais relevante, visto que o Brasil é considerado um país megadiverso. Desta forma, visando o alinhamento aos compromissos nacionais assumidos de Acordos Internacionais, assim como pela existência da Política Nacional da Biodiversidade, urge a estruturação de iniciativas nas diversas esferas de governança, para que a presença desta espécie esteja sob controle no território nacional. Para tanto, faz-se necessário o aprofundamento do grau de conhecimento de aspectos fisiológicos, morfológicos e de dinâmica populacional para o desenho de estratégias exitosas.

REFERÊNCIAS

- ALVES, J. E. D. Os 70 anos da ONU e a agenda global para o segundo quinquênio (2015-2030) do século XXI. **Revista Brasileira de Estudos de População**, v. 32, n. 3, 2015.
- BARROS, I. T., CECCON-VOLL, J., SEREIA, D. O., BENEDITO, E. Avaliação ambiental e ecológica de riachos neotropicais do Alto Rio Paraná. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 15, n. 2, p.783-790, 2017.
- BRASIL. Decreto Federal nº 2.519. **Diário Oficial da União**: 16 mar. 1998.
- BRASIL. Decreto Legislativo nº 2. **Diário Oficial da União**: 3 fev. 1994.
- BRASIL. Lei nº 6.938. **Diário Oficial da União**: 31 ago. 1981.
- BRASIL. Resolução nº 7. **Diário Oficial da União**: 29 maio 2018.
- CONABIO, Comissão Nacional de Biodiversidade. Resolução nº 05. **Diário Oficial da União**: 21 out. 2009.
- CONABIO, Comissão Nacional de Biodiversidade. Resolução nº 07. **Diário Oficial da União**: 29 maio 2018.
- CONSEMA, Conselho Estadual do Meio Ambiente. Resolução nº 08. **Diário Oficial Estado de Santa Catarina**: 14 set. 2012.
- DRUMOND, M. A., RIBASKI, J. Leucena (*Leucaena leucocephala*): leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. **Comunicado Técnico**. Embrapa Semiárido, Petrolina-PE, n. 142, p. 1-8, 2010.

- EGOH, B. N., NTSHOTSHO, P., MAOELA, M. A., BLANCHARD, R., AYOMPE, L. M., RAHLAO, S. Setting the scene for achievable post-2020 convention on biological diversity targets: A review of the impacts of invasive alien species on ecosystem services in Africa. **Journal of Environmental Management**, v. 261, n. 110171, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110171>
- FRANÇA, J. G. E. de, MACIEL, G. A. Consolidação de um sistema estadual de Pesquisa, Extensão e Inovação Rural: uma aposta no futuro da agropecuária pernambucana. **Inovação & Desenvolvimento**, n. 4, p. 14-17, 2020.
- GARCÍA, E. C., SÁNCHEZ, A., PABSDORF, M. N. Assessing the performance of the least developed countries in terms of the Millennium Development Goals. **Evaluation and Program Planning**, v. 72, p. 54–66, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.evalprogplan.2018.09.009>
- LEÃO, T. C. C., ALMEIDA, W. R., DECHOUM, M., ZILLER, S. R. Espécies Exóticas Invasoras no Nordeste do Brasil: Contextualização, Manejo e Políticas Públicas. **Centro de Pesquisas Ambientais do Nordeste e Instituto Hórus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental**. Recife, 2011. 99 p.
- LOWE, S., BROWNE, M., BOUDJELAS, S., POORTER, M. 100 of the world's worst invasive alien species: a selection from the global invasive species database. **Auckland: Invasive Species Specialist Group**, 2000.
- MACHADO, M. T. de S. A espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no Parque Nacional de Brasília, DF: implicações ambientais de uma espécie exótica invasora. 2018. 200 f. **Tese** (Doutorado em Desenvolvimento Sustentável) – Universidade de Brasília, Brasília, 2018.
- MARTELLI, A., SÁ, L.A.D. de., SAMUDIO, E. M. M. Redução da biodiversidade pela proliferação de *Leucaena leucocephala* e formas de contenção e controle desenvolvidos no município de Itapira-SP. **Brasilian Journal of Technology**, v. 3, n. 1, p. 33-47, 2020. DOI: <https://doi.org/10.38152/bjtv3n1-001>
- MIYAMURA, F. Z., MANFRA, R., FRANCO, G. A. D. C., ESTEVES, R., SOUZA, S. C. P. M., IVANAUSKAS, N. M. Influência de espécies exóticas invasoras na regeneração natural de um fragmento florestal urbano. **Scientia Plena**, v. 15, n. 8, 2019. DOI: <https://doi.org/10.14808/sci.plena.2019.082401>
- MMA, Ministério do Meio Ambiente. **Espécies exóticas invasoras: situação brasileira**, 2006. Disponível em: https://www.mma.gov.br/estruturas/174/_publicacao/174_publicacao17092009113400.pdf Acesso em 22 de ago. de 2020.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Biodiversidade Brasileira**. MMA, Brasil, 2017. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biodiversidade/biodiversidade-brasileira>. Acesso em: 15 mai. 2020.
- MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Conservação sobre Diversidade Biológica (CDB)**, 2016. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/biodiversidade/convencao-da-diversidade-biologica>. Acesso em: 06 jun. 2020.
- OLIVEIRA, V.C., POLLI, S.A. Dispositivos Legais de Proteção e Incremento do Patrimônio Arbóreo Urbano: o caso de São José dos Pinhais, Paraná. **Revista Paranaense de Desenvolvimento**, Curitiba, v. 39, n. 135, p. 89-105, 2018.
- ONU. Organização das Nações Unidas. **Cúpula do Milênio: Declaração do Milênio**. New York, 2000.
- ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS): Agenda para 2030**. 2015. Disponível em: <http://www.agenda2030.org.br/ods/15/>. Acesso em: 12 de setembro de 2020.
- PARANÁ, Portaria nº 59. **Diário Oficial do Estado do Paraná**: 15 abr. 2015.
- PERNAMBUCO. Decreto nº 50.351. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**: 03 mar. 2021.
- PERNAMBUCO. Lei nº 11.206. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**: 31 mar. 1995.
- PERNAMBUCO. Lei nº 13.787. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**: 08 jun. 2009.
- PRIP, C. The Convention on Biological Diversity as a legal framework for safeguarding ecosystem services. **Ecosystem Services**. v. 29, p. 199–204, 2018. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoser.2017.02.015>
- RIBEIRO, L. G. G., SILVA, L. E. G. A Conferência de Estocolmo de 1972 e sua Influência Nas Constituições Latinoamericanas. **Revista do Direito Público**, v. 14, n. 2, p. 109-135, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1980-511X.2019v14n2p109>

ROSA, L. M. T., SABONARO, D. Z. A importância da diversidade biológica na política de patentes atrelada aos processos biotecnológicos. **Revista da Universidade Vale do Rio Verde**, v. 17, n. 2, 2019. DOI: <http://dx.doi.org/10.5892/ruvrd.v17i2.5681>

SANTA CATARINA. Lei nº 14.675. **Diário Oficial do Estado de Santa Catarina**: 13 abr. 2009.

SANTIAGO, T. M. O. Análise de instrumentos da Política Nacional do Meio Ambiente. 2012. 149 f. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012.

SEMA, Secretaria do Meio Ambiente. **Estratégias e políticas públicas para o controle das espécies exóticas invasoras**. 1ª. ed. - Porto Alegre: Secretaria do Ambiente e Desenvolvimento Sustentável; 52 p. 2016.

SEMA, Secretaria do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 10, de 10 de dezembro de 2014. Estabelece procedimentos para a execução de medidas de prevenção, controle e monitoramento referentes ao artigo 10 da Portaria SEMA nº 79/2013. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**, Porto Alegre, RS, 2014.

SEMA, Secretaria do Meio Ambiente. Instrução Normativa nº 12. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**: 10 dez. 2014.

SEMA, Secretaria do Meio Ambiente. Portaria nº 79. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**: 3 out. 2013.

SEMA, Secretaria do Meio Ambiente; FEPAM, Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luís Roessler. Portaria Conjunta nº 14. **Diário Oficial do Estado do Rio Grande do Sul**: 4 maio 2018.

SILVA, F. L., TREVISAN, D. P., IWASAKA, F. Y., SMITH, W. S., MOSCHINI, L. E., OMETTO, L. E. Metas de Aichi na avaliação de Planos Diretores Municipais. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 15, n. 7, Edição Especial, p. 127-140, 2019. DOI: <https://doi.org/10.54399/rbgdr.v15i7.5264>

ULLOA, A. M., JAX, K., VINKHUYZEN, S. I. K. Enhancing implementation of the Convention on Biological Diversity: A novel peer-review mechanism aims to promote accountability and mutual learning. **Biological Conservation**, v. 217, p. 371–376, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2017.11.006>

WENCESLAU, F. F., BARDEN, J. E., TURATTI, L. O Brasil e as Metas de Aichi: uma análise sobre o cumprimento da meta 11. **Revista Internacional de Direito Ambiental**, v. 9, n 25, p. 113-132, 2020.

XAVIER, L. Y., JABOBI, P. R., TURRA, A. Local Agenda 21: Planning for the future, changing today. **Environmental Science and Policy**, v. 101, p. 7–15, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2019.07.006>

ZHANG, Z., MAMMOLA, S., MCLAY, C. L., CAPINHA, C., YOKOTA, M. To invade or not to invade? Exploring the niche-based processes underlying the failure of a biological invasion using the invasive Chinese mitten crab. **Science of the Total Environment**, v. 728, n. 138815, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138815>

CONCLUSÕES GERAIS

A análise bibliométrica a respeito da invasão biológica de espécies exóticas em ambientes insulares apontou para um constante aumento na quantidade de publicações, indicando preocupação a nível global com a temática abordada. A África do Sul se destacou como o país com maior quantitativo de publicações. Em contra partida, a baixa quantidade de trabalhos que avaliam as técnicas de controle de exóticas invasoras indica a necessidade por novos estudos.

Para o estudo de bioindicadores da qualidade ambiental, a espécie nativa *Erythrina velutina* atendeu com êxito aos parâmetros estabelecidos, apresentando sensibilidade negativa aos impactos ambientais ocasionados pela invasão da exótica *L. leucocephala*, sendo classificada como bioindicador ótimo. A técnica de bioindicação expressou viabilidade e eficiência como instrumento de avaliação e monitoramento em estudos ambientais, fornecendo informações cruciais para o delineamento de ações e estratégias que norteiem a estruturação de um modelo de gestão.

Avaliação da biodiversidade florística apontou para um cenário de elevado nível de dominância pela planta exótica invasora *Leucena leucocephala* na Baía de Sueste, Fernando de Noronha – PE, oferecendo riscos significativos a biota local e até a extinção de espécies nativas. Os testes de hipóteses revelaram a elevada densidade de povoamento ocasionada pela invasão, configurando a dominância da exótica.

Quanto a Políticas Públicas a nível nacional e estadual, pode-se destacar a inexistência de medidas de controle, com ênfase na proteção de áreas de preservação, unidades de conservação e outras, tendo em vista a importância ambiental destas regiões. Assim, faz-se necessária a criação legislação mais abrangente, a fim de englobar desde espécies invasoras às que apresentem elevado potencial de invasão, de forma a viabilizar a tomada de decisão no sentido do estabelecimento de práticas de controle, monitoramento e combate das invasoras.

O Arquipélago Marinho de Fernando de Noronha se configura em uma área de elevada importância ambiental, se dividindo entre duas Unidades de Conservação, entretanto, o elevado grau de invasão por *L. leucocephala* reflete a ausência de planejamento eficaz voltado ao controle biológico em prol da conservação ambiental. Assim, urge a estruturação de iniciativas nas diversas esferas de governança, para que a presença desta espécie esteja sob controle no território nacional. Para tanto, faz-se necessário estudos futuros que aprofundem o grau de

conhecimento de aspectos fisiológicos, morfológicos e de dinâmica populacional para o desenho de estratégias exitosas para o controle da *Leucaena leucocephala*.