



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

KARDELAN ARTEIRO DA SILVA

**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)**

RECIFE – PE

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

**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)**

KARDELAN ARTEIRO DA SILVA

Orientadora: Profa. Dra. Soraya Giovanetti El-Deir

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

Co-orientador: Dr. Osiris Luis da Cunha Fernandes

RECIFE – PE

2020



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL
Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

KARDELAN ARTEIRO DA SILVA

**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)**

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

Co-orientador: Dr. Osiris Luis da Cunha Fernandes

RECIFE – PE

2020

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)

S586s

Silva, Kardelan Arteiro 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) / Kardelan Arteiro da Silva . - 2020.

101 f. : il.

Orientadora: Soraya Giovanetti El El-Deir.

Coorientadora: Thieres George Freire da Silva Osiris Luis da Cunha Fernandes.

Inclui referências e apêndice(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, Recife, 2020.

1. Invasão Biológica . 2. Bioindicador Ambiental . 3. Pegada de Carbono . I. El-Deir, Soraya Giovanetti El, orient. II. Fernandes, Thieres George Freire da Silva Osiris Luis da Cunha, coorient. III. Título

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO

DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA RURAL

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental

**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)**

Kardelan Arteiro da Silva

Aprovado em: 27 de janeiro de 2020

Dr. Bruno Rafael Monteiro Rodrigues (Orgânica Engenharia & Consultoria)
Examinador Externo

Prof^a. Dra. Maristela Casé Costa Cunha (DEDC/UNEB)
Examinadora Externa

Prof. Dr. Sergio Monthezuma Santoianni Guerra (PPEAMB/UFRPE)
Examinador Interno

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

Prof. Dr. Romildo Morant de Holanda (PPEAMB/UFRPE)
Coordenador

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo cuidado e proteção na minha vida, me dando forças e me permitindo chegar até aqui.

Aos meus pais Zirlene Bandeira e Francisco Arteiro, por todo amor e dedicação, por nunca me deixarem faltar nada, principalmente durante os anos longe de casa.

Aos meus queridos irmãos e irmãs, pela amizade verdadeira e pelo carinho.

À minha orientadora Soraya Giovanetti El-Deir, líder, mulher e exemplo de pessoa que me proporcionou experiências maravilhosas de cunho profissional, acadêmico e, principalmente, pessoal.

Aos meus coorientadores Prof. Dr. Thieres Freire e Prof. Dr. Osiris Luis da Cunha pelo apoio institucional.

Ao Instituto Chico Mende de Conservação e Biodiversidade – ICMBio pelo apoio institucional. À Autarquia Territorial do Distrito Estadual de Fernando de Noronha – ATDEFN pela parceria inter-institucional.

Aos pesquisadores do Grupo de Gestão Ambiental em Pernambuco – Gampe, pela amizade e troca de conhecimentos.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental, por todo o suporte fornecido.

A todos os professores que contribuíram com minha formação acadêmica e pessoal.

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

SILVA, K. A. **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. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.

RESUMO

O Distrito Estadual de Fernando de Noronha é o ambiente insular brasileiro com mais moradores e fluxo de turistas. Este tem 21 ilhas, sendo Patrimônio Natural da Humanidade por possuir biodiversidade única e paisagem natural exuberante, o que atrai visitantes do mundo todo. Esta região insular é afetada pelas alterações das mudanças climáticas e às atividades humanas, onde os impactos negativos são considerados problemáticos para a gestão eficiente e sustentável do Arquipélago. As características bióticas e abióticas deste ambiente são alteradas desde o povoamento deste, sendo observado inúmeros impactos ambientais significativos, dentre estes a presença de espécies invasoras. A *Leucena* está presente no Arquipélago, sendo considerada como uma das 100 espécies invasoras mais agressivas pela comunidade científica mundial. Para compreender a dinâmica do ambiente insular e buscar estratégias para a elevação da qualidade ambiental, o uso de indicadores de sustentabilidade (de qualidade ambiental e Pegada de Carbono) foram essenciais, estando próximo aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável. Desta feita, a pesquisa está ordenada em quatro capítulos: Capítulo 1 - Bibliometria de 2010 a 2018 sobre a problemática e o manejo de espécies vegetais invasoras em ambientes insulares. Capítulo 2 - Gestão sustentável em ilhas: uma análise dos Planos de Manejo do Arquipélago Fernando de Noronha – PE. Capítulo 3 - Invasão biológica em ilhas: análise da distribuição espacial da *Leucaena leucocephala* [Lam.] de Wit numa área protegida do Arquipélago Fernando de Noronha – PE (Brasil). Capítulo 4 - Avaliação da Pegada de Carbono de viagens aéreas em destino insular: estudo do Arquipélago Fernando de Noronha – PE (Brasil). Os resultados demonstram que a comunidade científica estuda os efeitos negativos das invasões biológicas, sendo necessária a adoção de práticas e de ações para a erradicação e o controle destas em ilhas. A diminuição de áreas de conservação e de preservação ambiental ocorreram por causa do crescente fluxo turístico na região, sendo observados conflitos nos mais diferentes usos e ocupações do solo. O aumento da população da *Leucena* compromete a biodiversidade florística da ilha, tendo rebatimento na fauna existente. Nas florestas monoespecíficas menos densas é recomendável a adoção de ações para o desenvolvimento de práticas sustentáveis de manejo (processos físicos, químicos e biológicos). Quanto as Emissões de Gases de Efeito Estufa, as viagens aéreas entre o continente brasileiro e o Arquipélago tiveram contribuição significativa. A redução de turistas no Arquipélago é uma das principais formas de controle desta poluição. Esta medida está alinhada ao Estudo de Capacidade Suporte e redução da emissão de GEE. Diante dos resultados apresentados, espera-se que tais insumos auxiliem na tomada de decisão para o gerenciamento dos recursos naturais no Arquipélago de Fernando de Noronha, seguindo os preceitos dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

Palavras-Chave: Invasão Biológica; Bioindicador Ambiental; Pegada de Carbono.

SILVA, K. A. **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. 91 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2020.

ABSTRACT

The Fernando de Noronha State District is the Brazilian island environment with more residents and a flow of tourists. It has 21 islands, being a World Heritage Site for its unique biodiversity and lush natural landscape, which attracts visitors from all over the world. This island region is affected by climate change changes and human activities, where negative impacts are considered problematic for the efficient and sustainable management of the Archipelago. The biotic and abiotic characteristics of this environment have changed since its settlement, and numerous significant environmental impacts have been observed, including the presence of invasive species. *Leucena* is present in the Archipelago, being considered as one of the 100 most aggressive invasive species by the world scientific community. In order to understand the dynamics of the island environment and seek strategies for raising environmental quality, the use of sustainability indicators (environmental quality and carbon footprint) were essential, being close to the Sustainable Development Goals. This time, the research is organized in four chapters: Chapter 1 - Bibliometrics from 2010 to 2018 on the problem and management of invasive plant species in island environments. Chapter 2 - Sustainable management in islands: an analysis of the Fernando de Noronha - PE Archipelago Management Plans. Chapter 3 - Biological invasion in islands: analysis of the spatial distribution *Leucaena leucocephala* [Lam.] de Wit in a protected area of the Fernando de Noronha Archipelago - PE (Brazil). Chapter 4 - Carbon Footprint Assessment of Air Travel to Island Destination: Study of the Fernando de Noronha Archipelago - PE (Brazil). The results show that the scientific community studies the negative effects of the biologic invasions, being necessary the adoption of practices and actions for their eradication and control in islands. The reduction of conservation and environmental preservation areas occurred because of the growing tourist flow in the region, and conflicts were observed in the most different land uses and occupations. The increase of the population of *Leucena* compromises the floristic biodiversity of the island, having impact on the existing fauna. In less dense monospecific forests it is advisable to take actions to develop sustainable management practices (physical, chemical and biological processes). Regarding Greenhouse Gas Emissions, air travel between the Brazilian continent and the Archipelago made a significant contribution. The reduction of tourists in the archipelago is one of the main ways of controlling this pollution. This measure is in line with the Support Capacity Study and GHG emission reduction. Given the results presented, it is expected that these inputs will help in decision making for the management of natural resources in the Fernando de Noronha Archipelago, following the precepts of the Sustainable Development Goals.

Keywords: Biological invasion; Environmental Bioindicator; Carbon footprint.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

CAPÍTULO 1

- Figura 1.** Número de publicações científicas e acumulado sobre espécies invasoras em regiões insulares 12
- Figura 2.** Nuvem de palavras..... 17

CAPÍTULO 3

- Figura 1.** Localização geográfica do Arquipélago Fernando de Noronha..... 43
- Figura 2.** Distribuição espacial das unidades amostrais, segundo o agrupamento quanto ao nível/grau de invasão na Baía do Sueste, Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha – PE..... 51

CAPÍTULO 4

- Figura 1.** Itinerário entre o continente brasileiro e o arquipélago 65
- Figura 2.** Quantidade e acumulado de tCO₂eq por mês em 2018..... 67
- Figura 3.** Quantidade das emissões de GEE utilizando biocombustíveis..... 72

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 1

- Tabela 1.** Distribuição da comunidade científica por região geográfica 15

CAPÍTULO 2

- Tabela 1.** Variações do zoneamento entre os Planos de Manejo 34

CAPÍTULO 3

- Tabela 1.** Parâmetros fitossociológicos da área amostrada localizada na Baía de Sueste – PE..... 48
- Tabela 2.** Estatística descritiva das variáveis que caracterizam as unidades amostrais inseridas nos agrupamentos 52

CAPÍTULO 4

Tabela 1. Quantidade das emissões de GEE na conexão Recife-Noronha nos meses de 2018 68

Tabela 2. Emissões de GEE no itinerário Natal-Noronha nos meses de 2018..... 70

LISTA DE QUADROS

CAPÍTULO 1

Quadro 1. Classificação dos periódicos no quadriênio 2013-2016 para Engenharias I e Ciências Ambientais 13

CAPÍTULO 3

Quadro 1. Parâmetros analíticos da estrutura da vegetação 45

Quadro 2. Lista das Famílias, nomes comuns e espécies em um fragmento de Mata Atlântica Insular, Baía de Sueste, Fernando de Noronha – PE 47

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
APA	Área de Proteção Ambiental
ATDEFN	Autarquia Territorial do Distrito Estadual de Fernando de Noronha
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNUMAD	Conferência das Nações Unidas e Desenvolvimento
CONABIO	Comissão Nacional de Biodiversidade
CPRH-PE	Agência Estadual de Meio Ambiente de Pernambuco
DA_i	Densidade Absoluta
DoA_i	Dominância Absoluta
DoT	Dominância Total
DR_i	Densidade Relativa
DoR_i	Dominância Relativa
DTA	Densidade Total da Área

ECS	Estudo de Capacidade de Suporte
FACEPE	Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco
FAi	Frequência Absoluta
FN	Fernando de Noronha
FRi	Frequência Relativa
FT	Frequência Total
GEE	Gases do Efeito Estufa
GIRS	Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos
GPS	<i>Global Positioning System</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICMBio	Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
IPCC	Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas
PERS	Plano Estadual de Resíduos Sólidos
PEUFR	Herbário Professor Vasconcelos Sobrinho
PGRSS	Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PDITS	Plano de Desenvolvimento Integrado de Turismo
PRODETUR	Programa Nacional de Desenvolvimento do Turismo
SIG	Sistema de Informação Geográfica
SNUC	Sistema Nacional de Unidade de Conservação
UC	Unidade de Conservação
VANT	Veículo Aéreo não Tripulado
WOSCC	<i>Web of Science Core Collection</i>

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivo Geral.....	2
2.2 Objetivos Específicos.....	3
3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	3
4. CONSIDERAÇÕES GERAIS	4
REFERÊNCIAS	5
CAPÍTULO 1: BIBLIOMETRIA DE 2010 A 2018 SOBRE A PROBLEMÁTICA E O MANEJO DE ESPÉCIES VEGETAIS INVASORAS EM AMBIENTES INSULARES	7
1. INTRODUÇÃO	8
2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	9
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	11
3.1 Quantificação e classificação das publicações.....	11
3.2 Distribuição espacial e especificidades das pesquisas	15
3.3 Frequência de palavras.....	17
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	18
AGRADECIMENTOS	19
REFERÊNCIAS	19
CAPÍTULO 2: GESTÃO SUSTENTÁVEL EM ILHAS: UMA ANÁLISE DOS PLANOS DE MANEJO DO ARQUIPÉLAGO FERNANDO DE NORONHA – PE	24
1. INTRODUÇÃO	25
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	27
2.1 Base legal relativa a resíduos sólidos no Brasil	27
2.2 Gestão integrada de resíduos sólidos	28
3. METODOLOGIA	30
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Plano de manejo de 2005 e a PERS/PE de 2001	31
4.2 Plano de manejo de 2017 e a PERS/PE e PNRS de 2010.....	32
4.3 Estudo comparativo entre os planos de 2005 e de 2017	34
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	35
AGRADECIMENTOS	36
REFERÊNCIAS	36

CAPÍTULO 3: INVASÃO BIOLÓGICA EM ILHAS: ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA <i>Leucaena leucocephala</i> [Lam.] de Wit NUMA ÁREA PROTEGIDA DO ARQUIPÉLAGO FERNANDO DE NORONHA - PE (BRASIL).....	40
1. INTRODUÇÃO	41
2. MATERIAL E MÉTODOS	42
2.1 Caracterização do Ambiente Insular	42
2.2 Sistema de amostragem, coleta e análise dos dados	44
2.3 Parâmetros estruturais da vegetação	45
2.4 Agrupamento das unidades amostrais.....	46
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
3.1 Estrutura e dinâmica da vegetação amostrada	46
3.2 Especificidades dos agrupamentos para ações de manejo	50
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	54
5. RECOMENDAÇÕES	55
AGRADECIMENTOS	56
REFERÊNCIAS	56
CAPÍTULO 4: AVALIAÇÃO DA PEGADA DE CARBONO DE VIAGENS AÉREAS EM DESTINO INSULAR: ESTUDO DO ARQUIPÉLAGO FERNANDO DE NORONHA – PE (BRASIL)	62
1. INTRODUÇÃO	63
2. MATERIAL E MÉTODOS	64
2.2 Transporte entre o continente e o ambiente insular	65
2.1 Pegada de Carbono	66
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	72
AGRADECIMENTOS	73
REFERÊNCIAS	73
APÊNDICE I	77

1. INTRODUÇÃO GERAL

Formas de mensurar a sustentabilidade visando ajustes operacionais configuram-se em um dos focos atuais da gestão ambiental (TODARO *et al.*, 2019). O conceito de sustentabilidade pode variar, sendo este a mensuração da progressão do desenvolvimento econômico, social e ambiental (VERMA; RAGHUBANSHI, 2018). A sustentabilidade de ambientes insulares é direcionada a gestão ambiental das áreas submersas e imersas, especialmente quando em regiões oceânicas (COSTA *et al.*, 2020). A discussão sobre o tripé da sustentabilidade nestes locais tem aumentado globalmente devido à importância da coordenação socioeconômica e ambiental para o desenvolvimento sustentável das ilhas (YANG *et al.*, 2020). Cabe salientar ainda que o desenvolvimento sustentável em ilhas deve ser premissa das políticas públicas aplicadas, pois estes passam por constantes alterações na qualidade ambiental (PRAENE; PAYET; BENARD-SORA, 2018).

O Arquipélago Fernando de Noronha apresenta elevada biodiversidade com características bióticas e abióticas únicas, tornando-se Patrimônio Natural da Humanidade pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2001). Por ter uma heterogeneidade biológica elevada e endemismo, Fernando de Noronha é considerado um *hotspot*. Este termo é utilizado para designar lugares que apresentam uma grande riqueza natural. Entretanto, as áreas marinhas e costeiras vêm apresentando um processo de degradação ambiental gerado pela pressão antrópica sobre os recursos naturais, ao longo dos anos (SONG *et al.*, 2020). A atividade antropogênica e as mudanças climáticas afetam as funções ecológicas destas áreas, devido a capacidade de resiliência limitada dos ecossistemas.

A vegetação da ilha é caracterizada por Mata Atlântica insular, na qual encontra-se o único manguezal insular do Atlântico Sul, o Mangue da Baía do Sueste (UNESCO, 2019). Esta Baía apresenta uma única espécie de mangue, a *Laguncularia racemosa* (Mangue Branco). Devido a esse fato, constitui-se num habitat bem peculiar e raro, sendo um dos poucos locais de incidência da espécie em ilhas oceânicas do Atlântico Sul. Esta preciosidade ecológica esteve sob processo de degradação, especificamente por assoreamento, devido a obra da barragem do açude Xaréu e pela ampliação da pista de pouso e melhoria da Transnoronha (BARCELLOS *et al.*, 2017), estruturas que atualmente denotam alterações sistêmicas no fluxo hídrico pluviométrico lótico temporário no mangue.

Compreender a dinâmica do ambiente insular permite a aquisição de informações relativas ao padrão de resiliência local, assim como os agentes que possam representar potencial impactante (NESTICO; MASELLI, 2019). A invasão biológica é um componente importante das mudanças ambientais globais e tem impactos negativos sobre a biodiversidade nativa dos ecossistemas insulares (HOFMAN; RICK, 2018). O controle e a erradicação de plantas invasoras podem trazer importantes benefícios para a conservação e a preservação do meio ambiente. O gerenciamento e o monitoramento de espécies exóticas apresentam custo significativo que denotam decisões de priorização necessárias para o planejamento e o gerenciamento adequado e sustentável.

Outrossim, a quantificação da Pegada de Carbono nas atividades de um destino turístico insular pode contribuir para a elaboração de estratégias condizentes com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS (ONU, 2015), além de fornecer insumos para ações que reduzam esta Pegada, mitigando os impactos ambientais negativos.

Diante das questões apresentadas, o estudo exploratório analisou aspectos relativos a condição ambiental de uma área protegida e sob domínio do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha. Para compreender a dinâmica local e buscar estratégias para a elevação da qualidade ambiental, o uso de indicadores de sustentabilidade (bioindicador da qualidade ambiental e Pegada de Carbono) foi fundamental. Ações que visem auxiliar na preservação ambiental, por meio de estudos que denotem a sustentabilidade, e vislumbrem a elevação da qualidade ambiental como um todo necessitam da estruturação de um monitoramento constante. Tais insumos auxiliarão na tomada de decisão para o gerenciamento dos recursos naturais, seguindo os preceitos da sustentabilidade e dos ODS.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Auxiliar na preservação da qualidade ambiental dos ecossistemas de ambientes insulares, por meio do estudo da Baía do Sueste, buscando o estabelecimento de indicadores que denotem sustentabilidade as diversas atividades que tem lugar neste ambiente e vislumbrem a elevação da qualidade ambiental como um todo.

2.2 Objetivos Específicos

- ✓ Estudar o arcabouço teórico que contemple questões relativas à análise da sustentabilidade de uma localidade e que reflita as possibilidades quanto ao diagnóstico da sustentabilidade de um determinado local e de um destino turístico a partir do uso de indicadores de sustentabilidade e com os objetivos da ONU;
- ✓ Buscar evidências *in loco* que possam revelar o nível dos critérios de análise das matrizes de parâmetros sociais, econômicos e ambientais, no sentido de compreender as dinâmicas ali estabelecidas, assim como os indicadores que devem ser monitorados para que as atividades que tem lugar no Arquipélago possam ter sinergia positiva quanto a conservação dos ecossistemas da Baía do Sueste;
- ✓ Construir índice a partir da proposta de um conjunto de indicadores, critérios de análise e matrizes de parâmetros elaborados para avaliar as dimensões do *triple bottom line* e com indicadores relativos aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável das Organizações das Nações Unidas;
- ✓ Dimensionar a Pegada Carbono e Hídrica das atividades que tem lugar no Arquipélago e possam ter sinergia positiva quanto a conservação dos ecossistemas da Baía do Sueste.

3. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Visando-se atingir os objetivos propostos com maior profundidade, a presente dissertação está dividida em quatro capítulos:

Capítulo 1 – "Bibliometria de 2010 a 2018 sobre a problemática e o manejo de espécies vegetais invasoras em ambientes insulares. Este trabalho analisou a distribuição de espécies invasoras em ilhas, bem como identificou os potenciais impactos ambientais por meio da análise bibliométrica. Este método permite a aquisição de insumos para a compreensão da temática analisada.

Capítulo 2 - Gestão sustentável em ilhas: uma análise dos Planos de Manejo do Arquipélago Fernando de Noronha – PE. A pesquisa identificou as principais mudanças no Plano de Manejo do Arquipélago, no que diz respeito à gestão resíduos sólidos e a perda de habitat através da análise comparativa entre os documentos oficiais e da legislação ambiental.

Capítulo 3 - Invasão biológica em ilhas: análise da distribuição espacial da *Leucaena leucocephala* [Lam.] de Wit numa área protegida do Arquipélago Fernando de Noronha – PE (Brasil). O trabalho avaliou a Ecologia da população não nativa; a dinâmica de invasão e a distribuição espacial da *L. leucocephala* por meio da amostragem aleatória, análise de agrupamento e investigação fitossociológica.

Capítulo 4 - Avaliação da Pegada de Carbono de viagens aéreas em destino insular: estudo do Arquipélago Fernando de Noronha – PE (Brasil). O presente trabalho analisou a Pegada de Carbono nas viagens aéreas ao Arquipélago Fernando de Noronha por meio da quantidade emitida de Gases de Efeito Estufa do transporte aéreo doméstico determinado pelo Departamento de Meio Ambiente, Alimentos e Assuntos Rurais do Reino Unido.

4. CONSIDERAÇÕES GERAIS

A utilização dos indicadores de sustentabilidade (Bioindicador – *Leucaena leucocephala*, alterações de áreas protegidas e Pegada de Carbono) são inerentes aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável e indicam a necessidade de elevação da qualidade ambiental do destino turístico insular.

As ações para a gestão ambiental precisam englobar a crescente invasão biológica no ambiente insular, avaliando os efeitos negativos e as ações para o monitoramento, o controle e a erradicação de espécies exóticas invasoras até 2020. A espécie invasora *Leucaena leucocephala* é considerada uma planta extremamente agressiva e está presente no Arquipélago Fernando de Noronha. Esta exerce dominância no povoamento amostrado na Baía de Sueste, com formação de florestas densas e monoespecíficas. Ações devem ser tomadas (processos físicos, químicos e biológicos), a depender do grau de invasão, para o manejo sustentável da invasora. No mais, deverão ser elaborados programas de manejo e de controle da espécie invasora, com o envolvimento da comunidade. Cabe salientar que estas ações estão em consonância com a Agenda 2030, mais especificadamente o 15º Objetivo do Desenvolvimento Sustentável.

As ações antropogênicas intensificaram no Arquipélago, ocasionando a perda de áreas protegidas, problemas no gerenciamento de resíduos sólidos e produção de megatoneladas de Dióxido de Carbono equivalentes (Pegada de Carbono). A quantidade de Gases de Efeito Estufa produzida pelo transporte aéreo é crescente, pois o quantitativo de moradores e de turistas cresce rapidamente, desrespeitando o Estudo de Capacidade Suporte da ilha.

Ressalta que, visto as atividades que acontecem na Baía de Sueste não envolverem consumo hídrico direto, face serem de cunho contemplativo (observação da Avifauna, da Ictiofauna e demais vida marinha da localidade), assim como as atividades que tem lugar no Arquipélago não possuem sinergia positiva quanto a demanda hídrica desta localidade em particular (água pluvial de escoamento superficial), foi desconsiderado o desenvolvimento do estudo da Pegada Hídrica direta. Espera-se que as informações apresentadas na pesquisa possam ser utilizadas pelos gestores da ilha para ações condizentes com os preceitos da sustentabilidade, reafirmando o acordo do Brasil para os objetivos e as metas da Agenda 2030.

REFERÊNCIAS

- BARCELLOS, R. L.; LINS, S. R. R. M.; JUNIOR, C. C.; TRAVASSOS, P. E. 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.
- BURJACHS, F.; PÉREZ-OBÍOL, R.; PICORNELL-GELABERT, L.; REVELLES, J.; SERVERA-VIVES, G.; EXPÓSITO, I.; YLL, E. I. Overview of environmental changes and human colonization in the Balearic Islands (Western Mediterranean) and their impacts on vegetation composition during the Holocene. **Journal of Archaeological Science: Reports**, v. 12, p. 845-859, 2017.
- COSTA, C. S.; ROCKETT, G. C.; PORTZ, L. C.; SOUZA-FILHO, J. R. Beach landscape management as a sustainable tourism resource in Fernando de Noronha Island (Brazil). **Marine Pollution Bulletin**, v. 150, p. 608-621, 2020.
- 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, n. 1, p. 105-115, 2018.
- MBEDZI, M.; TSHISIKHAWA, M. P.; SINTHUMULE, N. I.; RAHLAO, S. The rate of regeneration of native plant species after the eradication of invasive alien plant species in Limpopo Province, South Africa. **South African Journal of Botany**, v. 115, p. 298-308, 2018.
- NESTICO, A.; MASELLI, G. Sustainability indicators for the economic evaluation of tourism investments on islands. **Journal of Cleaner Production**, p. 119-217, 2019.
- PRAENE, J. P.; PAYET, M.; BÉNARD-SORA, F. Sustainable transition in small island developing states: Assessing the current situation. **Utilities Policy**, v. 54, p. 86-91, 2018.
- SONG, J.; NAGAE, M.; TAKAO, Y.; SOYANO, K. Field survey of environmental estrogen pollution in the coastal area of Tokyo Bay and Nagasaki City using the Japanese common goby *Acanthogobius flavimanus*. **Environmental Pollution**, v. 258, p. 665-673, 2020.

TODARO, N. M.; TESTA, F.; DADDI, T.; IRALDO, F. Antecedents of environmental management system internalization: Assessing managerial interpretations and cognitive framings of sustainability issues. **Journal of Environmental Management**, v. 247, p. 804-815, 2019.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS): Agenda para 2030**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 10 de janeiro de 2019.

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Decision - 25 COM X.A - **Brazilian Atlantic Islands: Fernando de Noronha and Atol das Rocas Reserves (Brazil)**. 2001. Disponível em: <http://whc.unesco.org/en/decisions/2319>. Acesso em: 09 de maio de 2018.

UNESCO – United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Decision - 25 COM X.A - **Brazilian Atlantic Islands: Fernando de Noronha and Atol das Rocas Reserves (Brazil)**, 2001. Disponível em: <http://whc.unesco.org/en/decisions/2319>. Acesso em: 09 de maio de 2018.

VERMA, P.; RAGHUBANSHI, A. S. Urban sustainability indicators: Challenges and opportunities. **Ecological Indicators**, v. 93, p. 282-291, 2018.

YANG, L.; WANG, C.; YU, H.; YANG, M.; WANG, S.; CHIU, A. S.; WANG, Y. Can an island economy be more sustainable? A comparative study of Indonesia, Malaysia, and the Philippines. **Journal of Cleaner Production**, v. 242, p. 562-572, 2020.

CAPÍTULO 1

BIBLIOMETRIA DE 2010 A 2018 SOBRE A PROBLEMÁTICA E O MANEJO DE ESPÉCIES VEGETAIS INVASORAS EM AMBIENTES INSULARES¹

RESUMO

Ambientes insulares são áreas geográficas cercadas por água que possuem elevada biodiversidade e valor sustentável mundial. Estes locais estão sendo alterados de forma negativa pela introdução de espécies exóticas invasoras, o que compromete a qualidade ambiental dessas regiões. O objetivo deste trabalho é compreender e analisar a distribuição destas alienígenas em ilhas, bem como identificar os potenciais impactos ambientais. A análise bibliométrica, método aplicado nesta pesquisa, foi satisfatória para alcançar os objetivos do trabalho no que concerne ao processo de invasões biológicas em regiões insulares. A comunidade científica mostra-se preocupada com os efeitos desta invasão, pois o número de publicações sobre a temática cresce com o passar do tempo. Observa-se que são necessárias ações condizentes com os preceitos da sustentabilidade, tendo em vista o comprometimento da qualidade ambiental. Os países desenvolvidos possuem maior atenção do que as nações em desenvolvimento, ocorrendo a necessidade de ações práticas para a erradicação e a mitigação das alterações negativas. Foi possível observar que a área do conhecimento Ciências Ambientais possui maior atenção sobre a temática analisada, pois existe a maior busca por conservação e por preservação do meio ambiente. Observa-se que é necessária a adoção de práticas e de ações para a erradicação e o controle destas em ilhas.

Palavras-chave: Invasão Biológica, Impactos Ambientais, Gestão Ambiental.

BIBLIOMETRY 2010 TO 2018 ON PROBLEM AND THE MANAGEMENT OF INVASIVE VEGETABLE SPECIES IN INSULAR ENVIRONMENTS

ABSTRACT

Isolated environments are geographical areas surrounded by water that have high biodiversity and sustainable world value. These sites are being negatively altered by the introduction of invasive alien species, or compromising the environmental quality of these regions. The aim of this paper is to understand and analyze the distribution of these aliens on islands, as well as to identify environmental impacts. A bibliometric analysis, a method applied in this research, was satisfactory to achieve the objectives of the work that don't concern the process of biological invasions in island regions. The scientific community is concerned about the effects of this invasion, and the number of publications on the theme grows over time. Note that actions consistent with the precepts of sustainability are necessary, in view of the compromise of environmental quality. Developed countries have greater attention than developing countries, and there is a need for practical action to eradicate and mitigate negative change. It was observed that the

¹ Trabalho discutido, de forma preliminar, no *International Workshop Advances in Cleaner Production – Coupling Green to Blue Economies*, que teve lugar em Sanya (China), de 13 a 15 de novembro de 2019 (Apêndice I).

area of knowledge Environmental Sciences has more attention on the theme analyzed, because there is a better search for conservation and preservation of the environment. Note that adoption practices and actions are required to eradicate and control these islands.

Keywords: Biological Invasion, Environmental Impacts, Environmental Management.

1. INTRODUÇÃO

Ambientes insulares são áreas geográficas cercadas por água que possuem características ecossistêmicas peculiares, pois o isolamento geográfico é influenciado por fenômenos naturais e antropogênicos (FERNANDES; PINHO, 2017; GAO *et al.*, 2019). As regiões insulares apresentam-se como locais adequados para a formulação de hipóteses, tendo em vista a limitação dos recursos naturais e o espaço físico, o que proporciona verdadeiros “laboratórios experimentais” (BURJACHS *et al.*, 2017).

Segundo Shackleton *et al.* (2019), as alterações ambientais negativas são consideradas problemáticas para a gestão eficiente e sustentável das ilhas, com consequências diretas na qualidade ambiental e no aumento de espécies invasoras. As invasões biológicas ocasionadas por espécies vegetais podem alterar as propriedades dos ecossistemas de forma contínua e permanente (KENNEDY *et al.*, 2018). Tais questões são insustentáveis se observado o equilíbrio dinâmico necessário para o *triple bottom line* (ELKINGTON, 2004), pois a vertente ambiental está sendo comprometida substancialmente.

Neste sentido, a biocenose está sendo ameaçada pelos inúmeros impactos negativos causados pelas plantas não nativas, sendo fundamental o processo de diagnóstico e de monitoramento dessas espécies para quantificar as mudanças nos ecossistemas e propor ações condizentes com a sustentabilidade, visando a adoção de práticas conservacionistas e a erradicação destas (BORGES *et al.*, 2018). As invasões biológicas em Arquipélagos, países insulares e ilhas advém de acontecimentos naturais e antropogênicos, sendo este último mais impactante, pois as plantas exóticas podem dominar uma área, comprometendo a biodiversidade (HOFMAN; RICK, 2018). Ainda segundo os autores, as plantas invasoras têm diferentes respostas às interações que ocorrem na natureza, de forma que as relações interespecíficas são desarmônicas quando danos a flora nativa são observadas.

Identificar os atores atuantes em ilhas, bem como as partes interessadas na gestão sustentável é de suma relevância para a elaboração de programas de conservação e de

preservação da vegetação nativa, com ações que eliminem as plantas invasoras. Isto só poderá ser possível diante de uma estrutura organizada e integrada que envolvam os gestores, a sociedade e os tomadores de decisão (OMONDIAGBE *et al.*, 2017). Em consonância com Povak *et al.* (2017), as estratégias de prevenção e de diagnóstico fornecem ferramentas para o apoio à decisão sobre o manejo de espécies invasoras de forma ambientalmente segura. Neste sentido, a elaboração de tais ferramentas propiciam a proteção de florestas nativas e a remoção de espécies exóticas. Consequentemente, compreender o nível de degradação ambiental que estas espécies invasoras proporcionam para o meio é de suma importância para adotar ações eficazes de monitoramento e de erradicação destas, a depender da realidade de cada local, do custo e do método utilizado. Neste sentido, a análise bibliométrica permite a aquisição dos insumos que expõem as problemáticas e o manejo sustentável de plantas exóticas em ilhas, pois o pesquisador adquire conhecimento sobre as pesquisas científicas na área em questão (ATAMANCZUK, 2017).

Diante dos potenciais prejuízos ambientais que as espécies invasoras promovem em áreas territoriais isoladas e das principais práticas de erradicação destas, o presente estudo investiga a produção mundial sobre as invasões biológicas nesses ambientes entre os anos de 2010 à 2018 nas plataformas *Web of Science* e *ScienceDirect*, buscando compreender e analisar os reais impactos negativos, bem como o manejo para erradicação destas a partir das tomadas de decisão para a gestão sustentável de ilhas. Para isto, a quantificação dos trabalhos e a interpretação textual (análise quantitativa) foram necessárias.

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A análise bibliométrica permite aproximar o pesquisador do objeto de estudo, bem como possibilita analisar estatisticamente a literatura acadêmica sob diferentes perspectivas (LIU *et al.*, 2019). Desta forma, a quantidade e a qualidade das produções científicas apresentam panoramas inovadores e tendências de pesquisa (ELLEGAARD; WALLIN, 2015). O levantamento de dados foi realizado nas bases *ScienceDirect* e *Web of Science*, buscando artigos científicos publicados entre 2010 e 2018; usando indicadores correlatos as temáticas de invasão biológica em ambiente insulares, visando investigar sobre como a comunidade científica está tratando tal assunto (ATAMANCZUK, 2017).

As plataformas foram acessadas pelo Portal de Periódicos Capes, definindo os indicadores usados e a temporalidade dos artigos científicos.

A base *ScienceDirect* é considerada a maior empresa de divulgação de informações científicas e técnicas do mundo, com mais de 9,5 milhões de artigos publicados (KHISTE; PAITHANKAR, 2017). Do mesmo modo, considerado como um dos mais influentes bancos de dados sobre pesquisas científicas de alta qualidade da atualidade, o *Web of Science* é uma plataforma que fornece dados originais para os pesquisadores e a sociedade em geral (WU *et al.*, 2018). O material acessado na plataforma ISI *Web of Science Core Collection* – WoSCC é interdisciplinar, influente, atualizado com frequência, fornecendo um índice abrangente de periódicos de diversas áreas (GAO *et al.*, 2018).

O inglês foi o idioma empregado em ambas as plataformas. A consulta aplicada foi [TITLE-ABSTRACT-KEYWORDS (“*Management*”, “*Invasive Species*”, “*Island*”) e TITLE-ABSTRACT-KEYWORDS (“*Environmental*”, “*Invasive Species*”, “*Island*”)], visto a crescente preocupação pública, acadêmica, social, ambiental e econômica pelos temas. Nesta perspectiva, após estabelecer os filtros espaço-temporal (2010 a 2018); tipo de periódico (revistas científicas); idioma (inglês) e tipo de produção científica (artigo de pesquisa); inseriu-se o texto dos indicadores a serem pesquisados, aplicando-se o comando de localização. Posteriormente, adotaram-se as seguintes etapas: tratamento dos dados, análise quantitativa e textual/qualitativa. Isso foi possível por meio de softwares como o *Mendeley*, o Excel e o *Iramuteq*.

A análise do conteúdo das produções científicas levantadas focou nos impactos ambientais que as espécies invasoras causam em regiões insulares, bem como os métodos de manejo e as partes interessadas que devem ter lugar na gestão sustentável de ilhas. O *Mendeley* auxiliou na retirada de duplicadas, bem como na padronização e no manuseio dos mesmos. Por meio da leitura dos elementos pré-textuais (título e resumo), foi realizada a exclusão dos artigos que não faziam parte do eixo temático central analisado, tornando a amostra mais específica aos estudos que o observador quer analisar. Com isso, o presente trabalho explorou as pesquisas científicas sobre espécies vegetais invasoras em ilhas, Arquipélagos, países insulares e outras regiões com tais características.

O programa Excel foi usado na investigação quantitativa da amostra, por meio da estatística descritiva. Após o tratamento dos dados, a elaboração de gráficos e de tabelas mostraram-se necessárias para explanação dos resultados. A quantificação e a identificação das regiões insulares, dos periódicos (*Qualis*) e dos anos de publicação dos

artigos informaram o desenvolvimento da literatura sobre a temática, além da especialização dos trabalhos desenvolvidos (LIU *et al.*, 2019).

O *Qualis* foi considerado nesta análise bibliométrica por ser um instrumento que utiliza diferentes métricas para descrever o desempenho qualitativo dos jornais científicos (SOUZA-ALMEIDA; ALMEIDA; CARVALHO, 2018). Ainda segundo estes autores, a classificação qualitativa dos periódicos acompanha a ordem do grau de impacto ou relevância, sendo o periódico “A1” o mais conceituado. É importante salientar que o último conceito “C” da classificação realizada pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES diz respeito aos jornais científicos que não atendem aos requisitos básicos para cada área do conhecimento (BARATA, 2016). Além disso, existem alguns jornais que não possuem conceito, pois não foram avaliados pela CAPES, integrante do Ministério da Educação do Brasil. Na análise em questão, “Engenharias I” e “Ciências Ambientais” foram as áreas do conhecimento consideradas no trabalho.

A frequência das palavras foi determinada através da nuvem elaborada na análise textual de um grupo de textos, que correspondeu aos títulos, aos resumos e as palavras-chave dos artigos. O software *Iramuteq* agrupou as palavras em função da repetição que aparecem no texto. A análise lexical foi de suma importância para o entendimento da nuvem de palavras (RAMOS; ROSÁRIO-LIMA; AMARAL-ROSA, 2018), pois possibilita realizar o agrupamento dos termos devido a quantidade de repetição destes no corpo textual, existindo palavras maiores e menores a depender da frequência (MELCHIOR; ZANINI, 2019). Como esta ferramenta é apenas para o processamento dos dados adquiridos, a interpretação e análise dos artigos é de responsabilidade do pesquisador.

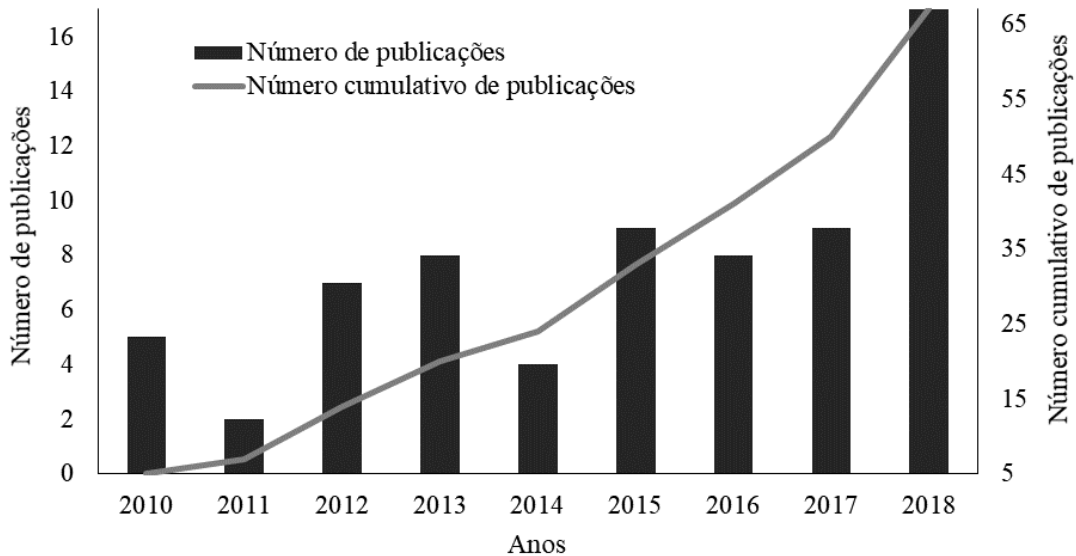
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Quantificação e classificação das publicações

Primeiramente, 538 publicações que trataram de questões relacionadas às invasões biológicas foram identificadas. Desta amostra inicial, somente os artigos de pesquisa no idioma inglês foram considerados, excluindo livros, artigos de revisão, resumos, notícias, dentre outros. Outrossim, após a retirada de duplicadas e material fora do eixo temático, a amostra final foi composta por 67 artigos. Durante o período estudado, o número de publicações científicas sobre as invasões biológicas em ambientes insulares

aumentou gradativamente (Figura 1), demonstrando uma crescente produção da comunidade científica sobre a temática analisada (VAN-NUNEM *et al.*, 2018).

Figura 1. Número de publicações científicas e acumulado sobre espécies invasoras em regiões insulares



Analisando o quantitativo cumulativo de publicações sobre esta temática, observa-se o aumento das pesquisas de forma significativa. Têm-se, 24 publicações no período entre 2010 e 2014. Nos últimos anos (2015 a 2018), esse número aumentou para 67 publicações, o que representou um acréscimo de 107,5 % na quantidade de trabalhos científicos.

A quantidade de plantas exóticas que obtiveram sucesso no processo de invasão, de estabelecimento e de dominação em ilhas cresce rapidamente, onde aproximadamente 360 áreas insulares já consideram tais espécies naturalizadas (VAN-KLEUNEM *et al.*, 2015). As preocupações de cientistas e da sociedade sobre os problemas decorrentes das espécies invasoras levaram a uma melhor documentação das distribuições e das quantificações dos impactos negativos sobre a biodiversidade; e os inventários florestais tornaram-se norteadores do plano de manejo de muitas regiões (SHRESTHA *et al.*, 2018).

Em consonância com Shackleton *et al.* (2019), as pesquisas relacionadas ao estudo e ao manejo de plantas invasoras, bem como a investigação, a ciência e a ecologia de invasão cresceram acentuadamente na última década. Ainda segundo os autores, o fato de diversos pesquisadores estarem trabalhando cada vez mais com esse eixo temático pode demonstrar a atual preocupação com a perda da biodiversidade, bem como a urgência na gestão sustentável de ilhas.

No total, 46 diferentes periódicos foram identificados, sendo que 30 possuem *Qualis* em pelo menos uma das áreas do conhecimento, Engenharias I ou Ciências Ambientais (Quadro 1). Na área Engenharias I, 23,3% da amostra possui *Qualis* A; já em Ciências Ambientais, 80% possui *Qualis* A. Por tratar-se de uma área do conhecimento que expressa preocupação e esforços para a proteção do meio ambiente e manutenção da biodiversidade (SAUVÉ; BERNARD; SLOAN, 2016), as Ciências Ambientais apresentam-se como o maior impacto de qualidade científica. Ainda segundo os autores, a interdisciplinaridade, a multidisciplinaridade e a pluridisciplinaridade entre Engenharias I e Ciências Sociais é essencial para progredir nos projetos ambientais.

Quadro 1. Classificação dos periódicos no quadriênio 2013-2016 para Engenharias I e Ciências Ambientais

Periódicos	Qualis/CAPES	Qualis/CAPES
	(Engenharias I)	(Ciências Ambientais)
<i>Acta Oecologica</i>	B1	-
<i>Basic and Applied Ecology</i>	-	A2
<i>Biodiversity and Conservation</i>	B1	A2
<i>Biological Conservation</i>	-	A1
<i>Biological Control</i>	-	A2
<i>Biological Invasions</i>	-	A1
<i>Community Ecology</i>	B1	-
<i>Diversity and Distributions</i>	-	A1
<i>Ecological Applications</i>	B1	A1
<i>Ecological Economics</i>	-	A1
<i>Ecological Indicators</i>	A1	A1
<i>Ecological Modelling</i>	A1	A2
<i>Ecology and Evolution</i>	-	A2
<i>Ecosphere</i>	A2	A1
<i>Environmental Science and Policy</i>	B1	A1
<i>Forest</i>	-	A2
<i>Forest Ecology and Management</i>	B1	A1
<i>Geoderma</i>	A2	A1
<i>Global Ecology and Biogeography</i>	-	A1
<i>Global Environmental Change</i>	-	A1
<i>Journal of Applied Ecology</i>	-	A1
<i>Journal of Environmental Management</i>	A1	A1
<i>Management of Biological Invasions</i>	B5	C
<i>Marine Pollution Bulletin journal</i>	A2	A1

<i>Palaeogeography,</i> <i>Palaeoclimatology,</i> <i>Palaeoecology</i>	-	A1
<i>PhytoKeys</i>	-	B1
<i>Plant Biosystems</i>	-	A2
<i>Plant Gene</i>	-	B1
<i>Procedia Environmental Sciences</i>	-	B4
<i>Restoration Ecology</i>	A2	A2

A revista *Forest Ecology and Management* foi a mais utilizada pelos pesquisadores que trabalham com invasões biológicas, com 5 artigos científicos. Os principais levantamentos desses trabalhos dizem respeito às atividades humanas e às mudanças climáticas no processo de intensificação da degradação ambiental em ilhas, o que intensifica a dispersão de espécies invasoras. Outrossim, a gestão insular sustentável mostra-se necessária para erradicação destas nos ecossistemas (POVAK *et al.*, 2017; TRAUERNICHT *et al.*, 2018). Além desses assuntos abordados, tem-se a avaliação sobre como a disponibilidade de recursos (luz e nutrientes) em áreas antropizadas está diretamente ligada ao estabelecimento de espécies invasoras, sendo estes fatores limitantes na dispersão das mesmas (DREISS; VOLIN, 2013).

A redução da biodiversidade, mais especificadamente a diminuição de florestas nativas, ocorre com a competição entre as espécies presentes. A densidade de plantas invasoras, formando densas populações, promove o decaimento da diversidade genética e o favorecimento de locais monoespecíficos (WELLER *et al.*, 2018). A invasão biológica é uma grande ameaça aos ecossistemas naturais. O processo de introdução destas invasoras pode acontecer ao longo das bordas e/ou interior de florestas, o que acarreta em alterações nas condições do habitat e na regeneração dos ecossistemas naturais (CALVINO; VAN, 2018).

O segundo periódico com mais publicações foi o *Biological Invasions*, com 4 artigos, sendo as pesquisas envolvendo as partes interessadas no manejo sustentável de espécies não nativas; ausência de uma rede integrada entre os grupos e as entidades envolvidas na conservação de ilhas; métodos para calcular os custos para a eliminação destas espécies e orientar nas ações de manejo e gestão contínua (OMONDIAGBE *et al.*, 2017; WENGER *et al.*, 2018;). Baker *et al.* (2018) avaliaram uma planta invasora numa ilha próxima a costa da Austrália e identificaram que as ações de erradicação desta devem durar aproximadamente 20 anos. Os projetos para proteção da biodiversidade de ilhas são complexos e requerem um planejamento cuidadoso em todas as etapas. Tais projetos para

a erradicação de plantas invasoras precisam atender a realidade local, ser viável financeiramente e ter uma avaliação prévia para que ocorra a eliminação das exóticas de forma eficaz (BUDDENHAGEN; TYE, 2015).

O periódico *Biological Conservation* apresenta 3 publicações que retrata principalmente sobre a modelagem e o monitoramento da distribuição, do crescimento, da propagação e da remoção de espécies não nativas. As estratégias adotadas necessitam de dados levantados durante um tempo confiável para que as ações tomadas no manejo sustentável ocorram de forma satisfatória (SANDOVAL; ACKERMAN; ALCÁZAR, 2016; BAKER *et al.*, 2018). Em consonância com Le Roux *et al.* (2013), os impactos ambientais de espécies invasoras podem ser mais significativos ou não, a depender da confiabilidade dos dados bases para a elaboração e a implementação de projetos ambientais.

3.2 Distribuição espacial e especificidades das pesquisas

As 67 publicações foram escritas por 397 autores de 30 países, sendo estas pesquisas científicas envolvendo a questão das invasões biológicas por plantas não nativas. Os 4 países com maior percentual de publicações representam-se com mais de 50% da produção científica sobre a temática analisada (Tabela 1). Em termos de continentes, a Europa apresenta a comunidade científica mais preocupada com as questões das espécies invasoras, tendo em vista os diversos trabalhos sobre estas em ilhas (CAMPAGNARO; BRUNDU; SITZIA, 2018; RODRÍGUEZ-MERINO *et al.*, 2018).

Tabela 1. Distribuição da comunidade científica por região geográfica

Países	Autores/Instituições	Contribuição (%)
EUA	58	23,39
Austrália	37	14,92
Itália	22	8,87
Portugal	17	6,85
Espanha	13	5,24
Reino Unido	10	4,03
Equador	9	3,63
Nova Zelândia	9	3,63
França	7	2,82
Chile	6	2,42
África do Sul	6	2,42
Argentina	5	2,02
Áustria	5	2,02
Canadá	5	2,02
Suíça	5	2,02
Alemanha	4	1,61

Brasil	4	1,61
Polinésia Francesa	4	1,61
Holanda	4	1,61
China	3	1,21
Índia	2	0,81
Noruega	2	0,81
República Checa	2	0,81
Taiwan	2	0,81
Vietnã	2	0,81
Colômbia	1	0,40
Estônia	1	0,40
Maldívias	1	0,40
República Maurícia	1	0,40
Tailândia	1	0,40

Por ser uma potência mundial em várias áreas do conhecimento, os EUA investem bastante nos estudos voltados à temática analisada. As principais pesquisas estão direcionadas ao Havaí, sendo este ambiente insular um local ideal para formular hipóteses sobre a dispersão de espécies invasoras, bem como o manejo e partes interessadas que devem ter lugar no processo de monitoramento e de erradicação dessas espécies (AUGUST-SCHMIDT *et al.*, 2015). Segundo Povak *et al.* (2017), o desenvolvimento de ferramentas de apoio à decisão é de suma importância para a remoção e, conseqüentemente, proteção do ambiente por meio da análise da cobertura espacial de espécies invasoras, custo e eficácia para o manuseio destas, além de promoção da sensibilização quanto à conservação das florestas nativas em regiões insulares.

A Oceania possui significativa representação devido ao país insular Austrália, em que a presença de espécies não nativas representa elevados custos operacionais para o controle e a erradicação destas na região (OSUNKOYA; FROESE; NICOL, 2019). Neste país, a erradicação de espécies invasoras envolve o tamanho e a infestação destas; o terreno, onde o custo é maior à medida que a área de análise aumenta. Por conseguinte, essas variáveis precisam ser consideradas pelos gestores ambientais da ilha, visando a adoção de ações estratégicas para diminuir as alterações negativas (WENGER *et al.*, 2017).

Segundo Lazzaro *et al.* (2017), a elaboração de mapas de risco com a dimensão de áreas invadidas no Arquipélago de Toscana (Itália) foi uma ferramenta eficaz para o diagnóstico, possibilitando a compreensão do nível de alteração ambiental em que o ecossistema se encontrava. O Arquipélago de Açores (Portugal) apresenta trabalhos científicos voltados a identificação e o controle de espécies não nativas, bem como a

utilização da biomassa destas como uma alternativa de manejo e fonte energética (COSTA, 2012; SILVA *et al.*, 2018).

A América do Sul apresenta elevada biodiversidade, onde desempenha papel direto no sistema climático global e regional. Entretanto, mediante a crise econômica, política e ambiental dos países membros, além dos cortes significativos nos programas de pesquisas sobre biodiversidade, o número de publicações é baixo (FERNANDES *et al.*, 2017). Desta forma, a origem institucional dos autores desse continente apresenta baixa representatividade, sendo identificados apenas alguns trabalhos científicos.

Oliveira e Soares (2018) avaliaram as pressões regionais e globais, tais como as mudanças climáticas, as alterações na biodiversidade e as variações nas características bióticas e abióticas nas ilhas do Atlântico Sul, sendo observado impactos negativos desencadeados pelas invasões biológicas no Atol das Rocas e no Arquipélago Fernando de Noronha. Costa, Fonseca e Bianchini (2015) retrataram a ecologia da invasão da *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit, sendo esta considerada uma das 100 espécies mais agressivas no processo de ocupação em áreas naturais (LOWE *et al.*, 2000).

3.3 Frequência de palavras

A nuvem de palavras foi formada através do agrupamento dos termos mais frequentes. Nesta perspectiva, as palavras que apresentaram maior destaque na análise textual (Figura 2) estão na área central e apresentam maior tamanho (MELCHIOR; ZANINI, 2019). Observa-se elevada frequência dos termos *specie*, *island*, *plant* e *management* devido a estes indicadores estarem associados ao eixo central da pesquisa.

Figura 2. Nuvem de palavras



A partir da representação da nuvem de palavras é possível observar os termos mais utilizados pelos pesquisadores (Tabela 2). Ademais, os trabalhos abordam como as espécies vegetais podem ser dominantes em ilhas e os locais onde os impactos são maiores (WAN; WANG, 2018). Outrossim, a gestão de ambientes insulares deve ser urgente para a erradicação e manejo adequado destas, reduzindo as alterações negativas e promovendo a sustentabilidade dos serviços ecossistêmicos (POUTEAU; MEYER; LARRUE, 2015).

Tabela 2. Frequência de palavras

Nomenclatura	Número de Repetições
<i>Specie</i>	370
<i>Island</i>	208
<i>Pant</i>	175
<i>Management</i>	117
<i>Invasion</i>	104
<i>Native</i>	103
<i>Area</i>	80
<i>Alien</i>	64
<i>Study</i>	57
<i>Soil</i>	48
<i>Conservation</i>	47
<i>Distribution</i>	47
<i>Impact</i>	44
<i>Tree</i>	44
<i>Region</i>	40
<i>Ecosystem</i>	39
<i>Eradication</i>	39

As espécies podem desencadear na biota nativa a diminuição da biodiversidade, a alteração na cobertura vegetal nas áreas invadidas e a descaracterização da biocenose nos ambientes insulares e nas áreas continentais (COSTA *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2018). Pesquisadores retratam como deve ser o manejo adequado para a erradicação destas. Sendo assim, a elaboração de ferramentas e de políticas públicas são capazes de fornecer apoio à decisão sobre o gerenciamento e o monitoramento para minimizar os impactos (MCGEOCH *et al.*, 2015; POVAK *et al.*, 2017).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A quantidade de espécies invasoras em ambiente insulares é alarmante para a biodiversidade global, tendo em vista a crescente presença destas nessas regiões. O número de pesquisas sobre as invasões biológicas aumenta de forma significativa, com o

passar dos anos. São inúmeros os impactos que essas espécies ocasionam, o que agrava a degradação da natureza nos ambientes que possuem fragilidade ecossistêmica.

A análise bibliométrica mostrou-se como um método eficaz no que concerne a fornecer insumos para compreensão da atual situação das invasões biológicas em ilhas, bem como a identificação das consequências e das ações para erradicação destas.

É de suma importância o diagnóstico confiável do processo de invasão, com informações científicas e técnicas para a elaboração de ações eficazes de erradicação e de controle das espécies não nativas. Observa-se que nos países desenvolvidos há maior produção científica na temática abordada, enquanto que nas nações em desenvolvimento, há baixo quantitativo de trabalhos científicos.

Por fim, a gestão sustentável de ilhas necessita que todos os atores atuantes estejam engajados numa rede integrada, visando a adoção de práticas/manejo adequadas para erradicação e, conseqüentemente, diminuição dos impactos ambientais. É fundamental compreender como estas espécies se estabelecem, mapeando as populações e adotando práticas sustentáveis de manejo destas.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – Facepe pelo apoio financeiro, através do edital IBPG-0987-3.07/17. Ao Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental em Pernambuco – Gampe pelo auxílio de pesquisadores para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ATAMANCZUK, M. J. Análise bibliométrica das publicações sobre sustentabilidade empresarial no Brasil entre os anos de 2010 a 2014. **Revista Uniabeu**, v. 10, n. 24, p. 143-157, 2017.

AUGUST-SCHMIDT, E. M.; HARO, G.; BONTRAGER, A.; D'ANTONIO, C. M. Preferential Associations of Invasive Lantana camara (Verbenaceae) in a Seasonally Dry Hawaiian Woodland1. **Pacific Science**, v. 69, n. 3, p. 385-398, 2015.

BAKER, C. M.; BOWER, TARTAGLIA, E.; BODE, M.; BOWER, H.; PRESSEY, R. L. Modelling the spread and control of cherry guava on Lord Howe Island. **Biological Conservation**, v. 227, p. 252-258, 2018.

BARATA, R. D. C. Dez coisas que você deveria saber sobre o Qualis. **RBPG**, v. 13, n. 30, p. 13-40, 2016.

BORGES, P. A. V.; CARDOSO, P.; KREFT, H.; WHITTAKER, R. J.; FATTORINI, S.; EMERSON, B. C.; STEINBAUER, M. J. Global Island Monitoring Scheme

- (GIMS): a proposal for the long-term coordinated survey and monitoring of native island forest biota. **Biodiversity and Conservation**, v. 27, n. 10, p. 2567-2586, 2018.
- BUDDENHAGEN, C. E.; TYE, A. Lessons from successful plant eradications in Galapagos: commitment is crucial. **Biological Invasions**, v. 17, n. 10, p. 2893-2912, 2015.
- BURJACHS, F.; PÉREZ-OBÍOL, R.; PICORNELL-GELABERT, L.; REVELLES, J.; SERVERA-VIVES, G.; EXPÓSITO, I.; YII, E. L. Overview of environmental changes and human colonization in the Balearic Islands (Western Mediterranean) and their impacts on vegetation composition during the Holocene. **Journal of Archaeological Science: Reports**, v. 12, p. 845-859, 2017.
- CALVINO, C. M.; VAN, E. E. Invasive potential of *Eucalyptus globulus* and *Pinus radiata* into native eucalypt forests in Western Australia. **Forest Ecology and Management**, v. 424, p. 246-258, 2018.
- CAMPAGNARO, T.; BRUNDU, G.; SITZIA, T. Five major invasive alien tree species in European Union forest habitat types of the Alpine and Continental biogeographical regions. **Journal for Nature Conservation**, v. 43, p. 227-238, 2018.
- COSTA, H. Predicting successful replacement of forest invaders by native species using species distribution models: The case of *Pittosporum undulatum* and *Morella faya* in the Azores. **Forest Ecology and Management**, v. 279, p. 90-96, 2012.
- COSTA, H.; PONTE, N. P.; AZEVEDO, E. B.; GIL, A. Fuzzy set theory for predicting the potential distribution and cost-effective monitoring of invasive species. **Ecological Modelling**, v. 316, p. 122-132, 2015.
- COSTA, J. T.; FONSECA, I. C. B.; BIANCHINI, E. Population structure of the invasive species *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) in a seasonal semi-deciduous forest, southern Brazil. **Australian Journal of Botany**, v. 63, n. 7, p. 590-596, 2015.
- DREISS, L. M.; VOLIN, J. C. Influence of leaf phenology and site nitrogen on invasive species establishment in temperate deciduous forest understories. **Forest Ecology and Management**, v. 296, p. 1-8, 2013.
- ELKINGTON, J. **Enter the triple bottom line**. In A. Henriques & J. Richardson (Eds.), *The triple bottom line: Does it all add up?* (pp. 1-16). London, England: Earthscan, 2004.
- ELLEGAARD, O.; WALLIN, J. A. The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact? **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 1809-1831, 2015.
- FERNANDES, G. W.; VALE, M. M.; OVERBECK, G. E.; BUSTAMANTE, M. M.; GRELLE, C. E.; BERGALLO, H. G.; ARAÚJO, J. Dismantling Brazil's science threatens global biodiversity heritage. **Perspectives in Ecology and Conservation**, v. 15, n. 3, p. 239-243, 2017.
- FERNANDES, R.; PINHO, P. The distinctive nature of spatial development on small islands. **Progress in Planning**, v. 112, p. 1-18, 2017.
- GAO, L.; CAO, X. Z.; ZHANG, Y.; LIU, T. F.; ZHANG, A. H. Bibliometric analysis of literature regarding ostomy research based on the Web of Science database. **Frontiers of Nursing**, v. 5, n. 3, p. 193-198, 2018.

- GAO, S.; SUN, H.; ZHAO, L.; WANG, R.; XU, M.; CAO, G. Dynamic assessment of island ecological environment sustainability under urbanization based on rough set, synthetic index and catastrophe progression analysis theories. **Ocean & Coastal Management**, v. 178, p. 782-790, 2019.
- 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, n. 1, p. 65-115, 2018.
- KENNEDY, D. M.; KONLECJNER, T.; ZAVADIL, E.; MARIANI, M.; WONG, V.; LERODIACONOU, D.; MACREADIE, P. Invasive cordgrass (*Spartina* spp.) in south-eastern Australia induces island formation, salt marsh development, and carbon storage. **Geographical Research**, v. 56, n. 1, p. 80-91, 2018.
- KHISTE, G. P.; PAITHANKAR, R. R. Mapping of the Literature on “Bibliometric” By using Science Direct during 2005-2016. **New Man International Journal of Multidisciplinary Studies**, v. 4, n. 9, p. 89-93, 2017.
- LAZZARO, L.; VICIANI, D.; OLMO, D. L.; FOGGI, B. Predicting risk of invasion in a Mediterranean island using niche modelling and valuable biota. **Plant Biosystems**, v. 151, n. 2, p. 361-370, 2017.
- LE ROUX, P. C.; RAMASWIELA, T.; KALWIJI, J. M.; SHAW, J. D.; RYAN, P. G.; TREASURE, A. M.; CHOWN, S. Human activities, propagule pressure and alien plants in the sub-Antarctic: Tests of generalities and evidence in support of management. **Biological Conservation**, v. 161, p. 18-27, 2013.
- 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.
- 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.
- MCGEOCH, M. A.; SHAW, J. D.; TERAUDS, A.; LEE, J. E.; CHOWN, S. L. Monitoring biological invasion across the broader Antarctic: a baseline and indicator framework. **Global Environmental Change**, v. 32, p. 108-125, 2015.
- MELCHIOR, C.; ZANINI, R. R. Mortality per work accident: A literature mapping. **Safety Science**, v. 114, p. 72-78, 2019.
- OLIVEIRA-SOARES, M. Climate change and regional human pressures as challenges for management in oceanic islands, South Atlantic. **Marine Pollution Bulletin**, v. 131, p. 347-355, 2018.
- OSUNKOYA, O. O.; FROESE, J. G.; NICOL, S. Management feasibility of established invasive plant species in Queensland, Australia: A stakeholder’s perspective. **Journal of Environmental Management**, v. 246, p. 484-495, 2019.
- OMONDIAGBE, H. A.; TOWNS, D. R.; WOOD, J. K.; BOLLARD-BREEN, B. Stakeholders and social networks identify potential roles of communities in sustainable management of invasive species. **Biological Invasions**, v. 19, n. 10, p. 3037-3049, 2017.

ONU. Organização das Nações Unidas. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS): Agenda para 2030**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/>. Acesso em: 10 jan. 2019.

POUTEAU, R.; MEYER, J. Y.; LARRUE, S. Using range filling rather than prevalence of invasive plant species for management prioritisation: the case of *Spathodea campanulata* in the Society Islands (South Pacific). **Ecological Indicators**, v. 54, p. 87-95, 2015.

POVAK, N. A.; HESSBURG, P. F.; GIARDINA, C. P.; REYNOLDS, K. M.; HEIDER, C.; SALMINEN, E.; MACKENZIE, R. A. A watershed decision support tool for managing invasive species on Hawai 'i Island, USA. **Forest Ecology and Management**, v. 400, p. 300-320, 2017.

RAMOS, M. G.; ROSÁRIO-LIMA, V. M.; AMARAL-ROSA, M. P. IRAMUTEQ Software and Discursive Textual Analysis: Interpretive Possibilities. In: **World Conference on Qualitative Research**. Springer, Cham, p. 58-72, 2018.

RODRÍGUEZ-MERINO, A.; GARCÍA-MURILLO, P.; CIRUJANO, S.; FERNÁNDEZ-ZAMUDIO, R. Predicting the risk of aquatic plant invasions in Europe: How climatic factors and anthropogenic activity influence potential species distributions. **Journal for Nature Conservation**, v. 45, p. 58-71, 2018.

SANDOVAL, J.; ACKERMAN, M. J.; ALCÁZAR, D. Assessing the impact of grass invasion on the population dynamics of a threatened Caribbean dry forest cactus. **Biological Conservation**, v. 196, p. 156-164, 2016.

SAUVÉ, S.; BERNARD, S.; SLOAN, P. Environmental sciences, sustainable development and circular economy: Alternative concepts for trans-disciplinary research. **Environmental Development**, v. 17, p. 48-56, 2016.

SHACKLETON, R. T.; ADRIAENS, T.; BRUNDU, G.; DEHNEN-SCHMUTZ, K.; ESTÉVEZ, R. A.; FRIED, J.; MOSHOBANE, K. Stakeholder engagement in the study and management of invasive alien species. **Journal of Environmental Management**, v. 229, p. 88-101, 2019.

SHRESTHA, B. B.; JOSHI, S.; BISHT, N.; YI, S.; KOTRU, R.; CHAUDHARY, R. P.; WU, N. Inventory and impact assessment of invasive alien plant species in Kailash Sacred Landscape: ICIMOD working paper 2018/2 (2018). **ICIMOD Working Paper**, n. 2018/2, 2018.

SILVA, L. B.; LOURENÇO, P.; TEIXEIRA, A.; AZEVEDO, E. B.; ALVES, M.; ELIAS, R. B.; SILVA, L. Biomass valorization in the management of woody plant invaders: The case of *Pittosporum undulatum* in the Azores. **Biomass and Bioenergy**, v. 109, p. 155-165, 2018.

SILVA, L. B.; LOURENÇO, P.; TEIXEIRA, A.; AZEVEDO, E. B.; ALVES, M.; ELIAS, R. B.; SILVA, L. Biomass valorization in the management of woody plant invaders: The case of *Pittosporum undulatum* in the Azores. **Biomass and Bioenergy**, v. 109, p. 155-165, 2018.

SOUZA-ALMEIDA, I. C.; ALMEIDA, R. G.; CARVALHO, L. R. Academic rankings and pluralism: The case of Brazil and the new version of Qualis. **Economia**, v. 19, n. 3, p. 293-313, 2018.

- TRAUERNICHT, C.; TICKTIN, T.; FRAIOLA, H.; HASTINGS, Z.; TSUNEYOSHI, A. Active restoration enhances recovery of a Hawaiian mesic forest after fire. **Forest Ecology and Management**, v. 411, p. 1-11, 2018.
- VAN-NUNEN, K.; LI, J.; RENIERS, G.; PONNET, K. Bibliometric analysis of safety culture research. **Safety Science**, v. 108, p. 248-258, 2018.
- VAN- KLEUNEN, M.; DAWSON, W.; ESSL, F.; PERGL, J.; WINTER, M.; WEBER, E.; ANTONOVA, L. A. Global exchange and accumulation of non-native plants. **Nature**, v. 525, p. 100-113, 2015.
- WAN, J. Z.; WANG, C. J. 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.
- WELLER, S. G.; SAKAI, A. K.; CLARK, M.; LORENCE, D. H.; FLYNN, T.; KISHIDA, W.; WOOD, K. The effects of introduced ungulates on native and alien plant species in an island ecosystem: Implications for change in a diverse mesic forest in the Hawaiian Islands. **Forest Ecology and Management**, v. 409, p. 518-526, 2018.
- WENGER, A. S.; ADAMS, V. M.; LACONA, G. D.; LOHR, C.; PRESSEY, R. L.; MORRIS, K.; CRAIGIE, I. D. Estimating realistic costs for strategic management planning of invasive species eradications on islands. **Biological Invasions**, v. 20, n. 5, p. 1287-1305, 2018.
- WU, F.; GENG, Y.; TIAN, X.; ZHONG, S.; WU, W.; YU, S.; XIAO, S. Responding climate change: A bibliometric review on urban environmental governance. **Journal of Cleaner Production**, v. 204, p. 344-354, 2018.

CAPÍTULO 2

GESTÃO SUSTENTÁVEL EM ILHAS: UMA ANÁLISE DOS PLANOS DE MANEJO DO ARQUIPÉLAGO FERNANDO DE NORONHA - PE²

RESUMO

As ações antrópicas alteraram características físicas, químicas e biológicas do Arquipélago Fernando de Noronha. O zoneamento é uma ferramenta capaz de definir o uso e a ocupação do solo segundo os objetivos específicos de cada setorização. Este trabalho teve o objetivo de analisar as principais mudanças no Plano de Manejo de 2005 e de 2017 do Arquipélago, no que diz respeito à gestão resíduos sólidos e a perda de habitat. Um estudo bibliográfico sobre informações gerais dos resíduos sólidos, além de análise da legislação pertinente foram realizados. Foi necessário a análise documental comparativa para avaliar as mudanças referentes aos Planos de Manejo. Com isso, muitos dos problemas observados no primeiro documento não foram solucionados, sendo estes intensificados com o passar dos anos. O Plano de Manejo de 2017 promoveu uma maior diversificação do zoneamento, com mais restrições aos usos e ocupações do solo. A perda de zonas de conservação e de preservação ambiental foram identificadas. A zona urbana cresceu 7,6% em detrimento de outras áreas. Sendo assim, faz-se preciso o monitoramento e a fiscalização constante pelos órgãos ambientais para que ocorra o manejo mais adequado das áreas protegidas.

Palavras-chave: Zoneamento; Legislação Ambiental; Meio Ambiente.

SUSTAINABLE ISLAND MANAGEMENT: AN ANALYSIS OF FERNANDO DE NORONHA ARCHIPELAGO MANAGEMENT PLANS – PE

ABSTRACT

Anthropic actions altered the physical, chemical and biological characteristics of the Fernando de Noronha Archipelago. Zoning is a tool capable of defining land use and occupation according to the specific objectives of each sector. This paper aimed to analyze the main changes in the Archipelago's 2005 and 2017 Management Plan regarding solid waste management and habitat loss. A bibliographic study on general solid waste information, as well as analysis of the relevant legislation were performed. Comparative documentary analysis was necessary to evaluate changes regarding the Management Plans. As a result, many of the problems noted in the first document have not been resolved and have intensified over the years. The 2017 Management Plan

² Trabalho discutido preliminarmente no Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos e Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos - Epersol, que teve lugar em Recife - PE, 2019; e publicada versão preliminar em ebook em 2019:

SILVA, K.A. da; ALMEIDA, I.M.S. de; EL-DEIR, S.G. **Gerenciamento dos resíduos sólidos nos Planos de Manejo do Arquipélago de Fernando de Noronha – PE**. In: NUNES, I. L. da S.; PESSOA L.A.; EL-DEIR, S.G (org.) Resíduos sólidos: os desafios da gestão. Recife: Edufrpe, p. 53 – 65.

promoted greater zoning diversification, with more restrictions on land use and occupation. The loss of conservation and environmental preservation zones has been identified. The urban area grew by 7.6% over other areas. Thus, constant monitoring and enforcement by environmental agencies is necessary to ensure the most appropriate management of protected areas.

Keywords: Zoning; Environmental legislation; Environment.

1. INTRODUÇÃO

Para a institucionalização do manejo de um espaço geográfico, faz-se mister a utilização do Plano de Manejo para nortear as ações em consonância com os ditames legais. Neste sentido, desde a Constituição Federal de 1988, buscou-se desenvolver as funções sociais das cidades e garantir o bem-estar dos habitantes, onde o Poder Público executa políticas com definições de planos, programas e projetos relativos ao desenvolvimento sustentável, inclusive no que diz respeito à gestão do uso do solo (BRASIL, 1988).

A Política Nacional do Meio Ambiente – PNMA, Lei nº 6.938 (BRASIL, 1981), instituiu um dos principais instrumentos no ordenamento espacial, definindo o zoneamento como estrutura operacional para obtenção de melhores resultados no gerenciamento dos espaços e no manejo das Unidades de Conservação – UC, pois estabelece usos diferenciados para cada zona. Em 2000, foi aprovada a Lei nº 9.985 (BRASIL, 2000), que instituiu o Sistema Nacional de Unidades de Conservação – SNUC e estabeleceu critérios e normas para a criação, implantação e gestão das áreas protegidas. O zoneamento é mencionado no SNUC, no Art. 2º, inciso XVI, como “definição de setores ou zonas em uma Unidade de Conservação com objetivos de manejo e normas específicas”. Já no inciso XVII, define-se Plano de Manejo como “documento técnico mediante o qual, com fundamento nos objetivos gerais de uma Unidade de Conservação, se estabelece o seu zoneamento e as normas que devem presidir o uso da área e o manejo dos recursos naturais”.

Posteriormente, específico para o ordenamento municipal, o Estatuto da Cidade, Lei nº 10.257 (BRASIL, 2001) ofereceu regras visando melhorias nas condições do equilíbrio socioambiental das regiões, sendo uma garantia do direito às cidades sustentáveis e à gestão democrática por meio da participação da população na estruturação do planejamento e do desenvolvimento das cidades.

Quanto aos ambientes insulares, estes são considerados sensíveis frente à intervenção humana, visto a finitude dos recursos naturais ali presentes. Estas localidades estão sob pressões antropogênicas. Perdas da biodiversidade, devastação dos ecossistemas e má utilização dos ambientes são frequentes em espaços que não possuem Plano de Manejo. No caso em tela, Fernando de Noronha – FN passa por constantes problemas no abastecimento hídrico e de mantimentos. Outrossim, o limitado espaço disponível nesta região pode significar uma interdependência entre os seus componentes naturais, onde os impactos negativos podem causar repercussões em áreas adjacentes, tendo o potencial de provocar alterações em toda a extensão territorial.

O crescimento da população é um dos principais agentes para o aumento na geração de resíduos sólidos (ALMEIDA, 2016). O Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos – GIRS é de suma importância, especialmente em ambientes insulares, visto estes possuírem alto grau de fragilidade. Observa-se que são necessárias ações voltadas à elaboração de políticas públicas e de planos multisetoriais, com o objetivo de minimizar a geração e obter o máximo de reuso/reaproveitamento/reciclagem dos materiais. O Sistema de Gestão Integrada de Resíduos – SGIR busca atender plenamente às diretrizes de proteção ambiental e de responsabilidade social inerentes a este processo. Nesse contexto, a Política Nacional de Resíduos Sólidos – PNRS, instituída pela Lei nº 12.305 (BRASIL, 2010), se constitui num importante instrumento para o enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado desses resíduos (CÉZAR *et al.*, 2015).

O consumo de produtos pela população é diário, fazendo necessário um manejo adequado dos resíduos sólidos produzidos (PASCHOALIN *et al.*, 2014). O abastecimento de suprimentos na ilha ocorre por meio da via naval e/ou aérea. Os resíduos gerados são coletados e encaminhados para uma Usina de Compostagem e Tratamento na ilha, na qual são pesados e triados. Entretanto, essas ações são consideradas incipientes para garantir a eficiência do gerenciamento de resíduos, pois existem etapas (acondicionamento primário, transbordo, acondicionamento secundário, transbordo secundário, separação, tratamento e disposição final) que não são realizadas com o máximo de eficiência e eficácia. A coleta destes em FN é feita de forma seletiva. Os proprietários ou responsáveis por embarcações de carga, de turismo e de lazer são obrigados a realizarem estes procedimentos (ICMBio, 2017).

O fluxo de pessoas na ilha aumenta de forma sazonal e, conseqüentemente, a geração de resíduos sólidos. Com isso, é preciso que as instalações da usina de triagem, tratamento e acondicionamento destes sejam reformadas e readequadas a fim de atender o volume crescente dessa geração no Arquipélago. O presente trabalho tem o objetivo de analisar a evolução do Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental de Fernando de Noronha – APA/FN de 2005 a 2017 frente às Políticas Públicas vinculadas a gestão de resíduos sólidos e modificações das áreas protegidas.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Buscando discutir Políticas Públicas, faz-se mister que sejam apresentadas as bases legais que embasam as discussões a respeito da temática. Desta feita, leis, resoluções e decretos devem ter lugar.

2.1 Base legal relativa a resíduos sólidos no Brasil

Em 1988, a Constituição Federal definiu o meio ambiente como bem de uso comum do povo, em que todos devem defendê-lo e preservá-lo (BRASIL, 1988, Art. 225). Formular medidas e políticas para a proteção e a conservação do meio ambiente são necessárias. Na legislação brasileira, não havia um conceito definido para resíduos, fato que levou órgãos ambientais do executivo a optarem pelo tratamento de aspectos pontuais ligados a determinadas tipologias de resíduos. Nesse contexto, a Resolução Conama 05/93 (BRASIL, 1993) define o gerenciamento de resíduos sólidos especiais, gerados em portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários, como forma de minimizar os impactos ambientais desses empreendimentos.

Segundo a Agenda 21 Global, no Capítulo 21 (Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento – CNUMAD, 1997), o manejo dos resíduos sólidos deve almejar modificar a causa do problema. Com isso, é necessário reduzir ao mínimo a geração destes; promover um tratamento ambientalmente adequado dos resíduos e aumentar ao máximo os processos de reutilização e de reciclagem. Já na Agenda 21 Brasileira (BRASIL, 2002), no capítulo sobre Cidades Sustentáveis, tem-se a atenção para estratégias focadas no manejo ambientalmente adequado dos resíduos.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, de acordo com a norma NBR/10.004, define resíduos sólidos como o material resultante de atividades

humanas que precisam de soluções técnicas para a destinação e disposição final ambientalmente adequada (ABNT, 2004).

Os resíduos são classificados quanto as propriedades físicas, químicas ou infectocontagiosas relativas aos riscos à saúde pública, provocando mortalidade, morbidade e degradação do meio ambiente. A NBR n° 10.004 classifica os resíduos sólidos da seguinte forma

- Resíduos Classe I (perigosos) – Apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade e que podem apresentar riscos à saúde pública;
- Resíduos Classe II (não inertes) – Possuem características de combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água;
- Resíduos Classe III (inertes) – contemplam os resíduos sólidos que submetidos ao teste de solubilização (Norma NBR n° 10.006 – Solubilização de Resíduos – Procedimento) não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados (ABNT, 2004).

A Resolução Conama n° 358/05 (BRASIL, 2005) normatiza o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde. O Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde – PGRSS é um documento integrante do processo de licenciamento ambiental, baseado nos princípios da minimização e não geração de resíduos. O gerenciamento desses materiais, desde a geração até a disposição final, é de responsabilidade do gerador.

A PNRS, instituiu diretrizes e princípios norteadores para o gerenciamento integrado dos resíduos no país, tendo particular atenção para a internalização dos catadores no processo, além de absorver técnicas de gestão ambiental, como a logística reversa (BRASIL, 2010). Apesar da PNRS, a destinação irregular de resíduos já era proibida desde a Lei 9.605/98 que dispõe sobre as sanções penais e administrativas de condutas e de atividades que causem danos ambientais (BRASIL, 1998). No Art. 54 da Lei de Crimes Ambientais observa-se a criminalização do agente poluidor. Neste sentido, na esfera nacional há suporte legal para a estruturação da gestão e a criminalização do impacto advindo da degradação ambiental.

2.2 Gestão integrada de resíduos sólidos

A Gestão Integrada de Resíduos Sólidos adota estratégias, diretrizes, metas e modos que orientam os atores envolvidos na solução da problemática dos resíduos, por meio de um manejo mais adequado para os mesmos, considerando as dimensões política,

econômica, social, ambiental e cultural. Desde a publicação da PNRS, os municípios tiveram prazo para eliminar os depósitos irregulares de resíduos e implementar a disposição de rejeitos de forma mais adequada. Os aterros sanitários são utilizados para minimizar os impactos causados pelo lançamento de reíduos e rejeitos. Na gestão integrada é obrigatória a implantação de sistemas de coleta seletiva, onde os resíduos sólidos são previamente segregados, conforme a constituição ou a composição (BRASIL, 2010). No Art. 3º, tal política prevê que apenas os rejeitos podem ser direcionados aos aterros sanitários, já os resíduos devem fazer parte dos procedimentos de reaproveitamento, reciclagem e tratamento.

Sendo assim, uma etapa fundamental para a eficiência do sistema de gestão integrada é o manejo diferenciado dos resíduos (coleta seletiva), que consiste na segregação dos materiais na fonte geradora, facilitando o processo de reuso, reciclagem e transformação. Diversos benefícios são observados no procedimento da reciclagem, tais como a diminuição da exploração dos recursos naturais; o aproveitamento energético; a redução da poluição; o prolongamento da vida útil dos aterros sanitários; a geração de emprego e renda (BARROS, 2012).

A geração de resíduos sólidos cresce com os anos. A deficiência de aplicação dos serviços de gestão integrada de resíduos tem gerado diversos impactos negativos na sociedade e no meio ambiente. Tais impactos ambientais são observados em vários municípios brasileiros, necessitando de alternativas para a melhoria da gestão desses materiais (BERTICELL, 2016). Ademais, o manejo não adequado dos resíduos sólidos pode promover a diminuição da qualidade ambiental dos ecossistemas (FERREIRA, 2014).

Para a operacionalização dos métodos de reaproveitamento desses resíduos, a PNRS estabelece a criação de planos para o gerenciamento em nível Federal, Estadual, Regional e Municipal. Os municípios precisam realizar o planejamento e a execução das funções públicas direcionadas à gestão de resíduos sólidos, onde a atuação do poder público, do setor empresarial e da comunidade precisa ser coordenada. Muitos municípios brasileiros ainda não estão em consonância com às exigências legais. Com isso, é necessário dar condições técnicas e financeiras para que gestores possam viabilizar a disposição final ambientalmente correta dos rejeitos, mas também para elevar a eficiência e eficácia da coleta seletiva e incentivar o empoderamento dos catadores (SILVEIRA *et al.*, 2016).

As cidades brasileiras encontram dificuldades para gestão de resíduos, principalmente no que tange a questão econômica e a técnica (CRISPIM *et al.*, 2016; WANDSCHEER, 2017). Os municípios, muitas vezes, não são capazes de levar a cabo tais procedimentos para o gerenciamento e relatam o alto custo (THOMÉ, 2016). Ademais, observa-se que a operacionalização dos Planos de Gestão denota grande demanda construtiva e gerencial. Entretanto, os aspectos executórios deixam a desejar. É de extrema relevância a divulgação dos resultados pelos diferentes governos municipais em uma plataforma *online* (portal eletrônico) para facilitar o acesso a informações sobre o andamento dos Planos, que é de interesse da população local e de outras localidades, preservando os ditames da Lei de Responsabilidade Fiscal (BRASIL, 2000) no que estabelece a transparência no serviço público.

3. METODOLOGIA

A pesquisa se divide em dois momentos principais que se complementam e foram essenciais para a construção do trabalho. O primeiro foi um estudo bibliográfico em que buscou-se informações gerais sobre o assunto resíduos sólidos, além de análise da legislação pertinente. O segundo diz respeito a uma análise documental comparativa para avaliar as mudanças referentes aos Planos de Manejo do Arquipélago Fernando de Noronha de 2005 e 2017, frente a gestão dos resíduos sólidos e perda de habitat natural.

A análise do primeiro documento, que foi elaborado em 2005, seguiu os preceitos da Política Estadual de Resíduos Sólidos de Pernambuco – PERS instituída pela Lei de nº 12.008/01 (PERNAMBUCO, 2001). Posteriormente, com a introdução e a reformulação da Política Nacional de Resíduos Sólidos de Lei nº 12.305/10 (BRASIL, 2010) e a Política Estadual de Resíduos Sólidos de Pernambuco, com Lei de nº 14.236/10 (PERNAMBUCO, 2010), ocorreu a necessidade de reformulação do Plano de Manejo da APA para adequá-lo às atuais legislações ambientais vigentes, tendo este novo plano de 2017. Uma análise crítica do “estado da arte” sobre os Planos frente às Políticas Públicas do gerenciamento de resíduos sólidos foi realizada.

A partir desse estudo, buscou-se o desenvolvimento de análise crítica do estado da arte dos Planos de Manejo do Arquipélago, tentando compreender a conformidade ou não em relação às políticas públicas que tem vinculação direta ou indireta com a gestão integrada de resíduos sólidos e conservação de áreas protegidas. Estes dados analíticos

serviram de base para o estabelecimento de recomendações para melhoria gerencial na região.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Plano de manejo de 2005 e a PERS/PE de 2001

A PERS, instituída pela Lei nº 12.008 (PERNAMBUCO, 2001), retrata as diretrizes gerais aplicáveis aos resíduos sólidos no Estado, responsabilidades e instrumentos econômicos. Dentre as várias iniciativas governamentais, o Programa de Desenvolvimento do Turismo no Nordeste do Brasil – PRODETUR teve o objetivo de melhorar a qualidade de vida da população. A partir disto, os Estados precisavam elaborar Planos de Desenvolvimento Integrado do Turismo Sustentável – PDITS. Este plano precisa conter os diagnósticos econômicos, sociais, ambientais e demográficos, a indicação dos objetivos do planejamento e a demanda potencial de turistas. O PDITS direciona investimentos para projetos que favoreçam o desenvolvimento da atividade turística de forma sustentável (IBAMA, 2005).

A partir disso, o Plano de Manejo da APA definiu o uso e ocupação do solo segundo os zoneamentos definidos para cada setor. O PDITS, neste plano, apresentou propostas a fim de promover a gestão de resíduos sólidos e ampliar a unidade de triagem, reciclagem e compostagem em Fernando de Noronha. Este projeto foi considerado de alta prioridade no Arquipélago por causa da crescente geração de resíduos sólidos. Verifica-se uma deficiência na gestão destes em FN pela ausência de componentes e de definições que não foram estabelecidos na Lei 12.008/01 (PERNAMBUCO, 2001). Além disso, não houve estabelecimento de prazos para a implementação de políticas e projetos para o manejo adequado de resíduos sólidos na região (IBAMA, 2005).

A PERS não introduziu nenhuma definição de resíduos, de rejeitos e de materiais recicláveis. Ademais, esta Lei não delimitou prazos para a implementação dos aterros sanitários. Com isso, ficou a critério dos administradores o emprego de processos que diminuíssem e tratassem os resíduos sólidos. No capítulo IV, que trata das responsabilidades e das competências dos resíduos sólidos no Estado, é possível verificar que não existem as atribuições dos Poderes Públicos Municipais e Estadual (PERNAMBUCO, 2001). Os conflitos de uso e de ocupação do solo, a ausência de coleta e do tratamento de esgoto são alguns dos problemas encontrados em Fernando de

Noronha. Além disso, a usina de tratamento de resíduos sólidos se localiza próxima ao aeroporto, o que pode ser uma das possíveis causas da alta concentração de aves na pista e consequentes colisões destas com aeronaves (IBAMA, 2005). A concentração de animais em áreas com resíduos é frequente, pois estes se alimentam da fração orgânica (LIMA, 2017).

A Lei nº12.725 (BRASIL, 2012) estabelece regras para reduzir o risco de acidentes entre aves e aeronaves. A Lei proíbe atividades que atraiam os animais para as proximidades de áreas destinadas a pouso e à decolagem, em uma faixa de 20 quilômetros da pista, distância não respeitada no Arquipélago. Sendo assim, faz-se necessário a elaboração de estudos específicos para a solução deste problema, pois envolve a segurança dos turistas e dos próprios moradores. A usina de tratamento de resíduos sólidos necessita de adequação e de manutenção da infraestrutura, inclusive para que a contaminação do solo e das águas seja prevenida.

4.2 Plano de manejo de 2017 e a PERS/PE e PNRS de 2010

A entrada de navios ou cruzeiros no Arquipélago necessita de autorização concedida pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio, onde os responsáveis por esse tipo de transporte devem apresentar o plano de visitação e de medidas mitigatórias. As viagens do continente para a ilha têm se intensificado nos últimos anos. Por isso, o instituto está monitorando as atividades antrópicas na região (ICMBio, 2017). A PERS não definiu quais as atribuições dos Poderes Públicos Municipais e Estadual (PERNAMBUCO, 2001), o que só foi abordado na PERS revisada. A partir disso, o Poder Público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para assegurar a observância da legislação ambiental e a responsabilidade administrativa nos casos de ocorrências envolvendo resíduos (PERNAMBUCO, 2010).

Apesar do SNUC promulgar a criação e a ampliação das UC no Brasil, a reformulação do Plano de Manejo diminuiu as zonas de preservação e de conservação do Arquipélago Fernando de Noronha, aumentando a extensão territorial de outras áreas. A zona que mais foi ampliada, em detrimento de outras, foi a urbana. Esta passou de 9,98% da área terrestre da APA em 2005 para 17,79% em 2017. Isso mostra o crescente aumento populacional na ilha (ICMBio, 2017). Posto isto, é condição obrigatória o atendimento às melhorias de infraestrutura na ilha, no que diz respeito à coleta, o tratamento, a destinação

dos resíduos sólidos e a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, incluindo a implantação do sistema público de coleta seletiva, conforme a PNRS (BRASIL, 2010).

Com o desenvolvimento e a implementação de novos conceitos na legislação ambiental, a logística reversa foi introduzida na PNRS e mais uma vez considerada na PERS, onde o Plano de Manejo da APA do Arquipélago. Sendo assim, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de agrotóxicos, de resíduos e de embalagens; pilhas e baterias; pneus; óleos lubrificantes; lâmpadas fluorescentes e produtos eletroeletrônicos são obrigados a implementar o sistema de retorno pós-consumo (Logística Reversa). Segundo Silva *et al.* (2018), os benefícios observados neste tipo de processo são as reduções de custos, as inclusões sociais, a não poluição e/ou contaminação do meio ambiente, a conscientização da população sobre a manuseio correto destes materiais, dentre outros.

Os consumidores devem efetuar a devolução aos comerciantes e distribuidores os produtos ou embalagens objetos da logística reversa. Esse processo foi um avanço em aspectos de legislação ambiental (ICMBio, 2017). Na PERS (PERNAMBUCO, 2001), os fabricantes e os importadores tinham um prazo de 12 (doze) meses para estabelecerem os mecanismos operacionais e os cronogramas de implementação, necessários para a operacionalização de resíduos. Esse prazo, por apresentar um período elevado, pode-se questionar a eficiência e a eficácia de aplicação, já que desde a geração desses materiais, os impactos são imediatos e acumulativos na ilha.

Diante da problemática enfrentada na região, o Estudo e Determinação da Capacidade de Suporte da APA de Fernando de Noronha e seus Indicadores da Sustentabilidade promoveu uma série de mecanismos para diminuir os efeitos adversos da população no ambiente natural (MMA, 2009). Desta forma, foi proibido o aumento do número total de moradores temporários, até que fossem atendidas as condições de melhoria da infraestrutura no Arquipélago, principalmente no que diz respeito ao abastecimento de água, a coleta e o destino dos resíduos sólidos (ICMBio, 2017). Nos dois Planos de Manejo, a usina de tratamento apresenta problemas devido a quantidade de resíduo gerado ser superior à capacidade de suporte do empreendimento. As instalações da Usina necessitam ser reformadas e readequadas para atender o volume de materiais produzidos na ilha (IBAMA, 2005; ICMBio, 2017).

Tem-se a necessidade de melhorar a infraestrutura para a coleta seletiva na região, promovendo a implementação de lixeiras adequadas e sinalizadas por tipo de

resíduo (ICMBio, 2017). Com a reformulação do Plano de Manejo, finalizado em 2017, os administradores da ilha intensificaram a prática da educação ambiental para os moradores e visitantes. Destacam-se as atividades desenvolvidas pelos alunos da Escola Arquipélago na Usina de Tratamento de Resíduos Sólidos e conscientização da população quanto à geração e separação de resíduos sólidos (ICMBio, 2017).

4.3 Estudo comparativo entre os planos de 2005 e de 2017

Apesar de não ser permitido o aumento do número de moradores temporários, até que sejam atendidas as condições de melhoria da infraestrutura no arquipélago, houve a necessidade de ampliação de algumas zonas em detrimentos de outros setores. Com o aumento no fluxo de indivíduos em Noronha, a ilha precisava aumentar a malha urbana. As zonas de conservação e outras tiveram as extensões territoriais reduzidas para atender a crescente demanda de moradias e de estadias no local. Diversos impactos foram observados. Os desmatamentos para as implementações de empreendimentos causaram inúmeros malefícios para os ecossistemas da região. Ademais, com a quantidade de moradores e de visitantes aumentando, a geração de resíduos sólidos cresce, ocasionando prejuízos à fauna e à flora.

A capacidade de suporte da Usina de Tratamento e Triagem de Resíduos sólidos não é atendida, devido a crescente geração desses materiais. Os diferentes setores de uso e ocupação do solo, segundo os seus objetivos tiveram sua extensão territorial modificadas (Tabela 1) para atender a atual demanda do turismo e outras atividades no Arquipélago.

Tabela 1. Variações do zoneamento entre os Planos de Manejo

Nomenclatura	Área terrestre da APA (%) 2005	Área terrestre da APA (%) 2017	Variações
Proteção da Vida Silvestre	23,88	23,48	-0,40
Conservação	46,08	37,75	-8,33
Recuperação	6,74	4,01	-2,73
Histórico-Cultural*	0,00	0,57	+0,57
Agropecuária	4,61	3,90	-0,71
Uso Especial	8,71	12,62	+3,91
Zona Urbana	9,98	17,67	+7,69

Fonte: Modificado de IBAMA (2005); ICMBio (2017); (Autor, 2019)

*Os dados referentes a área do zoneamento histórico-cultural são foram contabilizados, pois os limites desse zoneamento estão inseridos na zona de conservação no Plano de Manejo da APA de Fernando de Noronha.

Apesar de o zoneamento definir o uso e a ocupação do solo na Área de Proteção Ambiental do Arquipélago Fernando de Noronha, ainda existem empreendimentos e atividades que não atendem os objetivos defendidos pelo zoneamento. Posto isto, faz-se necessário o monitoramento e a fiscalização constante pelos órgãos ambientais para que ocorra um manejo mais adequado na área. Além disso, é necessário monitorar de forma mais eficiente os resíduos sólidos na ilha, no que diz respeito a entrada e a saída destes do ambiente insular.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar da evolução da legislação ambiental nos últimos anos no Brasil, observa-se a ineficiência de programas/projetos aplicados a preservação e a conservação do meio ambiente. O Plano de Manejo finalizado em 2017 da APA de Fernando de Noronha promoveu uma maior diversificação do zoneamento, com mais restrições aos usos e ocupações do solo da região. Contudo, os problemas observados em 2005 no Arquipélago, tais como a necessidade de ampliação da usina de triagem para adequá-la a crescente geração de resíduos sólidos, também é recorrente nos dias atuais. A perda de zonas de conservação e de preservação ambiental foram identificadas. A zona urbana cresceu 7,6% em detrimento de outras áreas. Os problemas da proximidade da usina de triagem com a pista de pouso e decolagem de aeronaves são comuns. A tendência dessa problemática é aumentar, pois existem projetos de ampliação da usina para atender o volume crescente de resíduos. Sendo assim, são necessários estudos específicos para avaliar a potencialidade de acidentes nesse local. Os dois Planos de Manejo tratam isso em caráter emergencial.

São observadas ações buscando a conscientização e sensibilização dos atores na ilha de forma mais intensificada nos últimos anos por meio de cartilhas, consultas públicas, dentre outros. Entretanto, por ter uma extensão territorial pequena, os impactos ambientais observados na ilha provocam inúmeros prejuízos aos ecossistemas da região. Sendo assim, é necessário intensificar os preceitos defendidos pela PNRS e PERS, no intuito de promover um manuseio mais apropriado para estes materiais. Com a introdução

de novos instrumentos nas bases legais ambientais brasileiras, como a logística reversa, espera-se uma maior atenção com os resíduos sólidos na ilha.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – Facepe pelo apoio financeiro, através do edital IBPG-0987-3.07/17. Ao Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental em Pernambuco – Gampe pelo auxílio de pesquisadores para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 10004**: Dispõe sobre a classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos. São Paulo, SP, ABNT, 2004.

ABNT – Associação brasileira de normas técnicas. **NBR 10006/04**: Dispõe sobre as técnicas de solubilização de resíduos. Rio de Janeiro, RJ, ABNT, 2004.

AGENDA 21. **Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento (CNUD)**. São Paulo, SP, 1997.

ALMEIDA, O. M. P.; OLIVEIRA, E. Gestão dos resíduos sólidos urbanos: Ação participativa no município de Marapanim/Pará. **Revista Científico Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento**, São Paulo, v. 5, n.3, p. 5- 23, 2016.

BARROS, R. T. V. **Elementos de Gestão de Resíduos Sólidos**. Belo Horizonte: Ed. Tessitura, 424p. 2012.

BERTICELLI, R.; PANDOLFO, A.; KORF, E. P. Gestão integrada de resíduos sólidos urbanos: perspectivas e desafios. **Revista Gestão e Sustentabilidade Ambiental**, v. 5, n. 2, p. 711-744, 2016.

BRASIL. Constituição da República Federativa do Brasil de 1988. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 5 de outubro de 1988.

BRASIL. Lei Complementar nº 101, de 04 de maio de 2000. Estabelece normas de finanças públicas voltadas para a responsabilidade na gestão fiscal e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/lcp/lcp101.htm>. Acesso em 25 de mar. 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 10.257, de 11 de julho de 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/110257.htm>. Acesso em: 20 mar. 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 2010.

BRASIL. Lei Federal nº 6938, de 31 de agosto de 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=313>>. Acesso em: 15 de março de 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9605.htm>. Acesso em 20 de março de 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 12.725, de 16 de outubro de 2012. Dispõe sobre o controle da fauna nas imediações de aeródromos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2011-2014/2012/Lei/L12725.htm>. Acesso em 05 de abril de 2018.

BRASIL. Lei Federal nº 9.985, de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/I9985.htm>. Acesso em: 20 de março de 2018.

BRASIL. Resolução Conama nº 5. Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 5 de agosto de 1993.

BRASIL. Resolução Conama nº 358. Dispõe Sobre o Tratamento e a Disposição Final dos Resíduos dos Serviços de Saúde e da Outras Providências. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 29 de abril de 2005.

CÉZAR, L. C.; BARBOSA, T. R. C.; REIS, M. C. T.; JÚNIOR, F. F. Panorama acadêmico sobre resíduos sólidos: análise da produção científica a partir do marco legal do setor. **Revista Metropolitana de Sustentabilidade**, v. 5, n. 2, p. 14-33, 2015.

AGENDA 21 BRASILEIRA. Comissão de Políticas de Desenvolvimento Sustentável e da Agenda 21 Nacional. **Agenda 21 brasileira: ações prioritárias**. Brasília, DF: MMA: PNUD, 2002.

CRISPIM, D. L.; FERNANDES, J. D.; ANDRADE, S. O.; SOUSA, E. P.; SALES, J. C. F. Gestão de Resíduos Sólidos Urbanos: um estudo de caso em uma escola pública no município de Pombal-PB. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 1, p. 01 - 07, 2016.

CRISPIM, D. L.; CHAVES, A. D. C.; ALMEIDA, R. R. P.; FREITAS, A. J. F.; COSTA, A. F. Saneamento Básico: uma questão de qualidade ambiental na cidade de Pombal – PB. **Revista Brasileira de Gestão Ambiental**, v. 7, n. 1, p. 102 - 129, 2013.

- FERREIRA, E.; CRUVINEL, K.; COSTA, E. Disposição final dos resíduos sólidos urbanos: diagnóstico da gestão do município de Santo Antônio de Goiás. **Revista Monografias Ambientais**, v. 13, n. 3, p. 3401-3411, 2014.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5° ed. São Paulo. Atlas, 184p. 2010.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6° ed. São Paulo. Atlas, 2008. Disponível em: <<https://ayanrafael.files.wordpress.com/2011/08/gil-a-c-mc3a9todos-e-tc3a9cnicas-de-pesquisa-social.pdf>>. Acesso em: 16 abril de 2018.
- IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano de manejo da área de proteção ambiental de Fernando de Noronha – Rocas –São Pedro e São Paulo**. IBAMA, Brasília, 493p. 2005.
- LIMA, A. G.; TORRES, D. M.; FILHO, F. S. O. Destino final dos resíduos sólidos do distrito Lagoa da Cruz, municípios de Princesa Isabel (PB) e Quixaba (PE). **Revista Agroecologia no Semiárido**, v. 1, n. 1, p. 34-35, 2017.
- MACHADO, C. R. L. **Ferramentas para uma gestão integrada dos planos municipais de resíduos sólidos**. In: EL-DEIR, S. G. (org.). Resíduos sólidos: perspectivas de desafios para a gestão integrada, Recife: EDUFRPE, p. 101 – 106, 2016.
- MMA – Ministério do Meio Ambiente. **Estudo e Determinação da Capacidade de Suporte da APA de Fernando de Noronha e seus Indicadores da Sustentabilidade com vistas à Implementação do Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental e da Gestão do Arquipélago de Fernando de Noronha**. MMA, Brasília, 2009.
- ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de manejo da área de proteção ambiental de Fernando de Noronha – Rocas –São Pedro e São Paulo**. Brasília: ICMBio, 156 p. 2017.
- PASCHOALIN, J. A.; SILVEIRA, F. F.; GONÇALVES, E. L.; OLIVEIRA, R. B. Comparação entre as Massas de Resíduos Sólidos Urbanos Coletadas na Cidade de São Paulo por Meio de Coleta Seletiva e Domiciliar. **Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade**, v. 3, n. 3, p. 19-33, 2014.
- PERNAMBUCO. Lei Estadual nº 12.008, de 01 de jun. de 2001 (Revogada). Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**, Recife-PE, p. 5, coluna 1, 02 de junho de 2001.
- PERNAMBUCO. Lei Estadual nº 14.236, de 13 de dez. de 2010. Dispõe sobre a Política Estadual de Resíduos Sólidos e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**, Recife-PE, p. 7, coluna 2, 14 de dezembro 2010.
- SILVA, A. M. B.; RIBEIRO, A. R. B.; SANTOS, M. V. N.; LIMA, T. L. A. **Impactos ambientais, sociais e econômicos da logística reversa; uma revisão bibliográfica**. In: SANTOS, J. P. O; SILVA, R. C. P; MELO, A. M; EL-DEIR, S. G.(org.). Resíduos sólidos: impactos socioeconômicos e ambientais, Recife: EDUFRPE, p. 186 – 197. 2018.
- SILVEIRA, R. M. C.; FERREIRA, A. C.; NUNES, M. M. A. **Gestão integrada de resíduos sólidos: a busca por soluções pactuadas na região metropolitana de Natal - RN**. In: EL-DEIR, S. G; MELO, A. M.; SOUTO, T. J. M. P.(org.). Resíduos sólidos: o

desafio da Gestão Integrada de Resíduos Sólidos face aos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, Recife: EDUFRPE, p. 191 – 199, 2016.

THOMÉ, R.; RAMOS, V. D. Gestão Integrada de resíduos sólidos por meio das parcerias público privadas: instrumento de garantia do direito fundamental ao meio ambiente equilibrado. **Revista de Direito Administrativo**, v. 271, p. 251 – 279, 2016.

WANDSCHEER, C. B.; MANICA, F. B. Desenvolvimento humano e sustentabilidade: as parcerias público-privadas na gestão de resíduos sólidos. **Revista Argumentum**, v. 18, n.3, p. 479-501, 2017.

CAPÍTULO 3

INVASÃO BIOLÓGICA EM ILHAS: ANÁLISE DA DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DA *Leucaena leucocephala* [Lam.] de Wit NUMA ÁREA PROTEGIDA DO ARQUIPÉLAGO FERNANDO DE NORONHA - PE (BRASIL)

RESUMO

A espécie invasora *Leucaena leucocephala* é uma planta extremamente agressiva e está presente no Arquipélago Fernando de Noronha. A população da espécie aumenta com o passar dos anos, o que compromete a biodiversidade desta ilha. O objetivo do trabalho foi avaliar a Ecologia da população não nativa; a dinâmica de invasão e a distribuição espacial da *L. leucocephala* numa área protegida do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha. A densidade da invasora foi de 5.928,21 ind.ha⁻¹, o que representou 95% na quantidade total da comunidade vegetal amostrada. O Índice de Simpson (0,9) retratou a baixa diversidade de espécies, com a formação de florestas monoespecíficas da invasora. A Leucena é dominante no povoamento amostrado. Das áreas estudadas, foram escolhidas parcelas que, a depender do grau de invasão, podem servir como prioritárias em ações de manejo por processos físicos, químicos e biológicos. Sendo assim, a recomendação é que os locais com florestas monoespecíficas menos densas sejam adotadas ações para o desenvolvimento de práticas sustentáveis de manejo, visando expandir estas para outras localidades. Além disso, deverão ser elaborados programas de manejo e de controle da espécie invasora, de forma voluntária e popular, por que há a presença desta espécie em toda a ilha.

Palavras-chave: Espécie Invasora; Vegetação; Objetivos do Desenvolvimento Sustentável.

BIOLOGICAL INVASION IN ISLANDS: ANALYSIS OF THE SPACE DISTRIBUTION OF *Leucaena leucocephala* [Lam.] de Wit IN PROTECTED AREA OF ARCHIPELAGO FERNANDO DE NORONHA – PE (BRAZIL)

ABSTRACT

The invasive species *Leucaena leucocephala* is an extremely aggressive plant and is present in the Fernando de Noronha Archipelago. The population of the specie increases over the years, which compromises the biodiversity of this island. The objective of this work was to evaluate the Ecology of the non-native population; the invasion dynamics and spatial distribution of *L. leucocephala* in a protected area of Fernando de Noronha Marine National Park. The density of the invader was 5,928.21 ind.ha⁻¹, which represented 95% of the total amount of the sampled plant community. The Simpson Index (0.9) portrayed the low species diversity with the formation of monospecific forests of the invader. Leucena dominates the sampled stand. From the studied areas, plots were chosen that, depending on the degree of invasion, could serve as priorities in management actions by physical, chemical and biological processes. Therefore, the recommendation is that sites with less dense monospecific forests should be taken to develop sustainable management practices, aiming to spread them to other locations. In addition, programs

for the management and control of the invasive species should be prepared on a voluntary and popular basis, just because this species is present throughout the island.

Keywords: Invasive Species; Vegetation; Sustainable Development Goals.

1. INTRODUÇÃO

Os ambientes insulares possuem características bióticas e abióticas específicas, pois a fragilidade, a limitação dos recursos naturais, o isolamento geográfico e a fragmentação são fatores determinantes que afetam diretamente essas áreas. Sendo assim, têm-se vulnerabilidades ecológicas que ocorrem em ilhas, sendo estas influenciadas, principalmente, pelas ações antrópicas (FERNANDES; PINHO, 2017).

Devido ao isolamento geográfico, estas áreas proporcionam verdadeiros “laboratórios experimentais” para análise mais profunda da progressão e da dinâmica dos parâmetros biocenóticos e biótopos, visto que são locais com alta sensibilidade e baixa resiliência (BURJACHS *et al.*, 2017). Hofman e Rick (2018) comentam sobre os ambientes insulares estarem mais suscetíveis à invasão biológica por disporem de uma reduzida concentração de espécies e por apresentarem altas taxas de endemismo florístico e faunístico. Ou melhor, estes ambientes também servem como refúgio para espécies raras e endêmicas. Segundo os autores, a menor diversidade genética nas ilhas limita o potencial das espécies insulares de adaptarem-se às mudanças climáticas globais. Outrossim, as áreas costeiras apresentam inúmeros impactos ambientais negativos, sendo alvo crescente de atividades humanas, o que os tornam particularmente vulneráveis, por abrigarem ambientes com susceptibilidade eminente (PORTZ *et al.*, 2016).

No que concerne à *Leucaena leucocephala*, a Comunidade Científica da União Internacional para Conservação da Natureza - IUCN classificou-a como uma das 100 espécies invasoras mais agressivas globalmente (LOWE *et al.*, 2000). A distribuição geográfica da Leucena no Arquipélago Fernando de Noronha é ampla e preocupante, onde a área ocupada pela mesma representava cerca de 50% da ilha principal, um acréscimo de 9,2% desde 1994 (MELLO, 2014). Segundo Kueffer *et al.* (2010), a espécie está presente em 82%, de um universo de 30 grupos de ilhas localizadas nas regiões do Atlântico, do Caraíbas, do Pacífico e do Oceano Índico Ocidental. Noronha apresenta impactos ambientais significativos. Destacam-se o desequilíbrio

ecossistêmico e a perda da biodiversidade, sendo os mesmos caracterizados como efeitos negativos em médio prazo, permanentes e irreversíveis (MELLO, 2017).

Tendo como pressupostos a proteção, a recuperação e o uso sustentável dos serviços ecossistêmicos, o 15º Objetivo do Desenvolvimento Sustentável da Agenda 2030 (ONU, 2015) recomenda a adoção de práticas para redução, controle e erradicação de espécies exóticas invasoras até 2020. Diante dos potenciais impactos ambientais causados por estas plantas em ambientes insulares, da escassez de estudos envolvendo tal temática na biodiversidade brasileira e da compreensão da dinâmica de populações invasoras para elaboração de planos de manejo sustentáveis, o presente trabalho avaliou a Ecologia, a dinâmica de invasão e a fitossociologia da espécie *Leucaena leucocephala*. Este estudo visa contribuir para o diagnóstico de distribuição espacial desta espécie, presente na Baía do Sueste, e no manejo adequado para erradicação e/ou diminuição da espécie não nativa. Ressalta-se que esta área protegida está sob domínio do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha – Parnamar, no Estado de Pernambuco (Brasil), sendo considerada prioritária para a qualidade ambiental e conservação da biodiversidade.

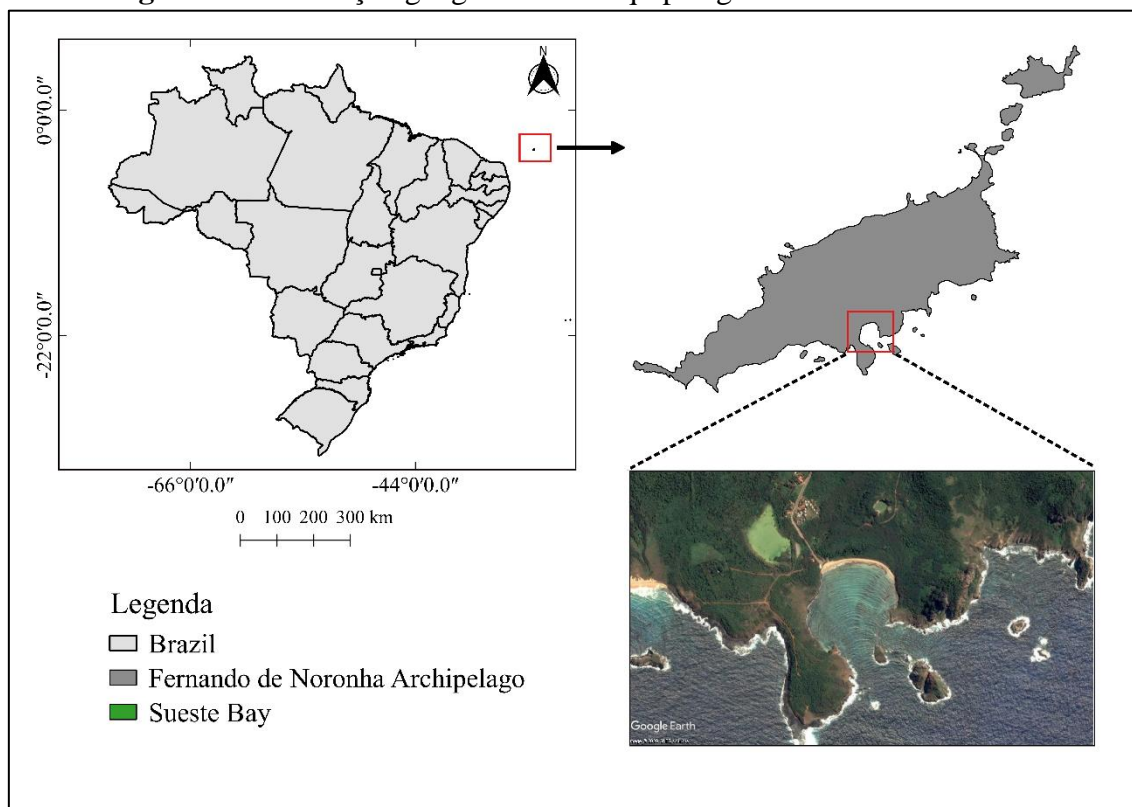
2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Caracterização do Ambiente Insular

O surgimento do Arquipélago ocorreu devido a atividade vulcânica (JOHNSON *et al.*, 2018), sendo parte de um alinhamento de montanhas submarinas. O clima é tropical, Aw (Köppen-Geiger) (BECK *et al.*, 2018), com pluviosidade média anual de 1.351 mm, tendo duas estações (seca e chuvosa) bem definidas. A temperatura varia de 25°C a 31°C (APAC, 2020). Cabe salientar que o clima, a topografia, o substrato e a influência antrópica na região têm relação direta com a composição florística e a estrutura da vegetação (ICMBio, 2017).

O Arquipélago de Fernando de Noronha (Figura 1) tem o título de Patrimônio Natural da Humanidade pela Organização das Nações Unidas (UNESCO, 2001); situa-se a quatro graus abaixo da linha do Equador e dista 545 km de Recife-PE. Este ambiente insular é internacionalmente conhecido pela biodiversidade ímpar, composto por 21 ilhas, ilhotas e rochedos que ocupam área de 26 km², aproximadamente, dos quais 17 km² correspondem à ilha principal e única habitada (ICMBio, 2017).

Figura 1. Localização geográfica do Arquipélago Fernando de Noronha



Localizado numa das áreas mais protegidas do Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha – Parnamar/FN, a Baía do Sueste apresenta-se como bercário para inúmeras espécies, contendo o único mangue oceânico do Atlântico Sul e com mar voltado para o continente africano (UNESCO, 2019). O ambiente de restinga, dunas e manguezal da Baía são influenciados pelas invasões biológicas e atividades humanas agressivas, como a construção e a operacionalização da BR-363 e do Açude Xaréu.

O Parnamar é caracterizado como Área de Proteção Integral, visto que o objetivo principal é preservar a natureza, sendo admitido apenas o uso indireto dos recursos naturais. A área protegida de 112 km² foi criada pelo Decreto Presidencial nº 96.693 (BRASIL, 1988) e tem o objetivo de preservar os ecossistemas marinhos e terrestres, a fauna, a flora e os demais recursos naturais, proporcionando oportunidades controladas de visitação, de lazer, de educação para sustentabilidade e de pesquisa científica. A Área de Proteção Ambiental – APA é caracterizada como área de Uso Sustentável e foi criada pelo Decreto Estadual nº 13.553 (PERNAMBUCO, 1989), onde o objetivo é compatibilizar a conservação da natureza com o uso sustentável de parcela dos recursos naturais (BRASIL, 2000, Art. 7º).

O ambiente insular é adequado para experimentar diversas hipóteses de gestão ambiental, compreendendo como os processos históricos e as formas atuais de uso e de ocupação do solo influenciam na paisagem local. A economia do lugar está em torno do ecoturismo, sendo esta atividade considerada a principal. Nesta área territorial limitada, tem-se uma estimativa 92.000 turistas que frequentaram o conjunto de ilhas (ATDEFN, 2018).

2.2 Sistema de amostragem, coleta e análise dos dados

A vegetação analisada correspondeu as faixas de duna primária e secundária até o ecótono duna/manguezal da Baía de Sueste. O sistema adotado foi de amostragem aleatória, com Unidades Amostrais de 5m x 5m (25m²), perpendiculares a linha de costa. Foram sorteados 15 pontos para a abertura das parcelas, da duna primária até a presença do manguezal. O levantamento de campo foi realizado em março e junho de 2019, tendo em vista a necessidade de completar a amostragem do estrado da vegetação analisado Sendo assim, Estes resultaram em 39 parcelas, totalizando 975m², o que corresponde a 5,7% dessa área. As unidades amostrais foram georreferenciadas, com o auxílio do GPS (*Global Position System*) Garmin, modelo Etrex 30x e realizado croqui com aderência às imagens de satélite.

Para o levantamento das espécies vegetais arbustivas-arbóreas, incluiu-se os indivíduos com altura mínima de 1,30m do solo, os quais foram mensuradas as Circunferências à Altura do Peito (CAP) e a altura total (H) em metros. Os indivíduos registrados passaram pela identificação botânica, além da coleta de exsicatas para comparação e comprovação das espécies existentes. Este material vegetal coletado foi herborizado. Este processo foi possível com o auxílio de técnicos do Herbário Professor Vasconcelos Sobrinho (PEUFR) do Departamento de Biologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Registros fotográficos, anotações de campo e observações sistemáticas foram necessárias para compreensão das dinâmicas ecossistêmicas ali estabelecidas.

A suficiência amostral foi determinada por meio da variável Diâmetro à Altura do Perito – 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). Nos cálculos estatísticos (média, variância, desvio padrão,

média da variância, erro padrão da média, intervalo de confiança e o erro de amostragem) de blocos inteiramente casualizados, a população pode ser infinita ou finita, a depender da intensidade amostral – f , sendo esta a relação entre o número de parcelas amostradas e a quantidade total de unidades amostrais da população (MEUNIER; SILVA; FERREIRA, 2001). Se $(1-f) > 0,95$, a população é infinita. Já $(1-f) \leq 0,95$, a mesma é considerada finita.

2.3 Parâmetros estruturais da vegetação

As estimativas foram calculadas seguindo os métodos propostos por Mueller-Dombois e Ellenberg (1974). Para expressar a probabilidade de dois indivíduos escolhidos aleatoriamente numa amostra serem da mesma espécie, calculou-se o Índice de Dominância de Simpson (SIMPSON, 1949). Este índice varia de 0 a 1, onde o maior resultado indica a dominância de uma determinada espécie. Os parâmetros da estrutura da vegetação analisados contemplaram densidade, dominância e frequência (Quadro 1).

Quadro 1. Parâmetros analíticos da estrutura da vegetação

Parâmetro	Sigla	Descrição
Densidade Total da Área	DTA	Quantidade de indivíduos na área amostrada em ind.ha^{-1} e é resultado do somatório de todas as Densidades Absolutas
Densidade Absoluta	D_{ai}	Número de indivíduos de cada espécie na composição da estrutura vegetal em ind.ha^{-1}
Densidade Relativa	DR_i	Representação, em porcentagem, da quantidade de indivíduos de determinada espécie na comunidade vegetal
Frequência Total	FT	Somatório de todas as frequências absoluta e relativa da amostragem
Frequência Absoluta	FA_i	Distribuição de cada espécie na área estudada, considerando a quantidade de unidades amostrais com a presença de determinada espécie
Frequência Relativa	FR_i	Expressa, em porcentagem, as unidades amostrais com ocorrência do táxon em relação ao total destas unidades
Dominância Total	DoT	Somatório de todas as áreas basais das espécies amostradas
Dominância Absoluta	DoA_i	Influência da área basal de cada espécie na comunidade amostrada em $\text{m}^2.\text{ha}^{-1}$

Dominância Relativa	DoRi	Externa a área basal de uma espécie, em porcentagem, em relação ao somatório da área basal de todas as espécies em análise
---------------------	------	--

2.4 Agrupamento das unidades amostrais

A análise multivariada relacionou as amostras da vegetação e as características (número de indivíduos, área basal, altura e DAP médio) dos indivíduos (*L. leucocephala*), servindo de insumo para a compreensão da dinâmica de invasão nas faixas de dunas, além do limite espacial da espécie exótica no manguezal. O Método Ward (1963) ou de mínima variância foi empregado para agrupar de forma hierarquia as amostras, o qual é utilizado em vários trabalhos sobre vegetação (CHATANGA *et al.*, 2019; KHAN; QURESHI; SAQIB, 2019; ZAPATA-CARBONELL *et al.*, 2019). Os clusters formados, a partir da montagem de um Dendrograma (ALBUQUERQUE *et al.*, 2015), receberam cores distintas para visualização da distribuição da espécie invasora na Baía de Sueste. A avaliação da relação entre as variáveis descritas e a distância entre as unidades amostrais foi possível utilizando o software estatístico Microsoft Excel XLSTAT, significativo à 5% de probabilidade (versão 2018.5) (ADDINSOFT, 2018).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Estrutura e dinâmica da vegetação amostrada

A representatividade da amostra foi satisfatória das características inerentes à população, em que o critério de obter erro amostral admissível entre 10% a 20% é requisito essencial nas recomendações dos órgãos ambientais. O valor encontrado, considerando o DAP dos indivíduos, foi de 11,8%, à 95% de probabilidade. A utilização de processos de amostragem implica em erros, devido a medição de apenas parte da população (SYDOW *et al.*, 2017). Quanto menor for o erro de amostragem, mais precisa será a estimativa e a extrapolação realizada pelo pesquisador.

Nas 39 parcelas, foram contabilizados 610 indivíduos, onde destes, 578 foram identificadas como *Leucaena leucocephala* [Lam.] De Wit, 9 *Acacia farnesiana* (L.) Willd e 23 *Laguncularia racemosa* (mangue branco) (Quadro 2). A espécie exótica conhecida popularmente de “Leucena” e “Linhaça” pertence ao Reino *Plantae*, a Classe

Magnoliopsida, a Ordem *Fabales*, a Família *Fabaceae* e ao Gênero *Leucaena*, sendo uma planta arbóreo-arbustiva nativa do México e da América Central, (DRUMOND; RIBASKI, 2010). As sementes são abioticamente dispersas em ilhas (MARTÍNEZ *et al.*, 2015) por gravidade (barocoria), existindo relatos de dispersão zoocórica (bioticamente) (HÓRUS, 2019).

Quadro 2. Lista das Famílias, nomes comuns e espécies em um fragmento de Mata Atlântica Insular, Baía de Sueste, Fernando de Noronha – PE

Família	Nome Científico	Nome comum	OR	SD
Fabaceae	<i>Leucaena leucocephala</i> [Lam.] De Wit	Linhaça; Leucena	Exo	Aut/Zoo
Combretaceae	<i>Laguncularia racemosa</i> (L.) C.F.Gaerth	Mangue Branco	Nat	Aut
Fabaceae	<i>Acacia farnesiana</i> (L.) Willd	Esponjeira	Nat	Aut
Convolvulaceae	<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.) R. Br.	Salsa da Praia	Nat	Zoo
Paceae	<i>Pennisetum purpureum</i> Schum	Capim Elefante	Exo	Aut

Legenda: OR: Origem; Nat: Nativas; Exo: Exóticas; SD: síndrome de dispersão; Aut: autocórica; Zoo: zoocórico

A introdução acidental ou intencional de espécies exóticas em ambientes naturais é uma das causas principais de ameaças à biodiversidade e às funções ecossistêmicas em áreas insulares. Já perante os efeitos ecológicos, a inserção destas pode corroborar para a desestruturação da teia trófica e a depleção das populações nativas (RE *et al.*, 2019). Desde o processo de uso e ocupação do solo em 1502 (ALBUQUERQUE, 2013), o Arquipélago vem apresentando alterações na composição da flora e da fauna, em parte devido à introdução de espécies exóticas (FÁTIMA-RIBEIRO; LIMA, 2017).

O aumento da cobertura vegetal da ilha, com o passar dos anos não deve estar associada somente aos impactos ambientais positivos (SILVA *et al.*, 2020³), visto que pesquisas científicas com foco em espécies invasoras no Arquipélago identificam elevação no número de indivíduos dominantes (SERAFINI; FRANÇA; ANDRIGUETO FILHO, 2010; SAMPAIO; SHMIDT, 2013). A quantidade de espécies invasoras em Fernando de Noronha está aumentando de forma significativa, o que afeta o funcionamento ecossistêmico e modifica a paisagem natural (MELLO, 2014). Entretanto, há poucos estudos sobre a dinâmica da vegetação da ilha principal,

³ Artigo aprovado para publicação na Revista Interações na próxima edição de 2020.

única com a presença humana constante. As pesquisas desenvolvidas fornecem apenas o levantamento da flora e da fauna (RIDLEY, 1890; BATISTELLA, 1996).

O Arquipélago de Fernando de Noronha possui a 5^o Unidade de Conservação Federal com maior quantidade registrada de espécies exóticas invasoras do território brasileiro (SAMPAIO; SCHMIDT, 2013). Neste contexto, foi observado que a exótica (*Leucaena*) se adaptou bem no local invadido. Esta apresenta estratégias específicas de dominação (pressão de propágulos, chegadas exógenas, produção de sementes e métodos de dispersão), além de ser favorecida pela susceptibilidade/fragilidade do ambiente (ALBERS *et al.*, 2018) nas duas Unidades de Conservação federais existentes na área.

Observa-se que a atividade humana no entorno e no interior de áreas protegidas altera as composições biocenóticas e as feições do biótopo, influenciando nos processos de invasão biológica (ESPOSITO *et al.*, 2019). Assim, na Baía de Sueste são identificadas densas populações em áreas mais preservadas e também alteradas e/ou degradadas pelas ações antrópicas, até mesmo nas áreas onde existe a limitação ou a proibição de circulação de pessoas.

Os fatores demográficos, ou seja, elevado número de indivíduos da mesma espécie, além da germinação de sementes, influencia na abundância e no sucesso de dominação desta exótica (VARGAS; WERDEN; POWERS, 2015). A densidade total de indivíduos na composição do povoamento das parcelas foi de 6.256,41 ind.ha⁻¹, conseqüentemente, as densidades absolutas das espécies foram de 5.928,21 ind.ha⁻¹ de *Leucena*, 92,31 ind.ha⁻¹ de *Esponjeira* e 235,89 ind.ha⁻¹ de *Mangue* (Tabela 1). Já as porcentagens obtidas foram de 94,75%, 3,78% e 1,47%, respectivamente. A relação entre o número de indivíduos da espécie com a densidade é diretamente proporcional.

Tabela 1. Parâmetros fitossociológicos da área amostrada localizada na Baía de Sueste – PE

Espécie	NI (ind)	DA (ind. ha ⁻¹)	DR (%)	FA (%)	FR (%)	DoA (m ² .ha ⁻¹)	DoR (%)
1	578	5.928,21	94,75	100,00	75,00	415,82	78,67
2	23	235,89	3,78	20,51	15,38	100,28	18,97
3	9	92,31	1,47	12,82	9,62	12,42	2,36
Total	610	6.256,41	100,00	133,33	100,00	528,52	100,00

Sendo:

1 - *Leucaena leucocephala* [Lam.] De Wit; 2 - *Laguncularia racemosa* (L.) C.F.Gaerth; 3 - *Acacia farnesiana* (L.) Willd; NI: número de indivíduos; DA: densidade absoluta; DR: densidade relativa; FA: frequência absoluta; FR: frequência relativa; DoA: dominância absoluta; DoR: dominância relativa

O estudo sobre a distribuição espacial da *Leucaena* no Parque Estadual do Ibipõã-PR, Unidade de Conservação caracterizada como Proteção Integral, apresentou total de 1.974 indivíduos por hectare em 2007. Após 12 meses, a população cresceu 51%, totalizando 2.982 ind.ha⁻¹ (COSTA; FONSECA; BIANCHINI, 2015). Machado (2018) realizou um inventário desta invasora no Parque Nacional de Brasília, área protegida classificada como Proteção Integral (BRASIL, 2000). A quantidade de indivíduos por hectare encontrada foi de 4.062. Cabe salientar que o número de indivíduos e de espécies amostradas tem relação com a metodologia proposta pelo pesquisador e dependerá dos objetivos do trabalho, seja por nível de inclusão do CAP e/ou nível de conservação na qual a área está inserida (SILVA, 2017).

O Índice de Dominância de Simpson indicou a probabilidade de dois indivíduos selecionados aleatoriamente na amostragem vegetal pertencerem a mesma espécie. O valor encontrado (0,9) retrata baixa diversidade, pois é bem próximo de 1. Observa-se na área de estudo existe a formação de florestas monoespecíficas da espécie invasora. Tem-se menor diversidade quando o estrato da vegetação amostrada apresenta uma ou poucas espécies na quantidade máxima de indivíduos (THUKRAL *et al.*, 2019). Isto reflete o sucesso de invasão e o estabelecimento da invasora na Baía de Sueste, área próxima ao manguezal.

A *Leucaena* apresentou a maior densidade absoluta na área amostrada, sendo esta espécie invasora agressiva em ambientes insulares e no continente. Esta produziu grande quantidade de sementes, tem fácil disseminação, forma tabuleiros densos, com dosséis contínuos e apresenta característica de ser monoespecífica ou constituir floresta com poucas espécies no local invadido (LOWE *et al.*, 2000; WOLFE; MACCHIAVELLI; VAN-BLOEM, 2019). As frequências totais (FT) registradas nas parcelas foram de 133,33%, já as frequências absolutas (FA_i) foram 100,00% de *Leucaena*, 12,82% esponjeira e 20,51% de Mangue. As frequências relativas (FR) foram de 75,00%, 9,62% e 15,38%, respectivamente. Os maiores valores indicam quais espécies estão melhor distribuídas na estrutura horizontal, ao longo da amostra. Neste contexto, a invasora esteve presente em todas as unidades amostrais.

Santos e Fabricante (2019) avaliaram os efeitos da espécie exótica invasora *Boaerhavia difusa* num fragmento florestal da Caatinga. Nas 20 unidades amostrais implantadas, observou-se a frequência absoluta de 100,00%, sendo esta espécie encontrada em todas as amostras. Ao dominar a área, plantas não nativas podem

formar densas populações, excluindo outras espécies, o que justifica estarem presentes em todas as unidades amostrais. A dominância total (DoT) foi de 528,52 m².ha⁻¹, onde 415,81 m².ha⁻¹ foi de domínio da espécie invasora (*Leucaena*), 100,28m².ha⁻¹ foi do Mangue Branco e 92,31 m².ha⁻¹ da Esponjeira. Desta feita, a *Leucena* exerceu dominância no povoamento amostrado, pois possuiu o maior valor observado em termos de área basal por hectare, seguido pelas demais espécies. Esta dominância afeta a capacidade de regeneração de espécies nativas (WOLFE; MACCHIAVELLI; VAN-BLOEM, 2019).

A *Leucaena* tem grande resistência ao controle populacional, devido à capacidade de adaptação natural, tolerância às variações dos fatores ambientais, e capacidade elevada de competir por espaço físico (área basal) e recursos, de forma direta (NJUNGE *et al.*, 2017). Mesmo após vários cortes, a invasora é capaz de rebrotar com facilidade (MELO-SILVA *et al.*, 2014) e tem várias estratégias para garantir o sucesso de dominação. O rápido desenvolvimento é mecanismo crucial no processo de dominação (COSTA; DURIGAN, 2010); ter longevidade e vigor ao longo do tempo, devido às características fisiológicas facilitam o processo de adormecimento das sementes, podendo estas permanecerem no solo por elevado tempo (MARIANO *et al.*, 2016). As substâncias alopáticas lançadas provocam variações na absorção de nutrientes e nos hormônios de crescimento de outras plantas, inibindo a fotossíntese e, conseqüentemente, a capacidade respiratória (ISHAK; SAHID, 2014).

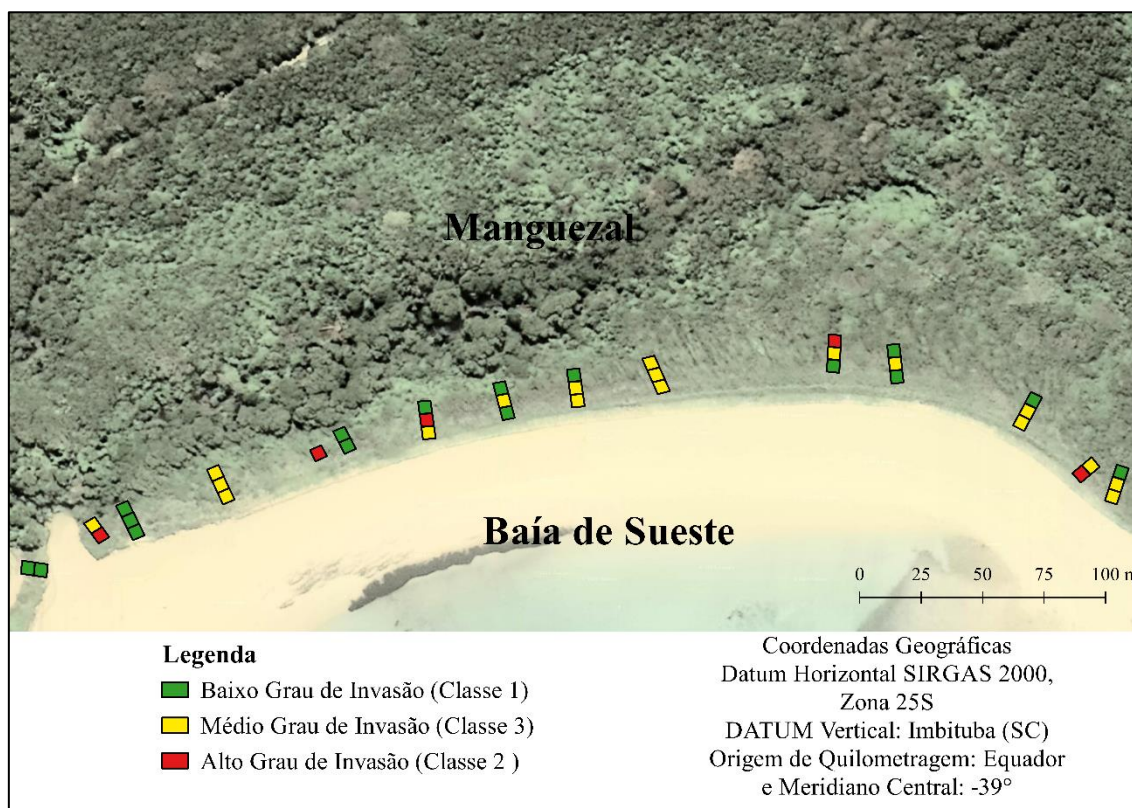
3.2 Especificidades dos agrupamentos para ações de manejo

A distribuição das unidades amostrais no único manguezal em Fernando de Noronha foi agrupada em clusters, a partir do grau de invasão, com níveis diferentes que podem ser usados para o manejo sustentável da espécie não nativa na área protegida do Parnamar. Este ambiente tem feições biocenóticas (flora e fauna) e biótopo (água e solo) de importância trofodinâmica para os ambientes adjacentes (FARIDAH-HANUM *et al.*, 2019), sendo relevantes para uma melhor compreensão da problemática e controle advindos do impacto da presença da *Leucena*.

A Análise de Agrupamento dividiu as unidades amostrais, permitindo a formação de 3 Classes; a saber: Classe 1 (representado no mapa como áreas verdes), locais onde os indivíduos possuem menor grau de invasão, seja pela densidade ou

dominância da espécie invasora, onde a distribuição espacial da *Leucaena* é mais baixa; Classe 2 (área amarela), possui médio grau de ocupação; Classe 3 (áreas vermelhas). locais com maior grau de invasão, ou seja, populações mais densas da espécie invasora presentes na amostragem (Figura 2).

Figura 2. Distribuição espacial das unidades amostrais, segundo o agrupamento quanto ao nível/grau de invasão na Baía do Sueste, Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha – PE



Sugere-se o manejo sustentável diferenciado, a depender da distribuição espacial da espécie invasora, bem como das peculiaridades de cada local. Vale salientar as ações devem ser prioritárias em áreas de Unidades de Conservação de Proteção Integral (MMA, 2018). As áreas Classe 1 (verdes) poderão ser objeto de ação imediata para um plano de manejo, visto o estágio inicial de consolidação das florestas monoespecífica de *Leucaena*. Recomenda-se que, posteriormente, ações sejam adotadas nas demais áreas, designadas como Classe 2 e Classe 3, respectivamente.

Os tratamentos preliminares podem ser: corte raso sem sombreamento, corte com sombreamento (STAFFORD *et al.*, 2017), uso de herbicida em diferentes dosagens e sob técnicas de corte, além da possibilidade do controle biológico (ZHAO; LI; ZHAO, 2019; SHABBIR *et al.*, 2020). Os passos operacionais deverão ser: uso de ferramentas de

geoprocessamento e sensoriamento remoto de recursos naturais para elaboração de mapas de vulnerabilidade das áreas invadidas; levantamento da área com uso de Veículos Aéreos não Tripuláveis – VANT; desenvolvimento de Sistema de Informação Geográfica – SIG, integrador e colaborativo para a sustentabilidade do arquipélago. Junto a população residente e visitantes, são recomendadas ações de conscientização e de sensibilização como ferramentas para o engajamento das partes interessadas no manejo e na erradicação de espécies invasoras (população local, turistas e gestores).

Quanto ao manejo sustentável da *Leucena*, devem ser elaborados programas de manejo e de controle da espécie invasora de forma voluntária e popular; monitoramento da tentativa de erradicação/controle por processos mecânicos (corte, retirada da biomassa e controle do banco de sementes), químicos (herbicidas) e biológicos (espécies nativas que limite o uso dos recursos naturais pelas plantas invasoras); como plano de utilização da biomassa como uma alternativa de manejo, controle e fonte energética; além do estabelecimento de passos operacionais para a restauração da cobertura vegetal nativa. Todas essas ações de controle e erradicação da espécie *Leucaena* no Parnamar devem seguir as orientações do Guia de Orientação para o Manejo de Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais.

As médias e as amplitudes das variáveis estruturais da planta invasora estão relacionados com a espacialização da *Leucaena* na Baía (Tabela 2). No geral, nota-se que a Classe 2 apresenta maiores valores para o número de indivíduos e área basal, comparando-se com Classe 1 e Classe 3, formando tabuleiros, além de populações monoespecíficas densas (LOWE *et al.*, 2000) e sendo as áreas mais críticas quanto ao processo de invasão, de estabelecimento e de sucesso da invasão biológica, apresentando competição intraespecífica. O sucesso adaptativo desta espécie se dá também pela capacidade de autofecundação, permitindo a produção de sementes em indivíduos isolados, cuja floração pode ocorrer durante todo o ano, resultando numa eleva produção de vagens (MACHADO, 2018).

Tabela 2. Estatística descritiva das variáveis que caracterizam as unidades amostrais inseridas nos agrupamentos

Variáveis	Parâmetros	C1	C2	C3
Nº de Indivíduos	Média	5,68	18,20	32,4
	Amplitude	01 - 12	14 - 24	27 - 43
Área Basal	Média	0,49	1,28	1,92
	Amplitude	0,06 - 1,29	0,25 - 3,24	0,73 - 3,87

DAP	Média	0,02	0,02	0,01
	Amplitude	0,01 - 0,036	0,008 - 0,034	0,01 - 0,025
Altura	Média	2,67	2,58	2,54
	Amplitude	1,72 - 4,75	1,66 - 4,67	2,03 - 3,31

Sendo: C1 – Classe 1; C2 - Classe 2; C3 – Classe 3

Chiou *et al.* (2016) mostram a relação favorável da dispersão da *Leucena* em áreas adjacentes à borda de florestas, com clima quente e seco. Segundo Drumond e Risbak (2010), a espécie não coloniza em solos arenosos como dunas, por exemplo. Entretanto, Chotchutima *et al.* (2016) avaliou o potencial de plantio da linhaça em solos arenosos, como fonte adicional de renda, através do uso da biomassa. Na Baía do Sueste e outras localidades da ilha principal, são observadas culturas monoespecíficas da espécie alienígena, o que pode indicar que esta desenvolve-se bem em diferentes tipos de solos. A dominância da *Leucaena* pode durar várias décadas em florestas secas tropicais (COLÓN; LUGO, 2006).

Segundo Wolfe e Van-Bloem (2012), as gramíneas exóticas, como é o caso na área de estudo com a espécie *Pennisetum purpureum* Schum (capim elefante), dominam e persistem em florestas tropicais que estão degradadas, onde a *linhaça* geralmente se estabelece e áreas contínuas e mono dominantes. As causas de limitação e de bloqueio para a dispersão da vegetação nativa ocorre devido à persistência e às estratégias de florestas mono específicas de *Leucaena leucocephala*, em que diversos fatores, além da chuva de sementes. Tais características propiciam a dispersão e a superação desta espécie dominante em locais que passaram por processos de modificação intensificadas pela ação antrópica (WOLFE; MACCHIAVELLI; VAN-BLOEM, 2019) e pelas mudanças climáticas.

Em estudo desenvolvido em Porto Rico, foi observado que no território adjacente (dunas primária e secundária) ao manguezal tem vegetação rasteira, com a invasora apresentando sucesso na sobrevivência (WOLFE; VAN-BLOEM, 2012). Também se observou que a restinga, com presença da *Ipomoea pes-caprae*, está associada com a planta alienígena. Já na Baía de Sueste, observou-se que a quantidade de indivíduos desta espécie diminui ao adentrar no mangue branco, o que pode estar relacionado à competição interespecífica por luz e nutrientes no solo. Segundo Cheung *et al.* (2000), a *L. leucocephala* é intolerante em solos encharcados ou área que passam por constantes períodos de inundação. O mangue apresenta fluxo de água superficial, subsuperficial e

subterrâneo, fornecendo serviços ecossistêmicos regulatórios e servindo de abrigo e ambiente propício para a reprodução de milhares de espécies animais e vegetais (FARIDAH-HANUM *et al.*, 2019), o que pode justificar a ausência da invasora no interior do manguezal, além da redução do número de indivíduos ao adentrar neste ecossistema. Entretanto, cabe salientar que a espécie ainda representa alta plasticidade e exibe tolerância a ambientes diversos (COSTA; DURIGAN, 2010).

A Comissão Nacional de Biodiversidade – Conabio estabeleceu estratégias nacionais para prevenir e reduzir os impactos ambientais negativos causados por espécies invasoras, com ações de identificação destas, avaliação dos riscos e dano ambiental, prevenção, erradicação, mitigação e principalmente a definição de unidades prioritárias para as ações (MMA, 2018). Devido as características desta planta em proporcionar a potencialização na diminuição da biodiversidade de Noronha, ações prioritárias deveriam ter lugar no planejamento de ações ambiental dos órgãos gestores para minimizar e/ou erradicar as alterações potencialmente negativas.

Por outro lado, a utilização de organismos vivos que auxiliam na identificação de alterações nas condições ambientais (bioindicadores) de uma determinada localidade é de suma importância para amparar estudos de minimização, de compensação e de controle dos potenciais impactos decorrentes das modificações pertinentes que esta espécie não endêmica pode ocasionar. Diante das características desta invasora, promovendo diversos malefícios para os ecossistemas existentes em área protegidas do arquipélago, faz-se mister ações preventivas para que a qualidade ambiental seja restabelecida e uma análise mais cuidadosa das políticas públicas focadas na elevação da qualidade ambiental.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O aumento da quantidade de espécies invasoras é preocupante para a biodiversidade insular brasileira, tendo em vista a gradativa presença destas em ilhas. São inúmeros os impactos ambientais que estas ocasionam, como o agravamento da degradação ambiental em locais de elevada fragilidade e vulnerabilidade ecossistêmica. Pela análise fitossociológica, foi possível fornecer dados que podem ser utilizados pelos gestores de Fernando de Noronha e a comunidade científica sobre as características da *Leucaena leucocephala* [Lam.] De Wit.

Observou-se que a *Leucena* está disseminada em áreas protegidas das Unidades de Conservação Federais do Arquipélago, formando populações densas, o que ameaça a permanência das espécies nativas. Também assinala-se que esta espécie é considerada como bioindicadora da degradação ambiental observada atualmente, sendo uma situação de insustentável da ilha quando a manutenção da biodiversidade local. Neste sentido, buscar formas de manejo ou erradicação desta espécie invasora é relevante para a biocenose nativa local.

O manguezal da Baía de Sueste encontra-se em alteração constante devido a presença da população de *Leucena* e de atividades humanas, afetando a feição florística, mais especificamente da restinga. A *Leucaena* está sendo dominante na área de borda do manguezal e nas dunas primária e secundária, mas a quantidade de indivíduos reduz no interior do mangue, possivelmente devido a competição por recursos naturais, luminosidade e espaço físico. Além disso, a alienígena não se desenvolve em solos encharcados, o que justifica a ausência desta no interior do mangue, próximo ao fluxo de água superficial. Acredita-se que a relação entre mangue branco e linhaça é mais crítica em alguns locais, nas faixas de dunas. Entretanto, provavelmente a invasora não causará prejuízos para esta população nativa a curto prazo, sendo necessárias ações para erradicação desta.

A análise de agrupamento identificou as áreas prioritárias para a implementação das ações de manejo. É imprescindível a ocorrência de manejo sustentável da *Leucaena*. Desta feita, a gestão tripartite do Arquipélago necessita de todos os atores atuantes, engajados numa rede integrada, visando a adoção de práticas/manejo adequadas para erradicação e/ou manejo. Isto será possível por meio de estudos mais aprofundados sobre a dinâmica de vegetação, mapeando as populações e adotando práticas sustentáveis. Espera-se com este escrito possa auxiliar na reflexão sobre a estruturação de projetos que visem a gestão de plantas invasoras, buscando a melhoria da qualidade ambiental em áreas insulares.

5. RECOMENDAÇÕES

Introdução de parcelas permanentes experimentais, com diferentes tratamentos, buscando o controle ou erradicação da *Leucena* em áreas sob o domínio do Instituto Chico Mendes de Conservação e Biodiversidade – ICMBio e da Autarquia Territorial do Distrito Estadual de Fernando de Noronha – ATDEFN, em diferentes estratos de vegetação. O

sistema de amostragem deverá ser de forma inteiramente aleatória nos diferentes locais, para identificar a presença da *Leucaena*, em que será medido o diâmetro à altura do peito (DAP) e identificados todos os indivíduos de espécie arbustiva, subarbórea e arbórea com altura mínima de 1,3 metros. Este procedimento é necessário para compreender potenciais impactos negativos na biocenose florística, adotar práticas de manejo, compreender a Ecologia, bem como analisar a distribuição desta nas áreas protegidas do Panamar e da ATDEFN. Poderão ser testadas metodologias de manejo diferentes, visando a modelagem e o monitoramento da distribuição, do crescimento, da propagação e da remoção de espécies não nativas, bem como o uso de serviços ecossistêmicos que a *Leucaena* pode proporcionar para a população local.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – Facepe pelo apoio financeiro, através do edital IBPG-0987-3.07/17. Ao Instituto Chico Mende de Conservação e Biodiversidade – ICMBio pelo apoio institucional. À Autarquia Territorial do Distrito Estadual de Fernando de Noronha – ATDEFN pela parceria inter-institucional. Ao Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental em Pernambuco – Gampe pelo auxílio de pesquisadores para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

Addinsoft, XLSTAT 2018: **Data Analysis and Statistical Solution for Microsoft Excel**. 2018.

ALBERS, H. J.; HALL, K. M.; LEE, K. D.; TALEGHAN, M. A.; DIETTERICH, T. G. The role of restoration and key ecological invasion mechanisms in optimal spatial-dynamic management of invasive species. **Ecological Economics**, v. 151, p. 44-54, 2018.

ALBUQUERQUE, J. M.; WATZLAWICK, L. F.; KOEHLER, H. S.; LONGHI, S. J. Análise de agrupamento florístico de Floresta Ombrófila Mista em Sistema Faxinal. **Brazilian Journal of Applied Technology for Agricultural Science**, v. 8, n. 3, 2015.

ATDEFN – Autarquia Territorial do Distrito Estadual de Fernando de Noronha. **Relatório de atividades anual de 201**. Disponível em: <http://www.lai.pe.gov.br/web/defn/acoes-e-programas>. Acessado em: 01 de abril de 2019.

- BATISTELLA, M. Dominant plant species of the Fernando de Noronha archipelago: ecological groups and spatial distribution. **Acta Botanica Brasilica**, v. 10, n. 2, p. 223-235, 1996.
- BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5, p. 180 - 214, 2018.
- BRASIL. Decreto Federal n. 96.693. Cria o Parque Nacional Marinho de Fernando de Noronha e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 14 de setembro de 1988.
- BRASIL. Lei Federal n. 9.985. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, 18 de julho de 2000.
- BURJACHS, F.; PÉREZ-OBÍOL, R.; PICORNELL-GELABERT, L.; REVELLES, J.; SERVERA-VIVES, G.; EXPÓSITO, I.; YLL, E. I. Overview of environmental changes and human colonization in the Balearic Islands (Western Mediterranean) and their impacts on vegetation composition during the Holocene. **Journal of Archaeological Science: Reports**, v. 12, p. 845-859, 2017.
- CHATANGA, P.; KOTZE, D. C.; JANKS, M.; SIEBEN, E. J. J. Classification, description and environmental factors of montane wetland vegetation of the Maloti-Drakensberg region and the surrounding areas. **South African Journal of Botany**, v. 125, p. 221-233, 2019.
- CHEUNG, K. C.; WONG, J. P. K.; ZHANG, Z. Q.; WONG, J. W. C.; WONG, M. H. Revegetation of lagoon ash using the legume species *Acacia auriculiformis* and *Leucaena leucocephala*. **Environmental Pollution**, v. 109, n. 1, p. 75-82, 2000.
- CHIOU, C. R.; CHEN, Y. J.; WANG, H. H.; GRANT, W. E. Predicted range expansion of the invasive plant *Leucaena leucocephala* in the Hengchun peninsula, Taiwan. **Biological Invasions**, v. 18, n. 2, p. 381-394, 2016.
- CHOTCHUTIMA, S.; TUDSRI, S.; KANGVANSACHOL, K.; SRIPICHITT, P. Effects of sulfur and phosphorus application on the growth, biomass yield and fuel properties of *Leucaena* (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.) as bioenergy crop on sandy infertile soil. **Agriculture and Natural Resources**, v. 50, n. 1, p. 54-59, 2016.
- COLÓN, S. M.; LUGO, A. E. Recovery of a subtropical dry forest after abandonment of different land uses 1. **Biotropica: The Journal of Biology and Conservation**, v. 38, n. 3, p. 354-364, 2006.
- COSTA, J. N. M. N.; DURIGAN, G. *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit (Fabaceae): invasive or ruderal? **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v. 34, n. 5, p. 825-833, 2010.
- COSTA, J. T.; FONSECA, I. C. B.; BIANCHINI, E. Population structure of the invasive species *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) in a seasonal semi-deciduous forest, southern Brazil. **Australian Journal of Botany**, v. 63, n. 7, p. 590-596, 2015.
- CPRH – Agência Estadual de Meio Ambiente. **Instrução normativa CPRH n. 007/2006**. Disciplina os procedimentos da CPRH referentes à aprovação da localização

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://www.cprh.pe.gov.br/licenciamento/atividades_florestais/41795%3B35830%3B1502%3B0%3B0.asp. Acesso em: 10 de julho de 2019.

DRUMOND, M. A.; RIBASKI, J. *Leucena (Leucaena leucocephala)*: leguminosa de uso múltiplo para o semiárido brasileiro. Comunicado Técnico, 262: **Embrapa Florestas**, Colombo, PR; 142: Embrapa Semiárido, Petrolina, PE, 8p. 2010.

ESPOSITO, D. M.; RODHOUSE, T. J.; MATA-GONZÁLEZ, R.; HOVLAND, M. Differential Species Responses to Aspects of Resistance to Invasion in Two Columbia Plateau– Protected Areas. **Rangeland Ecology & Management**, v. 72, n. 5, p 773-782, 2019.

FARIDAH-HANUM, I.; YUSOFF, F. M.; FITRIANTO, A.; AINUDDIN, N. A.; GANDASECA, S.; ZAITON, S.; SHAMSUDDIN, I. Development of a comprehensive mangrove quality index (MQI) in Matang Mangrove: Assessing mangrove ecosystem health. **Ecological Indicators**, v. 102, p. 103-117, 2019.

FÁTIMA-RIBEIRO, M.; SILVA-LIMA, C. B. Avaliação da criação de abelhas-sem-ferrão em Fernando de Noronha após 30 anos de sua introdução. **Magistra**, v. 27, n. 3/4, p. 474-481, 2017.

FERNANDES, R.; PINHO, P. The distinctive nature of spatial development on small islands. **Progress in Planning**, v. 112, p. 1-18, 2017.

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, n. 1, p. 65-115, 2018.

HÓRUS - Instituto Horus de Desenvolvimento e Conservação Ambiental/The Nature Conservancy. *Leucaena leucocephala*. 2019. Disponível em: http://www.institutohorus.org.br/download/fichas/Leucaena_leucocephala.htm. Acesso em: 08 de julho de 2019.

APAC – Agência Pernambucana de Águas e clima. **Meteorologia**. Disponível em <http://www.apac.pe.gov.br/meteorologia/> Acesso em: 08 de janeiro de 2020.

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 julho de 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População estimada de Fernando de Noronha 2018**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/fernando-de-noronha/panorama>. Acessado em: 05 de maio de 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto de Fernando de Noronha em 2016**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/fernando-de-noronha/panorama>. Acessado em: 20 de janeiro de 2019.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de manejo da Estação Ecológica Tupinambás e Refúgio de Vida Silvestre do Arquipélago de Alcatrazes**. Brasília: ICMBio, v. 2, 203 p. 2017.

ICMBio - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de manejo da área de proteção ambiental de Fernando de Noronha – Rocas –São Pedro e São Paulo**. Brasília: ICMBio, 156 p. 2017.

ISHAK, M. S.; SAHID, I. Allelopathic effects of the aqueous extract of the leaf and seed of *Leucaena leucocephala* on three selected weed species. **IP Conference Proceedings**, v. 1614, n.1, p. 659-664, 2014

JOHNSON, M. E.; BAARLI, B. G.; CACHÃO, M.; MAYORAL, E.; RAMALHO, R. S.; SANTOS, A.; SILVA, C. M. On the rise and fall of oceanic islands: Towards a global theory following the pioneering studies of Charles Darwin and James Dwight Dana. **Earth-Science Reviews**, v.180, p. 17-36, 2018.

KHAN, A. M.; QURESHI, R.; SAQIB, Z. Multivariate analyses of the vegetation of the western Himalayan forests of Muzaffarabad district, Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. **Ecological Indicators**, v. 104, p. 723-736, 2019.

KUEFFER, C.; DAEHLER, C. C.; TORRES-SANTANA, C. W.; LAVERGNE, C.; MEYER, J. Y.; OTTO, R.; SILVA, L. A global comparison of plant invasions on oceanic islands. **Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics**, v. 12, n. 2, p. 145-161, 2010.

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. S. A espécie *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. no Parque Nacional de Brasília, DF: implicações ambientais de uma espécie exótica invasora. 2018. 200f. **Tese** (Doutorado). Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2018.

MARIANO, L. G.; SOMAVILLA, A.; SILVEIRA, A. G.; SALAMONI, A. T. Análise de superação de dormência de sementes de *Leucaena leucocephala* e desenvolvimento inicial de plântulas. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 20, n. 1, p. 398-404, 2016.

MARTÍNEZ, O. J. A.; ACKERMAN, E. J. M.; MONTIEL, D. G.; PARROTTA, J. A. Seed dispersal turns an experimental plantation on degraded land into a novel forest in urban northern Puerto Rico. **Forest Ecology and Management**, v. 357, p. 68-75, 2015.

MELLO, A. M. Mecanismos de conservação do manguezal da Baía de Sueste, arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco (BRASIL). 2017. 104 f. **Dissertação** (Mestrado Acadêmico em Engenharia Ambiental). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, PE, 2017.

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.

MELO-SILVA, C.; PERES, M.P.; MESQUITA-NETO, J. N.; GONÇALVES, B. B.; LEAL, I. A. B. Biologia reprodutiva de *L. leucocephala* (Lam.) R. de Wit (Fabaceae:

- Mimosoideae): sucesso de uma espécie invasora. Neotropical. **Biology and Conservation**, v.9, n.2, p.91-97, 2014.
- MEUNIER, I. M. J.; SILVA, J. A. A.; FERRREIRA, R. L. C. **Inventário florestal: Programas de estudo**. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Ciência Florestal: Recife, 200p, 2001.
- MUELLER-DOMBOIS, D.; ELLENBERG, H. **Aims and methods of vegetation ecology**. New York: John Wiley & Sons, 1974.
- NJUNGE, J. T.; KAHOLONGO, I. K.; AMUTENYA, M.; HOVE, K. Invasiveness and Biomass Production of *Leucaena leucocephala* Under Harsh Ecological Conditions of North-Central Namibia. **Journal of Tropical Forest Science**, p. 297-304, 2017.
- ONU – Organização das Nações Unidas. **Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS): Agenda para 2030**. 2015. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/> Acesso em: 10 de janeiro de 2019.
- PERNAMBUCO. Decreto Estadual n. 13.553. Declara Área de Proteção Ambiental o Arquipélago de Fernando de Noronha e dá outras providências. **Diário Oficial de Pernambuco**, 7 abr. 1989.
- PORTZ, L.; JARDIM, J. P. M.; MANZOLLI, R. P.; GRUBER, N. S. Impactos no sistema de dunas: dinâmica natural versus interferência antrópica. **Ambiente & Sociedade**, v. 19, n. 3, p. 135-154, 2016.
- RE, D.; TORDONI, E.; PÉREZ, Z. N.; FERNÁNDEZ-PALACIOS, J. M.; ARÉVALO, J. R.; OTTO, R.; BACARO, G. A spatially-explicit model of alien plant richness in Tenerife (Canary Islands). **Ecological Complexity**, v. 38, p. 75-82, 2019.
- RIDLEY, H. N. Notes on the botany of Fernando Noronha. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 27, n. 181, p. 1-95.
- SAMPAIO, A. B.; SCHMIDT, I. B. Espécies Exóticas Invasoras em Unidades de Conservação Federais no Brasil. **Biodiversidade Brasileira**. v. 3, n. 2, p. 32-49, 2013.
- SANTOS, L. A.; FABRICANTE, J. R. Impactos da exótica invasora *Boerhavia diffusa* L. sobre a diversidade de espécies do estrato herbáceo e arbustivo autóctone de uma área ripária na Caatinga, Sergipe, Brasil. **Scientia Plena**, v. 15, n. 1, p. 1-14, 2019.
- SERAFINI, T. Z.; FRANÇA, G. B.; ANDRIGUETO FILHO, J. M. Ilhas oceânicas brasileiras: biodiversidade conhecida e sua relação com o histórico de uso e ocupação humana. **Journal of Integrated Coastal Zone Management**, v. 10, n. 3, p. 281-301, 2010.
- SHABBIR, A.; DHILEEPAN, K.; ZALUCKI, M. P.; KHAN, N.; ADKINS, S. W. Reducing the fitness of an invasive weed, *Parthenium hysterophorus*: Complementing biological control with plant competition. **Journal of environmental management**, v. 254, p. 780-790, 2020.
- STAFFORD, W.; BIRCH, C.; ETTER, H.; BLANCHARD, R.; MUDAVANHU, S.; ANGELSTAM, P.; MARAIS, C. The economics of landscape restoration: benefits of controlling bush encroachment and invasive plant species in South Africa and Namibia. **Ecosystem Services**, v. 27, p. 193-202, 2017.
- SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, London, v. 163, p. 688, 1949.

- SILVA, A. F. Estrutura e dinâmica de uma floresta tropical seca em Pernambuco, Brasil. 2017. 89f. **Tese** (Doutorado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ciências Florestais, Recife, PE, 2018.
- SILVA, K. A.; MONTEIRO, J. J.; SANTOS, J. P. O.; SILVA, E. A.; EL-DEIR, S. G. Análise da dinâmica de vegetação utilizando o Índice de Vegetação de Diferença Normalizada – NDVI no Arquipélago de Fernando de Noronha, Pernambuco (Brasil). 2020.
- SYDOW, J. D. Comparação de Métodos e Processos de Amostragem para Inventário em Floresta Ombrófila Mista. **BIOFIX Scientific Journal**, v. 2, n. 1, p. 60-68, 2017.
- THUKRAL, A. K.; BHARDWAJ, R.; KUMAR, V.; SHARMA, A. New indices regarding the dominance and diversity of communities, derived from sample variance and standard deviation. **Heliyon**, v. 5, n. 10, p. 590-606, 2019.
- UNESCO-United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. **Brazilian Atlantic Islands: Fernando de Noronha and Atol das Rocas Reserves**, 2019. Disponível em: <https://whc.unesco.org/en/list/1000>. Acesso em: 09 de maio de 2018.
- UNESCO-United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Decision - 25 COM X.A - **Brazilian Atlantic Islands: Fernando de Noronha and Atol das Rocas Reserves (Brazil)**, 2001. Disponível em: <http://whc.unesco.org/en/decisions/2319> . Acesso em: 09 de maio de 2018.
- VARGAS, G.; WERDEN, L. K.; POWERS, J. S. Explaining legume success in tropical dry forests based on seed germination niches: a new hypothesis. **Biotropica**, v. 47, n. 3, p. 277-280, 2015.
- WARD JR, J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v. 58, n. 301, p. 236-244, 1963.
- WOLFE, B. T.; MACCHIAVELLI, R.; VAN BLOEM, S. J. Seed rain along a gradient of degradation in Caribbean dry forest: Effects of dispersal limitation on the trajectory of forest recovery. **Applied Vegetation Science**, v. 22, n. 3, p. 423-434, 2019.
- WOLFE, B. T.; VAN BLOEM, S. J. Subtropical dry forest regeneration in grass-invaded areas of Puerto Rico: understanding why *Leucaena leucocephala* dominates and native species fail. **Forest Ecology and Management**, v. 267, p. 253-261, 2012.
- ZAPATA-CARBONELL, J.; BÉGEOT, C.; CARRY, N.; CHOLET, F.; DELHAUTAL, P.; GILLET, F.; CHALOT, M. Spontaneous ecological recovery of vegetation in a red gypsum landfill: *Betula pendula* dominates after 10 years of inactivity. **Ecological Engineering**, v. 132, p. 31-40, 2019.
- ZHAO, C.; LI, J.; ZHAO, X. Mowing plus shading as an effective method to control the invasive plant *Spartina alterniflora*. **Flora**, v. 257, p. 395-408, 2019.

CAPÍTULO 4

AValiação da Pegada de Carbono de Viagens Aéreas em Destino Insular: Estudo do Arquipélago Fernando de Noronha – PE (BRASIL)

RESUMO

As Emissões de Gases de Efeito Estufa são motivo de preocupação global. Os ambientes insulares são as primeiras áreas a serem afetadas pelas alterações negativas das mudanças climáticas. O presente trabalho avaliou a Pegada de Carbono nas viagens aéreas de curta distância ao Arquipélago Fernando de Noronha, sendo que o estudo se concentrou nas emissões de GEE diretas, excluindo a Pegada de Carbono Indireta. As viagens aéreas entre o continente e o Arquipélago contribuíram com 5 megatoneladas de CO₂ equivalentes. Enquanto a rota Natal-Noronha ocorre com média de 18 viagens por mês, a conexão Recife-Noronha realiza mais 200 voos, o que torna a Pegada de Carbono maior nesta conexão. Uma alternativa mais sustentável e que poderia mitigar em parte as causas das mudanças climáticas é a substituição parcial e/ou do combustível das aeronaves. A redução de turistas no Arquipélago mostra-se como uma das principais formas de controle migratório, atendimento ao Estudo de Capacidade Suporte e redução da emissão de GEE.

Palavras-chave: Ilhas; Mudanças Climáticas; Impacto Ambiental.

ASSESSMENT OF THE CARBON FOOTPRINT OF AIR TRAVEL IN INSULAR DESTINATION: STUDY OF THE FERNANDO ARCHIPELAGO OF NORONHA – PE (BRAZIL)

ABSTRACT

Greenhouse Gas Emissions are of global concern. Island environments are the first areas to be affected by the negative changes of climate change. The present study evaluated the Carbon Footprint of short-haul air travel to the Fernando de Noronha Archipelago, and the study focused on direct GHG emissions, excluding the indirect Carbon Footprint. Air travel between the continent and the Archipelago contributed 5 megatons of CO₂ equivalent. While the Natal-Noronha route takes an average of 18 trips per month, the Recife-Noronha connection performs over 200 flights, which makes the Carbon Footprint bigger on this connection. A more sustainable alternative that could mitigate part of the causes of climate change is the partial and / or fuel replacement of aircraft. The reduction of tourists in the Archipelago is one of the main forms of migration control, compliance with the Support Capacity Study and reduction of GHG emissions.

Keywords: Islands; Climate changes; Environmental impact.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento do turismo no Brasil gerou inegáveis ganhos econômicos. Entretanto, tal atividade promove uma série de efeitos negativos, destacando as alterações climáticas causadas pelo aumento significativo das viagens aéreas internacionais e domésticas (PEREIRA; RIBEIRO; FILIMONAU, 2017). Em 2018, foram realizados aproximadamente 820.000 mil voos domésticos em território brasileiro, contabilizando mais de 93.000.000 de passageiros transportados (ANAC, 2019). Cabe salientar que o transporte aéreo possui alta intensidade de energia e de carbono. Sendo assim, as Emissões de Gases de Efeito Estufa – GEE dessa atividade estão aumentando, ocorrendo a necessidade de mensurar as mesmas (LUO; BECKEN; ZHONG, 2018).

As Emissões de GEE são motivo de preocupação global devido a correlação direta com os impactos das mudanças climáticas (IPCC, 2013). Por estar em expansão, acredita-se que efeitos das mudanças climáticas aumente consideravelmente no futuro, gerando perdas econômicas, sociais e na biodiversidade (WANG *et al.*, 2019). O Relatório do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas – IPCC identificou os riscos atuais e futuros correlacionados às mudanças climáticas em ambientes insulares, que vão desde o aumento do nível e da temperatura do mar a ciclones tropicais e extratropicais (IPCC, 2014). As alterações negativas são ainda mais intensas e recorrentes nestas localidades, tendo em vista que estas apresentam características ecossistêmicas de alta fragilidade (PONDORFER, 2019), estando em nível elevado de vulnerabilidade ambiental. Desta feita, é necessária atenção política às estratégias que estimulem o baixo carbono (ROBINSON, 2018), principalmente nos meios de transporte.

Hernandez *et al.* (2018) concluíram que as organizações internacionais, a sociedade e os governos insulares precisam abordar, de forma integrada, os planos de mitigação e de adaptação às mudanças climáticas. É urgente a quantificação dos impactos causados por atividades antrópicas, visando a tomada de decisão em relação a planos e a programas de enfrentamento às mudanças climáticas e redução do lançamento de GEE (TRAUERNICHT, 2019). A Pegada de Carbono – PC é um indicador quantitativo para mensuração da sustentabilidade de diferentes atividades, produtos ou serviços (HUSSAIN; MALIK; TAYLOR, 2017). O conceito de PC diz respeito a quantidade emitida de Dióxido de Carbono (CO₂) ou GEE de cidades, de países, de meios de transporte, dentre outros (CAI; QU; WANG, 2019; SMETSCHKA *et al.*, 2019).

A quantificação da PC resultante do transporte aéreo para um destino turístico insular pode contribuir para a elaboração de estratégias condizentes com os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável – ODS (ONU, 2015), especificamente o ODS 13 que trata da Ação Contra a Mudança Global do Clima, além de fornecer insumos para a formulação de políticas públicas que reduzam esta Pegada, mitigando os impactos ambientais negativos. Outrossim, expor um destino turístico sobre a contribuição para as mudanças climáticas é, também, buscar o gerenciamento de riscos ambientais, econômicos e sociais.

Sendo assim, este artigo contribui para o conhecimento deste assunto, avaliando a Pegada de Carbono nas viagens aéreas de curta distância ao Arquipélago Fernando de Noronha, Distrito do Estado de Pernambuco, via dois itinerários (Recife-Noronha; Natal-Noronha). Este estudo apresenta relevância visto (i) o papel estratégico da sustentabilidade e das mudanças climáticas em ambientes insulares; (ii) o setor de turismo ser a atividade que mais cresce na ilha e principal fonte de renda para os ilhéus; (iii) os turistas chegarem ao destino turístico insular predominantemente por transporte aéreo; (iv) o Arquipélago ser Patrimônio Natural da Humanidade pela Organização das Nações Unidas (UNESCO, 2001) e (v) a presença de instrumentos norteadores de políticas públicas quanto ao enfretamento das mudanças climáticas. Desta forma, este artigo pretende auxiliar na discussão da sustentabilidade em ambientes insulares, especialmente no que trata da Pegada de Carbono relativo ao meio de transporte.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Arquipélago Fernando de Noronha

O Arquipélago Fernando de Noronha, composto por 21 formações rochosas vulcânicas, entre ilhas e ilhotas, possui uma área de aproximadamente 26 km², dos quais 17 km² correspondem à ilha principal e única habitada (ICMBio, 2017). Este ambiente insular é Patrimônio Natural da Humanidade pela Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO, 2001), sendo internacionalmente conhecido pelas paisagens naturais e praias paradisíacas. O clima é tropical Aw (Köppen-Geiger) (BECK *et al.*, 2018) e quente o ano todo, com duas estações bem definidas; a seca (setembro a fevereiro) e a chuvosa (março a agosto).

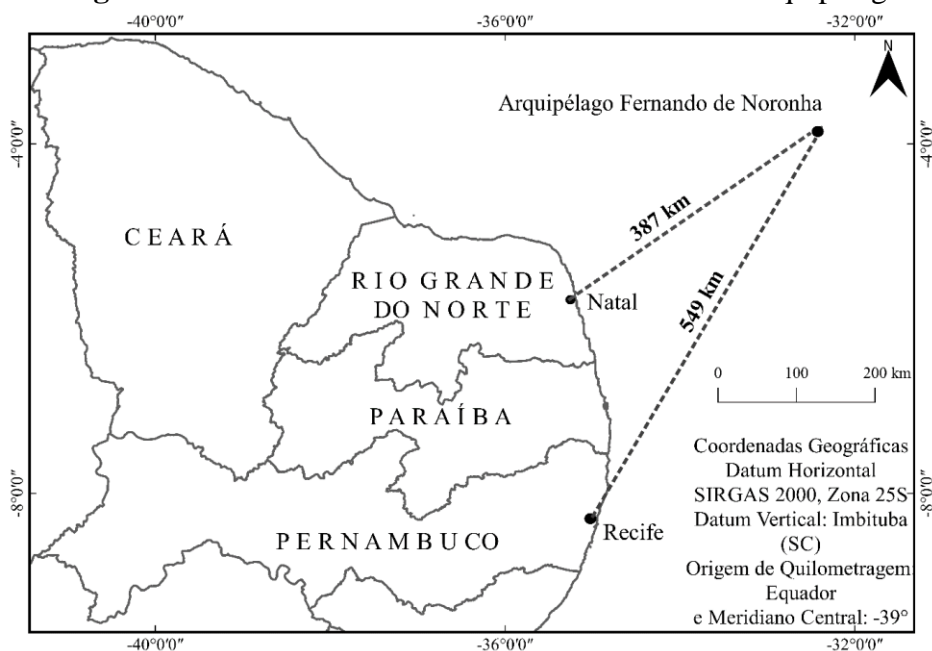
Nesta área territorial limitada, tem-se uma estimativa de 3.000 pessoas residindo (IBGE, 2018) e, aproximadamente, 92.000 turistas frequentam anualmente o conjunto de

ilhas (ATDEFN, 2018). A economia do lugar está em torno do ecoturismo, sendo esta atividade considerada a principal. O Distrito tem o Produto Interno Bruto – PIB de R\$ 124.323,67 e um PIB *per capita* de R\$ 41.803,52, o que torna a ilha a 5º maior em arrecadação financeira do Estado de Pernambuco (IBGE, 2016).

2.2 Transporte entre o continente e o ambiente insular

O transporte aéreo para o Arquipélago Fernando de Noronha é diário e é realizado apenas por duas empresas brasileiras que operam a aeronave Boeing 737-500 e um Jato Embraer 190 (ATDEFN, 2019). Outrossim, todos os voos para ilha principal e única habitada partem de Recife e/ou Natal (Figura 1) (ANAC, 2019; ATDEFN, 2019). Os transportes aéreos são os principais meios dos visitantes chegarem ao ambiente insular. A rota com origem no Estado de Pernambuco para Noronha tem duração média de 1 hora e 15 minutos, com distância de 549 km. Já a conexão Rio Grande do Norte à ilha dista 387 km e dura, aproximadamente, 50 minutos (ANAC, 2019). O acesso à ilha principal é gerenciado pela Autarquia Territorial do Distrito Estadual de Fernando de Noronha – ATDEFN, órgão ambiental federal Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade – ICMBio e o Centro Integrado de Defesa Aérea e Controle de Tráfego Aéreo – CINDACTA III (ICMBio, 2017).

Figura 1. Itinerário entre o continente brasileiro e o arquipélago



Dados referente a 2018 sobre o fluxo turístico de cada mês foram coletados do Sistema do Controle Migratório e dos Relatórios de Gestão das atividades da Autarquia

Territorial do Distrito Estadual de Fernando de Noronha. Estes documentos oficiais foram originados a partir da orientação do Governo do Estado de Pernambuco para que a gestão pública possa obter e documentar os resultados sobre as práticas e as ações que tem lugar no Arquipélago (ATDEFN, 2017). Sendo assim, todas as atividades que ocorrem neste ambiente insular são objeto do balanço anual, que busca consolidar em Noronha um conceito de cidade inteligente, sensível e sustentável. O controle migratório dos visitantes que utilizaram no Aeroporto Governador Carlos Wilson Campos foi contabilizado mensalmente em 2018 (ATDEFN, 2019).

2.1 Pegada de Carbono

A PC concerne ao transporte aéreo entre Recife-Noronha e Natal-Noronha. Com isso, utilizou-se do método idealizado pelo Departamento de Meio Ambiente, Alimentos e Assuntos Rurais do Reino Unido – DEFRA (DEFRA, 2016), pois este é aplicado em trabalhos científicos de avaliação da PC e da GEE das viagens aéreas intercontinentais, regionais e locais (PEREIRA; FILIMONAU; RIBEIRO, 2019). DEFRA calcula a Pegada de Carbono de processos industriais e os meios de transporte (veículo-quilômetro, tipo de combustíveis, eletricidade, resíduos sólidos) em quilogramas de Dióxido de Carbono equivalentes (kg CO₂ eq) (DEFRA, 2016). Esta unidade oficial é estabelecida pelo Painel Intergovernamental de Mudanças Climáticas – IPCC, entidade integrante do Programa das Nações Unidas Para o Meio Ambiente – PNUMA.

O método DEFRA aborda a Pegada de Carbono direta, desconsiderando as emissões indiretas de GEE e, conseqüentemente, a PC indireta (DEFRA, 2015). A exclusão de tais emissões pode ser vista com uma desvantagem do método, pois para a avaliação mais abrangente da Pegada de Carbono existe a necessidade de inclusão das emissões diretas e indiretas (LAZAREVIC; MARTIN, 2016).

O cálculo da Pegada de Carbono direta do itinerário Recife-Noronha e Natal-Noronha foi realizada através da multiplicação das variáveis: quantidade de passageiros, distância percorrida e quantidade de quilogramas de CO₂ equivalentes (PEREIRA; FILIMONAU; RIBEIRO, 2019) determinado pelo método DEFRA para viagens aéreas domésticas. Sendo assim, para a determinação da Pegada de Carbono das viagens aéreas, utilizou-se o modelo adaptado por Luo, Becken e Zhong (2018).

$$PC = \sum D \times P \times C$$

Onde:

PC = Pegada de carbono do transporte aéreo

D = Distância total por mês entre os trajetos do continente ao ambiente insular

P = Número de passageiros

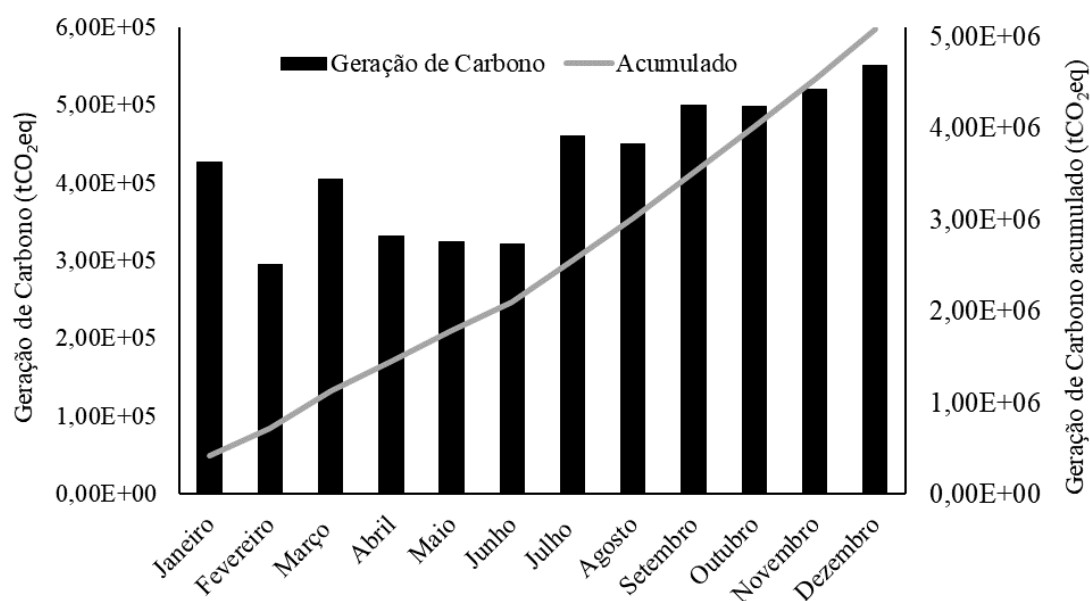
C = Quantidade de quilogramas equivalentes de dióxido de carbono para transporte aéreo doméstico e de curta duração (CO₂ kg eq) (Unidade: kg de CO₂ por passageiro-km).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em 1991, a quantidade de ilhéus era de 1.600 pessoas, em 2010 foi de 2.630 e, atualmente, estima-se que mais de 3.000 indivíduos residem em Noronha (IBGE, 1991; 2010; 2018). A quantidade de visitantes no Arquipélago passou de 5.900 em 1991 para 104.000 em 2018, representando um acréscimo de mais de 1.600% nas últimas décadas (ATDEFN, 1991; 2019). Atualmente, a quantidade de visitantes na ilha já ultrapassa em 15% o limite permitido pelo Estudo de Capacidade de Suporte (ICMBio, 2008).

Observou-se que, quanto as emissões de GEE, as viagens aéreas entre o continente e o Arquipélago contribuíram com aproximadamente 5 megatoneladas CO₂eq, em 2018 (Figura). Os valores observados referem-se aos itinerários (ida e volta) entre Recife – Noronha e Natal – Noronha, ou seja, a quantidade total de gases lançados no meio ambiente no trajeto total do continente ao ambiente insular.

Figura 2. Quantidade e acumulado de tCO₂eq por mês em 2018.



A rota Recife – Noronha possui a maior quantidade de voos, de passageiros e de distância percorrida, refletindo numa maior geração de carbono (Tabela 1). Sendo assim, observa-se que o consumo de energia, de combustíveis, além da quilometragem e do tipo de voo têm relação diretamente proporcional com o lançamento de gases de efeito estufa. Os meios de transporte, tanto de chegada quanto de partida, são as principais atividades que liberam estes gases para a atmosfera, tornando-o em responsável pela maior quantidade de impactos ambientais negativos advindos desta poluição gasosa (RICO *et al.*, 2019).

Tabela 1. Quantidade das emissões de GEE na conexão Recife-Noronha nos meses de 2018

Mês	Distância Percorrida (ida e volta) [km]	Número de Passageiros	Geração de Carbono (tCO ₂ eq)
Janeiro	140544	22464	425682,63
Fevereiro	125172	17496	295279,95
Março	141642	21158	404066,82
Abril	131760	18679	331836,18
Mai	138897	17311	324191,44
Junho	140544	16918	320588,44
Julho	152622	22337	459651,32
Agosto	153720	21679	449320,41
Setembro	152073	24351	499293,96
Outubro	146034	25332	498781,10
Novembro	153540	25120	520029,17
Dezembro	166696	24500	550652,73
Total	1743244	257345	5079372,22

Estudos realizados *por* Sharp, Grundius e Heinonem (2016) identificaram que a aviação representava cerca de 50% da quantidade total de CO₂ eq produzida por um turista num destino insular, destacando que as viagens aéreas lançaram 0,9 megatoneladas de gases de efeito estufa. A contribuição do turismo na Pegada de Carbono é particularmente significativa para os destinos insulares, tendo em vista que a chegada dos turistas acontece por via aérea, predominantemente (SHARP; GRUNDIUS; HEINONEM, 2016). Diante do exposto, estes valores observados tendem a aumentar num futuro próximo, pois o turismo está em ascensão no destino insular.

Elevadas concentrações no meio ambiente de GEE são observadas nos meses com maior frequência de turistas no Distrito. Segundo a Administração de Noronha, o

último trimestre do ano de 2018 apresentou os maiores quantitativos de visitantes, representando também os meses com maiores lançamentos deste poluente gasoso. Somente neste período, aproximadamente 450 decolagens foram realizadas no aeroporto da ilha, um acréscimo de 14% em relação ao primeiro trimestre do mesmo ano (ANAC, 2019).

Em 2004, a quantidade de aeronaves com origem e destino ao Arquipélago era de 2.500 veículos aéreos (ANAC, 2005). Neste período, iniciou-se a restrição de certas atividades antrópicas para que fossem atendidas as condições de melhoria da infraestrutura no Arquipélago, ocorrendo a necessidade de ampliação de algumas zonas em detrimento de Áreas de Conservação, de Recuperação e de Proteção da Vida Silvestre. A perda habitat nestes locais representou quase 13% da área territorial de proteção ambiental do Arquipélago (ICMBio, 2017). Com o aumento no fluxo de indivíduos em Noronha, a ilha precisava crescer a malha urbana e a zona especial em detrimento das zonas de conservação, ocasionando a perda de habitat natural da região. Sendo assim, estas cresceram 8% e 4%, respectivamente, nos últimos anos. A zona especial engloba o aeroporto Governador Carlos Wilson e o porto de Santo Antônio (IBAMA, 2005; ICMBio, 2017), que está sob guarda da Aeronáutica.

Atualmente, são realizados 3.300 voos por ano, aproximadamente, representando um crescimento de 32% se comparado com as decolagens e as aterrisagens de 2004 (ANAC, 2004; 2019). O Estudo de Capacidade de Suporte aponta que a perda de habitat, o desmatamento, o uso desordenado do solo, a favelização e a introdução de espécies invasoras está relacionado com o aumento da quantidade de voos, ocorrido com o advento do crescimento populacional fixo e flutuante da ilha (ICMBio, 2008). Neste sentido, esta ação antropogênica torna mais frágil a biota e a biocenose local, potencializando eventuais efeitos das mudanças climáticas globais, tendo em vista que os ambientes insulares são as primeiras localidades a serem afetadas pelos efeitos do colapso natural da depleção dos recursos naturais e dos lançamentos de GEE (PONDORFER, 2019).

Um total de 267 mil de passageiros viajaram nos dois itinerários exclusivos ao Arquipélago em 2018. Uma análise comparativa entre estas rotas demonstra que, nas configurações de viagem especificadas, o trajeto Natal – Noronha é a opção mais eficientes em termos de GEE (Tabela 2).

Tabela 2. Emissões de GEE no itinerário Natal-Noronha nos meses de 2018.

Mês	Distância Percorrida (ida e volta) [km]	Número de Passageiros	Geração de Carbono (tCO ₂ eq)
Janeiro	6966	1002	941,10
Fevereiro	6192	855	713,81
Março	6192	932	778,10
Abril	6966	1011	949,56
Mai	6966	910	854,70
Junho	6192	795	663,72
Julho	6192	820	684,59
Agosto	6966	824	773,92
Setembro	7353	671	665,23
Outubro	6966	787	739,17
Novembro	6208	684	572,52
Dezembro	6984	803	756,15
Total	80143	10094	9092,57

A Pegada de Carbono é menor nesta conexão devido a distância percorrida pelo avião ser 162 km. Enquanto a rota Natal – Noronha ocorre com média de 18 viagens por mês, a conexão Recife – Noronha realiza em média 200 voos. Observa-se que os meses com maior geração de GEE foi em janeiro e abril, com cerca de 1.600 mil visitantes à Noronha (ATDEFN, 2019). Cabe salientar que os voos de curta distância podem lançar no meio atmosférico maiores quantidades de gases do que os voos com maiores quilometragens, considerado a emissão por passageiro e a distância percorrida pela aeronave (BAUMEISTER, 2019).

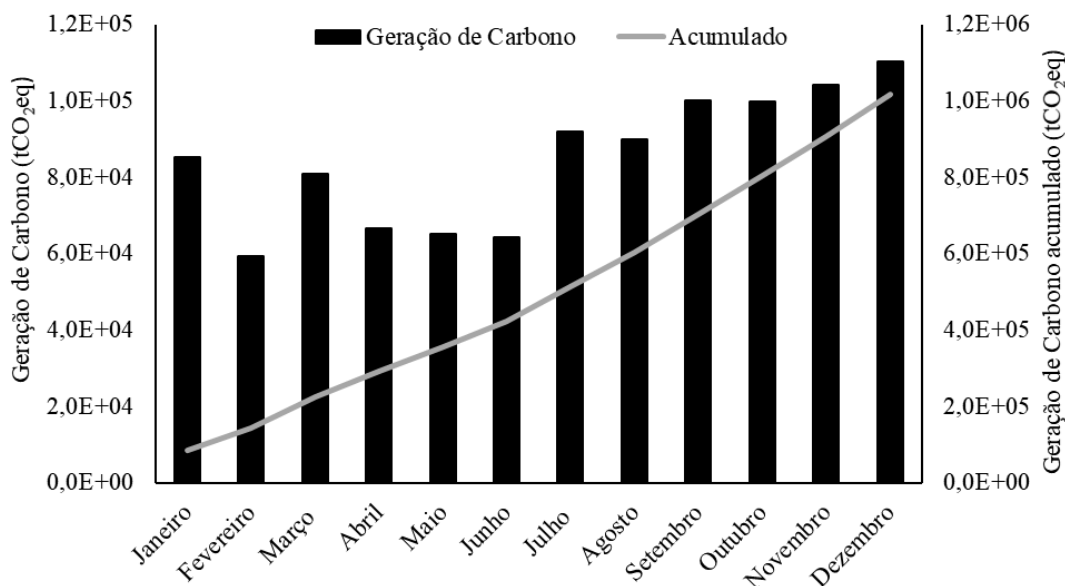
As emissões de GEE relacionadas às viagens aéreas nas ilhas do Caribe representava 71% do total lançado no meio ambiente (GOSSLIN, 2013). Na China, Pu e Mi (2016) avaliaram as emissões dióxido de carbono na cidade insular de Hainan, tendo em vista que as viagens de avião são a principal forma de os visitantes chegarem ao local. Os resultados mostram que as conexões aéreas representavam cerca de 88% do total do transporte turístico da cidade.

Uma alternativa mais sustentável e que poderia mitigar as causas das mudanças climáticas a é a substituição parcial e/ou do combustível das aeronaves, além de propostas de políticas públicas para a redução do lançamento de gases poluidores na atmosfera. Baumeister (2019b) alerta a urgência de substituição dos combustíveis de voos de curta distância no impacto climático de uma nação. Os únicos meios de transporte de turista para a ilha são pelo tráfego aéreo e cruzeiros marítimos.

A Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas de Pernambuco, Lei nº 14.090 (PERNAMBUCO, 2010) instituiu a adoção de ações para a precaução do dano ambiental e a discussão desta temática de forma integrada, colaborativa e transdisciplinar entre a sociedade civil, o poder público e o setor privado. Dentre as metas estabelecidas pela legislação, destaca-se a elaboração do inventário de gases de efeito estufa do Estado com a análise das principais atividades que causam impactos ambientais significativos (PERNAMBUCO, 2010, Art. 23). Existe o estabelecimento de metas setoriais para os meios de transporte. O inventário de gases de efeito estufa do Estado de Pernambuco é um documento elaborado pelo governo estadual e foi produzido de forma sistemática, contendo as contribuições dos setores e dos produtos que geram emissões de gases de efeito estufa (GEE).

O Governo do Estado quer retirar de circulação todos os veículos à combustão tradicional (gasolina, álcool e óleo diesel) da ilha a partir de 2030. Isto reflete as ações e os programas de enfrentamento às mudanças climáticas, como o projeto Noronha carbono zero e Noronha +20 que buscam zerar a emissão de carbono (CEBDS, 2019). A proibição imediata de circulação de transporte movidos a combustíveis tradicionais põem em risco o funcionamento da ilha. Outrossim, estas limitações não se aplicarão às aeronaves (VASCONCELOS, 2019). Pereira, Filimonau e Ribeiro (2017) identificaram redução de 80% nas emissões de GEE, substituindo o uso de combustíveis tradicionais com a utilização de biocombustíveis em aeronaves. Desta forma, com a alteração do uso do recurso natural tradicional por matéria prima mais sustentável, tem-se o transporte menos impactante nas mudanças climáticas e com diminuição no lançamento de GEE (Figura 3).

Figura 3. Quantidade das emissões de GEE utilizando biocombustíveis.



Esta iniciativa estaria direcionando o Arquipélado para o atendimento das metas da Agenda 2030 (UN, 2015a), especialmente no que determina o Protocolo de Paris (UN, 2015b). Os tomadores de decisão podem empregar os resultados deste estudo para desenvolver políticas direcionadas a incentivar alternativas de férias mais amigas do carbono entre os turistas. Além disso, reduzir o número de viagens aérea é uma excelente forma de mitigar os impactos causados pelo lançamento de GEE, além de cumprir com os requisitos numéricos de visitantes no arquipélago. Essa análise pode fornecer suporte ao Escritório de Energia e agências relacionadas para propor políticas de transporte que visem a eficiência de combustível.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As emissões de gases de efeito estufa no meio ambiente ocasiona uma série de malefícios para a qualidade ambiental. Os ambientes insulares são áreas que apresentam maior vulnerabilidade às mudanças climáticas, pois são locais com elevada fragilidade ecossistêmica. Observou-se que a maior pegada de carbono nos destinos insulares diz respeito ao transporte aéreo. A conexão Recife – Noronha apresentou a maior pegada, pois possui a maior distância percorrida, número de passageiros e quantidade de voos. Em contrapartida, o itinerário Natal – Noronha apresentou maior eficiência em carbono, ou seja, menores quantidades de gases poluentes na atmosfera.

Algumas ações de enfrentamento às mudanças climáticas estão sendo adotadas pelo Governo de Pernambuco. Entretanto, a redução de turistas no Arquipélago mostra-se como uma das principais formas de controle migratório e atendimento ao estudo de capacidade suporte. Sendo assim, reduzir o número de visitantes, além da quantidade de voos para a ilha deve auxiliar na diminuição de emissão de gases. Além disso, recomenda-se a substituição do combustível tradicional das aeronaves para uso de biocombustíveis, ocasionando ganhos ambientais.

AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco – Facepe pelo apoio financeiro, através do edital IBPG-0987-3.07/17. Ao Instituto Chico Mende de Conservação e Biodiversidade – ICMBio pelo apoio institucional. À Autarquia Territorial do Distrito Estadual de Fernando de Noronha – ATDEFN pela parceria inter-institucional. Ao Grupo de Pesquisa Gestão Ambiental em Pernambuco – Gampe pelo auxílio de pesquisadores para a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- ANAC – **Agência Nacional de Aviação Civil. Anuário do transporte aéreo. 2019.** Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo>. Acesso em: 27 nov. 2019.
- ANAC – **Agência Nacional de Aviação Civil. Anuário do transporte aéreo. 2005.** Disponível em: <https://www.anac.gov.br/assuntos/dados-e-estatisticas/mercado-de-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo/anuario-do-transporte-aereo>. Acesso em: 27 nov. 2019.
- ATDEFN – Autarquia Territorial do Distrito Estadual de Fernando de Noronha. **Relatório de atividades anual de 2017.** Disponível em: <http://www.lai.pe.gov.br/web/defn/acoes-e-programas>. Acessado em: 01 abr.2019.
- ATDEFN – Autarquia Territorial do Distrito Estadual de Fernando de Noronha. **Relatório de atividades anual de 2018.** Disponível em: <http://www.lai.pe.gov.br/web/defn/acoes-e-programas>. Acessado em: 01 abr. 2019.
- ATDEFN – Autarquia Territorial do Distrito Estadual de Fernando de Noronha. **Relatório de atividades geral 2018.** Disponível em: <http://www.lai.pe.gov.br/web/defn/acoes-e-programas>. Acessado em: 01 abr. 2019.
- ATDEFN – **Autarquia Territorial do Distrito Estadual de Fernando de Noronha. Relatório de atividades anual de 2017.** Disponível em: <http://www.lai.pe.gov.br/web/defn/acoes-e-programas>. Acessado em: 01 abr. 2019.

BAUMEISTER, S. Replacing short-haul flights with land-based transportation modes to reduce greenhouse gas emissions: the case of Finland. **Journal of Cleaner Production**, v. 225, p. 262-269, 2019.

BECK, H. E.; ZIMMERMANN, N. E.; MCVICAR, T. R.; VERGOPOLAN, N.; BERG, A.; WOOD, E. F. Present and future Köppen-Geiger climate classification maps at 1-km resolution. **Scientific Data**, v. 5, p. 180 – 214, 2018.

CAI, H.; QU, S.; WANG, M. Changes in China's carbon footprint and driving factors based on newly constructed time series input-output tables from 2009-2016. **Science of The Total Environment**, p. 134555, 2019.

CEBDS – Conselho Empresarial Brasileiro para o Desenvolvimento Sustentável. **Fernando de Noronha começa a implantar projeto Carbono Zero**. Disponível em: cebds.org/blog/noronha-comeca-a-implantar-projeto-carbono-zero. Acesso em: 01 nov. 2019.

DEFRA – **Department for Environment Food and Rural Affairs. Government GHG conversion factors for company reporting: methodology paper for emission factors**. Final Report. 2015. Disponível em: <http://www.ukconversionfactorscarbonsmart.co.uk/Documents/Emission%20Factor%20Methodology%20Paper%20-%202015.pdf>. Acessado em: 26 nov. 2019.

DEFRA – **Department for Environment Food and Rural Affairs. Greenhouse gas reporting conversion factors 2016**. Disponível em: <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2016>. Acessado em: 26 nov. 2019.

GOSSILING, S. National emissions from tourism: an overlooked policy challenge. **Energy Policy**, v. 59, p. 433-442, 2013.

HERNANDEZ, Y.; BARBOSA, P.; CORRAL, S.; RIVAS, S. An institutional analysis to address climate change adaptation in Tenerife (Canary Islands). **Environmental Science & Policy**, v. 89, p. 184-191, 2018.

HUSSAIN, M.; MALIK, R. N.; TAYLOR, A. Carbon footprint as an environmental sustainability indicator for the particleboard produced in Pakistan. **Environmental Research**, v. 155, p. 385-393, 2017.

IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. **Plano de manejo da área de proteção ambiental de Fernando de Noronha – Rocas – São Pedro e São Paulo**. IBAMA, Brasília, 493p. 2005.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 1991**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/136#resultado>. Acessado em: 05 de maio de 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico de 2010**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/136#resultado>. Acessado em: 05 maio 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População estimada de Fernando de Noronha 2018**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/fernando-de-noronha/panorama>. Acessado em: 05 maio 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **População estimada de Fernando de Noronha 2018**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/fernando-de-noronha/panorama>. Acessado em: 05 maio 2019.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produto Interno Bruto de Fernando de Noronha em 2016**. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pe/fernando-de-noronha/panorama>. Acessado em: 20 jan. 2019.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Plano de manejo da área de proteção ambiental de Fernando de Noronha – Rocas –São Pedro e São Paulo**. ICMBio, Brasília, 156p. 2017.

ICMBio – Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Estudo e Determinação da Capacidade de Suporte da APA de Fernando de Noronha e seus Indicadores da Sustentabilidade com vistas à Implementação do Plano de Manejo da Área de Proteção Ambiental e da Gestão do Arquipélago de Fernando de Noronha**. ICMBio, Brasília, 2009.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. **Climate Change**. Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Geneva, Switzerland, p. 151, 2014.

IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change. Synthesis Report. **Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, Geneva, Switzerland, 2007.

LAZAREVIC, D.; MARTIN, M. Life cycle assessments, carbon footprints and carbon visions: Analysing environmental systems analyses of transportation biofuels in Sweden. **Journal of Cleaner Production**, v. 137, p. 249-257, 2016.

LUO, F.; BECKEN, S.; ZHONG, Y. Changing travel patterns in China and ‘carbon footprint’ implications for a domestic tourist destination. **Tourism Management**, v. 65, p. 1-13, 2018.

PEREIRA, R. P. T.; RIBEIRO, G. M.; FILIMONAU, V. Score a goal for climate: assessing the carbon footprint of travel patterns of the English Premier League clubs. **Journal of Cleaner Production**, v. 227, p. 167-177, 2019.

PEREIRA, R. P. T.; RIBEIRO, G. M.; FILIMONAU, V. The carbon footprint appraisal of local visitor travel in Brazil: a case of the Rio de Janeiro-São Paulo itinerary. **Journal of Cleaner Production**, v. 141, p. 256-266, 2017.

PERNAMBUCO. Lei Estadual nº 14.090, de 17 de jun. de 2010. Institui a Política Estadual de Enfrentamento às Mudanças Climáticas de Pernambuco, e dá outras providências. **Diário Oficial do Estado de Pernambuco**, Recife-PE, p. 16, coluna 1, 17 jun. 2010.

PONDORFER, A. The perception of climate change: Comparative evidence from the small-island societies of Bougainville and Palawan. **Environmental Development**, v. 30 p. 21-34, 2019.

POOM, A.; ORRU, K.; AHAS, R. The carbon footprint of business travel in the knowledge-intensive service sector. Transportation Research Part: **Transport and Environment**, v. 50, p. 292-304, 2017.

PU, W.; MI, T. On estimating transportation energy consumption and carbon dioxide emissions from off-shore island tourism. A case study of Haikou city, China. **Journal of Resources and Ecology**, v. 7, n. 6, p. 472-480, 2016.

RICO, A.; MARTÍNEZ-BLANCO, J.; MONTLLLEÓ, M.; RODRÍGUEZ, G.; TAVARES, N.; ARIAS, A.; OLIVER-SOLÀ, J. Carbon footprint of tourism in Barcelona. **Tourism Management**, v. 70, p. 491-504, 2019.

ROBINSON, S. Climate change adaptation in small island developing states: Insights and lessons from a meta-paradigmatic study. **Environmental Science & Policy**, v. 85, p. 172-181, 2018.

SHARP, H.; GRUNDIUS, J.; HEINONEN, J. Carbon footprint of inbound tourism to Iceland: a consumption-based life-cycle assessment including direct and indirect emissions. **Sustainability**, v. 8, n. 11, p. 1147, 2016.

SILVA, K. A. da.; ALMEIDA, I.M.S. de.; EL-DEIR, Soraya Giovanetti. **Gerenciamento dos resíduos sólidos nos Planos de Manejo do Arquipélago de Fernando de Noronha – PE**. In: NUNES, I. L. da S.; PESSOA L.A.; EL-DEIR, S.G (org.) Resíduos sólidos: os desafios da gestão. Recife: Edufrpe, p. 53 – 65, 2019.

SMETSCHKA, B.; WIEDENHOFER, D.; EGGER, C.; HASELSTEINER, E.; MORAN, D.; GAUBE, V. Time Matters: The Carbon Footprint of Everyday Activities in Austria. **Ecological Economics**, v. 164, p. 349-357, 2019.

TRAUERNICHT, C. Vegetation—Rainfall interactions reveal how climate variability and climate change alter spatial patterns of wildland fire probability on Big Island, Hawaii. **Science of the Total Environment**, v. 650, p. 459-469, 2019.

UNESCO-United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Decision - 25 COM X.A - **Brazilian Atlantic Islands: Fernando de Noronha and Atol das Rocas Reserves (Brazil)**, 2001. Disponível em: <http://whc.unesco.org/en/decisions/2319> . Acesso em 09 mai. de 2018.

UN – UNITED NATION. **Sustainable Development Goals (SDG): Agenda 2030**. 2015a. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/pos2015/agenda2030/> Acesso em: 10 jan. 2019.

UN – UNITED NATION. **Climate Change**. The Paris Agreement. United Nation, Paris, 2015b. Disponível em: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> Acesso em: 10 jan. 2019.

VASCONCELOS, R. Após seis anos, Noronha começa a implantar projeto Carbono Zero. **Diário de Pernambuco**. Disponível em: www.diariodepernambuco.com.br/noticia/vidaurbana/2019/06/apos-seis-anos-noronha-comeca-a-implantar-projeto-carbono-zero.html Acesso em: 20 nov. 2019.

WANG, S.; DU, J.; LI, S.; HE, H.; XU, W. Impact of tourism activities on glacial changes based on the tourism heat footprint (THF) method. **Journal of Cleaner Production**, v. 215, p. 845-853, 2019.

APÊNDICE I

BIBLIOMETRY OF SCIENTIFIC PRODUCTION FROM 2008 TO 2018 ON THE MANAGEMENT OF INVASIVE VEGETABLE SPECIES IN INSULAR ENVIRONMENTS

Kardelan Arteiro da Silva

<http://orcid.org/0000-0001-5610-0754>

Group Environmental Management in Pernambuco - Gampe
Federal Rural University of Pernambuco (Brazil) – UFRPE

Email: kardelanok0@gmail.com

Soraya Giovanetti El-Deir

<http://orcid.org/0000-0002-7187-7438>

Group Environmental Management in Pernambuco - Gampe
Federal Rural University of Pernambuco (Brazil) - UFRPE

Email: sorayaeldeir@pq.cnpq.br; sorayageldeir@gmail.com

ABSTRACT

Island environments have unique biotic characteristics, as fragility, depletion of natural resources, geographical isolation and fragmentation are determining factors in biocenosis. This time, there are ecological vulnerabilities that occur in archipelagos, which are mainly influenced by anthropic actions and climate change. This study investigates the worldwide production about invasive species in islands to help researchers understand the level of research related to the theme. This studied the scientific production of 10 years (2010 to 2019) on the Web of Science and Science Direct platforms. Seeking to understand and analyze the real environmental impacts, as well as the management for their eradication and the necessary decision making for sustainable management. Furthermore, raising the quantification of the works and their distribution (quantitative analysis) was necessary to complement this study. The consultation applied at ScienceDirect system was TITLE-ABSTRACT-KEYWORDS ("Management", "Invasive Species", "Island") and TITLE-ABSTRACT-KEYWORDS ("Environmental", "Invasive Species", "Island")], given the growing public concern, academic, social, environmental and economic topics. Subsequently, the following steps were: data processing, quantitative and textual / qualitative analysis. This made through software such as Mendeley, Excel and Iramuteq. The analysis of the content of the scientific studies raised focused on the environmental impacts that invasive species cause in island regions, as well as the management methods and which stakeholders should take place in the sustainable management of islands. Mendeley assisted in the removal of duplicates, significantly reducing the amount of work, as well as the standardization and handling of them. In addition, the exclusion of articles that are not part of the central thematic axis analyzed by the researcher further reduced the sample. Initially, 538 publications address issues related to invasive species. In this sample, only English-language research articles were considered, excluding books, review articles, abstracts, news, among others. Moreover, after removing duplicates and material outside the thematic axis, the final sample consisted of 67

articles. Analyzing the cumulative quantity of publications on this subject, there is a significant increase in research. Thus, 24 publications are identified in the period between 2010 and 2014. In the last 5 years (2015 to 2019), this number has increased to 67 publications, which represents a 107.5% increase of the scientific articles. The analysis based on the final sample ($n = 30$) for the Engineering I assessment area shows that 3.33% of the articles are Qualis B5; 20.00% are Qualis B1; 13.33% are Qualis A2; 10.00% are Qualis A1, and finally, 53, 33% do not have Qualis. For Environmental Sciences, only 6.66% of the journals had no concept, which may characterize that this area of knowledge is preferred by researchers regarding the issue of publications on the theme of plant invasions in environments, island countries and other geographical areas. isolated. Moreover, there is a higher representation of Qualis A1 (53.33%); Qualis A2 (26.66%); Qualis B1 (6.66%) and Qualis B4 (3.33%). In this perspective, "Environmental Sciences" has greater impact or relevance with respect to publications involving alien species, as it has more publications in magazines A1 and A2 compared to "Engineering I". The 397 authors of various nationalities wrote the 67 publications. This time, in the last 10 years (2010 to 2019), 30 countries have published scientific research involving the theme of biological invasions caused by non-native plants. Thus, there are 4 countries that represent more than 50% of publications in the analyzed period. Among these countries, the United States of America - USA (23.39%) have the largest number of authors, followed by Australia (14.92%) and Italy (8.87%). The most prominent terms in textual analysis for repetition were specie (370), island (208), pant (175), management (117), invasion (104), native (103), area (80), alien (64), study (57), soil (48), conservation (47), distribution (47), impact (44), tree (44), region (40), ecosystem (39), eradication (39). The number of research on biological invasions increases significantly over the years. In contrast, many studies portray the importance of reliable diagnosis as the basis information in the process of developing effective actions to eradicate non-native species. In addition, developed countries have greater assistance to those surveyed on the topic addressed, while developing nations still lack support in scientific production.

Keywords: Environmental impact; Environmental degradation; Loss of biodiversity.

INTRODUCTION

Island environments have unique biotic characteristics, as fragility, depletion of natural resources, geographical isolation and fragmentation are determining factors in biocenosis. This time, there are ecological vulnerabilities that occur in archipelagos, which are mainly influenced by anthropic actions and climate change (FERNANDES; PINHO, 2017). These geographic isolations provide true "experimental laboratories" for further analysis of the progression of biocenotic and biotope parameters, as they are areas with high sensitivity for introducing non-native species (BURJACHS et al., 2017).

According to Shackleton et al. (2019), negative environmental changes are considered problematic for efficient and sustainable island management, with direct consequences on environmental quality and the increase of alien species. As such, the triple bottom line goals are neglected. Biological invasions caused by vegetation species can continually and permanently alter ecosystem properties (KENNEDY et al., 2018).

The native vegetation of island environments is being threatened by negative environmental impacts, being essential the process of diagnosis and monitoring of

invasive species to quantify changes in ecosystems and propose sustainability, aiming at the adoption of conservationist practices and eradication of these from the environment (BORGES et al., 2018). Biological invasions in archipelagos, island countries and islands come from natural and anthropogenic events, the latter being more impactful, as wild plants can dominate an area, thus reducing the biodiversity of the site (HOFMAN; RICK, 2018). Still according to the authors, alien plants have different responses to interactions that occur in nature, so that interspecific interactions promote competitive advantages that influence the success of the introduction.

Identifying island stakeholders as well as stakeholders in sustainable management is relevant for the design of native vegetation conservation and weed elimination programs, as an organized and integrated structure between these managers can contribute to proper management, favoring sustainable development (OMONDIAGBE et al., 2017). In line with Povak et al. (2017), prevention and diagnostic strategies provide tools to support decision-making on the management of invasive species in a more environmentally sound manner. In this sense, the elaboration of such tools provides the protection of native forests and the removal of exotic species. Therefore, understanding the level of environmental degradation that these invasive species provide to the environment is of paramount importance to adopt effective monitoring and eradication actions, depending on the reality of each location, the cost and the method used.

An effective method for the analysis of a particular theme is bibliometrics, which allows the researcher to gain knowledge about scientific research in the area to be analyzed (ATAMANCZUK, 2017a). In this case, many works are focused on the identification of environmental impacts and which is the most appropriate management for the eradication of invasive species, considering the economic, social and environmental viability. Few studies has done quantitatively and qualitatively evaluated the body of scientific research on alien species in geographically isolated areas. This study investigates the worldwide production about invasive species in islands to help researchers understand the level of research related to the theme. This studied the scientific production of 10 years (2010 to 2019) on the Web of Science and Science Direct platforms. Seeking to understand and analyze the real environmental impacts, as well as the management for their eradication and the necessary decision making for sustainable management. Furthermore, raising the quantification of the works and their distribution (quantitative analysis) was necessary to complement this study.

METHODOLOGY

Bibliometric analysis makes it possible to bring the researcher closer to the object of study, as well as to statistic analyze the academic literature from different perspectives (LIU et al., 2019a). Thus, the quantity and quality of scientific productions offer innovative panoramas and research trends (ELLEGAARD; WALLIN, 2015). The data collection was carried out in Science Direct and Web of Science, searching scientific articles published in the last 10 years (2010-2019); using indicators related to the themes of biological invasion in island environments, aiming to investigate how the scientific community is treating such theme (ATAMANCZUK, 2017b). The platform accessed by

the Capes Journal Portal, defining the indicators used and the temporality of the scientific articles.

The ScienceDirect database is considered the largest scientific, technical and medical information dissemination company in the world, with more than 9.5 million articles published (KHISTE; PAITHANKAR, 2017). Similarly, considered one of the most influential databases of high quality scientific research today, Web of Science is a platform that provides original data to the researcher (WU et al., 2018). The material accessed from the ISI Web of Science Core Collection (WoSCC) platform is interdisciplinary, influential, and periodical, providing a comprehensive index of journals from various fields (GAO et al., 2018). The consultation applied was TITLE-ABSTRACT-KEYWORDS ("Management", "Invasive Species", "Island") and TITLE-ABSTRACT-KEYWORDS ("Environmental", "Invasive Species", "Island")], given the growing public concern , academic, social, environmental and economic topics. In this perspective, after establishing the space-time filters (2010 to 2019); type of journal (magazines); language (English) and type of scientific production (article); the text of the indicators to be searched was inserted, applying the location command.

Subsequently, the following steps were: data processing, quantitative and textual / qualitative analysis. This made through software such as Mendeley, Excel and Iramuteq. The analysis of the content of the scientific studies raised focused on the environmental impacts that invasive species cause in island regions, as well as the management methods and which stakeholders should take place in the sustainable management of islands. Mendeley assisted in the removal of duplicates, significantly reducing the amount of work, as well as the standardization and handling of them. In addition, the exclusion of articles that are not part of the central thematic axis analyzed by the researcher further reduced the sample. The exclusion criterion of the studies is aligned with what the observer wants to analyze. Thus, the present work explored the scientific research on invasive plant species in islands, archipelagos, island countries and other regions. The Excel program was used in the quantitative investigation of the sample after data processing, aiming at the elaboration of graphs and tables. Statistical analysis of the affiliation institutions of the authors (first five), journals (Qualis) and the years of publication of the articles can inform the development of the literature on the subject under analysis (LIU et al., 2019b).

Qualis was considered in this bibliometric analysis because it is an instrument that uses different metrics to describe the qualitative performance of scientific journals (SOUZA-ALMEIDA; ALMEIDA; CARVALHO, 2018). Also according to these authors, the qualitative classification of journals follows the order of the degree of impact or relevance, respectively A1, A2, B1, B2, B3, B4, B5 and C. It's important to note that this last concept (C) concerns the scientific journals that do not meet the basic requirements for each area of knowledge (BARATA, 2016). In addition, there are some journals that have no concept, as they haven't been evaluated by the Higher Education Personnel Improvement Coordination - CAPES. In the analysis in question, "Engineering I" and "Environmental Sciences" were the areas of knowledge considered in the work.

In textual analysis, word frequency was determined through the word cloud elaborated from the textual analysis of a group of texts, which will correspond to the titles, abstracts and keywords of the articles. This textual analysis represents the terms most addressed by researchers in this area. Therefore, the Iramuteq software grouped the words according to the frequency that appears in the text. This lexical analysis is of paramount

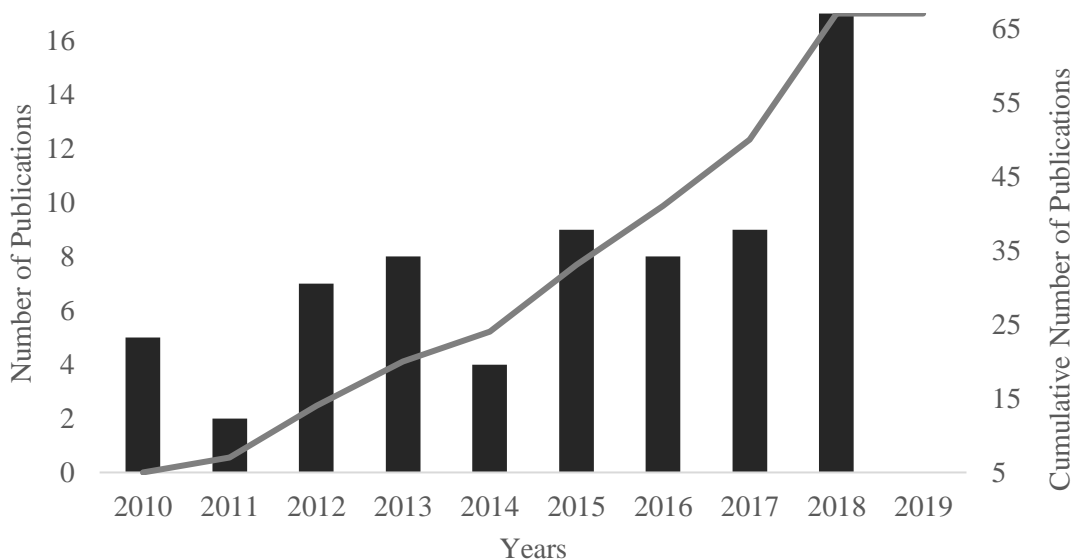
importance for understanding the cloud of generated words (RAMOS; ROSÁRIO-LIMA; AMARAL-ROSA, 2018). As this tool is only for processing the acquired data, the interpretation and analysis of the articles is the responsibility of the researcher.

RESULTS AND DISCUSSION

Distribution of publications by year

Initially, 538 publications address issues related to invasive species. In this sample, only English-language research articles were considered, excluding books, review articles, abstracts, news, among others. Moreover, after removing duplicates and material outside the thematic axis, the final sample consisted of 67 articles. During the last ten years, from 2010 to 2019, the interest of the scientific community about biological invasions has increased (Figure 1), and the number of publications is a fundamental indicator to measure the development on the theme analyzed (VAN-NUNEM et al., 2018).

Figure 1. Number of publications and accumulated about invasive species in island locations



Analyzing the cumulative quantity of publications on this subject, there is a significant increase in research. Thus, 24 publications are identified in the period between 2010 and 2014. In the last 5 years (2015 to 2019), this number has increased to 67 publications, which represents a 107.5% increase of the scientific articles. Despite the fact that January did not present any article, the tendency of the number of publications on this theme is growing. In line with Shackleton et al. (2019), research related to the study and management of invasive alien species, as well as invasive research, science and ecology has grown markedly over the past decade. Also according to the authors, the fact that several researchers are increasingly working with this thematic axis can demonstrate the increased awareness about the environmental impacts caused by the presence and management of these in various locations around the globe.

Qualis

In total, 46 different journals have been identified in the last 10 years, showing only those with Qualis in at least one of the areas of knowledge, “Engineering I” or “Environmental Sciences” (Table 1). The analysis based on the final sample (n = 30) for the Engineering I assessment area shows that 3.33% of the articles are Qualis B5; 20.00% are Qualis B1; 13.33% are Qualis A2; 10.00% are Qualis A1, and finally, 53, 33% do not have Qualis. For Environmental Sciences, only 6.66% of the journals had no concept, which may characterize that this area of knowledge is preferred by researchers regarding the issue of publications on the theme of plant invasions in environments, island countries and other geographical areas. isolated. Moreover, there is a higher representation of Qualis A1 (53.33%); Qualis A2 (26.66%); Qualis B1 (6.66%) and Qualis B4 (3.33%). In this perspective, "Environmental Sciences" has greater impact or relevance with respect to publications involving alien species, as it has more publications in magazines A1 and A2 compared to "Engineering I".

Table 1. Classification of journals (2016) for “Engineering I” and “Environmental Sciences”

Journals	Engineering I	Environmental Sciences
<i>Acta Oecologica</i>	B1	-
<i>Basic and Applied Ecology</i>	-	A2
<i>Biodiversity and Conservation</i>	B1	A2
<i>Biological Conservation</i>	-	A1
<i>Biological Control</i>	-	A2
<i>Biological Invasions</i>	-	A1
<i>Community Ecology</i>	B1	-
<i>Diversity and Distributions</i>	-	A1
<i>Ecological Applications</i>	B1	A1
<i>Ecological Economics</i>	-	A1
<i>Ecological Indicators</i>	A1	A1
<i>Ecological Modelling</i>	A1	A2
<i>Ecology and Evolution</i>	-	A2
<i>Ecosphere</i>	A2	A1
<i>Environmental Science and Policy</i>	B1	A1
<i>Forest</i>	-	A2
<i>Forest Ecology and Management</i>	B1	A1
<i>Geoderma</i>	A2	A1
<i>Global Ecology and Biogeography</i>	-	A1
<i>Global Environmental Change</i>	-	A1
<i>Journal of Applied Ecology</i>	-	A1
<i>Journal of Environmental Management</i>	A1	A1
<i>Management of Biological Invasions</i>	B5	C
<i>Marine Pollution Bulletin journal</i>	A2	A1
<i>Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology</i>	-	A1
<i>PhytoKeys</i>	-	B1
<i>Plant Biosystems</i>	-	A2

<i>Plant Gene</i>	-	B1
<i>Procedia Environmental Sciences</i>	-	B4
<i>Restoration Ecology</i>	A2	A2

The journal *Forest Ecology and Management* was the most used by researchers working with biological invasions, obtaining 5 scientific researches. The main surveys of scientific research in this journal are how human activities and climate change intensify the process of environmental degradation on islands, favoring the dispersal of invasive species, as well as the efficient island management needed to eradicate them from fragile ecosystems (TRAUERNICHT et al., 2018; POVAK et al., 2017). In addition to these topics, there is an assessment of how resource availability (light and nutrients) in anthropized areas is directly linked to the colonization of invasive species, and these factors limit their dispersal (DREISS; VOLIN, 2013). The second most widely published journal was *Biological Invasions* (4). Research involving stakeholders in the sustainable management of non-native species, the absence of an integrated network between island conservation groups and entities, are methods for calculating costs for the elimination of these species and to guide the management actions and continuous management (WENGER et al., 2018; OMONDIAGBE et al., 2017). According to Buddenhagen and Tye (2015), invasive plant eradication projects need to meet local reality, be financially viable, and have a prior assessment for effective plant disposal.

The journal *Biological Conservation* features 3 publications that focus mainly on modeling and monitoring the distribution, growth, propagation and removal of non-native species. The strategies adopted need data collected for a reliable time so that the actions taken in sustainable management occur satisfactorily (BAKER et al., 2018). In line with Le Roux et al. (2013), the environmental impacts of invasive species may be more significant or not depending on the reliability of the base data for the assessment of such impacts.

Authors and institutional origin

The 397 authors of various nationalities wrote the 67 publications. This time, in the last 10 years (2010 to 2019), 30 countries have published scientific research involving the theme of biological invasions caused by non-native plants. Thus, there are 4 countries that represent more than 50% of publications in the analyzed period (Table 2). Among these countries, the United States of America - USA (23.39%) have the largest number of authors, followed by Australia (14.92%) and Italy (8.87%).

Table 2. Distribution of scientific productions by geographic region

Geographic Regions	Authors / Institutions	Contribution (%)
EUA	58	23.39
Australia	37	14.92
Italy	22	8.87
Portugal	17	6.85
Spain	13	5.24
UK	10	4.03
Ecuador	9	3.63

New Zealand	9	3.63
France	7	2.82
Chile	6	2.42
South Africa	6	2.42
Argentina	5	2.02
Austria	5	2.02
Canada	5	2.02
Switzerland	5	2.02
Germany	4	1.61
Brazil	4	1.61
French Polynesian	4	1.61
Netherlands	4	1.61
China	3	1.21
India	2	0.81
Norway	2	0.81
Czech Republic	2	0.81
Taiwan	2	0.81
Vietnam	2	0.81
Colombia	1	0.40
Estonia	1	0.40
Maldives	1	0.40
Republic of Mauritius	1	0.40
Thailand	1	0.40

As a world power in many areas of knowledge, the US invests heavily in studies focused on the theme analyzed. Major research is directed at Hawaii, and this island environment is an ideal place to formulate hypotheses about the dispersal of invasive species, as well as the management and stakeholders that should take place in the process of monitoring and eradication of these alien species (AUGUST-SCHMIDT et al. al., 2015). In this perspective, according to Povak et al. (2017), the development of decision support tools is of paramount importance for the removal and, consequently, protection of the environment by analyzing the spatial coverage of non-native species, cost and effectiveness for their handling, and promoting the awareness of conservation of native species in Hawaii.

In Australia, the eradication of invasive species involves their size and infestation; the land where the cost is higher as the area of analysis increases. Therefore, these variables need to be considered by the environmental managers of the islands in order to adopt strategic actions to reduce the negative changes that these species can cause in the environment (WENGER et al., 2017).

According to Lazzaro et al. (2017), the elaboration of risk maps with the size of invaded areas in the Toscano archipelago (Italy) is an effective diagnostic tool, allowing the understanding of the level of environmental change in which the ecosystem is. The Azores Archipelago (Portugal) presents scientific work aimed at identifying and controlling alien species, as well as using their biomass as an alternative management, control and energy source (COSTA et al., 2012; SILVA et al., 2018).

Brazil has a high biodiversity in which it plays a direct role in the global and regional climate system. However, due to the economic, political and environmental crisis, significant cuts in biodiversity research programs endanger the sustainable

development of the region (FERNANDES et al., 2017). In this perspective, the institutional origin of the authors of this nation has low representativeness (1.61%), and only two scientific papers have been identified in the last 10 years with the theme of potential environmental impacts that non-native species may have on biodiversity. The institutions linked to these researchers are the Federal University of Ceará, where the work involves regional and global pressures, such as climate change, changes in biodiversity and variations in chemical characteristics of the South Atlantic, intensified by the potential impacts that biological invasions may trigger at Atol das Rocas and Fernando de Noronha Archipelago (OLIVEIRA-SOARES, 2018); Paraná Environmental Institute and Londrina State University, where researchers portray the ecology of the invasion in the south of the country by *Leucaena leucocephala* (Lam.) De Wit, which is considered one of the 100 most aggressive species in the process of occupation in natural areas (LOWE et al., 2000; COSTA; FONSECA; BIANCHINI, 2015).

Word frequency

Word cloud is a method that allows the graphical grouping of terms analyzed by the researcher. This is possible due to the amount of repetition of these in the textual body, with larger and smaller words depending on the frequency (MELCHIOR; ZANINI, 2019). In this perspective, the most prominent terms in textual analysis (Figure 2) for repetition were specie (370), island (208), plant (175), management (117), invasion (104), native (103), area (80), alien (64), study (57), soil (48), conservation (47), distribution (47), impact (44), tree (44), region (40), ecosystem (39), eradication (39). In this cloud, it is observed the high frequency in the words specie, island, plant and management because these indicators are associated with the central axis of the research, invasive species in geographic areas in islands.

Figure 2. Word cloud found in the bibliometric study



From the knowledge about the problems that these species can trigger in the native biota, for example, the reduction of biodiversity in the invaded areas and alteration in the vegetation cover, which can characterize a global and systematic threat in island and other terrestrial environments (COSTA et al., 2015; SILVA et al., 2018). Many works portray how the proper management for their eradication should be. Thus, the development of tools and public policies are able to provide decision support on

management and monitoring that minimizes environmental impacts (MCGEOCH et al., 2015; POVAK et al., 2017).

CONCLUSION

The amount of invasive species in island environments is alarming for global biodiversity, given the increasing number of these species in these locations. There are numerous environmental impacts that alien species cause in the environment, further aggravating the degradation of nature in environments that have ecosystem fragility.

The number of research on biological invasions increases significantly over the years. In contrast, many studies portray the importance of reliable diagnosis as the basis information in the process of developing effective actions to eradicate non-native species. In addition, developed countries have greater assistance to those surveyed on the topic addressed, while developing nations still lack support in scientific production.

Finally, sustainable island management needs all active actors engaged in an integrated network, aiming at the adoption of appropriate practices / management for eradication and, consequently, the reduction of environmental impacts. It is essential to understand how these species behave, mapping populations and adopting sustainable practices to eliminate them.

REFERENCES

- ATAMANCZUK, M. J. Análise bibliométrica das publicações sobre sustentabilidade empresarial no Brasil entre os anos de 2010 a 2014. **Revista Uniabeu**, v. 10, n. 24, p. 143-157, 2017.
- AUGUST-SCHMIDT, E. M; HARO, G; BONTRAGER, A; D'ANTONIO, C. M. Preferential Associations of Invasive *Lantana camara* (Verbenaceae) in a Seasonally Dry Hawaiian Woodland1. **Pacific science**, v. 69, n. 3, p. 385-398, 2015.
- BAKER, C. M; BOWER, TARTAGLIA, E; BODE, M; BOWER, H; PRESSEY, R. L. Modelling the spread and control of cherry guava on Lord Howe Island. **Biological Conservation**, v. 227, p. 252-258, 2018.
- BARATA, R. D. C. B. Dez coisas que você deveria saber sobre o Qualis. **RBPG**, v. 13, n. 30, p. 13-40, 2016.
- BORGES, P. A. V; CARDOSO, P; KREFT, H; WHITTAKER, R. J; FATTORINI, S; EMERSON, B. C; STEINBAUER, M. J. Global Island Monitoring Scheme (GIMS): a proposal for the long-term coordinated survey and monitoring of native island forest biota. **Biodiversity and conservation**, v. 27, n. 10, p. 2567-2586, 2018.
- BUDDENHAGEN, C. E.; TYE, A. Lessons from successful plant eradications in Galapagos: commitment is crucial. **Biological invasions**, v. 17, n. 10, p. 2893-2912, 2015.
- BURJACHS, F; PÉREZ-OBÍOL, R; PICORNELL-GELABERT, L; REVELLES, J; SERVERA-VIVES, G; EXPÓSITO, I; YII, E. L. Overview of environmental changes and human colonization in the Balearic Islands (Western Mediterranean) and their impacts on vegetation composition during the Holocene. **Journal of Archaeological Science: Reports**, v. 12, p. 845-859, 2017.
- COSTA, H. Predicting successful replacement of forest invaders by native species using species distribution models: The case of *Pittosporum undulatum* and *Morella faya* in the Azores. **Forest Ecology and Management**, v. 279, p. 90-96, 2012.

- COSTA, H; PONTE, N. P; AZEVEDO, E. B; GIL, A. Fuzzy set theory for predicting the potential distribution and cost-effective monitoring of invasive species. **Ecological modelling**, v. 316, p. 122-132, 2015.
- COSTA, J. T; FONSECA, I. C. B; BIANCHINI, E. Population structure of the invasive species *Leucaena leucocephala* (Fabaceae) in a seasonal semi-deciduous forest, southern Brazil. **Australian journal of botany**, v. 63, n. 7, p. 590-596, 2015.
- DREISS, L. M; VOLIN, J. C. Influence of leaf phenology and site nitrogen on invasive species establishment in temperate deciduous forest understories. **Forest Ecology and Management**, v. 296, p. 1-8, 2013.
- ELLEGAARD, O; WALLIN, J. A. The bibliometric analysis of scholarly production: How great is the impact?. **Scientometrics**, v. 105, n. 3, p. 1809-1831, 2015.
- FERNANDES, G. W; VALE, M. M; OVERBECK, G. E; BUSTAMANTE, M. M; GRELLE, C. E; BERGALLO, H. G; ARAÚJO, J. Dismantling Brazil's science threatens global biodiversity heritage. **Perspectives in ecology and conservation**, v. 15, n. 3, p. 239-243, 2017.
- FERNANDES, R; PINHO, P. The distinctive nature of spatial development on small islands. **Progress in Planning**, v. 112, p. 1-18, 2017.
- GAO, L; CAO, X. Z; ZHANG, Y; LIU, T. F; ZHANG, A. H. Bibliometric analysis of literature regarding ostomy research based on the Web of Science database. **Frontiers of Nursing**, v. 5, n. 3, p. 193-198, 2018.
- 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, n. 1, p. 65-115, 2018.
- KENNEDY, D. M; KONLECJNER, T; ZAVADIL, E; MARIANI, M; WONG, V; LERODIACONOU, D; MACREADIE, P. Invasive cordgrass (*Spartina* spp.) in south-eastern Australia induces island formation, salt marsh development, and carbon storage. **Geographical Research**, v. 56, n. 1, p. 80-91, 2018.
- KHISTE, G. P; PAITHANKAR, R. R. Mapping of the Literature on “Bibliometric” By using Science Direct during 2005-2016. **New Man International Journal of Multidisciplinary Studies**, v. 4, n. 9, p. 89-93, 2017.
- LAZZARO, L; VICIANI, D; OLMO, D. L; FOGGI, B. Predicting risk of invasion in a Mediterranean island using niche modelling and valuable biota. **Plant Biosystems**, v. 151, n. 2, p. 361-370, 2017.
- LE ROUX, P. C; RAMASWIELA, T; KALWIJI, J. M; SHAW, J. D; RYAN, P. G; TREASURE, A. M; CHOWN, S. Human activities, propagule pressure and alien plants in the sub-Antarctic: Tests of generalities and evidence in support of management. **Biological Conservation**, v. 161, p. 18-27, 2013.
- 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.
- 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.
- MCGEOCH, M. A; SHAW, J. D; TERAUDS, A; LEE, J. E; CHOWN, S. L. Monitoring biological invasion across the broader Antarctic: a baseline and indicator framework. **Global Environmental Change**, v. 32, p. 108-125, 2015.

MELCHIOR, C; ZANINI, R. R. Mortality per work accident: A literature mapping. **Safety Science**, v. 114, p. 72-78, 2019.

OLIVEIRA-SOARES, M. Climate change and regional human pressures as challenges for management in oceanic islands, South Atlantic. **Marine pollution bulletin**, v. 131, p. 347-355, 2018.

OMONDIAGBE, Harriet A; TOWNS, D. R; WOOD, J. K; BOLLARD-BREEN, B. Stakeholders and social networks identify potential roles of communities in sustainable management of invasive species. **Biological Invasions**, v. 19, n. 10, p. 3037-3049, 2017.

POVAK, N. A; HESBURG, P. F; GIARDINA, C. P; REYNOLDS, K. M; HEIDER, C; SALMINEN, E; MACKENZIE, R. A. A watershed decision support tool for managing invasive species on Hawai 'i Island, USA. **Forest ecology and management**, v. 400, p. 300-320, 2017.

POVAK, N. A; HESBURG, P. F; GIARDINA, C. P; REYNOLDS, K. M; HEIDER, C; SALMINEN, E; MACKENZIE, R. A. A watershed decision support tool for managing invasive species on Hawai 'i Island, USA. **Forest ecology and management**, v. 400, p. 300-320, 2017.

RAMOS, M. G; ROSÁRIO-LIMA, V. M; AMARAL-ROSA, M. P. IRAMUTEQ Software and Discursive Textual Analysis: Interpretive Possibilities. In: **World Conference on Qualitative Research**. Springer, Cham, 2018. p. 58-72.

SHACKLETON, R. T; ADRIAENS, T; BRUNDU, G; DEHNEN-SCHMUTZ, K; ESTÉVEZ, R. A; FRIED, J; MOSHOBANE, K. Stakeholder engagement in the study and management of invasive alien species. **Journal of environmental management**, v. 229, p. 88-101, 2019.

SILVA, L. B; LOURENÇO, P; TEIXEIRA, A; AZEVEDO, E. B; ALVES, M; ELIAS, R. B; SILVA, L. Biomass valorization in the management of woody plant invaders: The case of *Pittosporum undulatum* in the Azores. **Biomass and bioenergy**, v. 109, p. 155-165, 2018.

SOUZA-ALMEIDA, I. C; ALMEIDA, R. G; CARVALHO, L. R. Academic rankings and pluralism: The case of Brazil and the new version of Qualis. **Economia**, v. 19, n. 3, p. 293-313, 2018.

TRAUERNICHT, C; TICKTIN, T; FRAIOLA, H; HASTINGS, Z; TSUNEYOSHI, A. Active restoration enhances recovery of a Hawaiian mesic forest after fire. **Forest Ecology and Management**, v. 411, p. 1-11, 2018.

VAN-NUNEN, K; LI, J; RENIERS, G; PONNET, K. Bibliometric analysis of safety culture research. **Safety science**, v. 108, p. 248-258, 2018.

WENGER, A. S; ADAMS, V. M; LACONA, G. D; LOHR, C; PRESSEY, R. L; MORRIS, K; CRAIGIE, I. D. Estimating realistic costs for strategic management planning of invasive species eradications on islands. **Biological invasions**, v. 20, n. 5, p. 1287-1305, 2018.

WENGER, A. S; ADAMS, V. M; LACONA, G. D; LOHR, C; PRESSEY, R. L; MORRIS, K; CRAIGIE, I. D. Estimating realistic costs for strategic management planning of invasive species eradications on islands. **Biological invasions**, v. 20, n. 5, p. 1287-1305, 2018.

WU, F; GENG, Y; TIAN, X; ZHONG, S; WU, W; YU, S; XIAO, S. Responding climate change: A bibliometric review on urban environmental governance. **Journal of Cleaner Production**, v. 204, p. 344-354, 2018.