



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE, TECNOLOGIA E SOCIEDADE
MESTRADO EM AMBIENTE, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

FRANCISCO HIÁLYSON FIDELIS MEDEIROS

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO COMO SUBSÍDIO AO ZONEAMENTO AMBIENTAL
DE UM PARQUE NACIONAL NO BIOMA CAATINGA, BRASIL**

MOSSORÓ
2020

FRANCISCO HIÁLYSON FIDELIS MEDEIROS

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO COMO SUBSÍDIO AO ZONEAMENTO AMBIENTAL
DE UM PARQUE NACIONAL NO BIOMA CAATINGA, BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Mossoró, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade.

Linha de Pesquisa: Tecnologias Sustentáveis e Recursos Naturais do Semiárido.

Orientadora: Prof^ª. Dra. Diana Gonçalves Lunardi – UFERSA

Coorientador: Prof. Vitor de Oliveira Lunardi - UFERSA

MOSSORÓ
2020

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M488a Medeiros, Francisco Hiályson Fidelis.

Análise Multicritério como subsídio ao Zoneamento Ambiental de um Parque Nacional no Bioma Caatinga, Brasil / Francisco Hiályson Fidelis Medeiros. - 2020.

115 f. : il.

Orientadora: Diana Gonçalves Lunardi.
Coorientador: Vitor de Oliveira Lunardi.
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal

Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Ambiente, Tecnologia e Sociedade, 2020.

1. Processo de hierarquia analítica. 2. Geoprocessamento. 3. Planejamento Ambiental. 4. Sustentabilidade. 5. Unidades de Conservação. I. Lunardi, Diana Gonçalves, orient. II. Lunardi, Vitor de Oliveira, co-orient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

FRANCISCO HIÁLYSON FIDELIS MEDEIROS

**ANÁLISE MULTICRITÉRIO COMO SUBSÍDIO AO ZONEAMENTO AMBIENTAL
DE UM PARQUE NACIONAL NO BIOMA CAATINGA, BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA, Campus Mossoró, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Ambiente, Tecnologia e Sociedade.

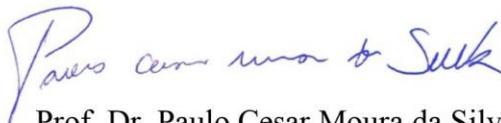
Linha de Pesquisa: Tecnologias Sustentáveis e Recursos Naturais do Semiárido.

Aprovada em: 29/04/2020.

BANCA EXAMINADORA



Prof.^ª. Dra. Diana Gonçalves Lunardi
Presidente (UFERSA)



Prof. Dr. Paulo Cesar Moura da Silva
Membro Examinador Interno (UFERSA)



Prof. Dr. Vitor de Oliveira Lunardi
Membro Examinador Interno (UFERSA)



Prof. Dr. Wendson Dantas de Araújo Medeiros
Membro Examinador Externo (UERN)

*Dedico essa nova conquista da minha vida a
minha querida avó, Rita Emília Fidelis
(in memoriam).*

*(...) Em colapso o planeta gira, tanta mentira
Aumenta a ira de quem sofre mudo
A página vira, o são delira, então a gente pira
E no meio disso tudo
“Tamo” tipo*

*Passarinhos soltos a voar dispostos
A achar um ninho
Nem que seja no peito um do outro (x2)*

*A Babilônia cinza e neon
Eu sei meu melhor amigo tem sido o som
Okay, tanto o carma lembra Armagedom orei,
Busco vida nova tipo ultrassom, achei
Cidades são aldeias mortas desafio
Não sei se competição em vão que ninguém vence
Pense num formigueiro, vai mal quando pessoas viram coisas
Cabeças viram degrau*

*No pé que “as coisa” vão Jão
Doideira, daqui a pouco resta madeira nem pro caixão
Era neblina hoje é poluição
Asfalto quente queima “os pé” no chão
Carros em profusão, confusão
Água em escassez bem na nossa vez
Assim não resta nem “as barata” (é “memo”)
Injustos fazem leis e o que resta “p'ocês”
Escolher qual veneno te mata*

*Pois somos tipo
Passarinhos soltos a voar dispostos
A achar um ninho
Nem que seja no peito um do outro*

Emicida - Passarinhos (part. Vanessa da Mata)

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus e a minha mãe, sem eles nada seria possível, sem eles estaria à deriva e por eles me esforço para ser uma pessoa melhor cada dia.

Agradeço a todos os meus familiares e amigos por todo o apoio e incentivo. Em especial a minha querida mãe, Maria Suerda Fidelis. E aos meus amigos Juliana Karla, Vitor Moises e Larissa Fernandes pelas vitórias e momentos de alegria, sou o torcedor número um de vocês. E ao meu amigo de longa data Erico Gomes.

Agradeço também aos meus queridos orientadores, Diana Lunardi e Vitor Lunardi, profissionais e cidadãos exemplares, tive a oportunidade de aprender e evoluir com seus ensinamentos e lições.

Agradeço imensamente a todos os profissionais e pesquisadores que contribuíram de forma ativa para a execução da minha pesquisa, em especial agradeço a Wendson Dantas de Araújo Medeiros, Diego de Medeiros Bento, Rielson Rodrigues da Silva, Milena Wachlevski Machado, Rosa Adeyse Silva pelas contribuições durante a oficina participativa executada para esta dissertação.

Agradeço ao Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA) pela contribuição ao desenvolvimento deste trabalho. Agradeço ao Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e toda a sua equipe pelo apoio e ajuda de longa data, em especial a Leonardo Brasil de Matos Nunes e Suiane Benevides Marinho Brasil por todo o apoio e aprendizados.

Agradeço imensamente a todos os membros do Ecomol por fazerem com que essa jornada fosse mais leve e divertida. A velha guarda do Ecomol (Érica Emanuela de Medeiros e Silva, Josivânia Emanuely Azevedo dos Santos, Maria Gabriela Fernandes Martins de Medeiros, Rafaela Correia Rodrigues e Géssica Raffaely Dantas da Silva), e a nova geração (Pedro Victor de Sousa Albuquerque, João Batista Pinheiro Filho, Íthalo Ricardo Damasceno dos Santos, Victoria Caroline Fernandes Jacinto, Rosany Rossi Pereira Gomes). Os “Desbravadores da Caatinga e do Mar” fazem do Ecomol um segundo lar.

Agradeço aos meus queridos amigos e colegas de mestrado, Annyelly Virginia Brito, Brenda Nathália Fernandes Oliveira, Cristina Karine De Oliveira Rebouças, Maiara Pinheiro Da Silva Borges, Manoel Fortunato Sobrinho Junior, Maria Janaína Nascimento Silva, Renata Cristina Borges Da Silva Macedo, Suzane da Paz de Oliveira, Valéria Nayara Silva De Oliveira, Waleska Nayane Costa Soares. Agradeço também a Antônio Aldísio Carlos Júnior por toda a disponibilidade e ajuda no entendimento dos processos de análise multicritério.

Agradeço também aos membros da minha banca de defesa da dissertação, Paulo Cesar Moura da Silva, Wendson Dantas de Araújo Medeiros e meu coorientador Vitor de Oliveira Lunardi. Agradeço por todas as sugestões que permitiram aprimorar ainda mais o meu trabalho.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de mestrado e à Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) por meio do seu Programa de Apoio à Pós-graduação (PROAP).

RESUMO

Esta pesquisa visa subsidiar a proposição de um Zoneamento Ambiental para o Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, baseado em avaliação multicritério. Os objetivos específicos deste estudo foram: i) realizar o levantamento, mapeamento e caracterização de critérios espaciais, voltados aos aspectos ambiental, social e econômico do Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento; ii) realizar uma análise multicritério para o Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento; iii) construir uma proposta de Zoneamento Ambiental para o Parque Nacional da Furna Feia, usando a análise multicritério; e iv) propor uma setorização socioeconômica para a Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, com base nos resultados da análise multicritério. A coleta, tratamento e espacialização dos dados foram realizadas em ambiente de Sistema de Informação Geográfica. Foram definidos cinco objetivos de criação do Parna Furna Feia: (i) preservação do complexo espeleológico, (ii) da biodiversidade, (iii) desenvolvimento de pesquisas científicas, (iv) educação e turismo e (v) desenvolvimento socioeconômico das comunidades inseridas na Zona de Amortecimento, sendo selecionados dois critérios gerais e cinco critérios específicos para cada objetivo. Para a análise multicritério, todos os critérios identificados foram mapeados, tratados, ponderados por meio do Analytical Hierarchy Process (AHP) e combinados. Após a avaliação multicritério, os dados foram avaliados por álgebra de mapas, com o intuito de propor o zoneamento para o Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento. Foram espacializados e caracterizados 15 critérios e 25 subcritérios, que resultaram em cinco mapas de aptidão e um mapa de aptidão integrada. A análise desses dados permitiu elaborar uma proposta de Zoneamento Ambiental para o Parna Furna Feia e uma setorização para a sua Zona de Amortecimento. Foi possível elaborar cinco zonas para o Parna da Furna Feia e sete setores para a Zona de Amortecimento. Com base na análise de álgebra de mapas, a sobreposição das zonas aos mapas de aptidão permitiu inferir justificativas para a seleção e caracterização destas zonas e assim obter um zoneamento por análise multicritério.

Palavras-Chave: Processo de hierarquia analítica. Geoprocessamento. Planejamento Ambiental. Sustentabilidade. Unidades de Conservação.

MULTICRITERIA ANALYSIS AS A SUBSIDY FOR THE ENVIRONMENTAL ZONING OF A NATIONAL PARK IN THE CAATINGA BIOME, BRAZIL

ABSTRACT

This research aims to support the proposal of an Environmental Zoning for the Furna Feia National Park and its Buffer Zone, based on a multicriteria assessment. The specific objectives of this study were: i) perform the survey, mapping and characterization of spatial criteria, focused on the environmental, social and economic aspects of the Furna Feia National Park and its Buffer Zone; ii) perform a multicriteria analysis for Furna Feia National Park and its Buffer Zone; iii) prepare an Environmental Zoning proposal for the Furna Feia National Park, using multicriteria analysis; and iv) propose a socioeconomic sectorization for the Buffer Zone of the Furna Feia National Park, based on the results of the multicriteria analysis. Data collection, treatment and spatialization were performed using a Geographic Information System. We defined five objectives of creating Furna Feia National Park: (i) preservation of the speleological complex, (ii) biodiversity, (iii) development of scientific research, (iv) education and tourism and (v) socioeconomic development of the communities inserted in the Buffer Zone, with two general criteria and five specific criteria selected to each objective. For the multicriteria analysis, all the identified criteria were mapped, treated, weighted using the Analytical Hierarchy Process (AHP) and combined. After the multicriteria evaluation, the data were evaluated by map algebra, in order to propose the zoning for Furna Feia National Park and its Buffer Zone. We spatialized and characterized 15 criteria and 25 sub-criteria, which resulted in five aptitude maps and an integrated aptitude map. The analysis of these data allowed the elaboration of an Environmental Zoning proposal for Furna Feia National Park and a sectorization for its Buffer Zone. We identified five zones for Furna Feia National Park and seven sectors for the Buffer Zone. Based on the map algebra analysis, the overlap of the zones on the aptitude maps allowed to infer justifications for the selection and characterization of these zones and thus to obtain a zoning by multicriteria analysis.

Keywords: Analytical Hierarchy Process. Geoprocessing. Environmental planning. Sustainability. Protected area.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Localização do Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, entre os municípios de Mossoró e Baraúna, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.31
- Figura 2** – Fluxograma da sequência metodológica da pesquisa adotada para a integração dos processos participativos e da avaliação multicritério aplicados ao Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. 34
- Figura 3** – Função de pertinência fuzzy linear e representação espacial dos modelos em formato raster. a) função crescente; b) função decrescente, aplicados a normalização dos critérios analisados para o Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.48
- Figura 4** – Espacialização dos critérios, distância de estradas (A), distância de trilhas (B), comunidade rurais (C) e impactos ambientais negativos (D) presentes no Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. 57
- Figura 5** – Espacialização das classes de uso e ocupação da terra do Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. 59
- Figura 6** – Espacialização dos critérios específicos dos cinco objetivos do Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. 62
- Figura 7** – Espacialização dos critérios normalizados referentes ao objetivo 1: preservação do complexo espeleológico do Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. 65
- Figura 8** – Espacialização dos critérios normalizados referentes ao objetivo 2: preservação da biodiversidade associada ao bioma Caatinga do Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. 66
- Figura 9** – Espacialização dos critérios normalizados referentes ao objetivo 3: desenvolvimento de pesquisas científicas e extensão universitária do Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.67
- Figura 10** – Espacialização dos critérios normalizados referentes ao objetivo 4: desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação e contato com a natureza e turismo ecológico no Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento. 68

- Figura 11** – Espacialização dos critérios normalizados referentes ao objetivo 5: desenvolvimento socioeconômico das comunidades presentes na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. 69
- Figura 12** – Espacialização dos níveis de aptidão para cada um dos cinco objetivos do Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil..... 74
- Figura 13** – Espacialização da classificação final de aptidão integrada do Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. 78
- Figura 14** – Proposta de Zoneamento Ambiental para o Parque Nacional da Furna Feia e setorização socioeconômica para a sua Zona de Amortecimento, definidos por meio de análise multicritério, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil. 80

LISTA DE QUADROS

- Quadro 1** – Descrição simplificada dos critérios de impacto para a preservação do complexo espeleológico do Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, identificados pelos especialistas durante oficina de planejamento participativo.35
- Quadro 2** – Descrição simplificada dos critérios de impacto para a preservação da biodiversidade associada ao bioma Caatinga no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, identificados pelos especialistas durante oficina de planejamento participativo.37
- Quadro 3** – Descrição simplificada dos critérios de impacto para o desenvolvimento de pesquisas científicas e extensão universitária no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, identificados pelos especialistas durante oficina de planejamento participativo.38
- Quadro 4** – Descrição simplificada dos critérios de impacto para o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação e contato com a natureza e turismo ecológico no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, identificados pelos especialistas durante oficina de planejamento participativo.39
- Quadro 5** – Descrição simplificada dos fatores de impacto para o desenvolvimento socioeconômico das comunidades inseridas na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, identificados pelos especialistas durante oficina de planejamento participativo..40
- Quadro 6** – Chave de interpretação para mapeamento e classificação do uso e ocupação da terra do Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.....44
- Quadro 7** – Relação dos critérios e pesos dos subcritérios atribuídos para o cálculo de média aritmética ponderada a serem aplicados para normalização final dos critérios de avaliação do Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte.....49
- Quadro 8** – Exemplo de hierarquização da matriz de comparação pareada utilizada para avaliação multicritério dos objetivos propostos para o Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.51
- Quadro 9** – Intervalo de classificação para agrupamento dos dados de aptidão (0 a 1) referentes a Combinação Linear Ponderada para os objetivos do Parque Nacional da

Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.....	53
Quadro 10 – Relação e descrição das comunidades identificadas na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.	56
Quadro 11 – Hierarquização final dos critérios considerando seus respectivos objetivos de criação do Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.....	70
Quadro 12 – Notas e pesos de importância dos critérios para o objetivo preservação do complexo espeleológico do Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.....	71
Quadro 13 – Notas e pesos de importância dos critérios para o objetivo preservação da biodiversidade associada ao bioma Caatinga do Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.....	71
Quadro 14 – Notas e pesos de importância dos critérios para o objetivo desenvolvimento de pesquisas científicas e extensão universitária no Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.....	72
Quadro 15 – Notas e pesos de importância dos critérios para o objetivo desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação e contato com a natureza e turismo ecológico no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.....	72
Quadro 16 – Notas e pesos de importância dos critérios para o objetivo desenvolvimento socioeconômico das comunidades inseridas na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.	73

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Escala de classificação contínua usada para indicar o nível de importância de um critério sobre outro aplicado para a ponderação dos critérios escolhidos para o Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.....51
- Tabela 2** – Índice randômico usado para o cálculo de razão de consistência dos critérios analisados para o Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.52
- Tabela 3** – Quantitativo das classes de uso e ocupação da terra para o Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.....58
- Tabela 4** – Pontuação das classes de uso e ocupação da terra usadas para normalizar os critérios de uso e ocupação da terra do Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.64
- Tabela 5** – Distribuição quantitativa das classes de aptidão para cada um dos cinco objetivos de criação do Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.76
- Tabela 6** – Quantificação da sobreposição das classes propostas para o Zoneamento Ambiental do Parque Nacional da Furna em relação aos níveis de aptidão dos cinco objetivos avaliados na análise multicritério, Rio Grande do Norte, Brasil.....81
- Tabela 7** – Quantificação da sobreposição das classes propostas para a setorização socioeconômica da Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna em relação aos níveis de aptidão dos cinco objetivos avaliados na análise multicritério. ..85

LISTA DE EQUAÇÕES

- Equação 1 – Equação para a classificação supervisionada do uso e ocupação da terra para o Parque Nacional da Fuma Feia e sua Zona de Amortecimento, usada para o cálculo da distância euclidiana $d(x, y)$ entre as assinaturas espectrais dos pixels da imagem e treinamento de assinaturas espectrais43
- Equação 2 – Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), que apresenta a razão entre a diferença das refletividades do Infravermelho-próximo (ρ_{iv}) e do vermelho (ρ_v), e sua soma43
- Equação 3 – Média Aritmética Ponderada usada para normalizar os critérios a partir das notas dos subcritérios48
- Equação 4 – Equação usada para definir os pesos de cada um dos critérios, dividindo a média geométrica dos critérios (autovetor) pela soma dos autovetores, resultando em pesos para cada critério normalizado52
- Equação 5 – Equação que determina o autovalor λ_{max} , onde e_{ij} é a soma das colunas da matriz de comparação pareada e W_j são os pesos relativos normalizados, usados para determinar o índice de coerência da construção de notas da matriz de comparação pareada52
- Equação 6 – Equação para o cálculo de Índice de Consistência dos pesos obtidos por meio do Analytic Hierarchy Process (AHP)52
- Equação 7 – Equação final para determinação da Razão de Consistência (RC) da análise multicritério usando o Índice de Consistência (IC) e o Índice Randômico (IR)52
- Equação 8 – Equação de aptidão final dos objetivos propostos para o Parque Nacional da Fuma Feia e sua Zona de Amortecimento, Onde S é a aptidão final, W_i o peso do critério fornecido pelo AHP e X_i o valor dos critérios normalizados53

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	19
2 REFERENCIAL TEÓRICO	23
2.1 ÁREAS PROTEGIDAS E PLANEJAMENTO AMBIENTAL	23
2.2 GEOPROCESSAMENTO E SIG APLICADOS AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL	25
2.3 AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO E SIG PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL	28
3 METODOLOGIA	30
3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	30
3.2 BASE BIBLIOGRÁFICA, CARTOGRÁFICA E SIG	32
3.3 HIERARQUIZAÇÃO METODOLÓGICA	33
3.4 LEVANTAMENTO, MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS..	35
3.4.1 Distância das Estradas	41
3.4.2 Distância das Trilhas	41
3.4.3 Distância das Comunidades e Loteamentos	42
3.4.4 Impactos Ambientais Negativos.....	42
3.4.5 Uso e Ocupação da Terra	42
3.4.6 Distância das Cavernas e Lajedos e Patrimônio Espeleológico	45
3.4.7 Exploração Mineral	45
3.4.8 Abastecimento de Água e Distância de Fontes de Água.....	46
3.4.9 Geração de Renda e Associativismo	46
3.4.10 Registros de Caça	46
3.4.11 Lacunas do Conhecimento	47
3.4.12 Atrações Turísticas e Serviços Turísticos	47
3.5 ANÁLISE MULTICRITÉRIO	47
3.6 PROPOSTA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA O PARNA FURNA FEIA E SETORIZAÇÃO DA SUA ZONA DE AMORTECIMENTO	54
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1 ESPACIALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS.....	55
4.1.1 Estradas, Trilhas, Comunidades e Impactos Ambientais	55
4.1.2 Uso e Ocupação da Terra	58
4.1.3 Mapeamento dos objetivos específicos	60
4.1.3.1 Objetivo 1: Cavernas, Lajedos e/ou Afloramentos	60
4.1.3.2 Objetivo 1: Exploração Mineral	60

4.1.3.3 Objetivo 2: Distância de Fontes de Água.....	60
4.1.3.4 Objetivo 2: Registros de Caça.....	60
4.1.3.5 Objetivo 3: Lacunas do Conhecimento e Patrimônio Espeleológico.....	61
4.1.3.6 Objetivo 4: Atrações Turísticas e Serviços Turísticos	61
4.1.3.7 Objetivo 5: Abastecimento de Água e Geração de Renda e Associativismo	61
4.2 ANÁLISE MULTICRITÉRIO	63
4.2.1 Normalização dos Critérios.....	63
4.2.1.1 Critérios Normalizados pela Função Fuzzy	63
4.2.1.2 Critérios Normalizados pela Decisão Participativa.....	63
4.2.2 Ponderação dos Critérios	70
4.2.3 Combinação Linear Ponderada	73
4.3 PROPOSTA DE ZONEAMENTO PARA O PARQUE NACIONAL DA FURNA FEIA E SETORIZAÇÃO PARA SUA ZONA DE AMORTECIMENTO	78
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	89
REFERÊNCIAS	91
APÊNDICE A (QUESTIONÁRIO PARA OS PESQUISADORES).....	99
APÊNDICE B (TCLE).....	109
APÊNDICE C (ARTIGOS CIENTÍFICOS)	111
ANEXO A (DECRETO DE CRIAÇÃO DO PARNA FURNA FEIA).....	112

1 INTRODUÇÃO

A idealização de um novo paradigma de desenvolvimento teve suas raízes iniciadas 1950, no momento em que a humanidade percebe a existência de um risco ambiental global. Mas só em 1971 na reunião *Founeux*¹, começa de fato a proposição de um novo modelo de desenvolvimento que propunha observar as potencialidades e fragilidades dos sistemas que compõem o meio, além de estimular a participação popular. Entretanto, o grande marco da “preocupação ambiental” ocorre com a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em Estocolmo, no ano de 1972, que firma o termo “Desenvolvimento Sustentável”, tendo como discussões principais a poluição ambiental e o uso dos recursos naturais em um contexto de preservação e conservação da natureza (SANTOS, 2004). Quinze anos após, ocorreu o lançamento do relatório “Nosso Futuro Comum” que consolidou o termo desenvolvimento sustentável, conceituando-o como “(...) o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações” (CMMAD, 1988). Esse contexto incentivou a criação de Áreas Protegidas que fossem capazes de resguardar os recursos naturais, e como proposto no conceito, garantir os recursos naturais para as futuras gerações.

As Áreas Protegidas enfrentam uma série de dilemas quanto a sua efetividade na preservação da biodiversidade global, como o desenvolvimento econômico acelerado sem a adoção de critérios ambientais (CHUNYE; DELU, 2017), ameaças sazonais relacionadas às características climáticas e culturais, que influenciam no maior ou menor uso dos recursos ou espaços naturais (BOULAD; HAMIDAN, 2018), baixa conectividade entre as Áreas Protegidas, o que dificulta o alcance de metas de conservação (SAURA *et al.*, 2018), ou ainda a ausência de modelos de governança eficientes que promovam o controle do território e o aumento da participação equitativa (EKLUND; CABEZA, 2017; DAWSON; MARTIN; DANIELSEN, 2018; KUJIRAKWINJA *et al.*, 2018). Nesse caso em particular, a governança associada ao planejamento e gestão do território tem forte impacto na preservação da biodiversidade, evitando perdas, alterações e fragmentação de habitats (SHARMA *et al.*, 2018).

Para se alcançar um nível de planejamento satisfatório às necessidades de preservação da natureza, no contexto da governança e sua relação com o manejo do uso e ocupação da terra, são necessárias que as ferramentas de planejamento consigam traduzir os anseios de diversos setores da sociedade e suas preferências quanto as decisões que devem ser tomadas. O resultado

¹ A reunião que deu origem ao relatório de Founeux (Report on Development and Environment) foi realizada em junho de 1971 na Suíça.

disso são avaliações conjuntas em relação às adequações de uso e ocupação. Dentro das necessidades e visão de grupos ou pessoas interessadas, formam-se unidades de gestão ou zonas de gestão que atendem aos objetivos da área protegida e as necessidades de conservação da biodiversidade e dos grupos de interesse. Apesar dessas ações envolverem tempo e recursos diversos, estas possibilitam que as decisões tomadas não representem apenas uma ação simbólica, e que, ao contrário disso, possam ter efeito prático sobre a conservação da biodiversidade e das Áreas Protegidas (LIMA; RANIERI, 2018; RISTIĆ *et al.*, 2018; KARIMI; ADAMS, 2019).

Um das principais ferramentas do planejamento ambiental, considerando a necessidade de ordenamento do território, é o Zoneamento Ambiental, sendo possível estabelecer os mecanismos de planejamento e regulamentação do uso da terra (BROWN; SANDERS; REED, 2018). Historicamente, a gênese do zoneamento esteve associada ao caráter degradante de certas indústrias, mas ao longo da evolução do conhecimento sobre a temática, o seu campo de atuação foi se diversificando e logo surgiram zoneamentos com fins agrícolas, urbano, costeiros e ambientais com foco em Áreas Protegidas (INGRAM, 1961). Em particular, para as Áreas Protegidas, o Zoneamento Ambiental desempenha a função de controle das atividades permitidas e proibidas em cada uma das zonas propostas e pode ser realizado por meio das mais variadas metodologias, mas sempre obedecendo as características da área, em razão do nível de proteção estabelecido para a área protegida.

Existe uma tendência atual por zoneamentos que integram múltiplas metodologias e técnicas para análises de conjuntos massivos de dados em ambientes de Sistemas de Informação Geográfica (SIG). São exemplos dessa forma de aplicação os trabalhos focados nas implicações do SIG para o manejo e conservação (BERNARD; BARBOSA; CARVALHO, 2011), ao mesmo tempo que considera os valores locais e serviços ecossistêmicos (RAMIREZ-GOMEZ *et al.*, 2016). As aplicações podem incluir: (i) tomada de decisão multi-objetiva para áreas marinhas protegidas (CHENG; CHÂTEAU; CHANG, 2015), (ii) identificação de vulnerabilidade eco-ambiental para propor zonas apropriadas às mudanças ambientais (NGUYEN *et al.*, 2016), (iii) planejamento de cenários futuros com base em preferências públicas e uso e ocupação da terra com uso de SIG participativo (KARIMI; ADAMS, 2019), (iv) criação de níveis de conservação considerando a atividade antrópica (SANTOS *et al.*, 2019) (v) os zoneamentos que promovem a integração de processos participativos com análise multicritério (ZHANG *et al.*, 2013; COMINO *et al.*, 2016; BOULAD; HAMIDAN, 2018;

CHOULAK *et al.*, 2019) e (vi) propostas de adequação de áreas protegidas usando análise multicritério (VELAZQUEZ *et al.*, 2017).

A análise multicritério é um método que permite a ampliação de resultados para serem aplicados ou para apoiarem a tomada de decisão. Este método permite a avaliação de alternativas, denominadas de critérios, para atingir objetivos específicos. Com o auxílio do SIG, os resultados da análise multicritério são espacializados e então as dinâmicas podem ser compreendidas da melhor forma possível, traduzindo análises numéricas em exposições visuais dos critérios e objetivos que estão em análise. Uma das grandes vantagens da aplicação das técnicas de análise multicritério é sua adequabilidade. Dessa forma é possível definir uma diversidade de tipos de avaliação multicritério, como aqueles voltados a determinação de cenários futuros, priorização de processos, adequabilidade e aptidão (EASTMAN, 2012; ESMAIL; GENELETTI, 2018).

A segmentação de áreas de aptidão, desenvolvida com uso das ferramentas de análise multicritério, tem como principal objetivo apresentar os espaços territoriais aptos ao desenvolvimento de atividades e usos. A definição dessa aptidão deve ser preferencialmente realizada considerando objetivos iniciais. A partir desses objetivos, são definidos os critérios que podem contribuir ou prejudicar o seu alcance. Assim como nos demais usos da análise multicritério, a aptidão também tem como principal objetivo auxiliar na tomada de decisão. Esta aptidão indica onde os recursos, sejam eles financeiros ou humanos, devem ser usados dentro do território. A aptidão indica se os recursos devem ser utilizados para maximizar o alcance dos objetivos, em áreas onde essa aptidão é alta, ou a aptidão pode ser usada para minimizar impactos, em áreas de baixa aptidão (EASTMAN, 2012; KARIMI; ADAMS, 2019; SANTOS *et al.*, 2019). Esse conjunto de métodos aplicados em espaços territoriais protegidos pode favorecer o aumento da efetividade de proteção da biodiversidade, auxiliando no planejamento e gestão ambiental territorial (CAVALCANTE *et al.*, 2020).

No Brasil as Áreas Protegidas são divididas em áreas indígenas, quilombolas, áreas de preservação permanente, reservas legais e Unidade de Conservação da Natureza. As Unidades de Conservação são “espaços territoriais e seus recursos ambientais, incluindo as águas jurisdicionais, com características naturais relevantes, legalmente instituído pelo Poder Público, com objetivos de conservação e limites definidos, sob regime especial de administração, ao qual se aplicam garantias adequadas de proteção” e estão inseridas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC). Legalmente, as unidades de conservação

devem possuir o seu plano de manejo, documento no qual são estabelecidos todas as normas e critérios de uso da unidade, inclusive o seu Zoneamento Ambiental.

O Parque Nacional da Furna Feia, criado no ano de 2012, está inserido no grupo de Unidades de Proteção Integral como um Parque Nacional (Parna), e por isso tem por objetivo básico a preservação de ecossistemas naturais de grande relevância ecológica e beleza cênica, possibilitando a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico (BRASIL, 2000; CNUC, 2018). Sete anos e dez meses após a sua criação, o Parna Furna Feia ainda não possui um plano de manejo, e tão pouco um zoneamento instituído, o que inibe suas potencialidades para o turismo e educação ambiental, maximizando suas fragilidades. Logo o uso de técnicas de análise multicritério além de fornecer parâmetros para tomada de decisão em razão dos objetivos, ainda pode contribuir para o aumento do conhecimento técnico-científico e conseqüentemente favorecer as ações de preservação do Parna Furna Feia.

Entretanto, a ausência de um plano de manejo, considerado um importante instrumento de ordenamento territorial, dificulta as estratégias de planejamento integrado de Unidades de Conservação da Natureza. Dessa forma, a simples criação de uma Unidade de Conservação, sem a estrutura operacional e física pode tornar as ameaças mais intensas. Na Caatinga, bioma em que o Parna Furna Feia está inserido, associam-se ameaças como o desmatamento, o que tem efeito nos processos de desertificação (SOUZA; ARTIGAS; LIMA, 2015), e a caça e tráfico de animais silvestres (CONSTANTINO, 2018). Além disso, sua Zona de Amortecimento (ZA) é densamente marcada por culturas agrícolas. Nesse contexto, o zoneamento permitiria a construção de um dispositivo legal que ajudaria no controle e fiscalização do território, favorecendo a proteção ambiental, ao mesmo tempo que delimitaria as estratégias para o desenvolvimento de atividades turísticas e educativas, favorecendo o desenvolvimento local da área onde está inserido.

O objetivo geral dessa pesquisa é construir uma proposta de Zoneamento Ambiental para o Parna e sua Zona de Amortecimento, por meio de avaliação multicritério. São objetivos específicos: a) realizar o levantamento, mapeamento e caracterização dos critérios analisados, voltados aos aspectos ambiental, social e econômico do Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento; b) realizar uma análise multicritério para o Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento; c) construir uma proposta de Zoneamento Ambiental para o Parque Nacional da Furna Feia, usando a análise multicritério; e d) propor uma setorização socioeconômica e

ambiental para a Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Fumaça, com base nos resultados da análise multicritério.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ÁREAS PROTEGIDAS E PLANEJAMENTO AMBIENTAL

As Áreas Protegidas, mesmo quando não conseguem ser efetivas em seus objetivos (PIMM *et al.*, 2014), enfrentando desafios como o declínio da biodiversidade (SCHEFFERS *et al.*, 2012) e isolamento geográfico (DEFRIES *et al.*, 2005), desempenham um importante papel para a conservação da biodiversidade global. Estas áreas têm sido usadas para alcançar metas de conservação ambiental. Até julho de 2018, havia registro de aproximadamente 238.563 Áreas Protegidas ao redor do mundo, onde 6 milhões de km² são ocupadas por Áreas Protegidas Marinhas (7,3% dos oceanos no mundo) e 20 milhões de km² (14,9%) de Áreas Protegidas em superfície terrestre (UNEP, 2018). Conceitualmente, as Áreas Protegidas podem ser classificadas como “um espaço geográfico claramente definido, reconhecido, dedicado e gerenciado, por meios legais ou outros meios efetivos, para alcançar a conservação de longo prazo da natureza com serviços ecossistêmicos associados e valores culturais” (DUDLEY, 2008).

No Brasil, esses espaços estão reunidos no Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC)², que apresenta os critérios e normas para a criação, implantação e gestão das Unidades de Conservação em todo o território nacional. Enquanto as Unidades de Conservação em outros países podem ter uma conceituação bem mais abrangente, as unidades de conservação no Brasil se limitam a espaços com regime especial de administração, tendo como objetivos proporcionar os meios e incentivos para atividades de pesquisa científica, estudos e monitoramento ambiental, reforçando a proteção à biodiversidade (BRASIL, 2000). O SNUC é responsável pela conservação de 2.146 UC, que corresponde a 1.582.861 Km² do território brasileiro (CNUC, 2018). Esses dados são relevantes, tanto para a proteção da biodiversidade brasileira, quanto para todo o mundo, uma vez que o Brasil tem reservado, principalmente nas últimas duas décadas, consideráveis áreas para a proteção de relevantes ecossistemas, apesar de tornar a proteção em todo o mundo geograficamente desigual (JENKINS; JOPPA, 2009).

² O termo Unidades de Conservação é mais difundido no Brasil, em razão do Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC - LEI 9.985/2000). Internacionalmente esses espaços são conhecidos como Áreas Protegidas.

Entretanto, mais do que promover o aumento de Áreas Protegidas ao redor do mundo, é necessário que se tenha um planejamento adequado desses espaços, visando melhorar a sua efetividade, para se alcançar um conjunto cada vez mais diversificado de objetivos sociais, econômicos e de conservação (WATSON *et al.*, 2014). Dessa forma, por ser a ferramenta política mais amplamente aplicada à conservação da biodiversidade, o manejo efetivo desses espaços deve ser pensado para lidar com os impactos ambientais, sociais e econômicos oriundos dos sistemas culturais e ambientais (JONES; MCGINLAY; DIMITRAKOPOULOS, 2017).

O planejamento ambiental de Unidades de Conservação deve ser realizado de forma integrada, considerando os objetivos, estruturas disponíveis e procedimentos, seguindo sempre um ideário norteador de todo o processo (SANTOS, 2004). Santos (2004, p. 24), define o planejamento como um “processo contínuo que envolve coleta, organização e análise sistematizadas das informações, por meio de procedimentos e métodos, para chegar a decisões”. Sua finalidade é atingir metas e orientar os instrumentos metodológicos, administrativos, legislativos e de gestão para o desenvolvimento de atividades em um determinado espaço e tempo (SANTOS, 2004; SILVA; SANTOS, 2004).

O planejamento ambiental deve ser entendido como uma atividade humana racional na tomada de decisões que otimizam o bem-estar natural e humano tanto hoje como em algum momento no futuro, o que se relaciona muito bem com o conceito de desenvolvimento sustentável (KENNY; MEADOWCROFT, 2002; HAUGHTON, 2017). O planejamento ambiental é sempre um exercício de gerenciamento de complexidade, lidando com múltiplas escalas espaciais, interações complexas entre geografias, diferentes tradições profissionais e científicas e além de uma ampla gama de setores políticos com enfoque em normas ambientais. O planejamento ambiental é, portanto, uma atividade diversificada, compreendendo múltiplas abordagens e baseada em uma gama de opções que direcionam para a compatibilização dos recursos (financeiros e científicos) com os objetivos, visando o apoio à decisão (KENNY; MEADOWCROFT, 2002; HAUGHTON, 2017).

Nas Áreas Protegidas, umas das principais estratégias para se alcançar a efetividade desses espaços é a criação de zoneamentos ambientais, que estabelecem regras de uso, considerando, por exemplo, as características espaciais, ambientais, sociais e econômicas. O zoneamento está inserido como uma etapa do planejamento ambiental de Áreas Protegidas. Basicamente, este instrumento promove a compartimentalização de uma região em porções territoriais, obtido pela avaliação dos atributos mais relevantes da paisagem e seus diferentes

níveis de proteção, ou seja, as zonas criadas expressam as potencialidades, vocações, fragilidades, suscetibilidades, acertos e conflitos do território (SANTOS, 2004).

O zoneamento é definido pelo SNUC na Lei nº 9.985/2000 como: “setores ou zonas em uma Unidade de Conservação com propósito de proporcionar os meios e as condições para que todos os objetivos da unidade possam ser alcançados de forma harmônica e eficaz” (BRASIL, 2000). Ele está inserido no Plano de Manejo, que é um documento técnico que estabelece as normas que devem presidir o uso e ocupação da terra, bem como o manejo dos recursos naturais (BRASIL, 2000). O plano de manejo e conseqüentemente o Zoneamento Ambiental possuem como umas das características principais a participação de diferentes setores da sociedade para debater e propor as necessidades e desafios de proteção das unidades de conservação do Brasil.

Essa abordagem participativa é necessária, tendo em vista a facilidade de se desenvolver resoluções de conflitos. A participação possui diferentes níveis, bem como diferentes metodologias para trabalhar a interação e comunicação entre os atores envolvidos. Nesse sentido, em determinados momentos é necessária uma abordagem mais técnico-científica, buscando-se o consenso entre especialistas de diversas áreas dentro de um objetivo específico (ZHANG *et al.*, 2013; MITAMBA *et al.*, 2018). Mesmo que as etapas de planejamento participativa não sejam aplicadas a todo o processo metodológico, é necessário que algumas decisões sejam tomadas de forma participativa, para alcançar um resultado final menos subjetivo, isso é claro, sempre dependerá das características da Unidade de Conservação e da forma de exploração dos recursos naturais (KUSTERS *et al.*, 2018; MITAMBA *et al.*, 2018).

2.2 GEOPROCESSAMENTO E SIG APLICADOS AO PLANEJAMENTO AMBIENTAL

O desenvolvimento tecnológico das últimas décadas possibilitou o avanço técnico-científico em diversas áreas, entre elas, a aquisição de informações espaciais e territoriais, por meio de atividades científicas de observação da terra. Tendo surgido inicialmente com o nome de Geomática, o geoprocessamento se desenvolveu no âmbito do crescente potencial da computação eletrônica. A intuição revolucionária desse período foi baseada na localização geográfica de cada objeto em nosso planeta. De maneira geral, o geoprocessamento pode ser definido por meio de uma abordagem sistêmica, multidisciplinar e integrada para selecionar os instrumentos e as técnicas apropriadas para coletar, armazenar, integrar, modelar, analisar, recuperar, transformar, exibir e distribuir dados espacialmente georreferenciados de diferentes

fontes em formato de mapas digitais temáticos (ROSA; BRITO, 1996; ROCHA, 2000; GOMARASCA, 2010).

Somente com o desenvolvimento do geoprocessamento, tornou-se possível armazenar e representar tais informações em ambiente computacional, abrindo espaço para o aparecimento do geoprocessamento. Vale destacar que os dados trabalhados com geoprocessamento estão necessariamente vinculados ao espaço geográfico. Dentro desse espaço, nos movemos constantemente, navegamos nele e o conceituamos de diferentes maneiras, inclusive é neste espaço que são percebidos as dinâmicas e características de cada território, como a topografia, uso e cobertura da terra, características climáticas e cadastrais (RAJU, 2005).

Uma outra interpretação considera o geoprocessamento um conjunto de tecnologias, que possibilita a manipulação de dados, e essa manipulação pode resultar em análises, simulações e modelagens georreferenciadas (FITZ, 2008). Dentro desse conjunto de tecnologias, muitas vezes o geoprocessamento é tratado de forma agregada ao uso de um SIG (Sistemas de Informação Geográfica). Os SIG são tratados como ferramentas computacionais para o geoprocessamento e são usados por diversas áreas como ferramenta para manipulação de dados espaciais em um ambiente computacional (CÂMARA; DAVIS; MONTEIRO, 2001; RAJU, 2004). Como as informações trabalhadas em um SIG são georreferenciadas, é possível trabalhar com recursos como captura e preparação de dados, gerenciamento de dados, incluindo armazenamento e manutenção, manipulação e análise de dados e apresentação de dados (ARONOFF, 1989).

Dentro de todas as possibilidades conceituais para o SIG, é possível destacar sua importância na visualização das informações do mundo real em um ambiente onde as análises sobre o território são mais facilmente interpretadas, além de servir a conjuntos específicos de propósitos (BURROUGH, 1986). Com isso, podemos ter a integração de informações para se construir um sistema de apoio a decisão (COWEN, 1988), a manipulação massiva de dados georreferenciados (ARONOFF, 1989), e a possibilidade de se trabalhar com dados de natureza geográfica (EASTMEN, 1995). A partir dessa diversidade de possibilidades para geração de produtos em ambiente SIG, que se vinculam ao espaço físico, podem-se trabalhar fenômenos de diferentes categorias como os climáticos, sociais, econômicos e ambientais (FITZ, 2008).

Em razão de muitas possibilidades para levantar, espacializar e modelar as informações do espaço em ambiente SIG, tem-se uma atenção especial ao desenvolvimento de estratégias para o planejamento, como subsídio para futuras tomadas de decisões. O SIG então se firma como o instrumento capaz de viabilizar as propostas de planejamento, por possibilitar a

superação da visão parcial que o homem tem do mundo, por meio da capacidade de conhecer e acompanhar as modificações e renovações da natureza e sociedade, integralizando as mais diversas formas e fontes de dados e modelos (MCCLEAN *et al.*, 1995; KENNY; MEADOWCROFT, 2002; FARINA, 2006; FITZ, 2008; ROBAINA, 2009).

Todos os elementos atribuídos ao SIG demonstram sua força para fomentar as etapas envolvidas no planejamento ambiental. Se considerarmos, por exemplo, o Zoneamento Ambiental, o SIG consegue atingir três importantes requisitos: a eficiência, pela possibilidade de acesso de dados em grande volume, conseguindo modificá-los; a integridade, com base no controle de acesso as informações; e a persistência, visando a manutenção com foco na melhoria contínua. Entretanto, mesmo com essa enorme capacidade, é preciso reconhecer as limitações do SIG, e uma de suas principais é a dificuldade de incluir a participação popular (SILVA; SANTOS, 2004).

Algumas tentativas têm sido realizadas para apresentar um modelo que permita a integração da capacidade de processamento de dados do SIG e a contribuição do planejador, ou de grupos de interessados no suporte à tomada de decisão. No final da década de 90 surgiu as primeiras tentativas, com os Sistemas de Informação Geográfica de Participação Pública (PPGIS), que originalmente visava apenas a melhor comunicação das informações trabalhadas no SIG (SIEBER, 2006). Mas foi apenas na primeira década do século XXI que a prática começou a ser melhor definida e difundida, trazendo uma conceituação mais próxima ao SIG participativo (PSIG), que engloba todas as ferramentas de análise espacial disponíveis no SIG, mas que, em algum momento do processo de construção da informação, insere a participação de especialistas ou interessados, tornando os resultados bem mais representativos. Essa inclusão pode acontecer, a exemplos em situações onde seja necessário trabalhar com a quantificação e qualificação de critérios espaciais (SCHLOSSBERG; SHUFORD, 2005; WANG *et al.*, 2008; BERNARD; BARBOSA; CARVALHO, 2011).

Adicionalmente pode ser utilizado a álgebra de mapas que representa um conjunto de processos e técnicas amplamente utilizados em SIG e principalmente na modelagem multicritério espacial. Na álgebra de mapas um conjunto de dados pode ser utilizado para obter novas informações espaciais. Consequentemente, a álgebra de mapas possui como uma das principais vantagens a possibilidade de se avaliar estatisticamente os dados espacializados e gerar novas segmentações de acordo com os operadores algébricos utilizados e os cruzamentos (BARROS *et al.*, 2019; WEISS; PIPPI, 2019).

2.3 AVALIAÇÃO MULTICRITÉRIO E SIG PARA O PLANEJAMENTO AMBIENTAL

A análise multicritério, análise de decisão multicritério (*Multi-criteria Decision Analysis - MCDA*) ou simplesmente avaliação multicritério é um método que permite a expansão de resultados para serem aplicados ou apoiarem a tomada de decisão. O método trabalha basicamente com a avaliação de alternativas (critérios) para atingir objetivos específicos. Para qualquer aplicação de avaliação multicritério é imprescindível a clareza do contexto dos critérios a serem avaliados. Por ter uma complexidade na avaliação dos dados, é um processo com um conjunto de métodos ou etapas, que auxiliam na estruturação dos processos envolvidos, entregando uma série de alternativas de escolha para auxiliar no processo de decisão (NIJKAMP; RIETVELD; VOOGD, 1990; STORE; KANGAS, 2001; LANGEMEYER *et al.*, 2015; ESMAIL; GENELETTI, 2018).

Além disso, a aplicação multicritério garante que todos os dados sejam considerados no processo de análise, e conseqüentemente fornece ao planejador as razões e/ou explicações do porquê uma decisão foi tomada (LAHDELMA; SALMINEN; HOKKANEN, 2000). Esses resultados são especialmente melhor representados quando associados aos SIG. Quando consideramos o planejamento do território em consideração a aspectos de natureza diversa, como econômico, social, ambiental, as várias alternativas e partes interessadas provavelmente se encontrarão com preferências conflitantes. Com o auxílio do SIG, os resultados da análise multicritério são espacializados e então começamos a entender as dinâmicas da melhor forma possível, traduzindo análises numéricas em exposições visuais dos critérios e objetivos em análise (EASTMAN, 2012; ROMANO *et al.*, 2015).

Além dos resultados obtidos, a importância do uso de sistemas que permitam o apoio a decisão com a combinação das ferramentas de SIG, extrapolam as melhores potencialidades de ambas as ferramentas, proporcionando melhores avaliações. O SIG nesse caso é usado como a plataforma de gerenciamento, trazendo as camadas representativas de cada critério, possibilitando tanto a união de dados, quanto a produção de novos dados, especialmente utilizando funções de análise espacial (STORE; KANGAS, 2001; ROMANO *et al.*, 2015).

Como forma de se atingir os objetivos propostos na análise multicritério, e usando como plataforma de gerenciamento o SIG, é necessário que sejam realizados três processos para se alcançar o produto final da avaliação multicritério, sendo eles: a normalização dos critérios, que devem ser realizados em virtude das diferenças de fontes de dados e escalas. A ponderação que tem como propósito atribuir, por meio de um sistema de avaliação, pesos aos critérios

escolhidos. E pôr fim a combinação dos critérios para que se tenha um mapa de aptidão com base no objetivo ou objetivos estabelecidos (STORE; KANGAS, 2001).

Com relação a normalização, uma das estruturas mais conhecidas e usadas nesse processo é a função de pertinência *Fuzzy*, ou lógica *Fuzzy*, que é oferecida como uma abordagem para reconciliação e “padronização” de formatos. Sua utilização facilita, por exemplo, a incorporação de dados qualitativos. A principal diferença do *Fuzzy* para a teoria clássica de conjuntos, é a expressão dos seus termos em uma escala variada de números, enquanto na teoria clássica a função é definida como verdadeira (1) e falsa (0). Nesse sentido, são considerados também os valores presentes entre 0 e 1, em ambiente SIG e esses dados são traduzidos como mapas de calor ou “*Kernel*” (EASTMAN, 2005).

Para a ponderação, existem muitas possibilidades de modelos matemáticos a serem aplicados, entretanto, considerando o ambiente SIG, o mais comumente utilizado é o *Analytic Hierarchy Process* (AHP), sendo uma abordagem de decisão multicritério introduzida por Saaty (SAATY, 1977; 1990; 1994; 2008). O *Analytical Hierarchy Process* é ainda muito utilizado em razão das suas boas propriedades matemáticas. Essa abordagem usa uma estrutura hierárquica de vários níveis de objetivos, critérios, subcritérios e alternativas. Os dados pertinentes são derivados usando um conjunto de comparações pareadas. Essas comparações são usadas para obter os pesos de importância dos critérios de decisão e as medidas relativas de desempenho das alternativas em termos de cada critério de decisão individual. Se as comparações não forem perfeitamente consistentes, ela fornecerá um mecanismo para melhorar a consistência (TRANTAPHYLLOU; MANN, 1995).

O *Analytical Hierarchy Process* atende quatro etapas básicas, começando pela (i) definição do problema, ou da situação onde é exigido dados para o apoio a decisão voltada a resolução de problemas e conflitos, (ii) a estruturação da hierarquia, partindo do objetivo principal de decisão e seguido pelos critérios de avaliação, (iii) a construção do conjunto de matrizes de comparação par a par e (iv) o uso desses conjuntos de informações, principalmente das comparações em pares, para atribuir pesos a cada um dos critérios hierarquizados (SAATY, 2008).

A última etapa da avaliação multicritério corresponde a combinação dos critérios. Essa etapa usa os dados normalizados e ponderados para apresentar o produto final. Um dos métodos mais utilizados é a Combinação Linear Ponderada (CLP). Nesse sistema, os critérios são agrupados. No método de Combinação Linear Ponderada, quando consideramos o SIG para

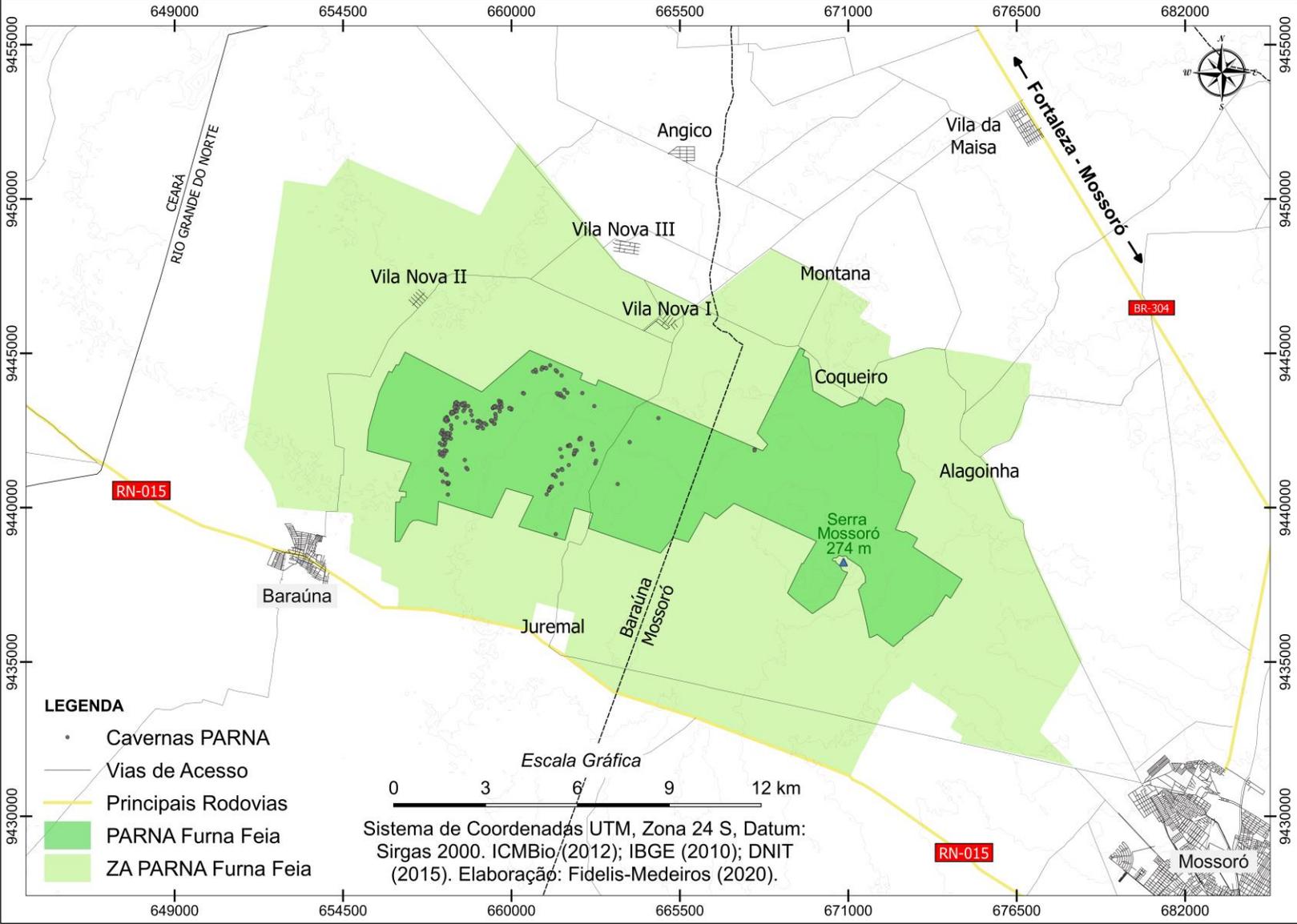
especialização e como ambiente de organização das informações, cada pixel normalizado é multiplicado pelo seu respectivo peso (EASTMAN, 2012).

3 METODOLOGIA

3.1 LOCALIZAÇÃO E DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Parna Furna Feia foi criado pelo Decreto Presidencial S/N, de 05 junho de 2012 (Anexo A), e tem por objetivos a preservação do complexo espeleológico da caverna Furna Feia, bem como a biodiversidade do bioma Caatinga existente em seus limites, onde é permitido a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico. A área oficial do Parna Furna Feia (Figura 1) compreende 8.493 ha e mais 25.323 ha em sua ZA, totalizando aproximadamente 33.816 ha (BRASIL, 2012).

Figura 1 – Localização do Parque Nacional da Fuma Feia e sua Zona de Amortecimento, entre os municípios de Mossoró e Baraúna, Rio Grande do Norte, Brasil.



O Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento estão situados no estado do Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil, mais precisamente entre os municípios de Baraúna e Mossoró. O acesso à Zona de Amortecimento do Parna Furna Feia pode ser realizado através da rodovia estadual RN-015 que liga Mossoró ao município de Baraúna, com entrada na estrada que dá acesso à Comunidade de Juremal ou pela BR-304 com entrada no assentamento Eldorado dos Carajás II (conhecido como Fazenda Maisa), seguindo na estrada que dá acesso a Agrovila Vila Nova I e II.

Com relação as características físicas da área de estudo são registradas temperaturas médias anuais em torno de 27,5°C e precipitação média anual de 673,9 mm, por isso a região está classificada como BSw^h, ou seja, quente e seco, de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES *et al.*, 2013). Neste contexto climático, a vegetação que se desenvolve na região é caracterizada como uma floresta tropical sazonalmente seca, tendo como principal característica a deciduidade da maioria das suas árvores e arbustos durante a estação seca (QUEIROZ *et al.*, 2017; SILVA *et al.*, 2017).

Com relação a geologia, o Parna Furna Feia está inserido na Bacia Potiguar, tradicional produtora de petróleo *onshore* no Brasil. Nesse contexto, encontram-se rochas carbonáticas da Formação Jandaíra sotopostas aos arenitos da Formação Açú, que integram o Grupo Apodi. Em sua maior parte, estes afloramentos encontram-se recobertos por sedimentos da Formação Barreiras (MAIA; BEZERRA, 2012). O seu relevo está majoritariamente inserido no Domínio dos Baixos Platôs da Bacia Potiguar, marcado por formas tabulares associadas à Chapada do Apodi. Como exceção a esse relevo, observa-se o alto estrutural da Serra Mossoró (PFALTZGRAFF; TORRES, 2010).

Com relação a pedologia, é comum a presença de solos do tipo Cambissolos, Chernossolos e Latossolos, onde os usos são voltados, principalmente, para a fruticultura irrigada e outras atividades agrícolas (IDEMA, 2008; SANTOS *et al.*, 2018).

3.2 BASE BIBLIOGRÁFICA, CARTOGRÁFICA E SIG

Para a construção do banco de dados geográfico, foi utilizado como base as pesquisas científicas elaboradas nos últimos 10 anos sobre o Parque Nacional da Furna Feia. Nesse período foram elaborados estudos que incorporam uma variedade de temas e/ou áreas abordadas, como geociências, ecologia, ecoturismo e climatologia (FIDELIS-MEDEIROS *et al.*, 2019).

Além disso, foi incorporado ao banco de dados informações de diversos órgãos públicos e instituições, que possuem dados importantes para o levantamento e caracterização dos critérios, como o Ministério do Meio Ambiente (MMA), Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio), Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA), Instituto de Gestão das Águas do Rio Grande do Norte (IGARN), Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte (IDEMA), Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM) e as imagens de satélite disponibilizadas pelo serviço Google Maps, pela Agência Espacial Europeia (ESA-Sentinel 2-A) e da missão SRTM (*Shuttle Radar Topography Mission*) disponibilizado pelo USGS (*United States Geological Survey*).

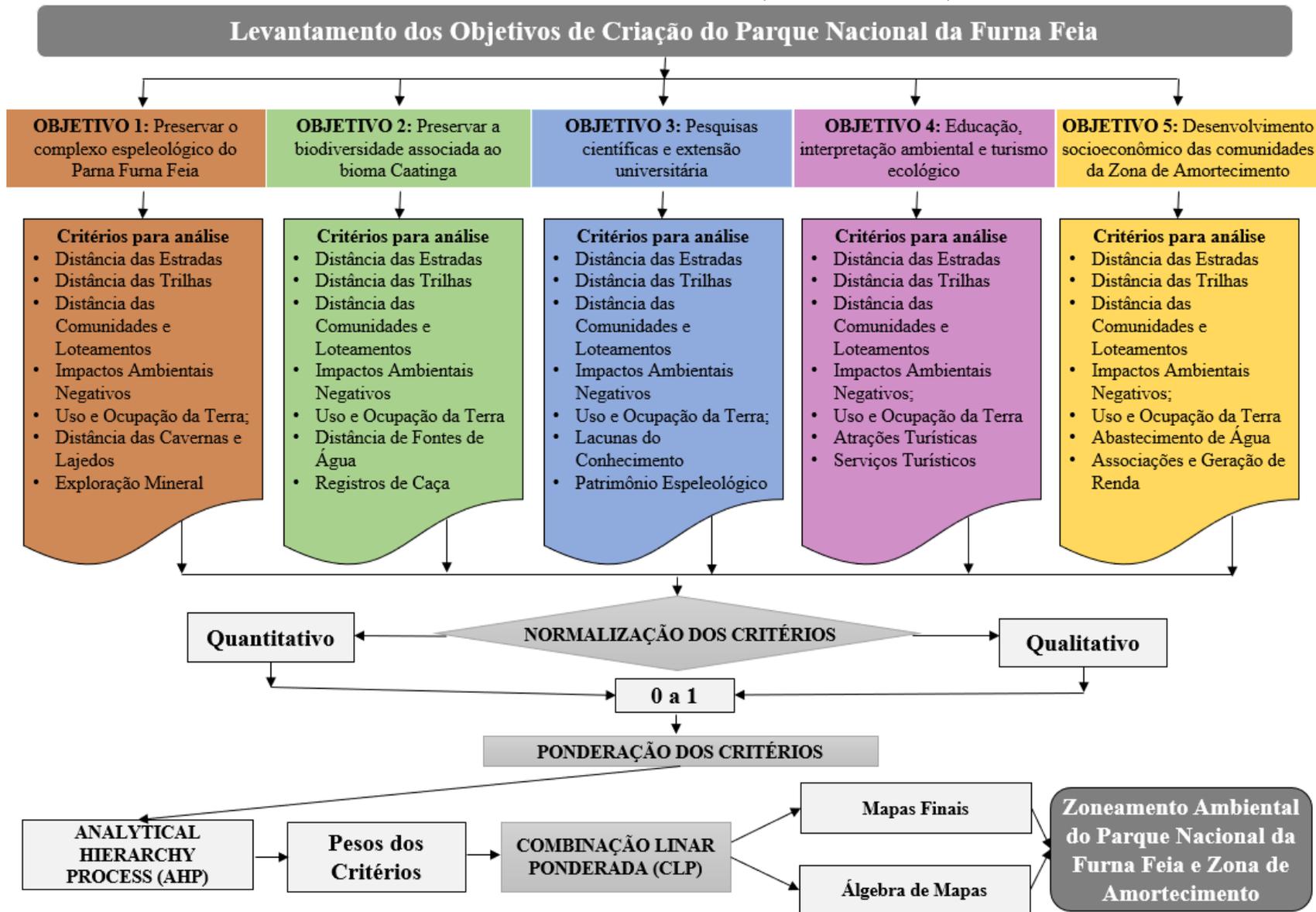
Os dados espaciais foram reunidos para compor o banco de dados cartográficos da pesquisa, usando *Quantum Gis (Qgis Development Team)* e o *ArcGIS (ESRI-Environmental Systems Research Institute)*, para obtenção, armazenamento, processamento e apresentação dos dados geográficos, bem como para a confecção, análise e interação dos planos de informações e análise multicritério.

3.3 HIERARQUIZAÇÃO METODOLÓGICA

Os objetivos do Parna Furna Feia foram definidos em seu decreto de criação, sendo eles: (i) preservar o complexo espeleológico do Parna Furna Feia e a biodiversidade associada ao bioma Caatinga; (ii) dar apoio a pesquisas científicas e (iii) desenvolver atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico (BRASIL, 2012).

Para esta pesquisa, os objetivos passaram por uma releitura com a intenção de possibilitar análises mais específicas a cada objetivo, dessa forma, foram definidos os objetivos da seguinte forma: (i) preservar o complexo espeleológico do Parque Nacional da Furna Feia; (ii) preservar a biodiversidade associada ao bioma Caatinga; (iii) apoiar pesquisas científicas e extensão universitária; (iv) desenvolver atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza, e turismo ecológico e (v) fomentar o desenvolvimento socioeconômico das comunidades inseridas na Zona de Amortecimento do Parna Furna Feia. A figura 2 apresenta o fluxograma metodológico da pesquisa.

Figura 2 – Fluxograma da sequência metodológica da pesquisa adotada para a integração dos processos participativos e da avaliação multicritério aplicados ao Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.



3.4 LEVANTAMENTO, MAPEAMENTO E CARACTERIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS

A escolha dos critérios de análise para cada um dos objetivos foi realizada por meio de uma oficina de planejamento participativo ocorrida no dia 20 de agosto de 2018. Na ocasião, participaram desta oficina profissionais da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN), Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade e Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas.

A oficina foi organizada em quatro momentos distintos, no primeiro deles, realizou-se um detalhamento da metodologia da oficina, com foco nos objetivos a serem alcançados com a atividade. Posteriormente, os participantes tiveram uma apresentação pelo atual gestor do Parna Furna Feia sobre alguns aspectos históricos, de criação e necessidades da área de estudo. Após isso, foram formados cinco grupos de trabalho, contendo duas ou três pessoas, que ficaram responsáveis por definir os critérios para cada um dos cinco objetivos de criação do Parna Furna Feia estipulados nessa pesquisa. Por fim, houve a apresentação e discussão dos resultados.

Visando atingir um tamanho amostral igual a todos os objetivos, foi definido o limite de sete critérios por objetivo, a escolha desses critérios se deu pela disponibilidade de informações, bem como a possibilidade de operacionalização (mapeamento) dos mesmos em tempo hábil para a pesquisa. Os quadros de 1 a 5, apresentam a reunião desses critérios e a justificativa e/ou importância do critério para o objetivo em questão. Cinco critérios são comuns a todos os objetivos, sendo eles: Distância das Estradas, Distância das Trilhas, Distância das Comunidades e Loteamentos, Impactos Ambientais e Uso e Ocupação da Terra, e outros dois critérios são específicos a cada um dos objetivos.

Quadro 1 – Descrição simplificada dos critérios de impacto para a preservação do complexo espeleológico do Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil, identificados pelos especialistas durante oficina de planejamento participativo.

Crítérios	Descrição
Distância das Estradas	As estradas (asfaltadas e vicinais) causam impactos negativos diretos e indiretos ao complexo espeleológico, relacionadas à fragmentação de habitats e efeitos de borda, além de ter como agravante a facilitação no escoamento de recursos explorados.
Distância das Trilhas	Quanto menor a distância e mais fácil o acesso ao patrimônio espeleológico, maior o potencial de degradação do patrimônio espeleológico – tanto no que se refere à visitação, quanto a outros impactos negativos no entorno, como desmatamento e exploração seletiva.
Distância das Comunidades Rurais	As comunidades rurais na Zona de Amortecimento constituem importante fonte de pressão antrópica ao patrimônio espeleológico, quer seja pelo interesse na visitação às cavernas e/ou sítios arqueológicos e impactos associados quer pelos impactos indiretos causados, tais como exploração de água subterrânea e poluição do aquífero, mesmo que em pequena escala.
Impactos Ambientais Negativos	O grau, concentração e agentes causadores de impactos ambientais indicam o nível de modificação da paisagem e a probabilidade de novos impactos ambientais negativos ocorrerem. O critério “Impactos Ambientais Negativos” incluem ações geradoras como áreas desmatadas e queimadas. Além dos agentes ou atividades causadoras de impactos que são variados e podem decorrer de processos como agricultura e mineração.
Uso e Ocupação da Terra	O uso e ocupação da terra é um forte indicador do nível de antropização da paisagem. Diante de suas variadas classes é possível distinguir quais delas possuem relação positiva com a preservação do complexo espeleológico e quais delas possuem relação negativa.
Distância das Cavernas, Lajedos e/ou Afloramentos	A presença de cavernas e lajedos indica a presença de uma vasta riqueza espeleológica, demonstrando a importância do patrimônio espeleológico.
Exploração Mineral	As áreas com maior potencial de exploração mineral (calcário) representam maior risco de degradação ao patrimônio espeleológico, com provável interferência em todos os processos relacionados à recarga do aquífero e descaracterização da paisagem cárstica, interferindo nos processos de espeleogênese.

Quadro 2 – Descrição simplificada dos critérios de impacto para a preservação da biodiversidade associada ao bioma Caatinga no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil, identificados pelos especialistas durante oficina de planejamento participativo.

Crítérios	Descrição
Distância das Estradas	As estradas (asfaltadas e vicinais) diretamente provocam a morte de animais, e indiretamente levam a fragmentação e degradação dos habitats naturais, interrompendo fluxo gênicos.
Distância das Trilhas	As trilhas ecológicas e as trilhas para pesquisa podem compactar o solo, provocar distúrbios e dispersar a fauna. Estas trilhas podem comprometer a qualidade ambiental, interferindo nas dinâmicas naturais.
Distância das Comunidades Rurais	A presença de seres humanos provoca a dispersão da fauna, ao mesmo tempo que atrai determinadas espécies, gerando conflitos socioambientais, que potencialmente levam a reduções populacionais de fauna nativa.
Impactos Ambientais Negativos	O grau, concentração e agentes causadores de impactos ambientais indicam o nível de modificação da paisagem e a probabilidade de novos impactos ambientais negativos ocorrerem. O critério “Impactos Ambientais Negativos” incluem ações geradoras como áreas desmatadas e queimadas. Além dos agentes ou atividades causadoras de impactos que são variados e podem decorrer de processos como agricultura e mineração.
Uso e Ocupação da Terra	O uso e ocupação da terra é um forte indicador do nível de antropização da paisagem, diante de suas variadas classes é possível distinguir quais delas possuem relação positiva com a preservação da vegetação e quais delas possuem relação negativa.
Distância de Fontes de Água	Os ecossistemas/microhabitats como lagoas naturais, açudes, cacimbas e riachos intermitentes representam locais de disponibilidade de água para fauna e flora dependente de água para sobrevivência e/ou reprodução.
Registros de Caça	Localidades onde foram registradas caça ou evidências de caça são áreas de maior vulnerabilidade para as populações naturais do Parque Nacional da Furna Feia.

Fonte: Autor (2020).

Quadro 3 – Descrição simplificada dos critérios de impacto para o desenvolvimento de pesquisas científicas e extensão universitária no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil, identificados pelos especialistas durante oficina de planejamento participativo.

Crítérios	Descrição
Distância das Estradas	As estradas (asfaltadas e vicinais) possibilitam o acesso a diversos pontos do Parque Nacional da Furna Feia, a presença delas facilita o trabalho das pesquisas. Ao mesmo tempo em que também se tornam objetos de pesquisa.
Distância das Trilhas	As trilhas são importantes indicadores para o planejamento e gestão do Parque Nacional da Furna Feia, logo, devem ser avaliadas e estudadas para garantir a efetividade desses espaços para o ecoturismo e educação ambiental, ao mesmo tempo que não comprometa a qualidade ambiental em que está inserida.
Distância das Comunidades Rurais	As comunidades representam importantes fatores de impacto social para o Parque Nacional da Furna Feia, logo os estudos nesses espaços contribuem para o entendimento das dinâmicas sociais e como isso se relaciona com a preservação da biodiversidade local e com práticas de educação e ecoturismo.
Impactos Ambientais Negativos	Na pesquisa científica as atividades e ações geradoras de impactos ambientais são informações que contribuem para entender as transformações na natureza provocadas pelo homem e se interligam com aspectos ambientais, sociais e econômicos.
Uso e Ocupação da Terra	O conhecimento e a distribuição das classes de uso e ocupação podem auxiliar no desenvolvimento de pesquisas e atividades de extensão.
Lacunas do Conhecimento	As áreas ainda não investigadas cientificamente representam lacunas do conhecimento a serem explorados na área do Parque Nacional da Furna Feia. Essas áreas podem aumentar significativamente o conhecimento e proporcionar subsídios para a gestão do Parque Nacional da Furna Feia.
Patrimônio Espeleológico	O patrimônio espeleológico é atualmente uma das principais fontes de informação científica no Parque Nacional da Furna Feia.

Fonte: Autor (2020).

Quadro 4 – Descrição simplificada dos critérios de impacto para o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação e contato com a natureza e turismo ecológico no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil, identificados pelos especialistas durante oficina de planejamento participativo.

Crítérios	Descrição
Distância das Estradas	As estradas (asfaltadas e vicinais) possibilitam o acesso a diversos pontos do Parque Nacional da Furna Feia, a presença delas facilita o trabalho das atividades turísticas e de educação ambiental.
Distância das Trilhas	A presença de Trilhas é um importante indicador para a disponibilidade de atrações ecoturísticas do Parque Nacional da Furna Feia. Trilhas ecológicas podem promover experiência lúdica, educativa e de sensibilização para a conservação dos recursos naturais.
Distância das Comunidades Rurais	As comunidades podem fornecer uma série de serviços para os turistas que visitam o Parque Nacional da Furna Feia. A presença das comunidades pode ser associada a presença de algum tipo de infraestrutura, melhorando a experiência de visitação.
Impactos Ambientais Negativos	Ações e atividades geradoras de impactos ambientais negativos podem desvalorizar as atrações turísticas, tornando a visitação menos proveitosa e atrativa.
Uso e Ocupação da Terra	O uso e ocupação da terra é um forte indicador do nível de antropização da paisagem, diante de suas variadas classes é possível distinguir quais delas possuem relação positiva para o desenvolvimento do turismo e educação ambiental na região e quais delas possuem relação negativa.
Atrações Turísticas	As atrações turísticas reúnem o conjunto de lugares de interesse dos turistas. O principal elemento motor para a visitação é a atratividade, medida por seus valores culturais ou ambientais.
Serviços Turísticos	Serviços turísticos são os elementos fundamentais que possibilitam a permanência do turista na localidade visitada e o desfrute dos atrativos turísticos.

Fonte: Autor (2020).

Quadro 5 – Descrição simplificada dos fatores de impacto para o desenvolvimento socioeconômico das comunidades inseridas na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil, identificados pelos especialistas durante oficina de planejamento participativo..

Crítérios	Descrição
Distância das Estradas	As estradas (asfaltadas e vicinais) possibilitam o acesso a diversos pontos do Parque Nacional da Furna Feia de sua Zona de Amortecimento. A presença delas facilita uma série de atividades com fins sociais e econômicos.
Distância das Trilhas	As trilhas turísticas podem contribuir para a geração de renda das comunidades, já que atuam como elemento de desenvolvimento de atividades econômicas ligadas ao turismo.
Distância das Comunidades Rurais	A presença de núcleos urbanos possibilita a disponibilidade de serviços públicos e conseqüentemente favorece o desenvolvimento socioeconômico desses espaços.
Impactos Ambientais Negativos	Os impactos ambientais negativos prejudicam a qualidade ambiental da região onde ocorrem e por sua vez comprometem a qualidade de vida das populações.
Uso e Ocupação da Terra	O uso e ocupação da terra é um forte indicador do nível de antropização da paisagem, diante de suas variadas classes é possível distinguir quais delas possuem relação positiva para o desenvolvimento das comunidades e quais delas possuem relação negativa.
Abastecimento de Água	A disponibilidade hídrica é um dos grandes fatores de sobrevivência do homem no campo. A ausência de oferta ou má distribuição nas comunidades pode provocar perdas econômicas e o abandono de atividades de subsistência ligadas a agropecuária.
Geração de Renda e Associativismo	Os espaços de geração de renda contribuem para um desenvolvimento econômico das comunidades e o associativismo promove melhores condições de trabalho e vida às populações locais, sendo uma estratégia decisiva para o desenvolvimento socioeconômico dos(as) associados(as).

Fonte: Autor (2020).

Para o mapeamento e espacialização dos critérios foi realizado a aquisição de informações por meio de coleta de dados na área de estudo, levantamento bibliográfico, de fontes documentais e a operacionalização dos mesmos através da utilização de Sistemas de Informações Geográficas a partir de uma abordagem quali-quantitativa. O uso do SIG se justifica uma vez que os procedimentos de coleta, tratamento, análise e disponibilização de informações espaciais constituem uma importante ferramenta para a análise ambiental, facilitando a espacialização e avaliação de atributos espaciais (FITZ, 2008).

Dos 15 critérios a serem mapeados, 14 deles foram realizados pela identificação e espacialização de informações representadas por pontos ou linhas e uma (uso e ocupação da terra) por polígonos. Os dados gerados, em formato *shapfile*, foram convertidos para formato *raster* pelo *ArcToolbox* do *Arcgis* na caixa de ferramentas “*Conversion Tools*”, após isso foi aplicado a ferramenta “*Euclidean Distance*” que interpola os atributos mapeados para criar um raster de distância em relação aos atributos. Para o mapa de uso e ocupação da terra em particular, a reclassificação resulta em uma grade de valores, onde cada classe assume um valor inteiro positivo.

Os tópicos a seguir especificam a metodologia para levantamento e espacialização dos critérios:

3.4.1 Distância das Estradas

Foram analisados e agrupados os dados da plataforma “*Open Street Map*” e do Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes (DNIT), que reúne, entre outros dados, a infraestrutura rodoviária municipal, estadual e federal. Além disso, foram mapeadas manualmente as estradas vicinais que não estão inseridas no banco de dados da plataforma e do DNIT, mas que desempenham um papel importante para o desenvolvimento das comunidades da região. As estradas foram reunidas em dois grupos, as rodovias asfaltadas e as estradas vicinais que percorrem a Zona de Amortecimento e parte do Parque Nacional da Furna Feia.

3.4.2 Distância das Trilhas

Foram selecionadas as principais trilhas do Parque Nacional da Furna Feia, a saber: Furna Nova, Furna Feia, Pinga-Letreiro, Virgílio, Cedro e Lajedo em Pé. Essas trilhas possuem potencial para o planejamento e desenvolvimento de atividades de visitação para o ecoturismo e educação ambiental.

4.4.3 Distância das Comunidades e Loteamentos

As comunidades rurais e/ou assentamentos foram localizados por meio dos dados do Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA) e por visitas *in loco* à área de estudo.

3.4.4 Impactos Ambientais Negativos

Os impactos ambientais foram espacializados em forma de pontos, usando o método de checklist. Foram realizadas visitas *in loco* e análise de imagens de satélite (*Sentinel 2-A* e *Google Maps*) para identificar focos de impactos ao ambiente. Para este caso, foram considerados todos os impactos negativos que afetam de forma direta ou indiretamente o ambiente, além de incluir atividades geradoras de impactos ambientais. O uso do check-list consiste em uma relação de fatores que causam impactos e parâmetros ambientais a serem analisados. Sua utilização justifica-se pela facilidade de aplicação do método, podendo ser realizado em um curto espaço de tempo. Apesar de ter um alto nível de subjetividade, possui como uma grande vantagem a facilidade de espacialização via SIG (RANIERI *et al.*, 1998; SÁNCHEZ, 2013).

Para a área do Parque Nacional da Furna Feia, foram utilizadas imagens de satélite para identificar possíveis pontos de impactos negativos, desde queimadas a desmatamento. Foram mapeados qualquer alteração na cobertura vegetal do Parna Furna Feia, ou seja, ações causadoras de impactos ambientais negativos, como desmatamento e queimadas e inseridos no critério impactos ambientais negativos. Para a Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, foram considerados atividades que causam impactos de grande magnitude que são passíveis de Licenciamento Ambiental. O levantamento dos dados de Licenciamento Ambiental foi realizado junto ao Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande do Norte que disponibilizou parte de seu banco de dados contendo a localização dos empreendimentos. Também foram consideradas às áreas de agricultura irrigada e as residências, em razão dos focos de poluição pela queima de resíduos sólidos e o despejo de esgoto de forma inadequada.

3.4.5 Uso e Ocupação da Terra

Para auxiliar a classificação do uso e ocupação da terra na área de estudo, foi utilizada uma chave de interpretação construída com base na interpretação de imagens do *Sentinel 2-A* e imagens disponibilizadas pelo serviço *Google Maps*. O quadro 6 apresenta a chave de

interpretação construída com base nos tipos de usos encontrados na área de estudo, com suas respectivas descrições e amostras da resposta espectral para cada tipo de classe.

Para o mapeamento de uso e ocupação da terra, foram gerados dois mapas auxiliares para facilitar o processo de delimitação das classes de uso e ocupação da terra. A primeira foi uma classificação supervisionada usando o Quantum GIS, com apoio do *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP). Nesse processo foram mapeadas as classes de vegetação, culturas agrícolas e solo exposto. Para tanto foi utilizado imagens do satélite Landsat 8, essas imagens passaram por correção atmosférica no SCP, seguido pelo recorte, e posteriormente aplicou-se uma composição FalseColor com as bandas 05 (infravermelho próximo: 0.851-0.879), 04 (vermelho: 0.636-0.673 μm) e 03 (verde: 0.533-0.590 μm). Finalmente, incorporou-se um realce com desvio padrão de 2% na opção estender para MinMax. Na fase de classificação no SCP foi aplicado o algoritmo *Minimum Distance*. O algoritmo calcula a distância euclidiana $d(x, y)$ entre as assinaturas espectrais dos pixels da imagem e treinamento de assinaturas espectrais, de acordo com a equação 1 (CONGEDO, 2016):

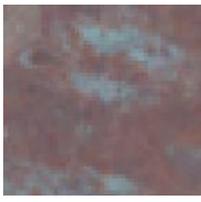
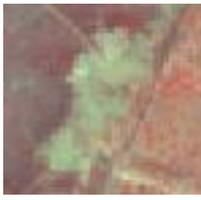
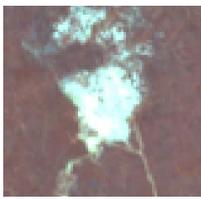
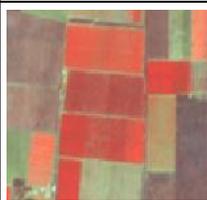
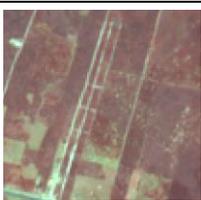
$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde, x é o vetor de assinatura espectral de um pixel de imagem; y o vetor de assinatura espectral de uma área de treinamento; e n é o número de bandas de imagem. Portanto, a distância é calculada para cada pixel na imagem, atribuindo a classe da assinatura espectral que está mais próxima.

Além da classificação supervisionada do uso e ocupação da terra, foi criado um mapa de NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*). O NDVI (equação 2) é a razão entre a diferença das refletividades do Infravermelho-próximo (ρ_{iv}) e do vermelho (ρ_v), e sua soma.

$$\text{NDVI} = \frac{\rho_{iv} - \rho_v}{\rho_{iv} + \rho_v} \quad (\text{Equação 2})$$

Quadro 6 – Chave de interpretação para mapeamento e classificação do uso e ocupação da terra do Parque Nacional da Fuma Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.

CLASSES	DESCRIÇÃO	SENTINEL 2-A (FalseColor-543)	CLASSES	DESCRIÇÃO	SENTINEL 2-A (FalseColor-543)
Caatinga Arbórea Densa	Vegetação densa, predominantemente homogênea (mais que 75% de vegetação), com presença de extratos arbóreos e extratos arbustivos de médio e grande porte.		Afloramento e/ou Lajedos	Corresponde às exposições de rochas em superfície.	
Caatinga Arbustiva Esparsa	Vegetação rala, predominantemente heterogênea (menos que 75% de vegetação), com presença de extratos arbustivos, extratos herbáceos de pequeno e médio porte e clareiras.		Solo Exposto	Envolve áreas desnudas desprovidas de vegetação ou com pouca vegetação herbácea, rala e aberta.	
Cultura de Sequeiro	Compreende lavouras agrícolas que só são implantadas no período chuvoso. Por vezes, esses espaços são usados para criação de animais e implementação de quintais produtivos.		Extração	Refere-se às áreas de exploração ou extração de substâncias minerais.	
Cultura Irrigada	Áreas agrícolas onde o uso de técnicas de irrigação ocorre independentemente do período do ano.		Loteamentos	Arruamentos bem definidos voltados à futura ocupação humana.	
Recursos Hídricos	Recursos hídricos em geral como: lagos, lagoas e rios.		Núcleos Rurais	Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário.	

De acordo com a Agência Espacial Europeia (ESA, 2017), as imagens do Sentinel-2 são fornecidas aos usuários na reflectância Topo de Atmosfera (Top-Of-Atmosphere - TOA) pelo sensor *MultiSpectral Instrument* (MSI) Nível 1C. As imagens foram adquiridas pelo site do *United States Geological Survey* (USGS) com data de passagem em 09 de dezembro de 2018. A escolha dessa data se deu em virtude de ser um momento de transição entre o período seco e chuvoso no semiárido nordestino, o que facilita principalmente a identificação de áreas de agricultura irrigada. Para a utilização das imagens do Sentinel, foi realizado uma correção atmosférica por meio da ferramenta *Sentinel Application Platform* (SNAP) e pelo processador Sen2Cor para transformação de imagens Sentinel-2 do produto Level-1C para Level-2A que corresponde a Boa de Atmosfera (Bottom-Of-Atmosphere - BOA). Após a correção foram utilizadas as bandas 4 (vermelho - ρ_v) e 8 Infravermelho-próximo (ρ_{iv}) para o cálculo do NDVI.

As imagens de satélite (Google Maps, Sentinel), a classificação supervisionada e o NDVI foram utilizadas como dados auxiliares para a construção do mapeamento de uso e ocupação da terra. Essas informações tiveram a função de diminuir a subjetividade na delimitação das classes, uma vez que o método final escolhido para classificação foi a fotointerpretação. Nesse método, as áreas foram classificadas manualmente com auxílio das ferramentas de digitalização do Quantum GIS, ao final foi realizado uma verificação de topologia que examina todas as feições criadas para identificar possíveis falhas, como sobreposições e espaços vazios. Após a verificação os dados foram finalizados e quantificados.

3.4.6 Distância das Cavernas e Lajedos e Patrimônio Espeleológico

Para esses dois critérios o mapeamento se deu em forma de pontos, o banco de dados usado foi do CECAV/ICMBio. Adicionalmente foram atualizados com dados do mapeamento de uso e ocupação da terra, por meio da identificação de Lajedos e Afloramentos. Os dados em formato polígono foram convertidos para pontos por meio da extração dos centroides dos polígonos, no caso de polígonos com diâmetro superior a 800 m foram inseridos manualmente pontos com uma distância variável do centroide entre 400 e 600 m.

3.4.7 Exploração Mineral

Foram identificados e mapeados os pontos de exploração mineral na área de estudo, usando visitas *in loco* e imagens de satélite, incorporando a isso o banco de dados para potencial de exploração mineral da Agência Nacional de Mineração (ANM). Os dados disponibilizados pela ANM são organizados em arquivos vetoriais do tipo polígono. Para à aplicação dos dados

na metodologia proposta foi extraído o centroide dos polígonos, convertendo os dados para arquivo vetorial do tipo ponto. Nesse mesmo dado, são apresentadas as fases de levantamento e exploração. Para a Zona de Amortecimento do Parna Furna Feia foram escolhidas as seguintes fases: (i) autorização de pesquisa, (ii) requerimento de pesquisa, (iii) requerimento de lavra e (iv) requerimento de licenciamento.

3.4.8 Abastecimento de Água e Distância de Fontes de Água

Para o critério Abastecimento de Água (objetivo 5) foi realizado um mapeamento das fontes de abastecimento de água, considerando as fontes coletivas de uso da água, ou seja, as comunidades que dispõem de abastecimento regular, proveniente de poços voltados exclusivamente para o uso doméstico ou fornecimento por companhia de águas. Já para o critério Distância de Fontes de Água, presente no objetivo 2, foram considerados lagos, lagoas, açudes, rios e áreas de drenagem que eventualmente são utilizados para a dessedentação de animais. Com exceção das áreas de drenagem, todos os outros subcritérios foram identificados por meio da análise de imagens de satélite. Para a drenagem foram avaliadas imagens da *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM) disponibilizadas pelo USGS que fornecem modelos digitais do terreno. Após o tratamento dessas imagens, envolvendo mescla e recorte para a área de estudo, foi utilizado a caixa de ferramentas do *Geographic Resources Analysis Support System* (GRASS) com uso do “r.watershed” para gerar as linhas de drenagem da área de estudo.

3.4.9 Geração de Renda e Associativismo

Foi realizada a identificação de espaços de geração de renda em todos os setores econômicos presentes na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia. Adicionalmente, foi realizada a espacialização das associações comunitárias inseridas na Zona de Amortecimento, sendo essa identificação realizada por meio de visitas *in loco* e pesquisa em documentos técnicos do ICMBio e INCRA.

3.4.10 Registros de Caça

O mapa de registro de caça foi realizado a partir dos dados georreferenciados disponibilizados pelo ICMBio, sendo espacializado em forma de pontos. Esses dados fazem parte do banco de dados geográfico do ICMBio e são levantados nos procedimentos de fiscalização do Parque Nacional da Furna Feia, sendo registrados os vestígios de caça ilegal e a autuação *in loco* de infratores.

3.4.11 Lacunas do Conhecimento

O mapa de lacunas do conhecimento foi elaborado com base em uma proposição subjetiva de pontos onde poderiam ser desenvolvidas atividades de pesquisa, excluindo-se os locais onde já se desenvolvem pesquisas e considerando primordialmente novas áreas de investigação para o Parna Furna Feia (FIDELIS-MEDEIROS *et al.*, 2019). Dessa forma, foram incluídos diversos subcritérios, como: (i) impactos ambientais negativos, (ii) rios, lagos, lagoas e açudes, (iii) comunidades rurais, (iv) cavernas, lajedos e/ou afloramentos e (v) trilhas ecológicas. Esses subcritérios estão associados principalmente a temas como ictiofauna, monitoramento ambiental e biodiversidade, hidrologia, sociologia e dinâmicas territoriais.

3.4.12 Atrações Turísticas e Serviços Turísticos

O mapa de atrações turísticas reuniu os atrativos do Parque Nacional da Furna Feia, sendo principalmente suas trilhas e cavernas. Já o mapeamento dos Serviços Turísticos foi construído com base no levantamento na área de estudo e análise documental do ICMBio, com a identificação de espaços que possibilitam a permanência do turista na localidade visitada e o desfrute dos atrativos turísticos.

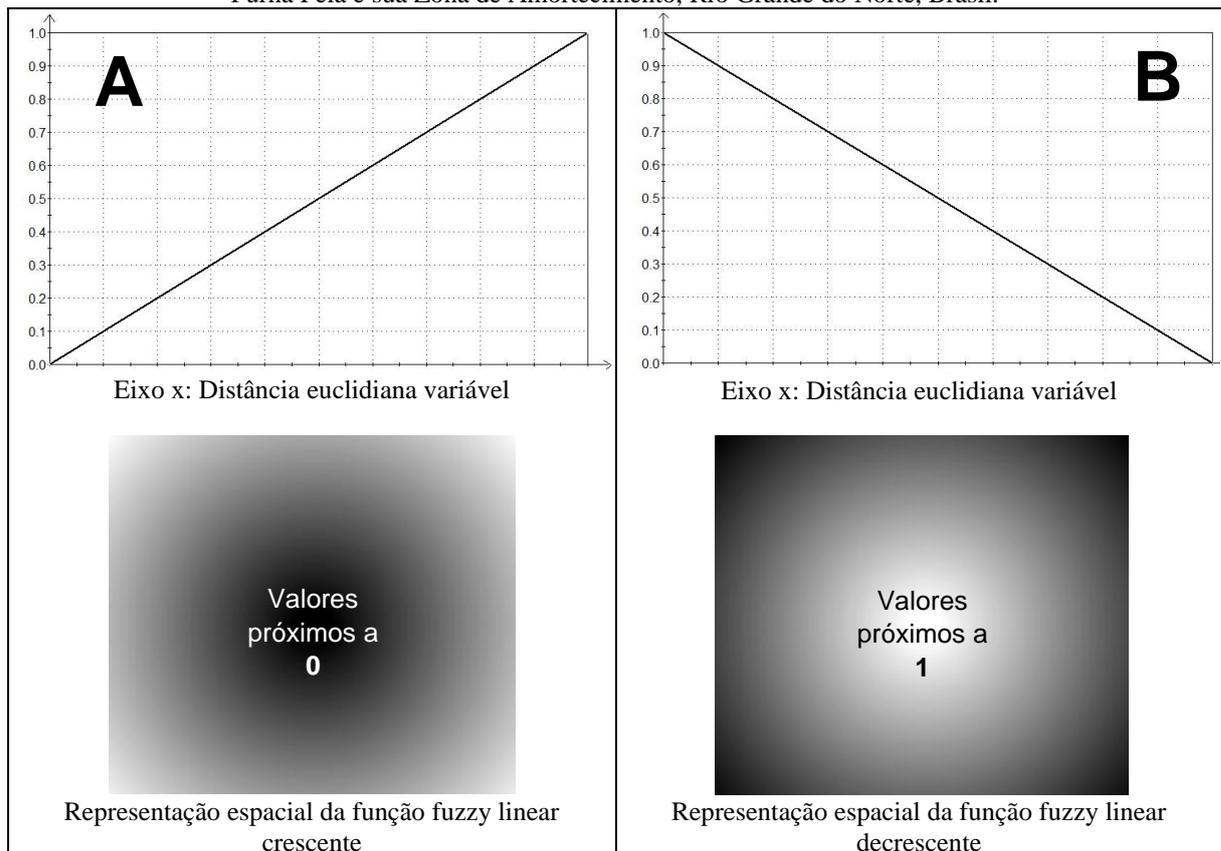
3.5 ANÁLISE MULTICRITÉRIO

Para a análise multicritério do Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento foi realizado os processos de normalização, ponderação e combinação linear ponderada dos critérios. Antes da normalização todos os critérios passaram por uma conversão, do formato vetorial para o formato raster, com auxílio das ferramentas de conversão do ArcGIS, nesse processo todos os dados foram ajustados para uma resolução espacial de 10 m. Após a conversão foi aplicada a ferramenta *Euclidean Distance* que calcula, para cada célula (pixel), a distância euclidiana e produz um raster métrico. Nesse raster cada pixel adota um valor de distância com base na proximidade dos pixels iniciais, que no caso são os arquivos vetoriais convertidos.

Para a normalização foi utilizada a ferramenta de análise espacial *Fuzzy Membership*. Essa ferramenta transforma um raster de entrada em uma escala de 0 a 1, indicando a força de uma associação em um conjunto, com base em um algoritmo de fuzzificação. Um valor 1 indica associação completa no conjunto, com a associação diminuindo para 0, indicando uma baixa relação. Dessa forma, os valores de todos os rasters são padronizados em uma única escala.

Com auxílio do *Fuzzy Membership* foi aplicada uma função de pertinência *fuzzy* linear crescente ou decrescente a depender da forma de impacto do critério sobre o objetivo. Quando o critério interferiu de maneira positiva para o alcance do objetivo, a função utilizada foi a decrescente, e quando o critério interfere de maneira negativa para o sucesso do objetivo, foi aplicada a função crescente (Figura 3).

Figura 3 – Função de pertinência fuzzy linear e representação espacial dos modelos em formato raster. a) função crescente; b) função decrescente, aplicados a normalização dos critérios analisados para o Parque Nacional da Fuma Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.



Fonte: Autor (2020).

Adicionalmente cada um dos critérios foram avaliadas para a extração de subcritérios. Esses subcritérios foram valorados de maneira subjetiva, mas considerando a importância ou o impacto desse subcritério para o alcance do objetivo. Para obter um processo de normalização mais consistente cada critério foi normalizado após a atribuição de diferentes pesos para seus subcritérios. Com base no quadro 7 foi aplicada a equação de Média Aritmética Ponderada (equação 3).

$$M_p = \frac{x_1 \cdot p_1 + x_2 \cdot p_2 + \dots + x_n \cdot p_n}{p_1 + p_2 + \dots + p_n} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde, M_P é a Média Aritmética Ponderada, X_n é o valor dos dados, que nesse caso variam de 0 a 1, e P_n é o peso atribuído conforme o quadro 7. Dessa forma, todos os subcritérios foram normalizados e aplicados a equação 3 e posteriormente os resultados finais foram igualmente normalizados, transformando os subcritérios no critério final ponderado.

Quadro 7 – Relação dos critérios e pesos dos subcritérios atribuídos para o cálculo de média aritmética ponderada a serem aplicados para normalização final dos critérios de avaliação do Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.

Objetivos	Crítérios	Subcritérios Mapeados	Peso
Objetivos Gerais	Distância de Estradas	Rodovias Asfaltadas	4
		Estradas dentro do Parque Nacional da Furna Feia	3
		Estradas Vicinais	2
	Distância de Trilhas	Critério sem subcritérios	-
	Distância de Comunidades	Critério sem subcritérios	-
	Distância dos Impactos Ambientais Negativos (Observação: Para o objetivo 5, o subcritério “Impactos Ambientais dentro do Parna Furna Feia” tiveram peso 3, “alto impacto” e “irrigação” peso 2, e as residências foram excluídas)	Ações geradoras de impacto dentro do Parque Nacional da Furna Feia	5
		Atividades geradoras de impacto de grande magnitude licenciáveis (com exceção da agricultura)	4
		Agricultura Irrigada	3
		Residências	2
Uso e Ocupação da Terra	Não Aplicável	-	
Objetivo 1 (Específicos)	Distância das Cavernas e Lajedos	Cavernas	1
		Lajedos e/ou Afloramentos	
	Exploração Mineral	Lavra e Licenciamento	4
		Pesquisa Autorizada	3
Objetivo 2 (Específicos)	Distância das Fontes de Água	Lagos, Lagoas, Açudes	4
		Rios	3
		Drenagem	2
	Registros de Caça	Critério sem subcritérios	-
Objetivo 3 (Específicos)	Lacunas do Conhecimento	Impactos Ambientais dentro do Parque Nacional da Furna Feia	6
		Rios	5
		Comunidades	4
		Cavernas, Lajedos e/ou Afloramentos	3
		Trilhas	2
	Patrimônio Espeleológico	Cavernas	1
Lajedos e/ou Afloramentos			
Objetivo 4 (Específicos)	Atrações Turísticas	Critério sem subcritérios	-
	Serviços Turísticos	Critério sem subcritérios	-
Objetivo 5 (Específicos)	Abastecimento de Água	Critério sem subcritérios	-
	Geração de Renda e Associativismo	Associações	3
		Industria	2
		Agricultura	
		Serviços Turísticos	

Fonte: Autor (2020).

O único critério que não foi normalizado por meio desses procedimentos foi o de uso e ocupação da terra, tendo em vista que o mesmo não é espacializado da mesma forma que os outros critérios e muito menos compartilha dos mesmos modelos matemáticos. Sendo assim adotou-se, para o processo de avaliação, uma abordagem participativa com a aplicação de um questionário (apêndice A).

Os pesquisadores e especialistas selecionados (n=12) pontuaram cada uma das classes de uso e ocupação da terra, dentro do contexto de cada objetivo. Como existem 10 classes, as notas variaram de 1 a 10, sendo o valor atribuído a cada classe um valor inteiro e não repetível, onde o valor 10 representa que a classe tem “Muito Alta Aptidão” para o objetivo e 1 “Muito Baixa Aptidão”. As notas atribuídas pelos especialistas foram tabuladas e calculou-se a média entre as respostas de cada uma das classes de uso e ocupação da terra. Ao final essa média gerou um ranking, a classe com maior valor (média) recebeu o valor 1, a classe com o segundo maior valor recebeu 0.9 e assim sucessivamente até a classe de uso e ocupação pior avaliada que recebeu 0.

Para a normalização, esses dados foram inseridos na tabela de atributos do arquivo vetorial e posteriormente convertidos para raster, transformando a nota atribuída a cada uma das classes em um valor de pixel.

Posteriormente foi realizado a ponderação dos critérios. Na ponderação foi atribuído pesos referentes ao nível de importância de cada um dos critérios, considerando que um critério analisado pode ter uma maior importância para a alcance dos objetivos. Para tanto, a atribuição do grau de importância foi feita usando a metodologia desenvolvida por Saaty (1977; 1980), denominada *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Nesse procedimento é construída uma matriz quadrada de comparação hierarquizada (Quadro 8) que é preenchida com base em uma escala contínua subjacente, com valores de 1/9 a 9 (Tabela 1), para delimitar as preferências relativas de dois critérios. O valor 1/9 indica que dois critérios são "extremamente menos importantes" e o valor 9 implica que um critério é "extremamente" mais importante que o outro. Os outros valores dentro desse intervalo indicam quando um critério é “Muito Forte”, “Forte” ou “Moderadamente” menos ou mais importante, enquanto o valor 1 indica uma importância igual (SATTY, 1980; MALCZEWSKI *et al.*, 2003; GERBER *et al.*, 2008). O preenchimento da matriz foi realizado no *AHP Online Calculator*, desenvolvido pela *Business Performance Management Singapore* (BPMSG).

Tabela 1 – Escala de classificação contínua usada para indicar o nível de importância de um critério sobre outro aplicado para a ponderação dos critérios escolhidos para o Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.

Extremamente	Muito Forte	Forte	Moderado	Igualmente	Moderado	Forte	Muito Forte	Extremamente
Menos Importante				Igualmente				Mais Importante
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9

Fonte: Adaptado de Saaty, 1977; 1980; Eastman, 2012.

Quadro 8 – Exemplo de hierarquização da matriz de comparação pareada utilizada para avaliação multicritério dos objetivos propostos para o Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Nordeste do Brasil.

	Critério mais importante						Critério menos importante
Critério mais importante	1						
		1					
			1				
				1			
					1		
Critério menos importante							1

Fonte: Saaty, 1977; 1980.

Para cada um dos cinco objetivos foi construída uma matriz de comparação e o preenchimento delas com seus respectivos valores e ordem de importância dos critérios. Para diminuir a subjetividade no processo de escolha das notas foi aplicado um questionário (Apêndice A) com um grupo de 12 especialistas de áreas multidisciplinares com foco nas ciências ambientais, visando hierarquizar os critérios. O projeto de pesquisa bem como o questionário e o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice B) foram avaliados pelo comitê de ética da Universidade do Estado do Rio Grande do Norte (UERN) tendo sido autorizado pelo Certificado de Apresentação para Apreciação Ética (CAAE) número 14793819.8.0000.5294.

Após a hierarquização, o preenchimento da matriz de comparação (quadro 8) foi construído com base na importância relativa de cada critério, bem como na obtenção de uma boa razão de consistência inferior a 0,05 ou 5%. A razão de consistência indica o nível de assertividade, ou em outras palavras, a probabilidade de os valores atribuídos terem sido escolhidos aleatoriamente e/ou sem nenhum tipo de critério, para uma boa razão de consistência esse valor deverá ser menor que 0,1 ou 10% (SAATY, 1977; EASTMAN, 2012).

Para a obtenção dos pesos após o preenchimento da matriz de comparação pareada, os valores abaixo da diagonal com valor 1 foram preenchidos pelo inverso dos elementos acima

da diagonal. Determinado esses valores na matriz, foi aplicada a equação 4 que divide a média geométrica dos critérios (autovetor) pela soma dos autovetores, entregando um resultado dos pesos de cada critério normalizado.

$$w_i = \frac{(\prod_{j=1}^n a_{ij})^{1/n}}{\sum_{i=1}^n (\prod_{i=1}^n a_{ij})^{1/n}} \quad (\text{Equação 4})$$

Posteriormente é determinado o autovalor λ_{\max} conforme equação 5, onde e_{ij} é a soma das colunas da matriz de comparação pareada e W_j são os pesos relativos normalizados.

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_j e_{ij} * W_j \quad (\text{Equação 5})$$

Ao final desse processo, conforme a metodologia de Saaty (1977), é necessário que seja verificado o índice de coerência das respostas, sendo usado a fórmula 6 para determinar esse nível de coerência. Onde IC é o índice de consistência, λ_{\max} é o valor máximo do autovalor e n o número de critérios analisados. E por fim é calculado a razão de consistência final através da equação 7, onde RC é a razão de consistência, IC o índice de consistência e o IR o índice randômico médio (Tabela 2), que foi proposto por Saaty (1987), com base em experimentação, a escolha do valor baseia-se na quantidade de critérios, como foram analisados sete critérios o valor do IR é 1,32.

$$IC = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)} \quad (\text{Equação 6})$$

$$RC = \frac{IC}{IR} \quad (\text{Equação 7})$$

Tabela 2 – Índice randômico usado para o cálculo de razão de consistência dos critérios analisados para o Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...
IR	0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49	1,51	...

Fonte: Saaty (1987).

Após a ponderação e obtenção dos pesos finais foi aplicado o método de Combinação Linear Ponderada (CLP), na calculadora Raster do *ArcGIS*.

Com esse procedimento os critérios foram combinados aplicando-se um peso a cada um dos critérios, seguido pela somatória dos resultados para produzir um mapa de aptidão ou adequabilidade final (equação 8). Nesse mapa final, são apresentadas as áreas mais propícias para o alcance do objetivo estipulado (EASTMAN, 2012).

$$S = \sum W_i \cdot X_i \quad (\text{Equação 8})$$

Onde S é a aptidão final, W_i o peso do critério fornecido pelo AHP e X_i o valor dos critérios normalizados. Posteriormente a esse procedimento, o resultado final foi submetido a uma reclassificação, sendo atribuídas quatro classes de aptidão aos objetivos (Quadro 9). A reclassificação foi realizada por meio da caixa de ferramentas do *System for Automated Geoscientific Analyses* (SAGA) dentro do ambiente de trabalho do Quantum GIS, com auxílio da ferramenta *K-Means Clustering for Grids* usando o método *Iterative Minimum Distance*.

Quadro 9 – Intervalo de classificação para agrupamento dos dados de aptidão (0 a 1) referente a Combinação Linear Ponderada para os objetivos do Parque Nacional da Fuma Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.

Intervalo de Classificação	Nível de Aptidão
0,76 – 1,00	Muito Alta Aptidão
0,51 – 0,75	Alta Aptidão
0,25 – 0,50	Baixa Aptidão
0,00 – 0,24	Muito Baixa Aptidão

O resultado da clusterização (mapa matricial) foi convertido em formato *shapfile* para mensurar a área ocupada por cada uma das classes de aptidão. Adicionalmente os cinco mapas de aptidão finais criados pela combinação linear ponderada foram sobrepostos para criar um mapa integrado indicando as regiões com a maior concentração de áreas aptas considerando os cinco objetivos.

3.6 PROPOSTA DE ZONEAMENTO AMBIENTAL PARA O PARNA FURNA FEIA E SETORIZAÇÃO DA SUA ZONA DE AMORTECIMENTO

Para a definição das classes de zoneamento do Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento foi elaborado uma proposta metodológica de uso da análise multicritério. A proposta foi baseada nos resultados encontrados com a análise multicritério em adicional ao uso da álgebra de mapas, que permite o cruzamento dos mapas matriciais. Dessa forma, o desenho de cada zona foi delimitado com base na sobreposição das zonas as classes de aptidão, relacionando a zona e suas características a quais objetivos possuíam relação com a mesma. A nomenclatura e caracterização das zonas seguiu pela adaptação dos manuais técnicos do IBAMA (2002), “Roteiro metodológico de planejamento: Parque Nacional, Reserva Biológica, Estação Ecológica” e D'AMICO, COUTINHO e MORAES (2018), “Roteiro metodológico para elaboração e revisão de planos de manejo das Unidades de Conservação Federais”.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ESPACIALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DOS CRITÉRIOS

4.1.1 Estradas, Trilhas, Comunidades e Impactos Ambientais

Foram identificados 227 km de estradas que percorrem o Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento. Desse valor, 207 km são caracterizadas como estradas vicinais, 16 km de rodovias, se tratando da RN-015 que faz fronteira ao sul da Zona de Amortecimento do Parna Furna Feia, e 4 km de estradas que atravessam de sul a norte a parte central do Parna Furna Feia (Figura 4).

Com relação as trilhas, foram selecionadas as seis principais trilhas ecológicas com potencial para desenvolvimento de atividades ecoturísticas, geoturísticas e científicas, sendo elas: Furna Feia (1,4 km), Furna Nova (0,7 km), Pinga-Letreiro (2,3 km), Cedro (0,8 km), Virgílio (2,4 km) e Pedra Lisa (0,5 km). As trilhas da “Furna Feia” e “Furna Nova” podem ser consideradas as principais trilhas do Parque Nacional da Furna Feia, com diversos atrativos ecoturísticos e geoturísticos. As trilhas “Pinga-Letreiro” e “Virgílio” também possuem diversos atrativos ecoturísticos, e são comumente usadas com fins educacionais. Já as trilhas “Cedro” e “Pedra Lisa” são pouco usadas e possuem uma extensão menor (Figura 4).

Com relação as comunidades, foram levantados 19 aglomerados rurais, caracterizados como: assentamentos agrários, sítios, comunidades rurais (Figura 4). A relação das comunidades é apresentada e descrita no quadro 10.

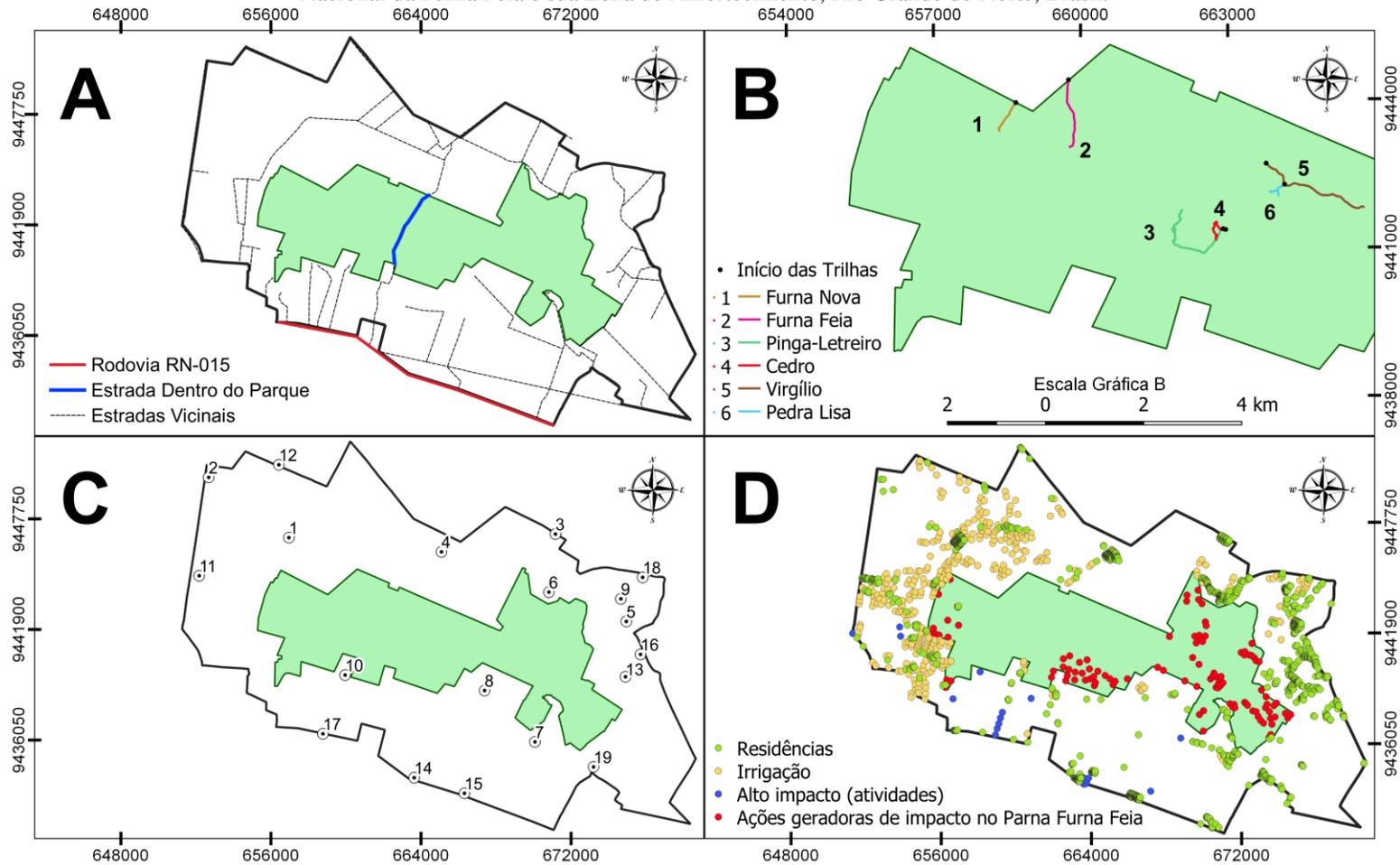
Com relação aos impactos ambientais negativos no Parna Furna Feia, foram identificadas 110 ações geradoras de impacto ambiental negativo caracterizadas como áreas queimadas ou desmatadas, e que estão concentradas principalmente nas extremidades leste e oeste deste Parna, e na região central próximo a estrada do Juremal. Para a Zona de Amortecimento do Parna Furna Feia, foram identificados 1729 pontos com potencial atividade geradora de impactos ambientais negativos, sendo 350 pontos de atividades de agricultura irrigada, 1356 residências domiciliares que não possuem tratamento adequado para os resíduos sólidos e esgoto (ver Fidelis-Medeiros, Lunardi, Lunardi, 2020) e outros 23 pontos de atividades industriais e/ou licenciáveis. (Figura 4).

Quadro 10 – Relação e descrição das comunidades identificadas na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.

Comunidades	Descrição Simplificada das Comunidades
Município de Baraúna	
Vila Nova I e Vila Nova II	Vila Nova I e Vila Nova II são agrovilas do assentamento Maisa, o maior assentamento da reforma agrária do Rio Grande do Norte. A Vila Nova I possui 124 famílias assentadas, enquanto a Vila Nova II possui 130 famílias assentadas. Os assentamentos se destacam na produção agrícola da região, sendo possível observar plantações de melão, melancia, mamão, banana, tomate, milho e feijão.
Assentamento Vitória	Localizado na parte oeste da Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, é um assentamento de reforma agrária com aproximadamente 40 famílias assentadas. O assentamento conta com uma escola municipal.
Pico Estreito	Pequeno povoado localizado na região noroeste da Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, conta com aproximadamente 150 residências que em sua maioria contam com cisternas individuais. O povoado conta com igreja, cemitério e conselho comunitário.
Assentamento Tiradentes	Assentamento de reforma agrária localizado na região noroeste da Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, possui aproximadamente 110 residências.
Bela Terra	Comunidade rural ao sudoeste e próxima aos limites do Parque Nacional da Furna Feia, residências bem esparsas.
Sítio Campestre	Sítio ao sudoeste da Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia as margens da RN-015, possui residências bem esparsas e água encanada distribuída pela CAERN.
Município de Mossoró	
Vertente e Fazenda Nova	São Comunidades rurais as margens da RN-015, Vertentes possui aproximadamente 60 residências, enquanto Fazenda Nova 120 residências.
Alagoinha, Arisco e Lajedo	Localizado a leste da Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, possui uma área de aproximadamente 40 km ² incluindo as comunidades adjacentes Arisco e Lajedo que juntas apresentam aproximadamente 184 residências. As comunidades dispõem de unidade básica de saúde e escolas municipais. Próximo a região, já fora da Zona de Amortecimento, encontra-se a Fazenda Experimental “Rafael Fernandes” da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA).
Rancho de Caça	Pequena comunidade a sudeste da Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, com aproximadamente 60 residências, destaque para restaurante local com grande infraestrutura.
Assentamento Montana	Assentamento de reforma agrária localizado ao norte da Zona de Amortecimento, o assentamento é composto por cerca de 130 famílias.
Recanto da Esperança	Recanto da Esperança foi fundada pelos antigos trabalhadores da Fazenda São João. Este assentamento foi criado em 2004 e possui aproximadamente 80 famílias. Localiza-se na região nordeste da Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia. O Recanto da Esperança conta com alguma infraestrutura que inclui: unidade básica de saúde, escolas, associação de moradores e reservatório coletivo de água.
Sítio Coqueiro	Sítio Coqueiro é uma comunidade composta por 110 famílias. Possui uma escola municipal de nível fundamental e a Associação de Moradores do Sítio Coqueiro (AMSC). Está localizado a nordeste e próximo aos limites do Parque Nacional da Furna Feia.
Serra Mossoró	Localizado a sudeste e próximo do Parque Nacional da Furna Feia, a Serra Mossoró conta com aproximadamente 40 famílias. Do ponto de vista da morfologia rural, são observadas poucas vias, com a maioria das residências concentradas em apenas uma rua principal. Esta comunidade está inserida em uma zona turística de destaque em Mossoró – a Serra Mossoró – com cerca de 250 m de altitude, considerada uma das regiões mais altas do município.
Lagoa do Xavier	Lagoa do Xavier apresenta 40 famílias assentadas. Parte da agricultura local tem como base os princípios da agroecologia e agricultura de subsistência. A comunidade possui uma escola de educação infantil. Localiza-se a sudeste e próximo do Parque Nacional da Furna Feia.
Bom Destino	Pequeno povoado localizado a leste da Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, conta com poucas e esparsas residências. Possui uma escola e uma capela.

Fonte: Autor (2020).

Figura 4 – Espacialização dos critérios, distância de estradas (A), distância de trilhas (B), comunidade rurais (C) e impactos ambientais negativos (D) presentes no Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.



A) Rodovias e estradas na área do Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento; B) Distribuição das principais trilhas (potencial ecoturístico e geoturístico) no Parna Furna Feia; C) Localização das comunidades inseridas na Zona de Amortecimento do Parna Furna Feia: 1. Vila Nova II, 2. Assentamento Tiradentes, 3. Assentamento Montana, 4. Vila Nova I, 5. Recanto da Esperança, 6. Sítio Coqueiro, 7. Serra Mossoró, 8. Lagoa do Xavier, 9. Lajedo, 10. Bela Terra, 11. Assentamento Vitória, 12. Pico Estreito, 13. Bom Destino, 14. Vertente, 15. Fazenda Nova, 16. Alagoinha, 17. Camprestre, 18. Arisco, 19. Rancho da Caça D) Distribuição dos impactos ambientais negativos no Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento.

Escala Gráfica: A, C e D
7 0 7 14 km

Referência Cartográfica:
Sistema de Coordenadas: SIRGAS 2000, UTM Zone 24 S.
Fonte de Dados: IBGE (2010); ICMBio (2012); DNIT (2013).
Elaboração: Fidelis-Medeiros (2020).

Fonte: Autor (2020).

4.1.2 Uso e Ocupação da Terra

A tabela 3 apresenta a quantificação para cada uma das classes de uso e ocupação da terra, e a figura 5, a espacialização das classes de uso e ocupação da terra.

Tabela 3 – Quantitativo das classes de uso e ocupação da terra para o Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.

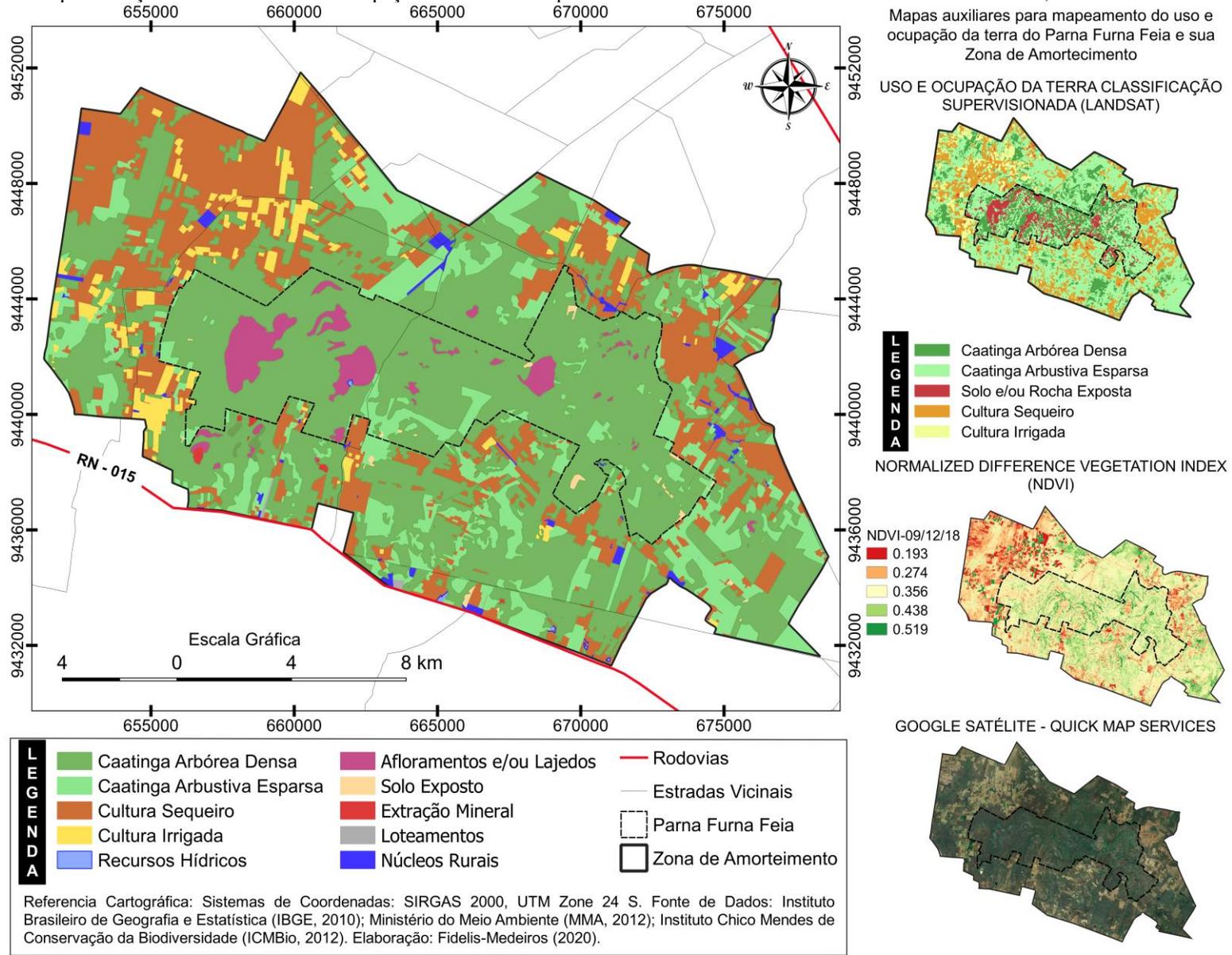
Classes de uso e ocupação da terra	Hectares (Zona de Amortecimento)	% (considerando apenas a ZA)	Hectares (Parque Nacional da Furna Feia)	% (considerando apenas o Parque Nacional da Furna Feia)	Hectares Total	% (Total)
Caatinga Arbórea Densa	10.951	43,28	6.942	81,76	17.893	52,93
Caatinga Arbustiva Esparsa	4.566	18,03	614	7,22	5.180	15,33
Cultura de Sequeiro	8.087	31,93	-	-	8.087	23,92
Cultura Irrigada	1.057	4,17	-	-	1.057	3,13
Recursos Hídricos	16	0,06	4	0,04	20	0,05
Afloramento e/ou Lajedos	117	0,46	868	10,22	985	2,91
Solo Exposto	30	0,11	65	0,76	95	0,28
Extração	47	0,18	-	-	47	0,13
Loteamentos	26	0,10	-	-	26	0,07
Núcleos Rurais	426	1,68	-	-	426	1,25
Total	25323	100%	8493	100%	33816	100

Fonte: Autor (2020).

Os dados indicaram que mais da metade da área de estudo, ou seja, 52,93%, é composta por áreas de caatinga predominantemente arbórea densa. Desse total, quase 7000 ha estão concentrados na área do Parna Furna Feia, o que representa 81,76% da área deste Parna. Após a vegetação de caatinga arbórea densa, as classes mais representativas são as culturas de sequeiro e cultura irrigada com 27,05% da área de estudo. Esse dado mostra a relevância da produção agrícola na Zona de Amortecimento do Parna Furna Feia, que está principalmente concentrado no município de Baraúna.

As áreas de Caatinga arbustiva esparsa complementam o mosaico de vegetação da área de estudo com 15,33%, sendo que essa classe representa 7,22% da área do Parque Nacional da Furna Feia. Outro destaque está relacionado aos lajedos e/ou afloramentos que superam a classe de vegetação esparsa com 10,22% da área do Parna Furna Feia. Este valor comprova a relevância dessas feições no contexto de preservação do complexo espeleológico.

Figura 5 – Espacialização das classes de uso e ocupação da terra do Parque Nacional da Fuma Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.



Fonte: Autor (2020).

4.1.3 Mapeamento dos objetivos específicos

4.1.3.1 Objetivo 1: Cavernas, Lajedos e/ou Afloramentos

Foram espacializados 250 pontos de cavernas, conforme dados do Centro Nacional de Pesquisa e Conservação de Cavernas (CECAV), sendo 52 localizadas na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia. A maior parte das cavernas neste Parna está concentrada na parte oeste, que inclui também as cavernas com maiores destaques, como a Furna Feia e a Furna Nova. Essas cavernas apresentam uma grande geodiversidade, incluindo espeleotemas únicos para o apoio a atividade geoturística (ALVES; MEDEIROS, 2019), além da presença de uma rica biodiversidade endêmica (VARGAS-MENA, *et al.*, 2018). Além disso foram identificados 985 ha de lajedos e/ou afloramentos que integram e adicionam a riqueza espeleológica da área de estudo.

4.1.3.2 Objetivo 1: Exploração Mineral

Devido as características geológicas do Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, existe um potencial interesse pela exploração mineral na região. Conforme dados do Agência Nacional de Mineração (ANM) existe uma grande procura por dados geológicos na região, com solicitações que recobrem toda a Zona de Amortecimento. Existem 15 requisições para prospecções e pesquisa, sete requisições autorizadas para início de pesquisa e cinco autorizações para licenciamento e lavra. As atividades em operação estão concentradas principalmente na parte sul da Zona de Amortecimento, com a extração de calcário para a indústria química e de fabricação de cal e da extração de areia para a construção civil.

4.1.3.3 Objetivo 2: Distância de Fontes de Água

Os rios e/ou riachos percorrem 46 km no Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, concentram-se principalmente na região sudeste do Parna Furna Feia e Zona de Amortecimento, onde também se concentram as 18 lagoas ou açudes, sendo seis localizadas dentro do Parna Furna Feia. Adicionalmente foram identificados 77 km de redes de drenagem que percorrem a região oeste da zona de amortecimento, onde ocorre a maior concentração de áreas agrícolas.

4.1.3.4 Objetivo 2: Registros de Caça

Foram espacializados oito registros de caça, que incluem autuações ou vestígios, como fogueiras, pegadas ou equipamentos de caça.

4.1.3.5 Objetivo 3: Lacunas do Conhecimento e Patrimônio Espeleológico

As lacunas do conhecimento incluíram seis subcritérios, sendo: Cavernas, lajedos e/ou afloramentos, impactos ambientais negativos dentro do Parque Nacional da Furna Feia, trilhas, comunidades, lagoas ou açudes e rios. A espacialização desses subcritérios preenche toda a área de estudo e demonstra a necessidade de pesquisa científicas em várias áreas do conhecimento.

O critério patrimônio espeleológico demonstra a importância e relevância das cavernas e lajedos para o conhecimento científico do Parque Nacional da Furna Feia, em virtude da grande concentração desses elementos na área de estudo, sendo 250 pontos de cavernas e 985 ha de lajedos e/ou afloramentos.

4.1.3.6 Objetivo 4: Atrações Turísticas e Serviços Turísticos

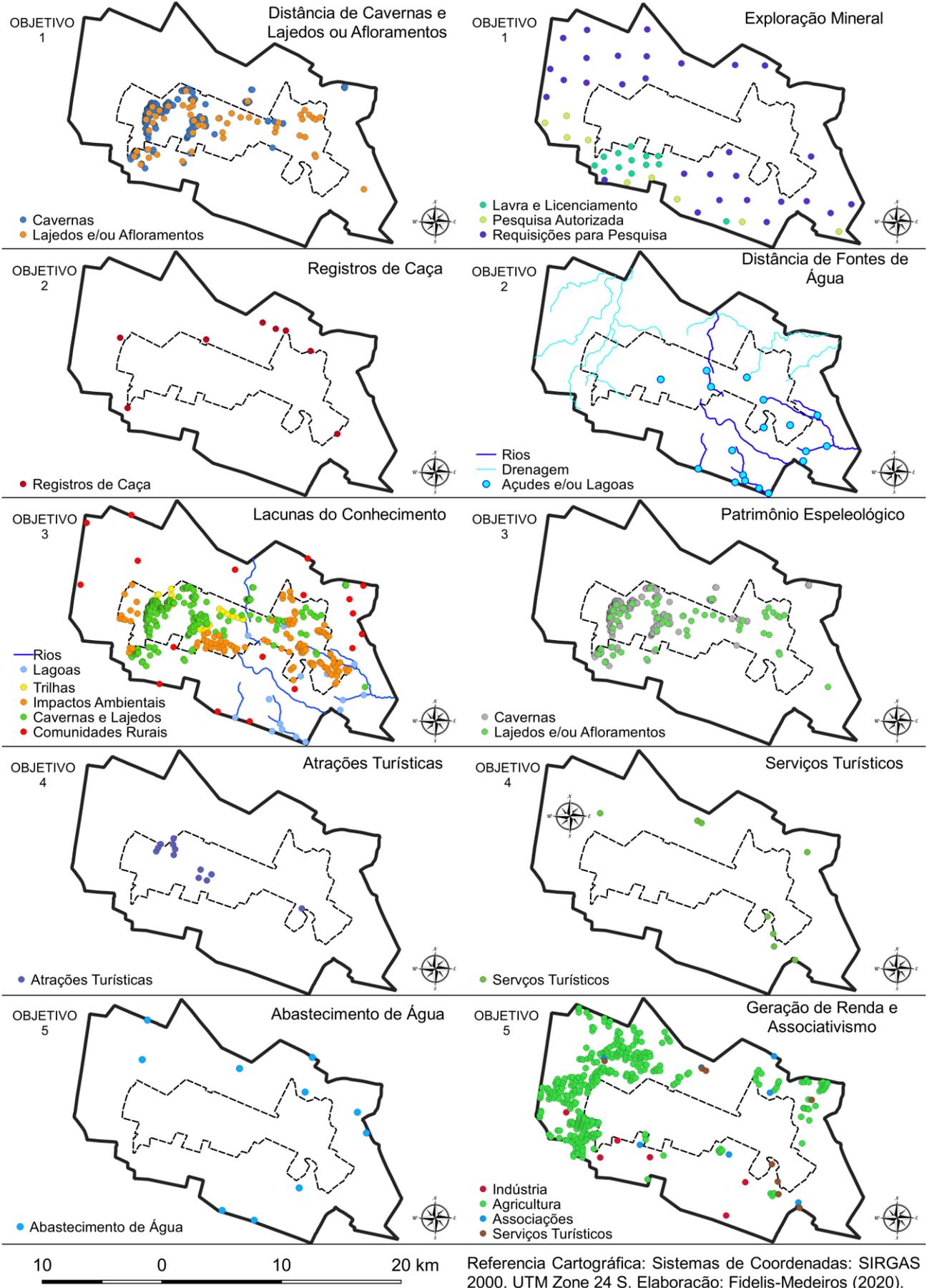
As principais trilhas do Parna Furna Feia foram incluídas como atrações turísticas, além da Serra Mossoró, que possibilita um vislumbre do Parna Furna Feia a 274 m de altitude. Para os serviços turísticos foram incluídos oito restaurantes localizados na Zona de Amortecimento. Locais para hospedagem não foram identificados na área de estudo, esse tipo de infraestrutura só está presente na comunidade de Juremal, que é uma das áreas de entrada do Parna Furna Feia, mas não está inserida nos limites da Zona de Amortecimento do Parna Fura Feia.

4.1.3.7 Objetivo 5: Abastecimento de Água e Geração de Renda e Associativismo

Foram identificadas 10 comunidades com abastecimento regular de água, sendo duas com água encanada proveniente da Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN). As outras comunidades dispõem de poços profundos, ou são beneficiadas por poços de outras comunidades vizinhas.

A geração de renda foi associada à agricultura, indústria e serviços turísticos. Para o associativismo foi considerado as associações ativas e com participação do conselho consultivo do Parque Nacional da Furna Feia, sendo elas: (i) associação do projeto de assentamento de reforma agrária renascer do Vila Nova II, (ii) associação de moradores do Sítio Coqueiro, (iii) associação do projeto de assentamento de reforma agrária da Fazenda Xavier, (iv) associação do projeto de assentamento de reforma agrária Maisa da Vila Nova I, (v) associação de pequenos produtores rurais da comunidade Rancho da Caça, (vi) associação de produtores agrícolas da Montana no Eldorado dos Carajás II e (vii) associação da agricultura familiar Bela Terra.

Figura 6 – Espacialização dos critérios específicos dos cinco objetivos do Parque Nacional da Fuma Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.



Fonte: Autor (2020).

4.2 ANÁLISE MULTICRITÉRIO

4.2.1 Normalização dos Critérios

A normalização dos critérios gerou 35 dados espacializados, correspondente a cada grupo de sete critérios para os cinco objetivos. As figuras 7 a 11 apresentam os resultados da normalização de todos os critérios. Os resultados da normalização em sua representação visual indicam os níveis de intensidade

4.2.1.1 Critérios Normalizados pela Função Fuzzy

No objetivo 1, apenas o critério “Distância das Cavernas, Lajedos e/ou Afloramentos” foi normalizado usando a Função *Fuzzy* Linear Decrescente (FFLD), o que quer dizer que a presença desse critério contribui com o objetivo de preservação do complexo espeleológico. Dessa forma, os outros critérios são considerados limitantes para o alcance do objetivo, e com isso, as regiões mais distantes dos critérios mapeados são mais adequados e possuem menores chances de impacto ao complexo espeleológico.

O objetivo 2 seguiu a mesma característica do objetivo 1, com apenas um critério normalizado pela FFLD, sendo a “Distância de Fontes de Água” importante para o alcance da preservação da biodiversidade do bioma Caatinga. Para o Objetivo 3, que visa apoiar o desenvolvimento de pesquisas científicas e extensão universitária, todos os critérios foram normalizados pela FFLD, em razão da necessidade de compreender os diversos elementos (físicos e biológicos) e dinâmicas espaciais - uso e ocupação da terra - do Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento.

No objetivo 4, apenas um critério foi normalizado usando uma função diferente, e para esse caso utilizou-se a Função *Fuzzy* Linear Crescente (FFLC). O critério normalizado usando a FFLC foi o de “Impactos Ambientais Negativos” que podem comprometer o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental e principalmente as práticas de recreação e contato com a natureza e turismo ecológico. Assim como no objetivo 4, para o objetivo 5 apenas o critério “Impactos Ambientais Negativos” foi normalizado usando a FFLC.

4.2.1.2 Critérios Normalizados pela Decisão Participativa

No caso do objetivo “Uso e Ocupação da Terra” os dados não foram normalizados usando as funções FFLD e FFLC, tendo em vista o tipo de formato dos dados espaciais. Por isso, foi aplicado um questionário a um grupo de especialistas. Após a tabulação e aplicação da análise estatística descritiva, os critérios foram ranqueados conforme apresentado na tabela 4.

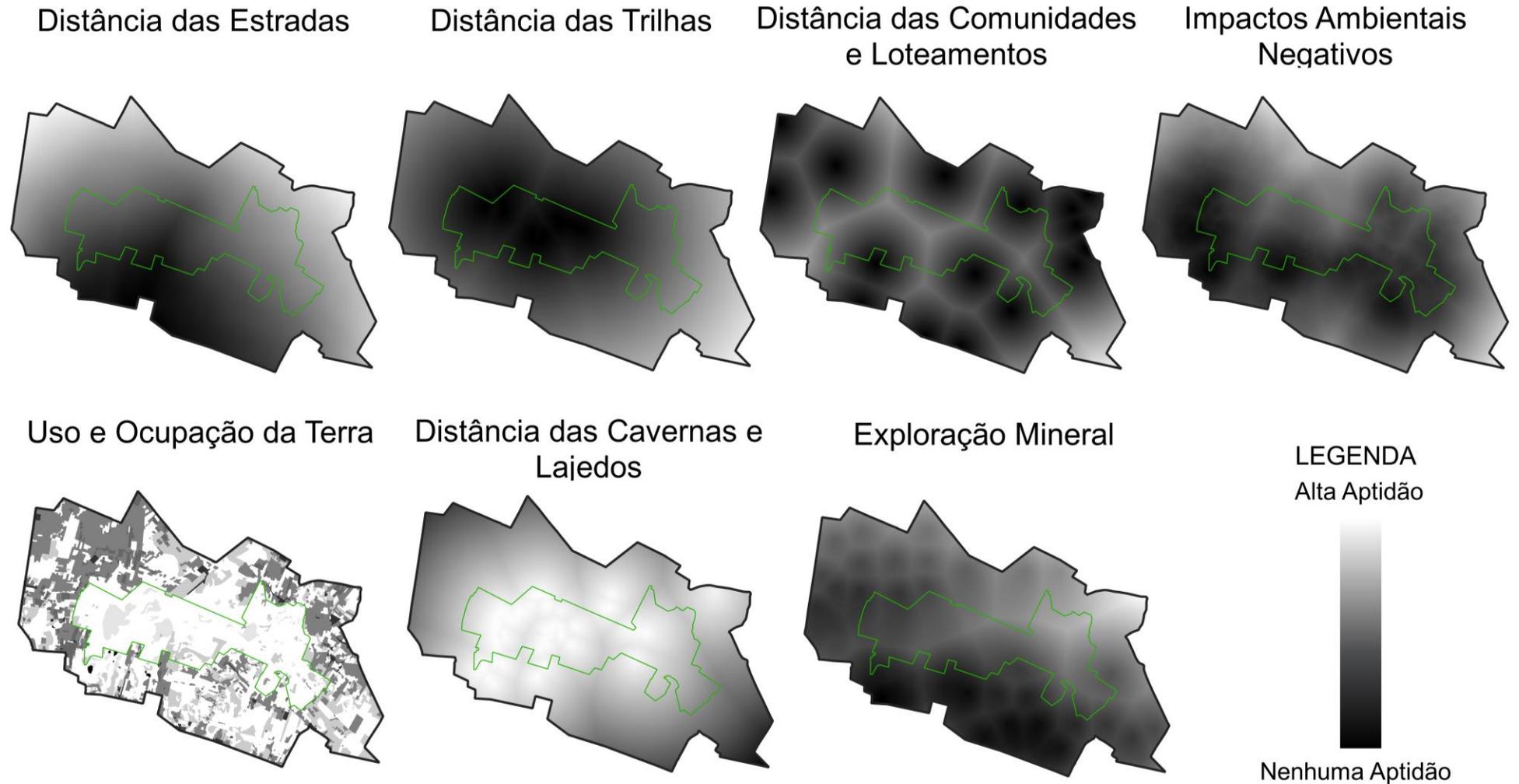
Para os objetivos 1 a 4 a classe “Caatinga Arbórea Densa” foi considerada a classe mais relevante. Com exceção do objetivo, onde os “Recursos Hídricos” foram melhor ranqueados, isso se explica em razão da inserção da área de estudo em uma região semiárida do bioma Caatinga o que traz questões importantes sobre a preservação ambiental, economia rural e bem estar humano onde o recurso água se torna bastante valioso.

Tabela 4 – Pontuação das classes de uso e ocupação da terra usadas para normalizar os critérios de uso e ocupação da terra do Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.

Classes de uso e ocupação da terra	OBJETIVOS				
	1	2	3	4	5
Caatinga Arbórea Densa	1	1	1	1	0,6
Caatinga Arbustiva Esparsa	0,8	0,9	0,9	0,8	0,5
Cultura de Sequeiro	0,5	0,2	0,6	0,6	0,9
Cultura Irrigada	0,4	0,3	0,4	0,4	0,8
Recursos Hídricos	0,7	0,8	0,8	0,7	1
Afloramento e/ou Lajedos	0,9	0,7	0,7	0,9	0,1
Solo Exposto	0,6	0,0	0,5	0,3	0,2
Extração	0,0	0,4	0,3	0,2	0,3
Loteamentos	0,3	0,6	0,0	0,0	0,4
Núcleos Rurais	0,2	0,5	0,2	0,5	0,7

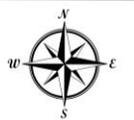
Fonte: Autor (2020).

Figura 7 – Espacialização dos critérios normalizados referentes ao objetivo 1: preservação do complexo espeleológico do Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.



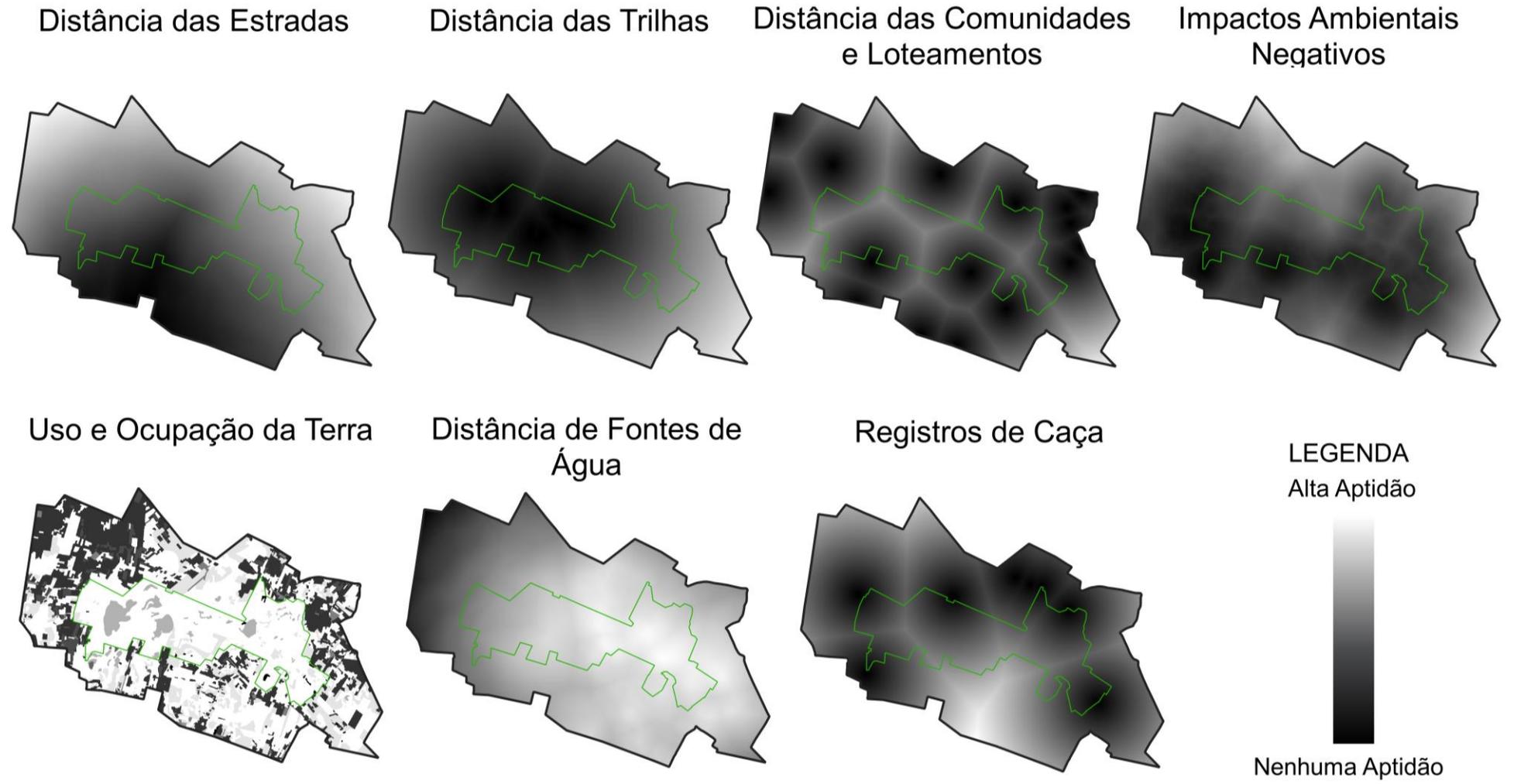
10 0 10 20 km
Escala Gráfica

Referência Cartográfica: Sistemas de Coordenadas: SIRGAS 2000, UTM Zone 24 S. Fonte de Dados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010); Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2012). Elaboração: Fidelis-Medeiros (2020).



Fonte: Autor (2020).

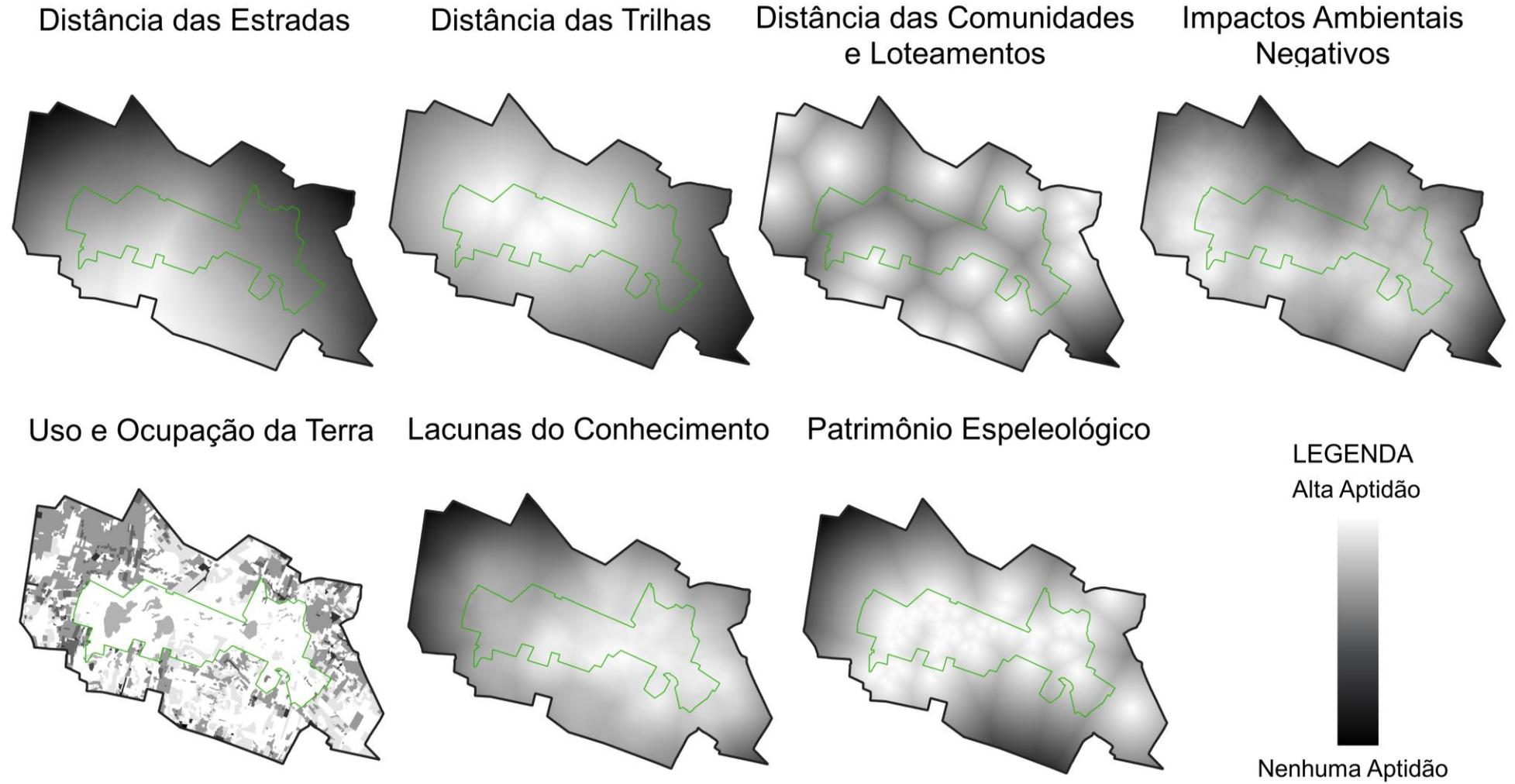
Figura 8 – Espacialização dos critérios normalizados referentes ao objetivo 2: preservação da biodiversidade associada ao bioma Caatinga do Parque Nacional da Fuma Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.



Referência Cartográfica: Sistemas de Coordenadas: SIRGAS 2000, UTM Zone 24 S. Fonte de Dados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010); Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2012). Elaboração: Fidelis-Medeiros (2020).

Fonte: Autor (2020).

Figura 9 – Espacialização dos critérios normalizados referentes ao objetivo 3: desenvolvimento de pesquisas científicas e extensão universitária do Parque Nacional da Fumaça e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.

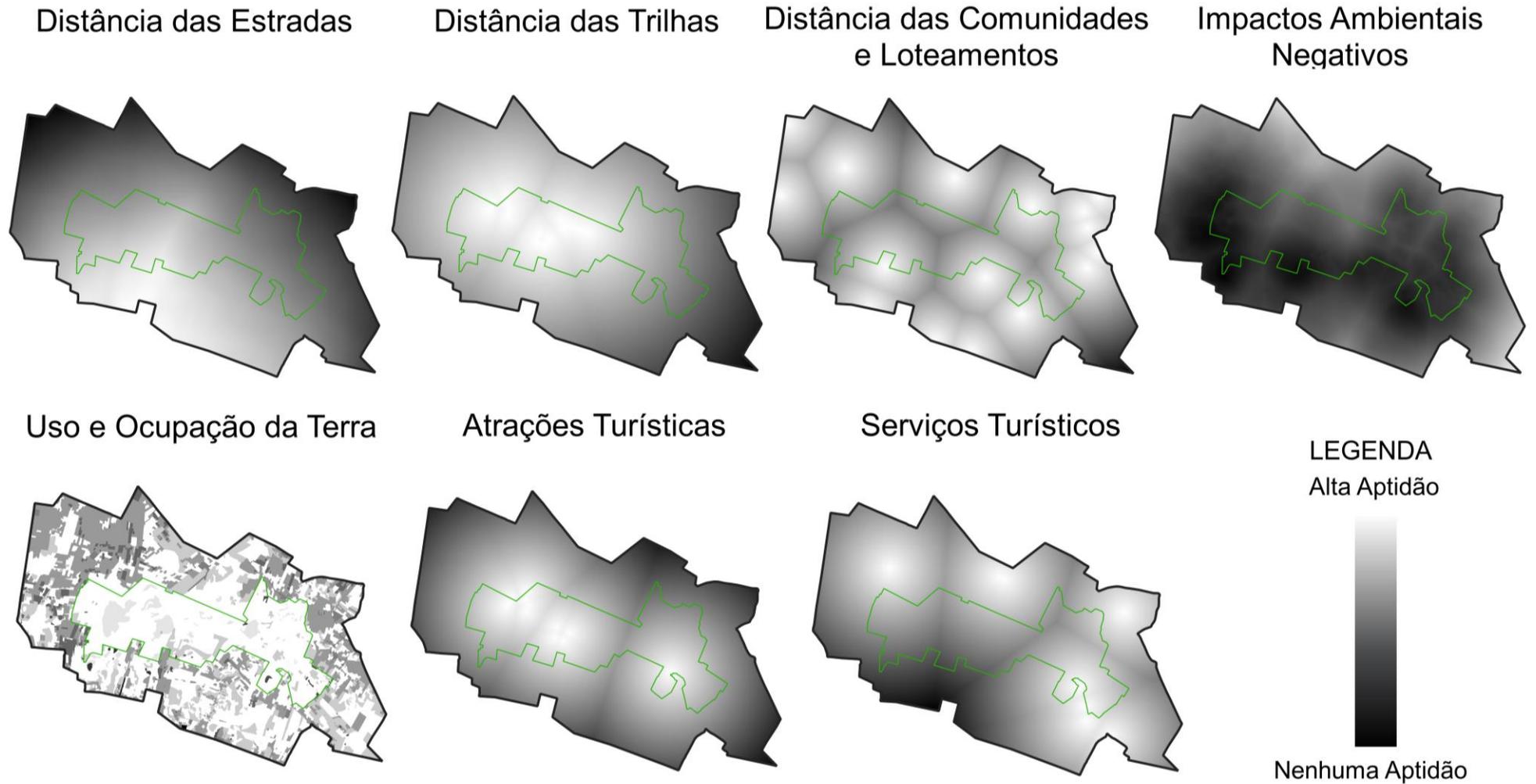


Referência Cartográfica: Sistemas de Coordenadas: SIRGAS 2000, UTM Zone 24 S. Fonte de Dados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010); Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2012). Elaboração: Fidelis-Medeiros (2020).



Fonte: Autor (2020).

Figura 10 – Espacialização dos critérios normalizados referentes ao objetivo 4: desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação e contato com a natureza e turismo ecológico no Parque Nacional da Fuma Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.



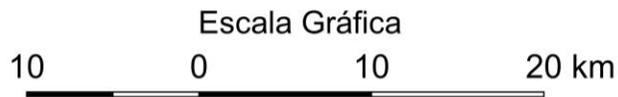
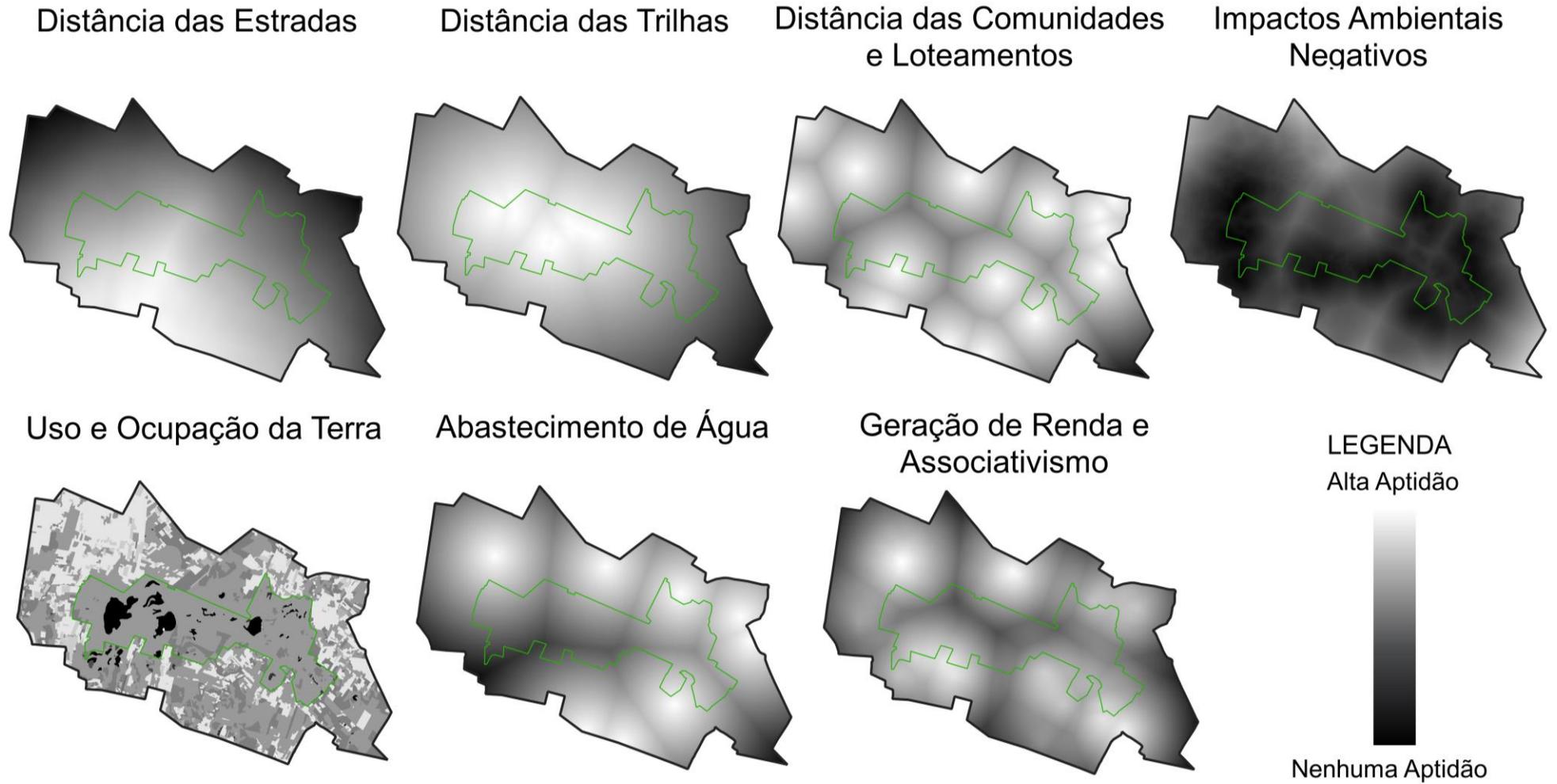
Escala Gráfica
10 0 10 20 km

Referência Cartográfica: Sistemas de Coordenadas: SIRGAS 2000, UTM Zone 24 S. Fonte de Dados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010); Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2012). Elaboração: Fidelis-Medeiros (2020).

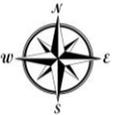


Fonte: Autor (2020).

Figura 11 – Espacialização dos critérios normalizados referentes ao objetivo 5: desenvolvimento socioeconômico das comunidades presentes na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Fuma Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.



Referência Cartográfica: Sistemas de Coordenadas: SIRGAS 2000, UTM Zone 24 S. Fonte de Dados: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010); Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2012). Elaboração: Fidelis-Medeiros (2020).



Fonte: Autor (2020).

4.2.2 Ponderação dos Critérios

Com o auxílio do questionário aplicado aos especialistas e das equações do AHP (Satty, 1987) foi possível calcular os pesos relativos de todos os critérios. O quadro 11 apresenta a hierarquização final dos critérios para cada um dos seus respectivos objetivos. Com exceção do objetivo 2, onde o critério mais importante foi o “Uso e Ocupação da Terra”, em todos os outros objetivos, os critérios mais importantes foram os específicos, ou seja, aqueles critérios que pertencem exclusivamente a um único objetivo.

Quadro 11 – Hierarquização final dos critérios considerando seus respectivos objetivos de criação do Parque Nacional da Fuma Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.

Ordem de Classificação	OBJETIVOS				
	1	2	3	4	5
1º	Exploração Mineral	Uso e Ocupação da Terra	Lacunas do Conhecimento	Atrações Turísticas	Abastecimento de Água
2º	Distância de Cavernas, Lajedos e/ou Afloramentos	Distância de Impactos Ambientais Negativos	Patrimônio Espeleológico	Serviços Turísticos	Associações e Geração de Renda
3º	Uso e Ocupação da Terra	Distância das Comunidades Rurais	Distância das Comunidades Rurais	Distância das Trilhas	Distância das Estradas
4º	Distância das Comunidades Rurais	Registros de Caça	Uso e Ocupação da Terra	Distância das Estradas	Uso e Ocupação da Terra
5º	Distância de Impactos Ambientais Negativos	Distância das Estradas	Distância das Trilhas	Uso e Ocupação da Terra	Distância das Comunidades Rurais
6º	Distância das Trilhas	Distância de Fontes de Água	Distância das Estradas	Distância das Comunidades Rurais	Distância de Impactos Ambientais Negativos
7º	Distância das Estradas	Distância das Trilhas	Distância de Impactos Ambientais Negativos	Distância de Impactos Ambientais Negativos	Distância das Trilhas

Com base nos resultados obtidos para o objetivo 1 (Quadro 12), observou-se que os critérios específicos (exploração mineral e cavernas, lajedos e/ou afloramentos) foram os mais importantes dentre os sete critérios analisados, totalizando 57,2% (0,572) de relevância para a preservação do complexo espeleológico, seguido por “Uso e Ocupação da Terra” com 15,5% (0,155). Os critérios que apresentaram pesos menores foram “Distância das Trilhas” e “Distância das Estradas”, que juntos representaram menos de 10%.

Quadro 12 – Notas e pesos de importância dos critérios para o objetivo preservação do complexo espeleológico do Parque Nacional da Fuma Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.

OBJETIVO 1	Exploração Mineral	Cavernas, Lajedos e/ou Afloramentos	Uso e Ocupação da Terra	Distância das Comunidades Rurais	Impactos Ambientais Negativos	Distância das Trilhas	Distância das Estradas	PESOS
Exploração Mineral	1,000	1,000	3,000	3,000	4,000	5,000	5,000	0,286
Cavernas, Lajedos e/ou Afloramentos	1,000	1,000	3,000	3,000	4,000	5,000	5,000	0,286
Uso e Ocupação da Terra	0,330	0,330	1,000	2,000	3,000	4,000	4,000	0,155
Distância das Comunidades Rurais	0,330	0,330	0,500	1,000	2,000	3,000	3,000	0,107
Impactos Ambientais Negativos	0,250	0,250	0,330	0,500	1,000	3,000	4,000	0,084
Distância das Trilhas	0,200	0,200	0,250	0,330	0,330	1,000	2,000	0,046
Distância das Estradas	0,200	0,200	0,250	0,250	0,250	0,500	1,000	0,036
Razão de Consistência (RC) = 0,044 (4,4%).							Soma:	1,000

Fonte: Autor (2020).

Para o objetivo 2 (Quadro 13), o critério “Uso e Ocupação da Terra” foi o melhor pontuado, com 34% (0,34). A relevância desse critério para as questões relacionadas a preservação da biodiversidade se justifica uma vez que o ordenamento territorial desordenado pode comprometer o equilíbrio ambiental local e favorecer usos predatórios e irregulares da terra, podendo favorecer a perda da biodiversidade (LIMA; RANIERI, 2018). Os critérios “Impactos Ambientais Negativos” e “Comunidade Rurais” registraram 20,2% (0,202) e 15,1% (0,151), respectivamente. Esses critérios, assim como “Uso e Ocupação da Terra” estão associados, aos tipos e origem de impactos a biodiversidade, o que demonstra a importância desses tipos de critérios para a preservação da biodiversidade.

Quadro 13 – Notas e pesos de importância dos critérios para o objetivo preservação da biodiversidade associada ao bioma Caatinga do Parque Nacional da Fuma Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.

OBJETIVO 2	Uso e Ocupação da Terra	Impactos Ambientais Negativos	Distância das Comunidades Rurais	Registros de Caça	Distância das Estradas	Distância de Fontes de Água	Distância das Trilhas	PESOS
Uso e Ocupação da Terra	1,000	2,000	3,000	3,000	4,000	5,000	6,000	0,340
Impactos Ambientais Negativos	0,500	1,000	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	0,202
Distância das Comunidades Rurais	0,330	1,000	1,000	1,000	2,000	3,000	4,000	0,151
Registros de Caça	0,330	0,500	1,000	1,000	2,000	3,000	4,000	0,137
Distância das Estradas	0,250	0,330	0,500	0,500	1,000	2,000	2,000	0,078
Distância de Fontes de Água	0,200	0,250	0,330	0,330	0,500	1,000	2,000	0,054
Distância das Trilhas	0,170	0,200	0,250	0,250	0,500	0,500	1,000	0,038
Razão de Consistência (RC) = 0,016 (1,6%).							Soma:	1,000

Fonte: Autor (2020).

Assim como no objetivo 1, o objetivo 3 (Quadro 14) apresentou as melhores pontuações associadas aos seus critérios específicos, que acumularam 53% (0,53) da importância total entre

os sete objetivos. O critério melhor pontuado, “Lacunas do Conhecimento”, serve como importante indicador para o desenvolvimento de pesquisas científicas direcionadas as necessidades específicas do Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento.

Quadro 14 – Notas e pesos de importância dos critérios para o objetivo desenvolvimento de pesquisas científicas e extensão universitária no Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.

OBJETIVO 3	Lacunas do Conhecimento	Patrimônio Espeleológico	Distância das Comunidades Rurais	Uso e Ocupação da Terra	Distância das Trilhas	Distância das Estradas	Impactos Ambientais Negativos	PESOS
Lacunas do Conhecimento	1,000	2,000	3,000	3,000	4,000	4,000	4,000	0,330
Patrimônio Espeleológico	0,500	1,000	2,000	2,000	2,000	3,000	3,000	0,200
Distância das Comunidades Rurais	0,330	0,500	1,000	1,000	2,000	2,000	3,000	0,133
Uso e Ocupação da Terra	0,330	0,500	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000	0,125
Distância das Trilhas	0,250	0,500	0,500	0,500	1,000	2,000	2,000	0,090
Distância das Estradas	0,250	0,330	0,500	0,500	0,500	1,000	1,000	0,062
Impactos Ambientais Negativos	0,250	0,330	0,330	0,500	0,500	1,000	1,000	0,059
Razão de Consistência (RC) = 0,017 (1,7%).							Soma:	1,000

Fonte: Autor (2020).

Os critérios específicos do objetivo 4 (Quadro 15) também concentraram mais de 50% (0.5) da importância entre os objetivos, especialmente para o objetivo 4, os seus critérios específicos desempenham um papel importante para determinar os espaços de desenvolvimento das atividades turísticas. O visitante precisa se sentir atraído pelas atrações turísticas, bem como deve existir estruturas mínimas de recepção e acolhimento.

Quadro 15 – Notas e pesos de importância dos critérios para o objetivo desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação e contato com a natureza e turismo ecológico no Parque Nacional da Furna Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.

OBJETIVO 4	Atrações Turísticas	Serviços Turísticos	Distância das Trilhas	Distância das Estradas	Uso e Ocupação da Terra	Distância das Comunidades Rurais	Impactos Ambientais Negativos	PESOS
Atrações Turísticas	1,000	1,000	2,000	3,000	2,000	4,000	5,000	0,252
Serviços Turísticos	1,000	1,000	2,000	3,000	2,000	4,000	5,000	0,252
Distância das Trilhas	0,500	0,500	1,000	3,000	2,000	4,000	5,000	0,189
Distância das Estradas	0,330	0,330	0,330	1,000	0,250	2,000	3,000	0,122
Uso e Ocupação da Terra	0,500	0,500	0,500	4,000	1,000	5,000	6,000	0,084
Distância das Comunidades Rurais	0,250	0,250	0,250	0,500	0,200	1,000	2,000	0,060
Impactos Ambientais Negativos	0,200	0,200	0,200	0,330	0,170	0,500	1,000	0,040
Razão de Consistência (RC) = 0,038 (3,8%).							Soma:	1,000

Fonte: Autor (2020).

Os objetivos “Abastecimento de Água” e “Geração de Renda e Associativismo” alcançaram 25,6% (0,256) cada um para o objetivo 5 (Quadro 16). Dessa forma, os objetivos específicos somados representaram 51,2% (0,512) da importância geral, considerando os pesos dos sete critérios. A disponibilidade hídrica para consumo humano se torna relevante em virtude da localização da área de estudo, que constantemente enfrenta problemas de falta de água. Dessa forma, os lugares onde existe um abastecimento regular facilita o desenvolvimento humano. Por sua vez, a geração de renda é um importante motor para o desenvolvimento econômico e emancipatório dos moradores da Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Fuma Feia. Esses fatores associados a um engajamento popular e participação social proporcionam um espaço de bem estar social.

Quadro 16 – Notas e pesos de importância dos critérios para o objetivo desenvolvimento socioeconômico das comunidades inseridas na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Fuma Feia, Rio Grande do Norte, Brasil.

OBJETIVO 5	Abastecimento de Água	Geração de Renda e Associativismo	Distância das Estradas	Uso e Ocupação da Terra	Distância das Comunidades Rurais	Impactos Ambientais Negativos	Distância das Trilhas	PESOS
Abastecimento de Água	1,000	1,000	2,000	2,000	3,000	4,000	6,000	0,256
Geração de Renda e Associativismo	1,000	1,000	2,000	2,000	3,000	4,000	6,000	0,256
Distância das Estradas	0,500	0,500	1,000	2,000	3,000	4,000	4,000	0,184
Uso e Ocupação da Terra	0,500	0,500	0,500	1,000	2,000	3,000	3,000	0,129
Distância das Comunidades Rurais	0,330	0,330	0,330	0,500	1,000	2,000	3,000	0,084
Impactos Ambientais Negativos	0,250	0,250	0,250	0,330	0,500	1,000	2,000	0,054
Distância das Trilhas	0,170	0,170	0,250	0,330	0,330	0,500	1,000	0,037
Razão de Consistência (RC) = 0,018 (1,8%).							Soma:	1,000

Fonte: Autor (2020).

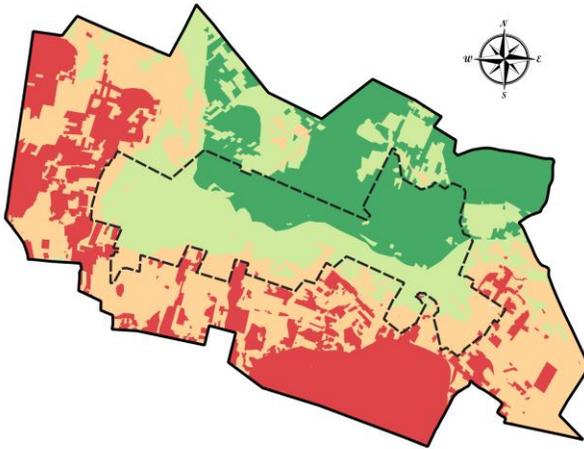
4.2.3 Combinação Linear Ponderada

Com base nos resultados obtidos por meio da normalização e ponderação dos critérios foi possível elaborar cinco mapas (Figura 12) temáticos de aptidão para o desenvolvimento dos 5 objetivos do Parna Fuma Feia e sua Zona de Amortecimento. A tabela 5 apresenta a distribuição quantitativa de cada classe de aptidão para os cinco objetivos.

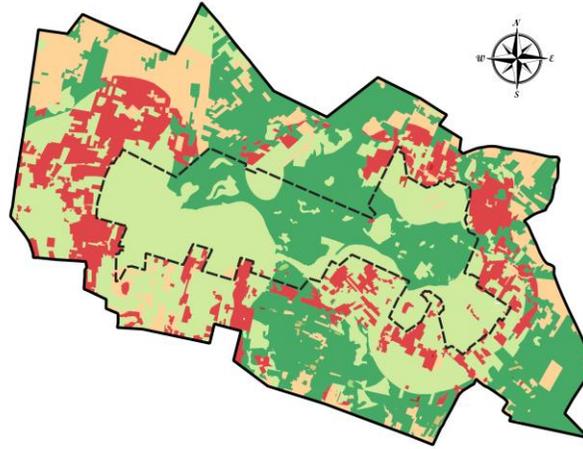
Para a melhor visualização das informações os dados gerados pela combinação linear ponderada foram reagrupados em quatro classes de aptidão. A classe “Muito Alta Aptidão” apresenta as áreas onde o desenvolvimento do objetivo é máximo, os fatores limitantes são quase nulos e/ou há uma grande concentração de critérios que agem de forma positiva para o alcance do objetivo.

Figura 12 – Espacialização dos níveis de aptidão para cada um dos cinco objetivos do Parque Nacional da Fuma Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.

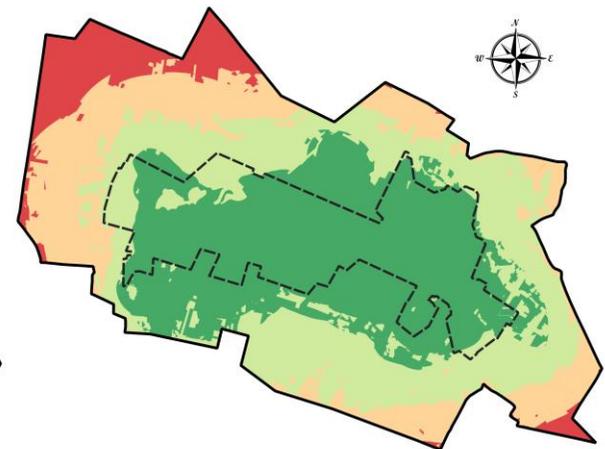
OBJETIVO 1: Preservação do complexo espeleológico do Parque Nacional da Fuma Feia



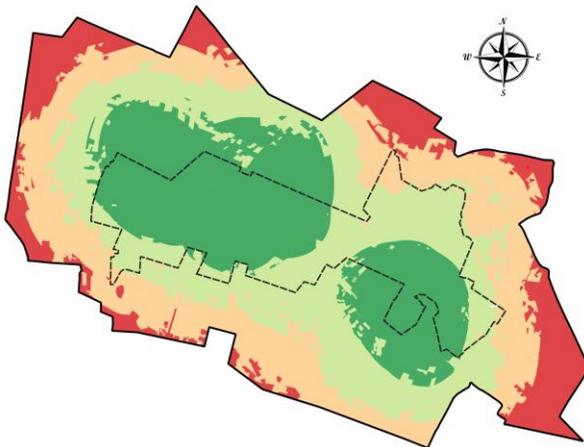
OBJETIVO 2: Preservação da biodiversidade associada ao Bioma Caatinga



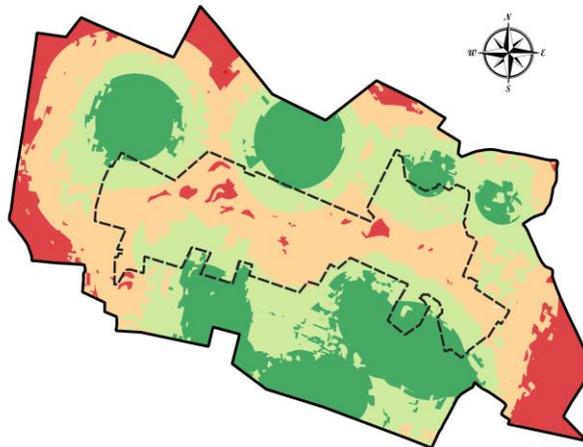
OBJETIVO 3: Desenvolvimento de Pesquisas Científicas e Extensão Universitária



OBJETIVO 4: Desenvolvimento de Atividades de Educação e Interpretação Ambiental, Recreação e Contato com a Natureza e Turismo Ecológico



OBJETIVO 5: Desenvolvimento Socioeconômico das Comunidades Presentes na Zona de Amortecimento do Parna Fuma Feia



Classificação de Aptidão Final

Muito Alta Aptidão	0,76 - 1,00
Alta Aptidão	0,51 - 0,75
Baixa Aptidão	0,25 - 0,50
Muito Baixa Aptidão	0,00 - 0,24

Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Fuma Feia

Parque Nacional Fuma Feia

6 0 6 12 km

Referência Cartográfica: Sistemas de Coordenadas: SIRGAS 2000, UTM Zone 24 S. Fonte de Dados: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2012). Elaboração: Fidelis-Medeiros (2020).

Fonte: Autor (2020).

A classe “Alta Aptidão” apresenta as regiões que estão próximas de critérios positivos e/ou existem poucos critérios negativos que limitam o desenvolvimento do objetivo. A classe “Baixa Aptidão” apresenta as regiões onde existem poucos critérios positivos concentrados e/ou apresenta algumas limitações para o desenvolvimento do objetivo em virtude de fatores limitantes. Por último, a classe “Muito Baixa Aptidão” é onde ocorre a maior concentração de fatores limitantes para o desenvolvimento do objetivo, dessa forma a região não contribui para o objetivo e pode inclusive dificultar o desenvolvimento do objetivo.

Avaliando individualmente cada um dos mapas de aptidão, observa-se que, para o objetivo 1 – preservação do complexo espeleológico – a região onde ocorre a maior concentração de cavernas ficou na classe de “Alta Aptidão”. Nessa região estão localizadas importantes cavernas, e provavelmente esta não foi classificada como “Muito Alta Aptidão” devido à proximidade com as áreas de extração mineral, que representam uma das principais atividades com potencial geração de impacto ambiental negativo à Unidades de Conservação (RUDKE et al., 2020). Logo, a espacialização das classes de aptidão para a preservação do complexo espeleológico demonstra um possível cenário de fragilidade para o ecossistema cavernícola, que pode limitar o alcance do objetivo de preservação do complexo espeleológico.

Outra característica da aptidão que confirma esse cenário de fragilidade é a presença de áreas com “Muito Alta Aptidão” em regiões com pouca ou nenhuma presença de cavernas. Isso demonstra uma maior proximidade com critérios negativos em áreas de ocorrência do patrimônio espeleológico, enquanto que, nas regiões onde existem pouco ou nenhum patrimônio espeleológico, os critérios negativos agem de forma menos intensa ou são sobrepostos a critérios positivos para o alcance do objetivo.

Ao contrário de outras Unidades de Conservação onde os impactos ao patrimônio espeleológico podem ter origem apenas na mineração, ou apenas na exploração turística, a área de estudo onde está inserida o Parna Furna Feia possui esses dois cenários. Os dados de aptidão indicam que é necessária uma maior preocupação com possíveis impactos diretos e indiretos que possam ser causados ao patrimônio espeleológico. É preciso evitar o aumento da fragilidade da região e conseqüentemente a perda de elementos da biodiversidade e geodiversidade (OSBORNE, 2019; ZANATTO et al., 2019), ainda mais considerando o Parna Furna Feia que possui uma grande geodiversidade (ALVES; MEDEIROS, 2019) e uma riqueza de biodiversidade associada a essa geodiversidade (VARGAS-MENA et al., 2018). Além dessas questões, é importante destacar que a região leste do Parna Furna Feia é muito pouco prospectada e que na parte central ao norte, já entrando na zona de amortecimento existem

aproximadamente 20 cavernas inseridas na classe de “Muito Alta Aptidão”. Do ponto de vista quantitativo, para as classes “Muito Alta Aptidão” e “Alta Aptidão” registrou-se menos da metade da área do Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, com 44,02% (Tabela 5).

Tabela 5 – Distribuição quantitativa das classes de aptidão para cada um dos cinco objetivos de criação do Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.

Classes	OBJETIVOS									
	1		2		3		4		5	
	hectares	%								
Muito Alta Aptidão	7.114	21,04	11.911	35,22	13.166	38,93	9.589	28,36	8.333	24,64
Alta Aptidão	7.771	22,98	12.966	38,34	10.966	32,42	10.409	30,78	11.020	32,59
Baixa Aptidão	10.985	32,48	4.665	13,80	7.037	20,81	9.220	27,26	10.947	32,37
Muito Baixa Aptidão	7.946	23,50	4.274	12,64	2.647	7,84	4.598	13,60	3.516	10,40
Total	33.816	100								

Fonte: Autor (2020).

Considerando o objetivo 2, preservação da biodiversidade associada ao bioma Caatinga, vemos que quase 100% do Parna Furna Feia ficou classificado como “Muito Alta Aptidão” e “Alta Aptidão”, com destaque para a região central e leste do Parque Nacional da Furna Feia. A região a leste apesar de possuir uma alta fragmentação e incluir a maior parte dos impactos no Parque Nacional da Furna Feia, como desmatamentos, possui poucos fatores limitantes para a preservação da biodiversidade, além de concentrar critérios importantes para a preservação da biodiversidade, como rios e lagoas. Além disso é o objetivo que possui o maior índice de regiões classificadas como “Alta” e “Muito Alta Aptidão”, com 73,56%. Os seus critérios limitantes concentram-se principalmente a oeste da zona de amortecimento, com as atividades de agricultura.

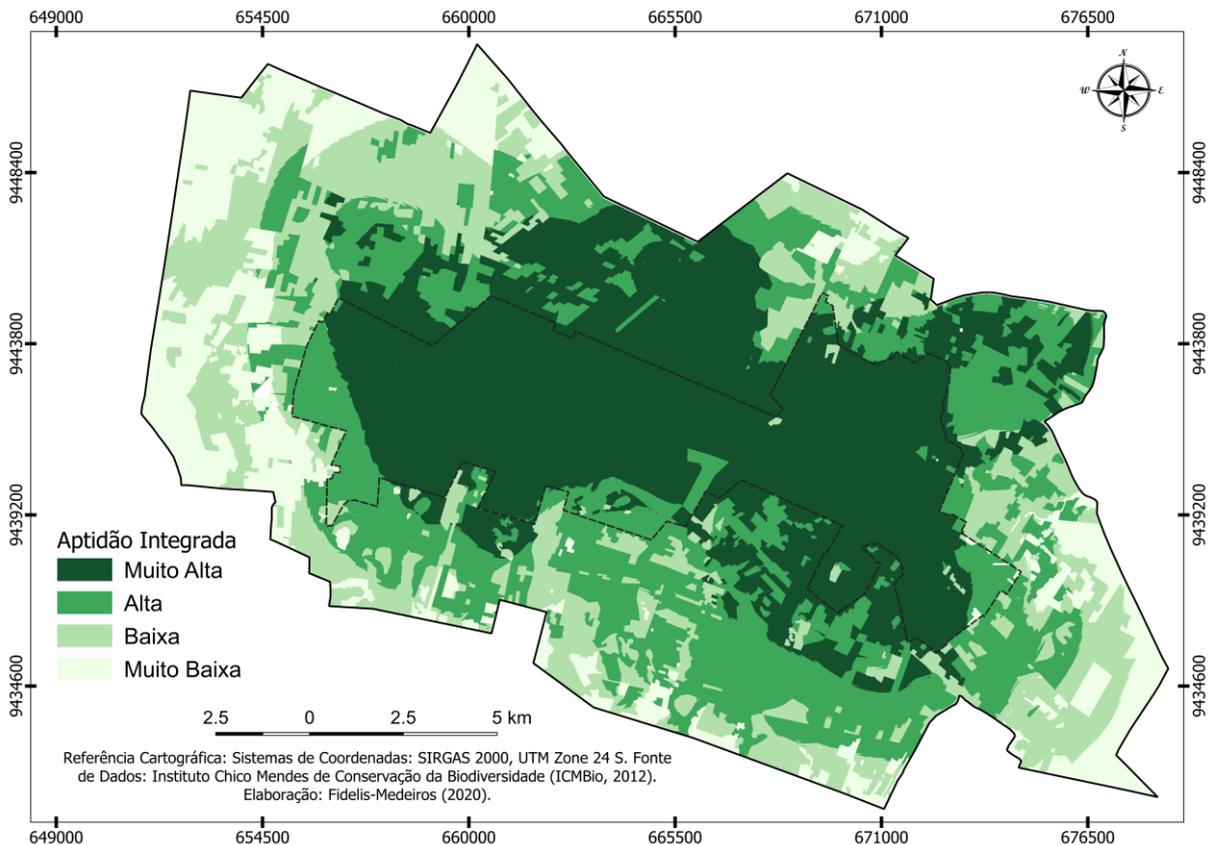
Registrando o segundo melhor índice de regiões “Alta” e “Muito Alta Aptidão” (71,35%), o objetivo 3, desenvolvimento de pesquisas científicas, possui suas regiões de aptidão concentradas principalmente no Parque Nacional da Furna Feia. Para a Zona de Amortecimento, destacam-se a região com concentração de 20 cavernas ao norte, a região próxima à comunidade Sítio Coqueiros e por fim os locais onde se desenvolvem atividades de mineração.

Para o objetivo 4, desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação, contato com a natureza e turismo ecológico, a classe de “Muito Alta Aptidão” concentrou-se principalmente nas áreas de ocorrência das principais cavernas e ao redor da Serra Mossoró. O que se observa é que os atrativos e serviços turísticos que tiveram o maior peso na ponderação, estão mais concentrados na parte central, tornando as regiões extremas da Zona de Amortecimento, pouco interessantes para o desenvolvimento até de serviços turísticos. Do ponto de vista quantitativo todo Parna Furna Feia apresenta “Alta” ou “Muito Alta Aptidão”, classes que representam 59,14% da área total.

O objetivo 5, desenvolvimento socioeconômico das comunidades inseridas na Zona de Amortecimento do Parna Furna Feia, apresentou suas áreas de aptidão máxima nas comunidades, com destaque para as comunidades Vila Nova I e II, Sítio Coqueiro, Recanto da Esperança, Rancho da Caça, Serra Mossoró, Lagoa do Xavier, Fazenda Nova e Vertente. A região ao sul da Zona de Amortecimento registrou a maior aptidão, provavelmente relacionada a critérios como estradas, por causa da rodovia e abastecimento de água, feito nas comunidades que margeiam a RN-015. Para as comunidades ao norte o principal fator está relacionado ao associativismo e geração de renda, sendo comunidades com um alto nível de organização comunitária.

Visando atribuir um nível de aptidão geral, os cinco mapas de aptidão foram sobrepostos e tiveram suas aptidões somadas. A figura 13 apresenta a espacialização dessa sobreposição, o resultado indica as regiões do Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento que mais se destacam para o alcance dos propósitos de criação do Parna Furna Feia. As regiões do Parna Furna Feia que não estão dentro da classe “Muito Alta Aptidão” são espaços que apresentam uma concentração de impactos ambientais negativos e/ou estão próximas das áreas de extração mineral da Zona de Amortecimento, a oeste do Parna Furna Feia. Com relação a Zona de Amortecimento, ainda na classe de “Muito Alta Aptidão”, destaca-se principalmente a região norte central, com presença de cavernas e vegetação bem conservada, que dão apoio a preservação da biodiversidade e do complexo espeleológico, e as proximidades da Serra Mossoró que subsidiam as atividades de educação, turismo e desenvolvimento socioeconômico das comunidades.

Figura 13 – Espacialização da classificação final de aptidão integrada do Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, Rio Grande do Norte, Brasil.



Fonte: Autor (2020).

4.3 PROPOSTA DE ZONEAMENTO PARA O PARQUE NACIONAL DA FURNA FEIA E SETORIZAÇÃO PARA SUA ZONA DE AMORTECIMENTO

A partir dos dados obtidos com a análise multicritério foi elaborado uma proposta de Zoneamento Ambiental para o Parque Nacional da Furna Feia e uma setorização socioeconômica para a sua Zona de Amortecimento (Figura 14). O alcance dos resultados de aptidão permitiu facilitar o delineamento das zonas por meio da interpretação visual dos resultados e posteriormente validação pela extração da estatística de sobreposição das zonas em relação aos mapas de aptidão (Tabela 6).

Para cada zona foi estabelecido objetivos associados, que representam aqueles objetivos que possuem relação direta com o tipo e características da zona proposta. Com base nisso foram estabelecidas cinco zonas para o Parna Furna Feia, que possuem como função normalizar os tipos de usos indiretos e diretos no Parna Furna Feia.

As cinco zonas são listadas e conceituadas a seguir e posteriormente é apresentado a descrição com objetivos de cada zona:

❖ Zona de Adequação e Monitoramento Ambiental (ZAMA): Zona de adequação para impactos ambientais negativos e monitoramento constante dos possíveis impactos que possam ocorrer aos ecossistemas inseridos na zona, com foco principal nas atividades de agricultura irrigada e exploração mineral inseridas na Zona de Amortecimento do Parna Furna Feia.

❖ Zona de Preservação e Desenvolvimento Científico (ZPDC): Zona em que os ecossistemas deverão se manter o mais intocável possível, não sendo admitido usos diretos. Nessa zona poderão ser desenvolvidos atividades de ensino, pesquisa e extensão, desde que essas atividades não comprometam o equilíbrio ambiental da área.

❖ Zona de Interesse Turístico do Parna Furna Feia (ZIT): Zona destinada a exploração do potencial ecoturístico e geoturístico do Parna Furna Feia. Nessa zona são admitidos atividade de média a alta intervenção, incluindo infraestruturas básicas para o apoio a atividade turística.

❖ Zona de Adequação Ambiental (ZAA): Apresenta as regiões onde ocorre a maior concentração de impactos ambientais negativos, devendo ocorrer planos direcionados a recuperação dos ecossistemas degradados.

❖ Zona de Adequação Ambiental e Desenvolvimento Científico (ZAADC): Zona voltada a recuperação ambiental de áreas com concentração de impactos ambientais negativos e o desenvolvimento de atividades de ensino, pesquisa e extensão.

Figura 14 – Proposta de Zoneamento Ambiental para o Parque Nacional da Fuma Feia e setorização socioeconômica para a sua Zona de Amortecimento, definidos por meio de análise multicritério, Rio Grande do Norte, Brasil.

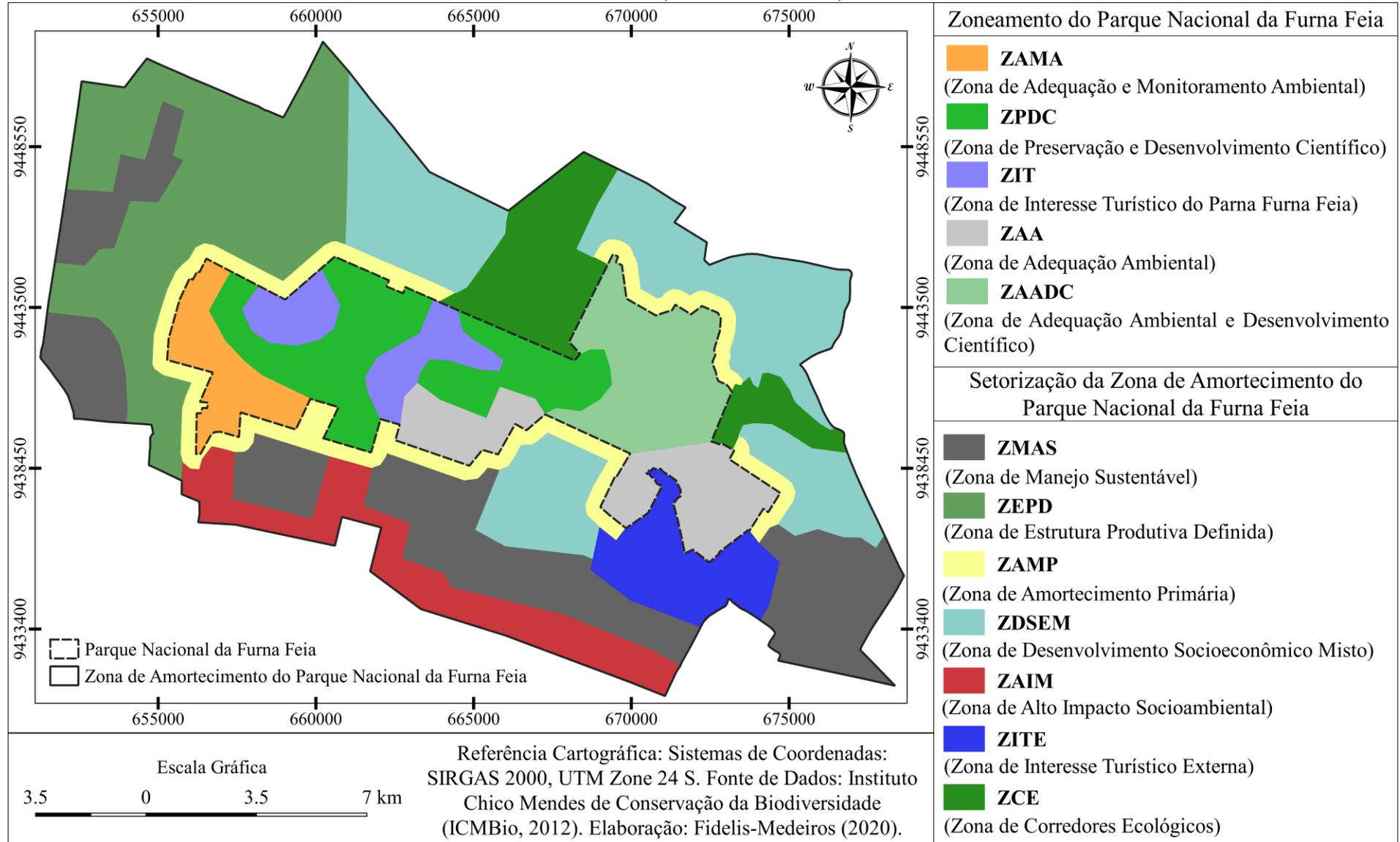


Tabela 6 – Quantificação da sobreposição das classes propostas para o Zoneamento Ambiental do Parque Nacional da Fumaça em relação aos níveis de aptidão dos cinco objetivos avaliados na análise multicritério, Rio Grande do Norte, Brasil.

Zona de Adequação e Monitoramento Ambiental (ZAMA)			
OBJETIVOS	NÍVEL DE APTIDÃO	ÁREA OCUPADA (ha) Área total: 994	PORCENTAGEM (%)
1	Alta	546	54,93
	Baixa	448	45,07
2	Alta	905	91,05
	Baixa	87	8,75
	Muito Baixa	2	0,20
Zona de Preservação e Desenvolvimento Científico (ZPDC)			
	NÍVEL DE APTIDÃO	ÁREA OCUPADA (ha) Área total: 2719	PORCENTAGEM (%)
1	Muito Alta	1.045	38,43
	Alta	1.495	55,00
	Baixa	179	6,50
2	Muito Alta	1.194	43,91
	Alta	1.354	49,80
	Baixa	166	6,10
3	Muito Baixa	5	0,19
	Muito Alta	2.441	89,77
	Alta	279	10,23
Zona de Interesse Turístico do Parna Fumaça Feia (ZIT)			
	NÍVEL DE APTIDÃO	ÁREA OCUPADA (ha) Área total: 1064	PORCENTAGEM (%)
4	Muito Alta	1.064	100
Zona de Adequação Ambiental (ZAA)			
	NÍVEL DE APTIDÃO	ÁREA OCUPADA (ha) Área total: 1791	PORCENTAGEM (%)
1	Muito Alta	818	45,67
	Alta	956	53,38
	Baixa	17	0,95
Zona de Adequação Ambiental e Desenvolvimento Científico (ZAADC)			
	NÍVEL DE APTIDÃO	ÁREA OCUPADA (ha) Área total: 1925	PORCENTAGEM (%)
1	Muito Alta	1.452	75,41
	Alta	473	24,59
2	Muito Alta	953	49,54
	Alta	942	48,96
	Baixa	17	0,88
3	Muito Baixa	12	0,62
	Muito Alta	1.891	98,31
	Alta	32	1,69

Fonte: Autor (2020).

A “Zona de Adequação e Monitoramento Ambiental” foi definida em uma região onde o nível de aptidão para a preservação do complexo espeleológico foi classificado como Baixa (45,7) ou Alta (54,93), e para a preservação da biodiversidade, foi classificado como “Alta Aptidão” (91,05). Além disso, o nível de aptidão integrada da área não está classificado como muito alta, como em outras áreas do Parna Furna Feia. A região é próxima as atividades de agricultura irrigada, bem como das áreas de extração mineral. É encontrado também, conforme os dados de Uso e Ocupação da Terra, pequenos espaços de vegetação degradada, inclusive com lotes de agricultura recentemente criados, configurando assim conflitos de uso da região. Em virtude desses fatores é necessário que esses espaços sejam restaurados a fim de garantir o equilíbrio ambiental da região e em decorrência alta incidência de cavernas e lajedos e a proximidade com atividade de alto impacto, se faz necessário um monitoramento mais constante visando mitigar e avaliar possíveis impactos futuros aos complexo espeleológico do Parna Furna Feia.

A “Zona de Preservação e Desenvolvimento Científico” foi estabelecida com base na classificação de “Muito Alta” e “Alta Aptidão” dos objetivos de preservação do complexo espeleológico e conservação da biodiversidade, são espaços com vegetação bem conservada e presença de cavernas e lajedos, além disso 89,77% da zona está inserido na classe de “Muito Alta Aptidão” para o desenvolvimento das atividades de pesquisa científica e extensão universitária.

A “Zona de Interesse Turístico” do Parna Furna Feia foi definida em dois fragmentos, que englobam a estrada do Juremal e as principais trilhas e cavernas do Parna Furna Feia. Em virtude dessas características a Zona foi definida em uma região onde o nível de aptidão para o desenvolvimento das atividades de turismo, educação ambiental, recreação e contato com a natureza é de 100% muito alta.

A “Zona de Adequação Ambiental” foi definida em virtude da presença de vários fragmentos de vegetação degradada conforme o mapeamento de Uso e Ocupação da Terra, bem como pelo fato de ser uma região dentro do Parna Furna Feia, que apresenta 53,38% como aptidão alta para a conservação da biodiversidade. Apesar de ser uma “Alta Aptidão”, o objetivo do estabelecimento dessa zona é fazer alcançar um nível de “Muito Alta Aptidão” a partir da aplicação das estratégias de adequação ambiental. Destaca-se também que é uma das poucas áreas do Parna Furna Feia onde a aptidão integrada não está no seu nível máximo.

Por fim temos a “Zona de Adequação Ambiental e Desenvolvimento Científico”, que foi definida por causa das áreas de degradação ambiental da vegetação que tornam a área

significativamente fragmentada, mesmo que com 75,41% de “Muito Alta Aptidão” para a conservação da biodiversidade. Além disso, esta é uma região com a incidência de lajedos e/ou afloramentos, e apenas 49,54% da área está inserida na classe “Muito Alta Aptidão” para a preservação do complexo espeleológico. Entretanto, o grande diferencial dessa zona, que a distingue da “Zona de Adequação Ambiental”, é a “Muito Alta Aptidão” para o desenvolvimento de atividades de pesquisa científica e extensão universitária com 98,31%. Esta é uma área importante para a pesquisa científica em virtude da sua baixa prospecção, o que poderia aumentar os dados sobre o Parna Furna Feia.

Para a Zona de Amortecimento do Parna Furna Feia, foram espacializados sete diferentes tipos de zonas, devido as suas características mais permissivas de uso e ocupação. Estas zonas foram definidas com a intenção de serem indicativas de uso, e não normativas, como foi definido para o Parna Furna Feia. A delimitação de cada uma das zonas, assim como no Parna Furna Feia, foi realizada com o auxílio dos dados da análise multicritério (Tabela 7).

❖ Zona de Manejo Sustentável (ZMAS): Fragmentos de vegetação com mais de 90% de vegetação arbustiva e/ou arbórea. Zona destinada ao desenvolvimento de atividades de manejo sustentável da caatinga e/ou práticas agrícolas de integração com a vegetação.

❖ Zona de Estrutura Produtiva Definida (ZEPD): Zona onde os sistemas produtivos estão avançados com uso regular e constante da terra para geração de renda, sendo indicada para a produção agrícola pelos sistemas convencionais de plantio, com uso de irrigação e produtos químicos.

❖ Zona de Amortecimento Primária (ZAMP): Faixa de 500 m de distância em relação ao perímetro do Parna Furna Feia com o objetivo de minimizar possíveis impactos diretos e indiretos ao Parna Furna Feia, é preferível apenas o uso indireto dos recursos naturais. Zona preferível para delimitação de reservas legais e/ou compensação de reservas legais.

❖ Zona de Desenvolvimento Socioeconômico Misto (ZDSEM): Zona onde se concentra as principais comunidades rurais da Zona de Amortecimento do Parna Furna Feia, marcado por atividades de agricultura de subsistência. Zona indicada para o desenvolvimento de múltiplas atividades com fins turísticos e agrícolas, preferencialmente associada a baixo impacto ambiental negativo.

❖ Zona de Alto Impacto Socioambiental (ZAIM): Zona que tangencia a RN-015 e onde se concentra as atividades de mineração. Zona destinada a manutenção desses tipos

de atividades econômicas, mas restrita as regiões mais extremas da Zona de Amortecimento. Preferencialmente as atividades de alto impacto deverão ser instaladas apenas nessa zona.

❖ Zona de Interesse Turístico Externo (ZITE): Zona de potencial turístico da Zona de Amortecimento do Parna Furna Feia, englobando importantes restaurantes e a serra Mossoró.

❖ Zona de Corredores Ecológicos (ZCE): Zona voltada a manutenção dos fluxos gênicos, evitando o isolamento do Parna Furna Feia com outros fragmentos de vegetação da região.

A “Zona de Manejo Sustentável” foi definida principalmente pela presença dos fragmentos de vegetação isolados na Zona de Amortecimento, que por isso apresentaram aptidão muito alta (53,83% da zona) para a preservação da biodiversidade e alta em 33,15%. Adicionalmente, esta é uma região que não apresenta tanto potencial para o desenvolvimento socioeconômico da região, com 63,34% em “Baixa” ou “Muito Baixa Aptidão”. Por isso, do ponto de vista da aptidão é mais indicado que essas áreas permaneçam conservadas, sendo utilizadas em futuras proposições de corredores ecológicos e/ou reservas legais. Entretanto destaca-se que não é uma área de preservação, logo seria aceitável o desenvolvimento de atividades econômicas de baixo impacto para geração de renda.

A “Zona de Estrutura Produtiva Definida”, conforme os dados de uso e ocupação da terra, é onde se concentram as áreas agrícolas da Zona de Amortecimento, o que justifica um nível alto de aptidão “Baixa” e “Muito Baixa” (72,12%) para a preservação da biodiversidade. Além disso, esta é uma região com predomínio de lotes dos programas de reforma agrária do Rio Grande do Norte com uma alta taxa de produção com base na fruticultura irrigada (SILVA et al., 2018).

A “Zona de Amortecimento Primária” foi definida principalmente em decorrência de aspectos limitantes à preservação do Parna Furna Feia. A faixa que representa uma área 2645 ha apresenta uma “Baixa” e “Muito Baixa Aptidão” para a preservação do complexo espeleológico e preservação da biodiversidade, com 65,29% e 40,84%, respectivamente. Somado a isso, apresenta uma “Alta” ou “Muito Alta Aptidão” (64,13%) para o desenvolvimento socioeconômico das comunidades presentes da Zona de Amortecimento. Devido a essas características, a região ao entorno do Parna Furna Feia se torna pouco significativa para a amortização de impactos ambientais negativos diretos e indiretos, por isso a necessidade de se delimitar uma zona mais restritiva ao redor do Parna Furna Feia.

A “Zona de Desenvolvimento Socioeconômico Misto” apresenta múltiplas características e soma altos níveis de aptidão para quatro objetivos, com exceção do objetivo 3, de desenvolvimento das atividades científicas e extensão universitária.

Tabela 7 – Quantificação da sobreposição das classes propostas para a setorização socioeconômica da Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Fumaça em relação aos níveis de aptidão dos cinco objetivos avaliados na análise multicritério.

Zona de Manejo Sustentável (ZMAS)			
OBJETIVOS	NÍVEL DE APTIDÃO	ÁREA OCUPADA (ha) Área total: 5814 ha	FREQUÊNCIA (%)
2	Muito Alta	3.130	53,83
	Alta	1.927	33,15
	Baixa	347	5,97
	Muito Baixa	410	7,05
5	Muito Alta	999	17,18
	Alta	1.132	19,48
	Baixa	1.855	31,90
	Muito Baixa	1.828	31,44
Zona de Estrutura Produtiva Definida (ZEPD)			
	NÍVEL DE APTIDÃO	ÁREA OCUPADA (ha) Área total: 5354 ha	FREQUÊNCIA (%)
2	Muito Alta	449	8,38
	Alta	1.044	19,50
	Baixa	1.993	37,22
	Muito Baixa	1.868	34,90
5	Muito Alta	1.016	18,98
	Alta	1.403	26,20
	Baixa	2.077	38,80
	Muito Baixa	858	16,02
Zona de Amortecimento Primária (ZAMP)			
	NÍVEL DE APTIDÃO	ÁREA OCUPADA (ha) Área total: 2645 ha	FREQUÊNCIA (%)
1	Muito Alta	323	12,21
	Alta	595	22,50
	Baixa	1.174	44,39
	Muito Baixa	553	20,90
2	Muito Alta	266	10,05
	Alta	1.299	49,11
	Baixa	147	5,55
	Muito Baixa	933	35,29
5	Muito Alta	481	18,19
	Alta	1.215	45,94
	Baixa	872	32,96
	Muito Baixa	77	2,91
Zona de Desenvolvimento Socioeconômico Misto (ZDSEM)			
	NÍVEL DE APTIDÃO	ÁREA OCUPADA (ha) Área total: 6015 ha	FREQUÊNCIA (%)

1	Muito Alta	2.285	37,99
	Alta	1.788	29,73
	Baixa	1.352	22,48
<hr/>			
2	Muito Baixa	590	9,80
	Muito Alta	2.416	40,16
	Alta	1.164	19,36
	Baixa	1.231	20,47
<hr/>			
4	Muito Baixa	1.204	20,01
	Muito Alta	1.188	19,76
	Alta	1.380	22,95
	Baixa	2.132	35,45
<hr/>			
5	Muito Baixa	1.314	21,84
	Muito Alta	2.126	35,35
	Alta	1.922	31,95
	Baixa	1.384	23,00
<hr/>			
Muito Baixa			
<hr/>			

Zona de Alto Impacto Socioambiental (ZAIM)

NÍVEL DE APTIDÃO		ÁREA OCUPADA (ha) Área total: 1925 ha	FREQUÊNCIA (%)
1	Baixa	473	24,57
	Muito Baixa	1.452	75,43
<hr/>			
5	Muito Alta	364	18,90
	Alta	875	45,46
	Baixa	655	34,02
<hr/>			
Muito Baixa			
<hr/>			

Zona de Interesse Turístico Externo (ZITE)

NÍVEL DE APTIDÃO		ÁREA OCUPADA (ha) Área total: 1363 ha	FREQUÊNCIA (%)
4	Muito Alta	758	55,62
	Alta	578	42,40
	Baixa	27	1,98
<hr/>			
5	Muito Alta	1.185	86,94
	Alta	178	13,06
<hr/>			

Zona de Corredores Ecológicos (ZCE)

NÍVEL DE APTIDÃO		ÁREA OCUPADA (ha) Área total: 2207	FREQUÊNCIA (%)
1	Muito Alta	1.570	71,13
	Alta	480	21,76
	Baixa	157	7,11
<hr/>			
2	Muito Alta	1.500	67,96
	Alta	375	17,00
	Baixa	117	5,30
	Muito Baixa	215	9,74
<hr/>			
3	Muito Alta	1.149	52,06
	Alta	827	37,47
	Baixa	231	10,47
<hr/>			

Fonte: Autor (2020).

Considerando os outros quatro objetivos a “Zona de Desenvolvimento Socioeconômico Misto” acumula uma aptidão “Alta” ou “Muito Alta Aptidão” em 67,72% para a preservação do complexo espeleológico, 59,52% para a preservação da biodiversidade, 42,71% para o desenvolvimento de atividades de turismo e educação ambiental e 67,30% para o desenvolvimento socioeconômico das comunidades inseridas na Zona de Amortecimento. Em virtude disso, a zona foi delimitada estrategicamente pensando nas múltiplas atividades socioeconômicas que podem ser desenvolvidas na região, mas, considerando a importância da mesma para a preservação do complexo espeleológico e da biodiversidade.

A “Zona de Alto Impacto Socioambiental” foi desenhada em virtude do alto nível de “Baixa Aptidão” para a preservação do complexo espeleológico e a sua adequabilidade para o desenvolvimento socioeconômico das comunidades. No caso do complexo espeleológico os níveis de aptidão baixo ou muito baixo chegam a 100% da zona, o que é justificável tendo em vista que a zona concentra as principais atividades de mineração da Zona de Amortecimento. Adicionalmente a zona apresenta uma aptidão “Alta” ou “Muito Alta” em 64,36% para o desenvolvimento socioeconômico das comunidades.

A “Zona de Interesse Turístico Externa” foi mapeada com base nos dados de aptidão para o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação e contato com a natureza e turismo ecológico, que para a zona ficou em 98,02% “Alta” ou “Muito Alta Aptidão”. Soma-se a isso uma “Alta” ou “Muito Alta Aptidão” (100%) para o desenvolvimento socioeconômico das comunidades inseridas na Zona de Amortecimento.

Por fim, a “Zona de Corredores Ecológicos” foi definido em virtude da “Alta” ou “Muito Alta Aptidão” para a preservação do complexo espeleológico e da biodiversidade, com 92,89% e 84,96% respectivamente. Além disso a zona possui uma “Alta” ou “Muito Alta Aptidão” (89,53%) para o desenvolvimento de pesquisas científicas na Zona de Amortecimento. O maior corredor ecológico proposto, foi definido em uma área onde ocorre a maior concentração de cavernas na Zona de Amortecimento do Parna Furna Feia, e o segundo corredor foi desenhado em uma área em ligação direta com a reserva legal da Fazenda Experimental Rafael Fernandes da UFERSA. A proposição desses corredores como ambientes de maior preservação fora das Unidades de Conservação, são amparados legalmente por meio da Lei nº 9985/2000 que institui o Sistema Nacional das Unidades de Conservação, e pelo seu Decreto nº 4340/2002.

A análise multicritério mostrou-se importante para obter informações sobre a qualidade ambiental do Parna Furna Feia. O uso dos procedimentos metodológicos associados a análise

multicritério e integrados aos Sistemas de Informação Geográfica, permitem traçar estratégias para a preservação e desenvolvimento do Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento.

Um dos pontos centrais da análise multicritério é a possibilidade de geração de dados a partir de informações já existentes, com isso é possível modelar diversos tipos de cenários de análise. As informações geradas apresentaram como principal vantagem o entendimento das características espaciais, habilitando o entendimento de como a correlação de diferentes critérios podem subsidiar a tomada de decisão. Com isso, os mapas gerados se tornam ferramentas de auxílio que podem ser aplicadas em diferentes contextos, como a adequação da terra para conservação da vegetação (VÁZQUEZ-QUINTERO *et al.*, 2020), conservação de peixes (YONVITNER *et al.*, 2019), determinação de fragilidade ambiental (CAMPOS *et al.*, 2019), planejamento voltado a análise biogeofísica e tomada de decisão em reflorestamentos (QUINTA-NOVA, *et al.* 2019), desenvolvimento de áreas rurais com foco na otimização de áreas agrícolas (ROMANO *et al.*, 2016) e desenvolvimento sustentável das atividades turísticas (KIANISADR; MELHOSSEINI; GOLKARIAN, 2019).

Para o caso dessa pesquisa, a análise multicritério mostrasse principalmente relevante quando analisamos as múltiplas fontes de atividades e ações geradoras de impactos ambientais negativos que uma unidade de conservação pode ser atingida. Essas atividades e ações se apresentam na verdade como critérios que podem comprometer a qualidade socioambiental do ambiente, quando mapeamos e identificamos, as ameaças sazonais relacionadas as características culturais ou climáticas, a baixa conectividade e alta fragmentação, ou ainda a ausência de modelos de organização social, (CHUNYE; DELU, 2017; BOULAD; HAMIDAN, 2018; SAURA *et al.*, 2018; KUJIRAKWINJA *et al.*, 2018) podemos estabelecer relações e determinar fatores de impacto com maior facilidade. Consequentemente a análise multicritério abra novas perspectivas de análise para o processo de tomada de decisão (KARIMI; ADAMS, 2019; KIANISADR; MELHOSSEINI; GOLKARIAN, 2019).

Considerando o uso da análise multicritério para a proposição de Zoneamentos Ambientais de Unidades de Conservação observa-se uma aplicabilidade eficiente (ZHANG, *et al.*, 2013; BOULAD; HAMIDAN, 2018). No caso do Parna Furna Feia onde foram definidos múltiplos objetivos de criação, pesa ainda mais pela necessidade de alcançar a sustentabilidade a partir de diferentes metas. A proposta final de Zoneamento do Parna Furna Feia, foi alinhada justamente com a intenção de alcançar esses objetivos e por isso, três das cinco zonas possuem como características o objetivo de adequar o ambiente aos impactos negativos sofridos, sem isso, o alcance da preservação do complexo espeleológico e da biodiversidade podem ser

dificultados. Compreende-se que após a aplicação das estratégias de adequação ambiental e monitoramento, essas zonas possam ser atualizadas, retirando a adequação ambiental e podendo serem enquadradas como zonas de preservação. Com exceção da zona que tem como por objetivo o monitoramento da qualidade ambiental da área, que deve ser constante até enquanto houver atividades de alto impacto ambiental negativo que possam comprometer o alcance dos objetivos, principalmente o de preservação do complexo espeleológico.

Para a Zona de Amortecimento, a setorização proposta apresentou como principal intenção a organização territorial, definindo estratégias para o desenvolvimento socioeconômico da região ao mesmo tempo que possa garantir o equilíbrio ambiental. Essa setorização baseada nas propostas de Zoneamento Ecológico Econômico (ZEE) visa incorporar as dimensões social e ecológica e superar as contradições existentes entre essas dimensões, uma das principais formas de se alcançar essa compatibilidade é a criação de mecanismos de governança e educação ambiental que possam estabelecer uma comunicação entre diferentes atores sociais e ao mesmo tempo educar da necessidade de manutenção de ecossistemas e do desenvolvimento econômico consciente e igualitário (BORNEMANN; STRASSHEIM, 2019; WANG et al., 2019).

Mesmo com a escolha dos critérios e a hierarquização dos mesmos usando técnicas de planejamento participativo, é importante observar que a escolha e desenho das zonas, por meio de planejamento participativo auxiliado por diversos setores da sociedade, poderia trazer resultados diferenciados. Mesmo assim, a tomada de decisão usando álgebra de mapas possibilitou atingir a demarcação de zonas para o alcance de todos os objetivos. Além disso, a escolha por modelos matemáticos para sistematização das zonas facilita o monitoramento, uma vez que o banco de dados geográfico pode ser constantemente atualizado e melhorado (FITZ, 2008; ROBAINA, 2009).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os objetivos de criação do Parque Nacional da Furna Feia envolvem o desenvolvimento de uma série de atividades relacionadas a preservação do complexo espeleológico e biodiversidade, desenvolvimento de pesquisas científicas, turismo, educação ambiental, e como proposto em adicional para esta pesquisa, o desenvolvimento socioeconômico das comunidades inseridas na Zona de Amortecimento do Parna Furna Feia. Apesar destes importantes objetivos para a manutenção dos ecossistemas e desenvolvimento local, o Parna Furna Feia ainda demanda instrumentos de planejamento e gestão adequados para o cumprimento desses

objetivos. Diante dessa necessidade, diversos critérios foram analisados com a intenção de estabelecer parâmetros para a governança sustentável dessa importante área do bioma Caatinga.

A análise de critérios em um ambiente de Sistema de Informação Geográfica integrado à técnicas de análise multicritério permitiu identificar cenários de adequabilidade para o alcance dos objetivos de desenvolvimento e preservação do Parna Furna Feia. Os dados de aptidão para cada um dos cinco objetivos, além de apresentar um diagnóstico da qualidade e potencialidade socioambiental, forneceu dados indicativos que facilitam o processo de tomada de decisão.

Considerando a preservação do complexo espeleológico, os níveis de aptidão e sua espacialização indicam uma série de fatores que comprometem ou limitam a sua preservação. Já para a preservação da biodiversidade, às áreas com maior potencial estão próximas a região central do Parna Furna Feia, e fragmentadas ao longo de sua Zona de Amortecimento. Para o desenvolvimento de pesquisas científicas, todo o Parna Furna Feia possui uma “Alta Aptidão”, e para as atividades de turismo é preferível os espaços de trilhas ecológicas já estabelecidos e a região próxima a Serra Mossoró. Por fim, para o desenvolvimento das comunidades, existe áreas estratégicas próximas a comunidades bem estabelecidas com alguma organização social. Considerando a aptidão integrada, todo o Parna Furna Feia apresenta uma “Muito Alta Aptidão”, com exceção de áreas críticas próximas a áreas de mineração e vegetação degradada.

A partir dos dados de aptidão foi possível elaborar uma proposta de Zoneamento Ambiental para o Parna Furna Feia e uma setorização para sua Zona de Amortecimento. Foram definidas cinco zonas para o Parna Furna Feia e sete setores para sua Zona de Amortecimento. Com base na álgebra de mapas, a sobreposição das zonas aos mapas de aptidão permitiu inferir justificativas para a seleção e caracterização destas zonas e assim obter um zoneamento baseado em análise multicritério.

Os resultados apresentados nesse estudo demonstram como a análise multicritério pode contribuir para o processo de tomada de decisão em muitos níveis. Quando associado aos Sistemas de Informação Geográfica, a análise potencializa a geração de dados espaciais, permitindo uma melhor compreensão da interação holística de diversos elementos da paisagem, e como essa interação se integra de tal forma que pode contribuir positivamente ou negativamente para o ambiente ou sociedade, dependendo do objetivo traçado inicialmente.

Por fim, a análise multicritério possui uma alta exigência para a construção dos produtos finais. O levantamento, agrupamento e caracterização, bem como o processo de ponderação dos critérios devem ser definidos da melhor forma possível. Na prática, a futura usabilidade dos dados gerados depende muito mais da qualidade do plano de informações construído e das

decisões operacionais tomadas, do que propriamente do processo de análise multicritério. Então fatores como, quantidade de critérios, fontes de dados, nível de detalhamento e escala das informações espaciais determinam a qualidade dos produtos finais. Para essa pesquisa, os fatores acima mencionados tiveram uma boa representatividade, mas acredita-se que a ampliação da quantidade de critérios e a adoção de estratégias de planejamento participativo mais robustas podem promover a criação de aptidões ainda mais alinhadas com a realidade.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Metereologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.
- ALVES, J. J. F.; MEDEIROS, W. D. A. Ecogeo-turismo e geodiversidade no Parque Nacional da Furna Feia: estratégias para a conservação do patrimônio natural. **Turismo: Estudos & Práticas**, v. 8, n. 2, p. 59-91, 2019.
- ARCGIS. ArcGIS - desktop student trial license. Environmental Systems Research Institute - ESRI: 2019.
- ARONOFF, S. **Geographic information systems: a management perspective**. Ottawa: DL Publications, 1989.
- BARROS, A. C. *et al.* Mapeamento da aptidão agrícola das terras por meio de análise multicritério. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, n. 2, p. 1-10, 2019.
- BERNARD, E., BARBOSA, L., CARVALHO, R. Participatory GIS in a sustainable use reserve in Brazilian Amazonia: Implications for management and conservation. **Applied Geography**, v. 31, p. 564-72, 2011.
- BOCKSTAEL, E. *et al.* Participation in protected area management planning in coastal Brazil. **Environmental Science & Policy**, v. 60, p.1-10, 2016.
- BORNEMANN, B.; STRASSHEIM, H. Governing time for sustainability: analyzing the temporal implications of sustainability governance. **Sustainability Science**, v. 14, n. 4, p. 1001-1013, 2019.
- BOULAD, N.; HAMIDAN, N. The use of a GIS-based multi-criteria evaluation technique for the development of a zoning plan for a seasonally variable Ramsar wetland site in Syria: Sabkhat Al-Jabboul. **Wetlands Ecology and Management**, v. 26, n. 3, p. 253-264, 2018.
- BRASIL. Decreto S/N, de 5 de junho de 2012. Dispõe sobre a criação do Parque Nacional da Furna Feia, nos municípios de Baraúna e Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, Poder Executivo, Brasília, DF, 06 jun., 2012.

_____. Lei 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**, Poder Executivo, Brasília, DF. Brasília, 18 jul., 2000.

BROWN, G.; SANDERS, S.; REED, P. Using public participatory mapping to inform general land use planning and zoning. **Landscape and Urban Planning**, v. 177, p. 64-74, 2018.

BURROUGH, P. A. **Principles of geographical information systems for land resources assessment**. Oxford: Clarendon Press, 1986.

CÂMARA, G.; DAVIS, C.; MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à ciência da geoinformação**. 1. ed. São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, 2001.

CAMPOS, J. A. *et al.* Environmental fragility and vegetation cover dynamics in the Lapa Grande State Park, MG, Brazil. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 91, n. 2, p. 1-16, 2019.

CAVALCANTE, J. C. Análise multicriterial na definição de áreas prioritárias à conservação florestal em São Félix do Xingu – PA. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 1, p. 167-181, 2020.

CHENG, H. C.; CHATEAU, P. A.; CHANG, Y. C. Spatial zoning design for marine protected areas through multi-objective decision-making. **Ocean & Coastal Management**, v. 108, p. 158-165, 2015.

CHOULAK, M. *et al.* A meta-decision-analysis approach to structure operational and legitimate environmental policies - With an application to wetland prioritization. **Science of the Total Environment**, v. 655, p. 384-394, 2018.

CHUNYE, W.; DELU, P. Zoning of Hangzhou Bay ecological red line using GIS-based multi-criteria decision analysis. **Ocean and Coastal Management**, v. 139, p. 42-50, 2017.

CMMAD (Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento). **Nosso futuro comum**. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1988.

CNUC - Cadastro Nacional de Unidades de Conservação. **Tabela consolidada das Unidades de Conservação**. Ministério do Meio Ambiente. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/images/arquivo/80238/CNUC_FEV18%20-%20B_Cat.pdf>. Acesso em: 24 jun. 2018.

COMINO, E. *et al.* The combined use of Spatial multicriteria evaluation and stakeholder's analysis for supporting the ecological planning of a river basin. **Land Use Policy**, v. 58, p. 183-195, 2016.

CONGEDO, L. **Semi-Automatic Classification Plugin Documentation**. Release 5.0.0.1. 3. 2016.

CONSTANTINO, P. A. L. O perfil da caça nos biomas brasileiros: um panorama das unidades de conservação federais a partir dos autos de infração lavrados pelo ICMBio. **Biodiversidade Brasileira**, v. 8, p.106-129, 2018.

COWEN, D. J. GIS versus CAD versus DBMS: what are the differences?. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. v. 54, p. 1551-1554, 1988.

D'AMICO, A. R.; COUTINHO, E. O.; MORAES, L. F. P. **Roteiro metodológico para elaboração e revisão de planos de manejo das unidades de conservação federais**. Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade: ICMBIO, 2018.

DAWSON, N.; MARTIN, A.; DANIELSEN, F. Assessing equity in protected area governance: approaches to promote just and effective conservation. **Conservation Letters**, v. 11, n. 2, p. 1-8, 2018.

DEFRIES, R. *et al.* Increasing isolation of protected areas in tropical forests over the past twenty years. **Ecological Applications**, v. 15, n. 1, p. 19-26, 2005.

DUDLEY, N. **Guidelines for Protected Area Management Categories**. Switzerland: IUCN, 2008.

EASTMAN, J. R. **Idrisi for windows version 2.0 - user's guide**. Worcester: Clark University Graduate School of Geography, 1995.

_____. **IDRISI Selva: guide to GIS and image processing**. Worcester: Clark Labs, Clark University, 2012.

EASTMAN, J. R. Multi-criteria evaluation and GIS. In: LONGLEY, P.; GOODCHILD, M. F; MAGUIRE, D. V; RHIND, D. W. **Geographical information systems: principles, techniques, management and applications**. 2. ed. Hoboken, 2015, p. 493-502.

EKLUND, J.; CABEZA, M. Quality of governance and effectiveness of protected areas: crucial concepts for conservation planning. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1399, n. 1, p. 27-41, 2017.

ESMAIL, B. A.; GENELETTI, D. Multi-criteria decision analysis for nature conservation: a review of 20 years of applications. **Methods in Ecology and Evolution**, v. 9, n. 1, p. 42-53, 2018.

FARINA, F. C. Abordagem sobre as Técnicas de Geoprocessamento Aplicadas ao Planejamento e Gestão Urbana. **Cadernos EBAPE.BR**, Rio de Janeiro, v. 4, n. 4, p. 1-13, dez. 2006.

FIDELIS-MEDEIROS, F. H.; MARINHO, S. B.; LUNARDI, V. O.; LUNARDI, D. G. 10 anos de pesquisas científicas no Parque Nacional da Furna Feia: contribuições ao planejamento ambiental. In: SEABRA, G. (Org). **Terra - Mudanças Climáticas e Biodiversidade**. Barlavento, Ituiutaba, 2019, p. 1478-1492.

FITZ, P. R. **Geoprocessamento sem complicação**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Texto, 2008.

GERBER, P. J. *et al.* Decision support for spatially targeted livestock policies: Diverse examples from Uganda and Thailand. **Agricultural Systems**, v. 96, p. 37-51, 2008.

GOMARASCA, M. A. Basics of geomatics Basics of geomatics. **Applied Geomatics**, v. 2, p. 137-146, 2010.

HAUGHTON, G. Environmental Planning. **International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology**, p. 1-7, 2017.

IBAMA. **Roteiro Metodológico de Planejamento**: Parque Nacional, Reserva Biológica, Estação Ecológica. Ministério do Meio Ambiente. Brasília: IBAMA, 2002.

IDEMA. **Perfil do Seu Município/Mossoró**. Instituto de Desenvolvimento Sustentável e Meio Ambiente do Rio Grande Do Norte. Natal: IDEMA, 2008.

INGRAM, W. T. Environmental Performance Standards: their place in planning and zoning regulations. **Archives of Environmental Health: An International Journal**, v. 2, n. 3, p. 58-63, 1961.

JENKINS, C. N.; JOPPA, L. Expansion of the global terrestrial protected area system. **Biological Conservation**, v. 142, n. 10, p. 2166-2174, 2009.

JONES, N.; MCGINLAY, J.; DIMITRAKOPOULOS, P. G. Improving social impact assessment of protected areas: A review of the literature and directions for future research. **Environmental Impact Assessment Review**, v. 64, p. 1-7, 2017.

KARIMI, A.; ADAMS, V. M. Planning for the future: Combining spatially explicit public preferences with tenure policies to support land-use planning. **Land Use Policy**, v. 82, p. 497-508, 2019.

KENNY, M.; MEADOWCROFT, J. **Planning Sustainability**. 1. ed. London and New York: Routledge, 2002.

KIANISADR, M.; MELHOSSEINI D. K.; GOLKARIAN H. Quantitative zoning of ecotourism potential in oshtorankouh protected area using delphi method, analytic hierarchy process, and weighted overlay methods. **Ecopersia**, v. 7, n. 2, p. 115-123, 2019.

KUJIRAKWINJA, D. *et al.* Establishing the Itombwe Natural Reserve: science, participatory consultations and zoning. **Oryx**, v. 53, n. 1, p. 49-57, 2018.

KUSTERS, K. *et al.* Participatory Planning, Monitoring and Evaluation of Multi-Stakeholder Platforms in Integrated Landscape Initiatives. **Environmental Management**, v. 62, n. 1, p. 170-181, 2018.

LAHDELMA, R.; SALMINEN, P.; HOKKANEN, J. Using multicriteria methods in environmental planning and management. **Environmental Management**, v. 26, n. 6, p. 595-605, 2000.

LANGEMEYER, J. *et al.* Bridging the gap between ecosystem service assessments and land-use planning through Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA). **Environmental Science and Policy**, v. 62, n. 2015, p. 45-56, 2015.

- LIMA, E. A. C. F.; RANIERI, V. E. L. Land use planning around protected areas: case studies in four state parks in the Atlantic forest region of southeastern Brazil. **Land Use Policy**, v. 71, p. 453-458, 2018.
- MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R. Geomorfologia e neotectônica da bacia hidrográfica do rio Apodi-Mossoró – NE/Brasil. **Mercator**, Fortaleza, v. 11, n. 24, p. 209-228, 2012.
- MALCZEWSKI, J. *et al.* GIS-multicriteria evaluation with ordered weighted averaging (OWA): Case study of developing management strategies. **Environmental Planning**, v. 35, n. 10, p. 1769-1784, 2003.
- MCCLEAN, C. *et al.* Land use planning: a decision support system. **Journal of Environmental Planning and Management**, v. 38, p. 77-92, 1995.
- MITAMBA, G. *et al.* Establishing the Itombwe Natural Reserve: science, participatory consultations and zoning. **Oryx**, v. 53, n. 1, p. 49-57, 2018.
- NGUYEN, A. K. *et al.* Zoning eco-environmental vulnerability for environmental management and protection. **Ecological Indicators**, v. 69, p. 100-117, 2016.
- NIJKAMP P.; RIETVELD, P.; VOOGD, H. **Multicriteria evaluation in physical planning**. Amsterdam: Holland Publishers, 1990.
- OSBORNE, R. A. L. Saving and conserving the caves: reflections on 37 years of listings, disputes, submissions and court cases. **Australian Journal of Earth Sciences**, v. 66, n. 6, n. 767-778, 2018.
- PFALTZGRAFF, P. A. S.; TORRES, F. S. M. (Org.). **Geodiversidade do estado do Rio Grande do Norte**. Recife: CPRM, 2010. p. 77-92.
- PIMM, S. L. *et al.* The biodiversity of species and their rates of extinction, distribution, and protection. **Science**, v. 344, n. 6187, p. 987-997, 2014.
- Queiroz, L. P. *et al.* **Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga domain**. In: Silva, J. M. C.; Leal, I. R.; Tabarelli, M. (org.). **Caatinga: the largest tropical dry forest region on South America**. Cham: Springer, 2017.
- QUINTA-NOVA, L. *et al.* **Using geostatistics and multicriteria spatial analysis to map forest species biogeophysical suitability: a study case for the centro region of Portugal**. In: Salampasis M., Bournaris T. (org) **Information and communication technologies in modern agricultural development**. Cham: Springer, 2019.
- RAJU, P. L. N. Fundamentals of geographical information system. In: SIVAKUMAR, M. V. K. *et al.* **Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology**. 1. ed. Dehra Dun: World Meteorological organization, 2005.
- RAMIREZ-GOMEZ, S. O. I. *et al.* Participatory mapping to identify indigenous community use zones: Implications for conservation planning in southern Suriname. **Journal for Nature Conservation**, v. 29, p. 69-78, 2016.

- RANIERI, S. B. L. *et al.* Aplicação de índice comparativo na avaliação do risco de degradação das terras. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v. 22, p. 751-760, 1998.
- RISTIC, V. *et al.* Land-use evaluation for sustainable construction in a protected area: A case of Sara mountain national park. **Journal of Environmental Management**, v. 206, p. 430-445, 2018.
- ROBAINA, L. E. S. *et al.* Método e técnicas geográficas utilizadas na análise e zoneamento ambiental. **Geografias**, Belo Horizonte, v. 2, n. 5, p. 36-49, 2009.
- ROCHA, C. H. B. **Geoprocessamento: tecnologia transdisciplinar**. Juiz de Fora: Ed. do Autor, 2000.
- ROMANO, G. *et al.* Multi-criteria decision analysis for land suitability mapping in a rural area of Southern Italy. **Land Use Policy**, v. 48, p. 131-143, 2015.
- ROMANO, S. *et al.* A geostatistical multicriteria approach to rural area classification: from the European perspective to the local implementation. **Agriculture and Agricultural Science Procedia**, v. 8, p. 499-508, 2016.
- ROSA, R.; BRITO, J. L. S. **Introdução ao geoprocessamento: sistema de informações geográficas**. Uberlândia, EDUFU, 1996.
- RUDKE, A. P. *et al.* Impact of mining activities on areas of environmental protection in the southwest of the Amazon: a GIS- and remote sensing-based assessment. **Journal of Environmental Management**, v. 263, p. 1-12, 2020.
- SAATY, T. L. A scaling method for priorities in hierarchical structures. **Journal of Mathematical Psychology**, v. 15, n. 3, p. 234-281, 1977.
- _____. How to make a decision: the analytic hierarchy process. **European Journal of Operational Research**, v. 48, n. 1, p. 9-6, 1990.
- _____. Highlights and critical points in the theory and application of the Analytic Hierarchy Process. **European Journal of Operational Research**, v.74, n.3, 1994.
- _____. Decision making with the analytic hierarchy process. **International Journal of Services Sciences**, v.1, p. 83-98, 2008.
- SANCHEZ, L. E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de textos, 2013.
- SANTOS, A. R. *et al.* Defining environmental conservation levels considering anthropic activity in the Uberaba River Basin protected area. **Ambiente e Água: an Interdisciplinary Journal of Applied Science**, v. 14, n. 1, p. 1-2, 2019.
- SANTOS, H. G. *et al.* Sistema Brasileiro de classificações de solos. In: **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 5ª ed. Brasília, DF: Embrapa, 2018.
- SANTOS, R. F. **Planejamento ambiental: teoria e prática**. 1. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2004.

SAURA, S. *et al.* Protected area connectivity: Shortfalls in global targets and country-level priorities. **Biological Conservation**, v. 219, p. 53-67, 2018.

SCHEFFERS, B. R. *et al.* What we know and don't know about Earth is missing biodiversity. **Trends in Ecology & Evolution**, v. 27, n. 9, p. 501-510, 2012.

SCHLOSSBERG, M.; SHUFORD, E. Delineating "Public" and "Participation" in PPGIS. **URISA Journal**, v. 16, n. 2, p. 15-26, 2005.

SHARMA, R. *et al.* Modeling Land Use and Land Cover Changes and Their Effects on Biodiversity in Central Kalimantan, Indonesia. **Land**, v. 7, n. 2, p. 57, 2018.

SIEBER, R. Public participation geographic information systems: A literature review and framework. **Annals of Association of American Geographers**, v. 96, n. 3, 2006.

SILVA, A. W. P. *et al.* Estratégias de parcerias entre fruticultores do Município de Baraúna-RN: um estudo de caso. **Revista Agropampa**, v. 3, n. 1, p. 76-87, 2018.

SILVA, J. M. C. *et al.* **The Caatinga**: understanding the challenges. In: Silva, J. M. C.; Leal, I. R.; Tabarelli, M. (org.). **Caatinga: the largest tropical dry forest region on South America**. Cham: Springer, 2017.

SILVA, J. S.V.; SANTOS, R. F. Zoneamento para planejamento ambiental: vantagens e restrições de métodos e técnicas. **Cadernos de Ciência e Tecnologia**, v. 21, n. 2, p. 221-263, 2004.

SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. Caatinga and desertification. **Mercator**, v. 14, n. 1, p. 131-150, 2015.

STORE, R.; KANGAS, J. Integrating spatial multi-criteria evaluation and expert knowledge for GIS-based habitat suitability modelling. **Landscape and Urban Planning**, v. 55, n. 2, p. 79-93, 2001.

TRIANANTAPHYLLOU, E.; MANN, S. H. Using the analytic hierarchy process for decision making in engineering applications: some challenges. **International Journal of Industrial Engineering: Theory, Applications and Practice**, v. 2, n. 1, p. 35-44, 1995.

UNEP – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente. **Protected Planet Report 2018**. Switzerland: Cambridge UK and Gland, 2018.

VARGAS-MENA, J. C. *et al.* Diversity of cave bats in the Brazilian tropical dry forest of Rio Grande do Norte State. **Mastozoologia Neotropical**, v. 25, n. 1, p. 199-212, 2018.

VAZQUEZ-QUENTERO, G. *et al.* GIS-Based multicriteria evaluation of land suitability for grasslands conservation in Chihuahua, Mexico. **Sustainability**, v. 20, n. 1, p. 1-19, 2019.

VELAZQUEZ, J. *et al.* Methodological proposal for the analysis of the adequacy of European protected spaces: application to Castilla y León, Spain. **Brazilian Journal of Forestry Research**, v. 37, n. 91, p. 347-360, 2017.

WANG, G. et al. Three types of spatial function zoning in key ecological function areas based on ecological and economic coordinated development: a case study of Tacheng Basin, China. **Chinese Geographical Science**, v. 29, 689-699, 2019.

WANG, X. *et al.* Enhancing participation: experiences of participatory geographic information systems in Shanxi Province, China. **Applied Geography**, v. 28, 2008.

WATSON, J. E. M. *et al.* The performance and potential of protected areas. **Nature**, v. 515, n. 7525, p. 67-73, 2014.

WEISS, R.; PIPPI, L. G. A. Análise multicritério na definição de vulnerabilidade ambiental. **Terra Plural**, v. 13, p. 272-295, 2019.

YONVITNER; BOER, M.; ARDELIA, V. A multi-criteria approach and sustainability index as a consideration on torpedo scad fisheries management in Sunda Strait. **Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan**, v. 12, n. 1, p. 48-58, 2020.

ZANATTO, V. G. *et al.* Rapid impact assessment on touristic caves of Terra Ronca state park, Goiás, Brazil. **Physis Terrae**, v. 1, n. 2, p. 83-100, 2019.

ZHANG, Z. *et al.* Integrating a participatory process with a GIS-based multi-criteria decision analysis for protected area zoning in China. **Journal for Nature Conservation**, v. 21, n. 4, p. 225-240, 2013.

APÊNDICE A

QUESTIONÁRIO PARA OS PESQUISADORES E GESTORES CLASSIFICAREM A ORDEM DE IMPORTÂNCIA DE CADA UM DOS CRITÉRIOS ESCOLHIDOS PARA CADA UM DOS OBJETIVOS DO PARQUE NACIONAL DA FURNA FEIA E A ORDEM DE IMPORTÂNCIA DAS CLASSES DE USO E OCUPAÇÃO DA TERRA

Carta de Esclarecimentos da Pesquisa

O presente questionário faz parte do projeto de mestrado do discente Francisco Hiályson Fidelis Medeiros, orientado pela Prof. Dr. Diana Gonçalves Lunardi e co-orientado pelo Prof. Dr. Vitor de Oliveira Lunardi. O aluno está vinculado ao Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade/PPGATS-Mossoró, pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

A pesquisa em questão tem como título a “*Integração de processos participativos e avaliação multicritério como subsídio ao Zoneamento Ambiental de um Parque Nacional no Bioma Caatinga*”.

O trabalho tem a intenção de reunir a percepção de pesquisadores multidisciplinares em várias fases do processo de tomada de decisão, integrando essas decisões em um ambiente de Sistemas de Informação Geográfica (SIG), espera-se que essa integração forneça dados quantitativos espaciais que possam ser utilizados para o ordenamento territorial do Parque Nacional da Furna Feia.

O Parque Nacional da Furna Feia em questão foi criado no ano de 2012 no estado do Rio Grande do Norte, entre os municípios de Baraúna e Mossoró. É uma unidade de conservação federal que tem como objetivos principais a preservação do complexo espeleológico da Furna Feia, a preservação da biodiversidade associada ao bioma Caatinga, o apoio a realização de pesquisas científicas e o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

Alguns dados importantes sobre o Parque Nacional da Furna Feia incluem: a) possui uma área de 8494 hectares, com uma Zona de Amortecimento de 25.323 mil hectares; b) não possui plano de manejo instituído (está em elaboração); possui atualmente 218 cavernas identificadas; c) sua zona de amortecimento possui aproximadamente 11 comunidades rurais, entre assentamentos e agrovilas, e o uso e ocupação da ZA é marcada principalmente pela exploração comercial agrícola.

A figura a seguir apresenta uma imagem de satélite da área de estudo, em vermelho está a delimitação oficial do parque, e em branco, sua Zona de Amortecimento.



O questionário a seguir é dividido em duas partes, caso o (a) senhor (a) aceite em colaborar com essa pesquisa a primeira parte do mesmo já estará anexada. Ao final do processo de preenchimento, coleta e tratamento das respostas (entre 1 e 2 meses), será enviado um segundo questionário que terá a intenção de avaliar cada um dos critérios de forma comparada (usando lógica fuzzy). Nesse questionário pediremos que indica o qual mais ou menos um critério é importante sobre outro. Mas detalhes serão fornecidos ao envio do segundo questionário.

A primeira parte do nosso questionário tem a intenção de atribuir uma classificação (em ordem de importância) a cada um dos nossos critérios analisados para cada um dos 5 objetivos escolhidos. Cada um dos 5 objetivos definidos para o parque possui 7 critérios a serem analisados, 5 deles são comuns a todos e 2 deles são específicos a cada objetivo. É importante observar que a ordem de importância de cada um dos critérios sobre os objetivos estudados, não possui relação com o fato de serem critérios que afetam positivamente ou negativamente o objetivo, mas sim, o nível de importância do critério para o contexto em geral. Dessa forma, um critério negativo, por exemplo, pode ter um nível de importância maior em relação a um critério positivo, ou vice e versa.

Código do Questionário: _____

(Marque com um **X**) Como o questionário será aplicado a um corpo de pesquisadores e gestores multidisciplinares, solicitamos que seja ponderado o seu nível de familiaridade com o tema em questão, no caso os objetivos definidos nesta pesquisa para o Parque Nacional da Furna Feia. Dessa forma, assinale em uma escala de 1 a 5, onde:

1: Eu nunca realizei nenhuma pesquisa ou trabalho no tema em questão, bem como não possuo nenhum conhecimento acerca do assunto;

2: Valor intermediário que indica pouco conhecimento;

3: Valor intermediário;

4: Valor intermediário que indica bom conhecimento;

5: Eu possuo vasto domínio do assunto em questão, tendo executando, ou executando pesquisas científicas e trabalhos na temática.

- (i) Espeleologia, gênese de cavernas, monitoramento de patrimônio espeleológico; fauna de cavernas, microhabitats, geologia e geomorfologia, impactos ao ambiente cavernícola;

1	2	3	4	5

- (ii) Manejo e conservação da Caatinga, biodiversidade, fragilidades e potencialidades do bioma Caatinga, impactos ao meio ambiente;

1	2	3	4	5

- (iii) Extensão universitária, projetos e programas científicos, pesquisas de campo, elaboração, participação e desenvolvimento de pesquisas científicas em unidades de conservação;

1	2	3	4	5

- (iv) Educação ambiental, ecoturismo, turismo, trilhas ecológicas, visitação em unidades de conservação;

1	2	3	4	5

- (v) Atividades e dinâmicas socioeconômicas de áreas rurais; economia regional, movimentos sociais; políticas públicas, desenvolvimento de comunidades rurais, organizações.

1	2	3	4	5

Com relação ao Parque Nacional da Furna Feia, o (a) senhor (a) diria que (Marque com um **X** a alternativa mais próxima sua realidade):

a) Nunca visitou e/ou nunca ouvir falar sobre o parque em questão	
b) Nunca visitou, mas já ouviu falar sobre o parque	
c) Nunca visitou, mas já leu trabalhos científicos sobre a unidade, ou até mesmo já participou de pesquisas que tinham o parque como área de estudo	
d) Já visitou o parque e possui um conhecimento regular sobre ele	
e) Já visitou o parque e possui um bom conhecimento sobre ele	
f) Já visitou e já realizou pesquisas científicas ou trabalhos de campo no parque	

OBJETIVO 01: PRESERVAÇÃO DO COMPLEXO ESPELEOLÓGICO DO PARQUE NACIONAL DA FURNA FEIA

1. Classifique, em ordem de importância (sendo 1 mais importante e 7 menos importante) os seguintes critérios voltados a preservação do complexo espeleológico do Parque Nacional da Furna Feia:

CRITÉRIOS	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
<i>Distância das Estradas</i>	As estradas causam impactos negativos diretos e indiretos à biodiversidade local, relacionadas a fragmentação de habitats, efeitos de borda a vegetação e impactos sonoros, além de ter como agravante a facilitação no escoamento de recursos explorados.	
<i>Distância das Trilhas</i>	Quanto menor a distância e mais fácil o acesso, maior o potencial de degradação do patrimônio espeleológico – tanto no que se refere à visitação, quanto a outros impactos negativos no entorno, como desmatamento e exploração seletiva.	
<i>Distância das Comunidades e Loteamentos</i>	As comunidades constituem importante fonte de pressão antrópica ao patrimônio espeleológico, quer seja pelo interesse na visitação às cavernas e/ou sítios arqueológicos e impactos associados (alteração de microhabitats, poluição, depredação), quer pelos impactos indiretos causados, tais como	

	exploração de água subterrânea e poluição do aquífero (fossas, lixo e uso de adubos químicos e/ou agrotóxicos) mesmo que em pequena escala.	
<i>Distância de Impactos Ambientais</i>	O grau e concentração de impactos ambientais indicam o nível de modificação da paisagem, além de possuírem classes de impacto diversificadas, como impactos negativos aos recursos hídricos, ao solo e a vegetação.	
<i>Uso e Ocupação da Terra</i>	O uso e ocupação da terra é um forte indicador do nível de antropização da paisagem, diante de suas variadas classes é possível distinguir quais delas possuem relação positiva com a preservação do complexo espeleológico e quais delas possuem relação negativa.	
<i>Distância das Cavernas e Lajedos*</i>	A presença de cavernas e lajedos indicam a presença de uma vasta riqueza espeleológica, demonstrando a importância do patrimônio espeleológico.	
<i>Exploração Mineral*</i>	As áreas com maior potencial de exploração mineral (calcário) representam maior risco de degradação ao patrimônio espeleológico, com provável interferência em todos os processos relacionados à recarga do aquífero e descaracterização da paisagem cárstica, interferindo nos processos de espeleogênese.	

* Em destaque critérios específicos do objetivo 1

2. Considerando apenas o critério “Uso e Ocupação da Terra”, defina quais das seguintes classes (também em ordem de importância), possuem um maior peso para a preservação do complexo espeleológico do Parque Nacional da Furna Feia:

No quadro a seguir existem 11 classes de uso e ocupação da terra identificados na área do parque e em sua zona de amortecimento, enumere cada uma das classes, onde o valor 1 representada a classes mais importante ou mais impactante e 11 a classe menos importante/impactante para preservação do complexo espeleológico.

CLASSES	DESCRIÇÃO	-----
Caatinga Arbórea/ Arbustiva	Vegetação densa com predominância de fragmentos arbóreos.	
Caatinga Arbustiva Aberta/Arbórea	Vegetação rala com predominância de fragmentos arbustivos e herbáceos.	
Cultura de Sequeiro	Compreende lavouras agrícolas que só são implantadas no período chuvoso.	
Cultura Permanente	Compreende o cultivo de plantas perenes, isto é, de ciclo vegetativo de longa duração.	
Cultura Irrigada	Áreas agrícolas onde o uso de técnicas de irrigação ocorre independentemente do período do ano.	
Recursos Hídricos	Recursos hídricos em geral (como: lagos, lagoas e rios).	
Afloramentos e /ou Lajedos	Corresponde às exposições de rochas em superfície.	
Solo Exposto	Envolve áreas desnudas desprovidas de vegetação ou com pouca vegetação herbácea, rala e aberta.	
Extração Mineral	Refere-se às áreas de exploração ou extração de substâncias minerais.	
Loteamentos	Arruamentos bem definidos voltados à futura ocupação humana.	
Núcleos Rurais	Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário.	

OBJETIVO 02: PRESERVAÇÃO DA BIODIVERSIDADE ASSOCIADA AO BIOMA CAATINGA

3. Classifique, em ordem de importância (sendo 1 mais importante e 7 menos importante) os seguintes critérios voltados a preservação da biodiversidade associada ao bioma Caatinga presente no Parque Nacional da Fuma Feia:

CRITÉRIOS	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
<i>Distância das Estradas</i>	As estradas causam impactos negativos diretos e indiretos à biodiversidade local, relacionadas a fragmentação de habitats, efeitos de borda a vegetação e impactos sonoros, além de ter como agravante a facilitação no escoamento de recursos explorados.	
<i>Distância das Trilhas</i>	Quanto menor a distância e mais fácil o acesso, maior o potencial de degradação do patrimônio espeleológico – tanto no que se refere à visitação, quanto a outros impactos negativos no entorno, como desmatamento e exploração seletiva.	
<i>Distância das Comunidades e Loteamentos</i>	As comunidades constituem importante fonte de pressão antrópica ao patrimônio espeleológico, quer seja pelo interesse na visitação às cavernas e/ou sítios arqueológicos e impactos associados (alteração de microhabitats, poluição, depredação), quer pelos impactos indiretos causados, tais como exploração de água subterrânea e poluição do aquífero (fossas, lixo e uso de adubos químicos e/ou agrotóxicos) mesmo que em pequena escala.	
<i>Distância de Impactos Ambientais</i>	O grau e concentração de impactos ambientais indicam o nível de modificação da paisagem, além de possuírem classes de impacto diversificadas, como impactos negativos aos recursos hídricos, ao solo e a vegetação.	
<i>Uso e Ocupação da Terra</i>	O uso e ocupação da terra é um forte indicador do nível de antropização da paisagem, diante de suas variadas classes é possível distinguir quais delas possuem relação positiva com a preservação do complexo espeleológico e quais delas possuem relação negativa.	
<i>Distância de Fontes de Água*</i>	Os ecossistemas/microhabitats lagoas naturais, açudes, cacimbas e riachos intermitentes representam locais de disponibilidade de água para fauna e flora dependente de água para sobrevivência e/ou reprodução.	
<i>Registros de Caça*</i>	Localidades onde foram registradas caça ou evidências de caça são áreas de maior vulnerabilidade para as populações naturais do Parque.	

* Em destaque critérios específicos do objetivo 2

4. Considerando apenas o critério “Uso e Ocupação da Terra”, defina quais das seguintes classes (também em ordem de importância), possuem um maior peso para a preservação da biodiversidade associada ao bioma Caatinga do Parque Nacional da Fuma Feia:

No quadro a seguir existem 11 classes de uso e ocupação da terra identificados na área do parque e em sua zona de amortecimento, enumere cada uma das classes, onde o valor 1 representada a classes mais importante ou mais impactante e 11 a classe menos importante/impactante para se alcançar o objetivo de preservação da biodiversidade.

CLASSES	DESCRIÇÃO	-----
Caatinga Arbórea/ Arbustiva	Vegetação densa com predominância de fragmentos arbóreos.	
Caatinga Arbustiva Aberta/Arbórea	Vegetação rala com predominância de fragmentos arbustivos e herbáceos.	
Cultura de Sequeiro	Compreende lavouras agrícolas que só são implantadas no período chuvoso.	
Cultura Permanente	Compreende o cultivo de plantas perenes, isto é, de ciclo vegetativo de longa duração.	

Cultura Irrigada	Áreas agrícolas onde o uso de técnicas de irrigação ocorre independentemente do período do ano.	
Recursos Hídricos	Recursos hídricos em geral (como: lagos, lagoas e rios).	
Afloramentos e /ou Lajedos	Corresponde às exposições de rochas em superfície.	
Solo Exposto	Envolve áreas desnudas desprovidas de vegetação ou com pouca vegetação herbácea, rala e aberta.	
Extração Mineral	Refere-se às áreas de exploração ou extração de substâncias minerais.	
Loteamentos	Arruamentos bem definidos voltados à futura ocupação humana.	
Núcleos Rurais	Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário.	

OBJETIVO 03: DESENVOLVIMENTO DE PESQUISAS CIENTÍFICAS E EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA

5. Classifique, em ordem de importância (sendo 1 mais importante e 7 menos importante) os seguintes critérios voltados apoio e desenvolvimento de pesquisas científicas e extensão universitária do Parque Nacional da Furna Feia:

CRITÉRIOS	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
<i>Distância das Estradas</i>	As estradas causam impactos negativos diretos e indiretos à biodiversidade local, relacionadas a fragmentação de habitats, efeitos de borda a vegetação e impactos sonoros, além de ter como agravante a facilitação no escoamento de recursos explorados.	
<i>Distância das Trilhas</i>	Quanto menor a distância e mais fácil o acesso, maior o potencial de degradação do patrimônio espeleológico – tanto no que se refere à visitação, quanto a outros impactos negativos no entorno, como desmatamento e exploração seletiva.	
<i>Distância das Comunidades e Loteamentos</i>	As comunidades constituem importante fonte de pressão antrópica ao patrimônio espeleológico, quer seja pelo interesse na visitação às cavernas e/ou sítios arqueológicos e impactos associados (alteração de microhabitats, poluição, depredação), quer pelos impactos indiretos causados, tais como exploração de água subterrânea e poluição do aquífero (fossas, lixo e uso de adubos químicos e/ou agrotóxicos) mesmo que em pequena escala.	
<i>Distância de Impactos Ambientais</i>	O grau e concentração de impactos ambientais indicam o nível de modificação da paisagem, além de possuírem classes de impacto diversificadas, como impactos negativos aos recursos hídricos, ao solo e a vegetação.	
<i>Uso e Ocupação da Terra</i>	O uso e ocupação da terra é um forte indicador do nível de antropização da paisagem, diante de suas variadas classes é possível distinguir quais delas possuem relação positiva com a preservação do complexo espeleológico e quais delas possuem relação negativa.	
<i>Lacunas do Conhecimento*</i>	As áreas com ausência de pesquisas representam lacunas do conhecimento a serem exploradas na área do Parque. Esses espaços podem aumentar significativamente o conhecimento e proporcionar subsídios para a gestão do Parque Nacional da Furna Feia.	
<i>Patrimônio Espeleológico*</i>	O patrimônio espeleológico (cavernas e lajedos) são atualmente uma das principais fontes de informações científicas no parque. Mesmo assim é inquestionável a sua importância para o desenvolvimento das informações científicas para o parque, quanto para o patrimônio espeleológico brasileiro.	

* Em destaque critérios específicos do objetivo 3

6. Considerando apenas o critério “Uso e Ocupação da Terra”, defina quais das seguintes classes (também em ordem de importância), possuem um maior peso para o desenvolvimento de pesquisas científicas e extensão universitária no Parque Nacional da Furna Feia:

No quadro a seguir existem 11 classes de uso e ocupação da terra identificados na área do parque e em sua zona de amortecimento, enumere cada uma das classes, onde o valor 1 representada a classes mais importante ou mais impactante e 11 a classe menos importante/impactante para se alcançar o objetivo de desenvolvimento de pesquisas científicas e extensão universitária.

CLASSES	DESCRIÇÃO	-----
Caatinga Arbórea/ Arbustiva	Vegetação densa com predominância de fragmentos arbóreos.	
Caatinga Arbustiva Aberta/Arbórea	Vegetação rala com predominância de fragmentos arbustivos e herbáceos.	
Cultura de Sequeiro	Compreende lavouras agrícolas que só são implantadas no período chuvoso.	
Cultura Permanente	Compreende o cultivo de plantas perenes, isto é, de ciclo vegetativo de longa duração.	
Cultura Irrigada	Áreas agrícolas onde o uso de técnicas de irrigação ocorre independentemente do período do ano.	
Recursos Hídricos	Recursos hídricos em geral (como: lagos, lagoas e rios).	
Afloramentos e /ou Lajedos	Corresponde às exposições de rochas em superfície.	
Solo Exposto	Envolve áreas desnudas desprovidas de vegetação ou com pouca vegetação herbácea, rala e aberta.	
Extração Mineral	Refere-se às áreas de exploração ou extração de substâncias minerais.	
Loteamentos	Arruamentos bem definidos voltados à futura ocupação humana.	
Núcleos Rurais	Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário.	

OBJETIVO 04: DESENVOLVIMENTO DE ATIVIDADES DE EDUCAÇÃO E INTERPRETAÇÃO AMBIENTAL, RECREAÇÃO E CONTATO COM A NATUREZA E TURISMO ECOLÓGICO

7. Classifique, em ordem de importância (sendo 1 mais importante e 7 menos importante) os seguintes critérios voltados ao desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação e contato com a natureza e turismo ecológico no Parque Nacional da Furna Feia:

CRITÉRIOS	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
<i>Distância das Estradas</i>	As estradas causam impactos negativos diretos e indiretos à biodiversidade local, relacionadas a fragmentação de habitats, efeitos de borda a vegetação e impactos sonoros, além de ter como agravante a facilitação no escoamento de recursos explorados.	
<i>Distância das Trilhas</i>	Quanto menor a distância e mais fácil o acesso, maior o potencial de degradação do patrimônio espeleológico – tanto no que se refere à visitação, quanto a outros impactos negativos no entorno, como desmatamento e exploração seletiva.	

<i>Distância das Comunidades e Loteamentos</i>	As comunidades constituem importante fonte de pressão antrópica ao patrimônio espeleológico, quer seja pelo interesse na visita às cavernas e/ou sítios arqueológicos e impactos associados (alteração de microhabitats, poluição, depredação), quer pelos impactos indiretos causados, tais como exploração de água subterrânea e poluição do aquífero (fossas, lixo e uso de adubos químicos e/ou agrotóxicos) mesmo que em pequena escala.	
<i>Distância de Impactos Ambientais</i>	O grau e concentração de impactos ambientais indicam o nível de modificação da paisagem, além de possuírem classes de impacto diversificadas, como impactos negativos aos recursos hídricos, ao solo e a vegetação.	
<i>Uso e Ocupação da Terra</i>	O uso e ocupação da terra é um forte indicador do nível de antropização da paisagem, diante de suas variadas classes é possível distinguir quais delas possuem relação positiva com a preservação do complexo espeleológico e quais delas possuem relação negativa.	
<i>Atrações Turísticas*</i>	As atrações turísticas reúnem o conjunto de lugares de interesse dos turistas, nesses espaços é onde desenvolve-se a atividade turística. O principal elemento motor para a visita é a atratividade, medida por seus valores culturais ou ambientais.	
<i>Serviços Turísticos*</i>	São os elementos fundamentais que possibilitam a permanência do turista na localidade visitada e o desfrute dos atrativos turísticos.	

* Em destaque critérios específicos do objetivo 4

8. Considerando apenas o critério “Uso e Ocupação da Terra”, defina quais das seguintes classes (também em ordem de importância), possuem um maior peso para o desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação e contato com a natureza e turismo ecológico no Parque Nacional da Furna Feia:

No quadro a seguir existem 11 classes de uso e ocupação da terra identificados na área do parque e em sua zona de amortecimento, enumere cada uma das classes, onde o valor 1 representada a classes mais importante ou mais impactante e 11 a classe menos importante/impactante para se alcançar o objetivo de desenvolvimento de atividades de educação e interpretação ambiental, recreação e contato com a natureza e turismo ecológico

CLASSES	DESCRIÇÃO	-----
Caatinga Arbórea/ Arbustiva	Vegetação densa com predominância de fragmentos arbóreos.	
Caatinga Arbustiva Aberta/Arbórea	Vegetação rala com predominância de fragmentos arbustivos e herbáceos.	
Cultura de Sequeiro	Compreende lavouras agrícolas que só são implantadas no período chuvoso.	
Cultura Permanente	Compreende o cultivo de plantas perenes, isto é, de ciclo vegetativo de longa duração.	
Cultura Irrigada	Áreas agrícolas onde o uso de técnicas de irrigação ocorre independentemente do período do ano.	
Recursos Hídricos	Recursos hídricos em geral (como: lagos, lagoas e rios).	
Afloramentos e /ou Lajedos	Corresponde às exposições de rochas em superfície.	
Solo Exposto	Envolve áreas desnudas desprovidas de vegetação ou com pouca vegetação herbácea, rala e aberta.	
Extração Mineral	Refere-se às áreas de exploração ou extração de substâncias minerais.	
Loteamentos	Arruamentos bem definidos voltados à futura ocupação humana.	

Núcleos Rurais	Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário.	
----------------	--	--

OBJETIVO 05: DESENVOLVIMENTO DAS COMUNIDADES PRESENTES NA ZONA DE AMORTECIMENTO DO PARQUE

9. Classifique, em ordem de importância (sendo 1 mais importante e 7 menos importante) os seguintes critérios voltados ao desenvolvimento das comunidades presentes na zona de amortecimento do Parque Nacional da Fuma Feia:

CRITÉRIOS	DESCRIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
<i>Distância das Estradas</i>	As estradas causam impactos negativos diretos e indiretos à biodiversidade local, relacionadas a fragmentação de habitats, efeitos de borda a vegetação e impactos sonoros, além de ter como agravante a facilitação no escoamento de recursos explorados.	
<i>Distância das Trilhas</i>	Quanto menor a distância e mais fácil o acesso, maior o potencial de degradação do patrimônio espeleológico – tanto no que se refere à visitação, quanto a outros impactos negativos no entorno, como desmatamento e exploração seletiva.	
<i>Distância das Comunidades e Loteamentos</i>	As comunidades constituem importante fonte de pressão antrópica ao patrimônio espeleológico, quer seja pelo interesse na visitação às cavernas e/ou sítios arqueológicos e impactos associados (alteração de microhabitats, poluição, depredação), quer pelos impactos indiretos causados, tais como exploração de água subterrânea e poluição do aquífero (fossas, lixo e uso de adubos químicos e/ou agrotóxicos) mesmo que em pequena escala.	
<i>Distância de Impactos Ambientais</i>	O grau e concentração de impactos ambientais indicam o nível de modificação da paisagem, além de possuírem classes de impacto diversificadas, como impactos negativos aos recursos hídricos, ao solo e a vegetação.	
<i>Uso e Ocupação da Terra</i>	O uso e ocupação da terra é um forte indicador do nível de antropização da paisagem, diante de suas variadas classes é possível distinguir quais delas possuem relação positiva com a preservação do complexo espeleológico e quais delas possuem relação negativa.	
<i>Abastecimento de Água*</i>	A disponibilidade hídrica é um dos grandes fatores de sobrevivência do homem no campo. A ausência de oferta ou má distribuição nas comunidades pode provocar perdas econômicas e o afastamento do homem do campo.	
<i>Associações Comunitárias*</i>	O associativismo promove melhores condições de trabalho e vida as populações locais, sendo uma estratégia decisiva para o desenvolvimento socioeconômico dos associados.	

* Em destaque critérios específicos do objetivo 5

10. Considerando apenas o critério “Uso e Ocupação da Terra”, defina quais das seguintes classes (também em ordem de importância), possuem um maior peso para o desenvolvimento das comunidades presentes na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Fuma Feia:

No quadro a seguir existem 11 classes de uso e ocupação da terra identificados na área do parque e em sua zona de amortecimento, enumere cada uma das classes, onde o valor 1 representada a classes mais importante ou mais impactante e 11 a classe menos importante/impactante para se alcançar o objetivo de desenvolvimento das comunidades presentes na Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Fuma Feia.

CLASSES	DESCRIÇÃO	-----
Caatinga Arbórea/ Arbustiva	Vegetação densa com predominância de fragmentos arbóreos.	

Caatinga Arbustiva Aberta/Arbórea	Vegetação rala com predominância de fragmentos arbustivos e herbáceos.	
Cultura de Sequeiro	Compreende lavouras agrícolas que só são implantadas no período chuvoso.	
Cultura Permanente	Compreende o cultivo de plantas perenes, isto é, de ciclo vegetativo de longa duração.	
Cultura Irrigada	Áreas agrícolas onde o uso de técnicas de irrigação ocorre independentemente do período do ano.	
Recursos Hídricos	Recursos hídricos em geral (como: lagos, lagoas e rios).	
Afloramentos e /ou Lajedos	Corresponde às exposições de rochas em superfície.	
Solo Exposto	Envolve áreas desnudas desprovidas de vegetação ou com pouca vegetação herbácea, rala e aberta.	
Extração Mineral	Refere-se às áreas de exploração ou extração de substâncias minerais.	
Loteamentos	Arruamentos bem definidos voltados à futura ocupação humana.	
Núcleos Rurais	Compreendem áreas de uso intensivo, estruturadas por edificações e sistema viário.	

APÊNDICE B



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
 PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
 PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AMBIENTE, TECNOLOGIA E SOCIEDADE
 MESTRADO EM AMBIENTE, TECNOLOGIA E SOCIEDADE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Esclarecimentos

Este é um convite para você participar da pesquisa “Integração de Processos Participativos e Avaliação Multicritério como Subsídio ao Zoneamento Ambiental de um Parque Nacional no Bioma Caatinga” coordenada pelo mestrando **Francisco Hiályson Fidelis Medeiros** e que segue as recomendações das resoluções 466/12 e 510/16 do Conselho Nacional de Saúde e suas complementares. Sua participação é voluntária, o que significa que você poderá desistir a qualquer momento, retirando seu consentimento sem que isso lhe traga nenhum prejuízo ou penalidade.

Caso decida aceitar o convite, Vossa Senhoria será submetido ao seguinte procedimento: responder o questionário *on line* no seu local de trabalho cuja responsabilidade de aplicação é de Francisco Hiályson Fidelis Medeiros, pesquisador responsável, Mestrando em Ambiente, Tecnologia e Sociedade, curso da Universidade Federal Rural do Semi-Árido – Mossoró. As informações coletadas serão organizadas em banco de dados em programa estatístico e analisadas a partir de técnicas de estatística. Após a análise deste, um segundo questionário será enviado, estruturado com base nas respostas obtidas pelos pesquisadores participantes.

Essa pesquisa tem como objetivo geral: “Construir uma proposta de zoneamento ambiental para o Parque Nacional da Furna Feia e sua Zona de Amortecimento, por meio de planejamento participativo e de avaliação multicritério.”. E como objetivos específicos: Realizar uma caracterização socioambiental e definir os objetivos do Parque Nacional da Furna Feia e de sua Zona de Amortecimento; Realizar uma avaliação multicriterial para o Parna Furna Feia e sua Zona de Amortecimento; Construção de uma proposta de zoneamento ambiental para o Parna Furna Feia, integrando processos de planejamento participativo e análise multicritério; Proposição de uma setorização socioeconômica para a Zona de Amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, com base nos resultados da análise multicritério..

O benefício desta pesquisa é a possibilidade de construção compartilhada e integradora de pesos para avaliação de critérios socioambientais, fornecendo indicadores para pesquisas de avaliação da qualidade ambiental em unidades de conservação, além de fornecer subsídios ao ordenamento territorial.

Os riscos mínimos que o participante da pesquisa estará exposto são de invasão de privacidade; responder a questões sensíveis; discriminação e estigmatização a partir do conteúdo revelado e tomar o tempo do indivíduo ao responder o questionário. Esses riscos serão minimizados mediante: Garantia do anonimato/privacidade do participante na pesquisa, onde não será preciso colocar o nome do mesmo. Para manter o sigilo e o respeito ao participante da pesquisa, apenas o discente e pesquisador Francisco Hiályson Fidelis Medeiros aplicará o questionário e somente a orientadora Professora. Dr. Diana Gonçalves Lunardi, Coorientador Professor. Dr. Vitor de Oliveira Lunardi e o pesquisador responsável poderão manusear e guardar os questionários; Sigilo das informações por ocasião da publicação dos resultados, visto que não será divulgado dado que identifique o participante; Garantia que o participante se sinta à vontade para responder aos questionários.

Os dados coletados serão, ao final da pesquisa, armazenados em CD-ROM ou *pen drive* e caixa arquivo, guardada por no mínimo cinco anos sob a responsabilidade do pesquisador responsável no Laboratório de Ecologia Evolutiva e Molecular – ECOMOL, UFERSA, Campus Mossoró, a fim de garantir a confidencialidade, a privacidade e a segurança das informações coletadas, e a divulgação dos resultados será feita de forma a não identificar os participantes e o responsável.

Você ficará com uma via original deste TCLE e toda a dúvida que você tiver a respeito desta pesquisa, poderá perguntar diretamente para a pesquisador Francisco Hiályson Fidelis Medeiros, do Estado do Rio Grande do Norte/RN, Campus Mossoró, no endereço Rua Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN, 59625-900, Mossoró- RN, campus oeste, ECOMOL. Tel. (84) 3317-1668. Dúvidas a respeito da ética desta pesquisa poderão ser questionadas ao **Comitê de Ética em Pesquisa (CEP-UERN)** -Campus Universitário Central - Centro de Convivência. BR 110, KM 48 Rua: Prof. Antonio Campos, S/N, Costa e Silva. Tel: (84) 3312-7032. e-mail: cep@uern.br /CEP 59.610-090.

Se para o participante houver gasto de qualquer natureza, em virtude da sua participação nesse estudo, é garantido o direito a indenização (Res. 466/12 II.7) – cobertura material para reparar dano – e/ou ressarcimento (Res. 466/12 II.21) – compensação material, exclusivamente de despesas do participante e seus acompanhantes, quando necessário, tais como transporte e alimentação – sob a responsabilidade do pesquisador Francisco Hiályson Fidelis Medeiros.

Não será efetuada nenhuma forma de gratificação por sua participação. Os dados coletados farão parte do nosso trabalho, podendo ser divulgados em eventos científicos e publicados em revistas nacionais ou internacionais. O pesquisador estará à disposição para qualquer esclarecimento durante todo o processo de desenvolvimento deste estudo. Após todas essas informações, agradeço antecipadamente sua atenção e colaboração.

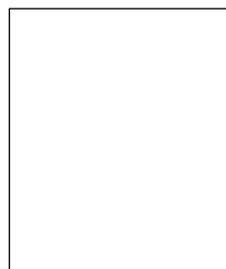
Consentimento Livre

Concordo em participar desta pesquisa “Integração de Processos Participativos e Avaliação Multicritério como Subsídio ao Zoneamento Ambiental de um Parque Nacional no Bioma Caatinga”. Declarando, para os devidos fins, que fui devidamente esclarecido quanto aos objetivos da pesquisa, aos procedimentos aos quais serei submetido (a) e dos possíveis riscos que possam advir de tal participação. Foram garantidos a mim esclarecimentos que venham a solicitar durante a pesquisa e o direito de desistir da participação em qualquer momento, sem que minha desistência implique em qualquer prejuízo a minha pessoa ou a minha família. Autorizo assim, a publicação dos dados da pesquisa, a qual me garante o anonimato e o sigilo dos dados referentes à minha identificação.

Mossoró, ____/____/____.

Assinatura do Pesquisador

Assinatura do Participante



Francisco Hiályson Fidelis Medeiros (Pesquisador Responsável) - Discente do Curso de Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Mossoró, no endereço Rua Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN, 59625-900, Mossoró- RN, campus oeste, ECOMOL. Tel. (84) 3317-1668.

Prof (a) Dr. Diana Gonçalves Lunardi (Orientadora da Pesquisa) - Curso de Mestrado em Ambiente, Tecnologia e Sociedade da Universidade da Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Campus Mossoró, no endereço Rua Francisco Mota, 572 - Pres. Costa e Silva, Mossoró - RN, 59625-900, Mossoró- RN
Comitê de Ética em Pesquisa (CEP-UERN) -Campus Universitário Central - Centro de Convivência. BR 110, KM 48 Rua: Prof. Antonio Campos, S/N, Costa e Silva. Tel: (84) 3312-7032.
 e-mail: cep@uern.br / CEP 59.610-090.

APÊNDICE C

ARTIGOS CIENTÍFICOS DERIVADOS DA DISSERTAÇÃO OU PUBLICADOS DURANTE O MESTRADO

Categoria	Ano	Publicação
Capítulo de Livro	2019	FIDELIS-MEDEIROS, F. H. et al. 10 anos de pesquisas científicas no Parque Nacional da Fuma Feia: contribuições ao planejamento ambiental. In: SEABRA, G. (Org.). Terra – Mudanças Climáticas e Biodiversidade. Ituiutaba: Barlavento, 2019, p. 1478-1492.
Capítulo de Livro	2019	FIDELIS-MEDEIROS, F. H.; SILVA, P. C. M.; LUNARDI, D. G. Análise comparativa de classificações supervisionadas aplicadas a zona de amortecimento de um parque nacional no Bioma Caatinga. In: Pinheiro, L; Gorayeb, A (Org.). Geografia física e as mudanças globais. Fortaleza: UFC Edições, 2019. Disponível em: http://www.editora.ufc.br/images/imagens/pdf/geografia-fisica-e-as-mudancas-globais/1021.pdf
Artigo Científico	2020	FIDELIS-MEDEIROS, F. H.; LUNARDI, V. O.; LUNARDI, D. G. Proposta de Gestão Adequada de Resíduos Sólidos Domiciliares em Comunidades Rurais Utilizando Análise Espaciais. Revista Brasileira de Geografia Física. In press.

ANEXO A

Presidência da República
Casa Civil
Subchefia para Assuntos Jurídicos

DECRETO DE 5 DE JUNHO DE 2012

Dispõe sobre a criação do Parque Nacional da Furna Feia, nos Municípios de Baraúna e Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte.

A PRESIDENTA DA REPÚBLICA, no uso da atribuição que lhe confere o art. 84, **caput**, inciso IV, da Constituição, e tendo em vista o disposto nos arts. 11 e 22 da Lei nº 9.985, de 18 de julho de 2000, regulamentados pelo Decreto nº 4.340, de 22 de agosto de 2002, e o que consta do processo nº 02070.000857/2009-78,

DECRETA:

Art. 1º Fica criado o Parque Nacional da Furna Feia, com aproximadamente 8.494 ha, localizado nos Municípios de Baraúna e Mossoró, Estado do Rio Grande do Norte, com os limites a seguir descritos: inicia no ponto 1, de coordenadas geográficas aproximadas (c.g.a.) 37° 28' 18.97" W e 5° 1' 4.55" S, localizado junto a uma estrada vicinal sem identificação; segue em linha reta até o ponto 2, de c.g.a. 37° 28' 13.29" W e 5° 1' 6.62" S, margeando a parte sul da estrada vicinal referida no ponto 1; segue em linha reta até o ponto 3, de c.g.a. 37° 28' 15.63" W e 5° 1' 12.09" S; segue em linha reta até o ponto 4, de c.g.a. 37° 28' 9.36" W e 5° 1' 15.41" S; segue em linha reta até o ponto 5, de c.g.a. 37° 28' 4.60" W e 5° 1' 49.41" S; segue em linha reta até o ponto 6, de c.g.a. 37° 27' 34.41" W e 5° 2' 6.52" S; segue em linha reta até o ponto 7, de c.g.a. 37° 27' 17.60" W e 5° 2' 1.06" S; segue em linha reta até o ponto 8, de c.g.a. 37° 27' 14.43" W e 5° 1' 55.50" S, localizado junto a uma estrada vicinal sem identificação; segue em linha reta até o ponto 9, de c.g.a. 37° 26' 58.21" W e 5° 2' 5.25" S, margeando a parte sul da estrada vicinal referida no ponto 8; segue em linha reta até o ponto 10, de c.g.a. 37° 26' 46.91" W e 5° 1' 56.85" S; segue em linha reta até o ponto 11, de c.g.a. 37° 26' 30.53" W e 5° 2' 3.72" S; segue em linha reta até o ponto 12, de c.g.a. 37° 26' 27.45" W e 5° 2' 9.49" S; segue em linha reta até o ponto 13, de c.g.a. 37° 26' 28.51" W e 5° 2' 22.66" S; segue em linha reta até o ponto 14, de c.g.a. 37° 26' 34.28" W e 5° 2' 41.21" S; segue em linha reta até o ponto 15, de c.g.a. 37° 26' 32.98" W e 5° 2' 46.87" S; segue em linha reta até o ponto 16, de c.g.a. 37° 26' 35.89" W e 5° 2' 53.49" S; segue em linha reta até o ponto 17, de c.g.a. 37° 26' 35.54" W e 5° 2' 56.32" S; segue em linha reta até o ponto 18, de c.g.a. 37° 26' 32.48" W e 5° 3' 4.42" S; segue em linha reta até o ponto 19, de c.g.a. 37° 26' 29.66" W e 5° 3' 13.59" S; segue em linha reta até o ponto 20, de c.g.a. 37° 26' 22.84" W e 5° 3' 16.18" S; segue em linha reta até o ponto 21, de c.g.a. 37° 26' 18.61" W e 5° 3' 20.29" S; segue em linha reta até o ponto 22, de c.g.a. 37° 26' 16.03" W e 5° 3' 24.40" S; segue em linha reta até o ponto 23, de c.g.a. 37° 26' 36.92" W e 5° 4' 15.30" S; segue em linha reta até o ponto 24, de c.g.a. 37° 26' 28.32" W e 5° 4' 18.18" S, localizado junto a uma estrada vicinal sem identificação; segue em linha reta até o ponto 25, de c.g.a. 37° 26' 25.71" W e 5° 4' 17.55" S, margeando a parte sul da estrada vicinal referida no ponto 24; segue em linha reta até o ponto 26, de c.g.a. 37° 26' 14.36" W e 5° 4' 23.86" S, margeando a parte sul de outra estrada vicinal sem identificação; segue em linha reta até o ponto 27, de c.g.a. 37° 26' 13.41" W e 5° 4' 24.62" S, margeando a parte sul da estrada vicinal referida no ponto 26; segue em linha reta até o ponto 28, de c.g.a. 37° 26' 18.33" W e 5° 4' 33.51" S; segue em linha reta até o ponto 29, de c.g.a. 37° 25' 25.88" W e 5° 5' 7.74" S; segue em linha reta até o ponto 30, de c.g.a. 37° 25' 38.32" W e 5° 5' 27.60" S; segue em linha reta até o ponto 31, de c.g.a. 37° 25' 43.12" W e 5° 5' 24.11" S; segue em linha reta até o ponto 32, de c.g.a. 37° 25' 57.60" W e 5° 5' 46.78" S, localizado junto a uma estrada vicinal sem identificação; segue em linha reta até o ponto 33, de c.g.a. 37° 25' 58.76" W e 5° 5' 45.97" S, margeando a parte norte da estrada vicinal referida no ponto 32; segue em linha reta até o ponto 34, de c.g.a. 37° 26' 28.87" W e 5° 6' 8.69" S, margeando a parte norte de outra estrada vicinal sem identificação; segue em linha reta até o ponto 35, de c.g.a. 37° 26' 28.66" W e 5° 6' 10.08" S; segue em linha reta até o ponto 36, de c.g.a. 37° 26' 38.72" W e 5° 6' 18.85" S; segue em linha reta até o ponto 37, de c.g.a. 37° 26' 55.77" W e 5° 6' 5.91" S; segue em linha reta até o ponto 38, de c.g.a. 37° 27' 4.09" W e 5° 6' 9.47" S, localizado junto à estrada que conduz às torres de comunicação; segue em linha reta até o ponto 39, de c.g.a. 37° 27' 10.70" W e 5° 5' 38.26" S, margeando a parte leste da estrada referida no ponto 38; segue em linha reta até o ponto 40, de c.g.a. 37° 27' 15.85" W e 5° 5' 18.63" S, margeando a parte leste da estrada referida no ponto 38 e localizado na cota altimétrica 140 metros acima do nível do mar (a.n.m.); segue pela

cota altimétrica 140 metros a.n.m., passando pelo ponto 41, de c.g.a. 37° 27' 12.14" W e 5° 5' 14.08" S; e ponto 42, de c.g.a. 37° 27' 8.38" W e 5° 5' 11.40" S; segue em linha reta até o ponto 43, de c.g.a. 37° 27' 8.49" W e 5° 5' 4.88" S, localizado em estrada vicinal sem identificação; segue em linha reta até o ponto 44, de c.g.a. 37° 27' 13.12" W e 5° 4' 55.21" S; segue em linha reta até o ponto 45, de c.g.a. 37° 27' 27.09" W e 5° 4' 46.00" S, localizado na cota altimétrica 240 metros a.n.m.; segue pela referida cota altimétrica passando pelo ponto 46, de c.g.a. 37° 27' 35.51" W e 5° 4' 43.01" S; ponto 47, de c.g.a. 37° 27' 43.65" W e 5° 4' 46.90" S; e ponto 48, de c.g.a. 37° 27' 40.27" W e 5° 4' 48.53" S, localizado junto à estrada que conduz às torres de comunicação; segue margeando a oeste a estrada referida no ponto 48, passando pelo ponto 49, de c.g.a. 37° 27' 35.79" W e 5° 4' 53.54" S; até o ponto 50, de c.g.a. 37° 27' 27.37" W e 5° 5' 0.60" S, localizado à margem da estrada referida no ponto 48; segue em linha reta até o ponto 51, de c.g.a. 37° 27' 41.93" W e 5° 5' 28.58" S; segue em linha reta até o ponto 52, de c.g.a. 37° 28' 4.59" W e 5° 5' 44.22" S; segue em linha reta até o ponto 53, de c.g.a. 37° 28' 31.04" W e 5° 5' 22.59" S; segue em linha reta até o ponto 54, de c.g.a. 37° 28' 15.93" W e 5° 4' 51.29" S; segue em linha reta até o ponto 55, de c.g.a. 37° 28' 14.53" W e 5° 4' 51.72" S; segue em linha reta até o ponto 56, de c.g.a. 37° 28' 0.39" W e 5° 4' 27.87" S; segue em linha reta até o ponto 57, de c.g.a. 37° 29' 28.10" W e 5° 3' 48.03" S; segue em linha reta até o ponto 58, de c.g.a. 37° 29' 47.29" W e 5° 4' 4.31" S; segue em linha reta até o ponto 59, de c.g.a. 37° 29' 58.87" W e 5° 3' 57.81" S; segue em linha reta até o ponto 60, de c.g.a. 37° 30' 16.41" W e 5° 4' 29.08" S; segue em linha reta até o ponto 61, de c.g.a. 37° 30' 32.57" W e 5° 4' 24.37" S, localizado junto a uma estrada vicinal sem identificação; segue em linha reta até o ponto 62, de c.g.a. 37° 30' 45.97" W e 5° 4' 40.71" S, margeando a parte oeste da estrada vicinal referida no ponto 61; segue em linha reta até o ponto 63, de c.g.a. 37° 32' 2.20" W e 5° 4' 14.81" S; segue em linha reta até o ponto 64, de c.g.a. 37° 31' 57.66" W e 5° 3' 58.83" S; segue em linha reta até o ponto 65, de c.g.a. 37° 32' 17.40" W e 5° 3' 53.19" S; segue em linha reta até o ponto 66, de c.g.a. 37° 32' 27.12" W e 5° 4' 27.40" S; segue em linha reta até o ponto 67, de c.g.a. 37° 33' 16.19" W e 5° 4' 12.96" S; segue em linha reta até o ponto 68, de c.g.a. 37° 33' 0.79" W e 5° 3' 41.02" S; segue em linha reta até o ponto 69, de c.g.a. 37° 33' 29.77" W e 5° 3' 32.69" S; segue em linha reta até o ponto 70, de c.g.a. 37° 33' 44.66" W e 5° 4' 4.03" S; segue em linha reta até o ponto 71, de c.g.a. 37° 34' 41.59" W e 5° 3' 46.65" S; segue em linha reta até o ponto 72, de c.g.a. 37° 34' 43.11" W e 5° 4' 11.94" S; segue em linha reta até o ponto 73 de c.g.a. 37° 35' 2.59" W e 5° 4' 6.47" S; segue em linha reta até o ponto 74, de c.g.a. 37° 35' 8.39" W e 5° 4' 6.91" S; segue em linha reta até o ponto 75, de c.g.a. 37° 35' 12.29" W e 5° 4' 10.34" S; segue em linha reta até o ponto 76, de c.g.a. 37° 35' 22.69" W e 5° 4' 29.06" S, localizado junto a uma estrada vicinal sem identificação; segue margeando a parte norte da estrada vicinal referida no ponto 76, passando pelo ponto 77, de c.g.a. 37° 35' 24.29" W e 5° 4' 28.62" S; até o ponto 78, de c.g.a. 37° 35' 27.37" W e 5° 4' 29.47" S; segue em linha reta até o ponto 79, de c.g.a. 37° 35' 26.73" W e 5° 3' 47.53" S; segue em linha reta até o ponto 80, de c.g.a. 37° 35' 22.60" W e 5° 3' 47.68" S; segue em linha reta até o ponto 81, de c.g.a. 37° 35' 20.86" W e 5° 3' 42.15" S; segue em linha reta até o ponto 82, de c.g.a. 37° 35' 15.78" W e 5° 3' 42.42" S; segue em linha reta até o ponto 83, de c.g.a. 37° 35' 15.60" W e 5° 3' 36.73" S; segue em linha reta até o ponto 84, de c.g.a. 37° 35' 23.38" W e 5° 3' 35.94" S; segue em linha reta até o ponto 85, de c.g.a. 37° 35' 10.30" W e 5° 3' 5.88" S; segue em linha reta até o ponto 86, de c.g.a. 37° 35' 57.28" W e 5° 2' 53.21" S; segue em linha reta até o ponto 87, de c.g.a. 37° 35' 55.74" W e 5° 2' 31.35" S; segue em linha reta até o ponto 88, de c.g.a. 37° 35' 44.57" W e 5° 1' 51.47" S; segue em linha reta até o ponto 89, de c.g.a. 37° 35' 34.26" W e 5° 1' 29.61" S; segue em linha reta até o ponto 90, de c.g.a. 37° 35' 31.10" W e 5° 1' 31.09" S; segue em linha reta até o ponto 91, de c.g.a. 37° 35' 26.45" W e 5° 1' 22.70" S; segue em linha reta até o ponto 92, de c.g.a. 37° 35' 24.13" W e 5° 1' 23.42" S; segue em linha reta até o ponto 93, de c.g.a. 37° 35' 17.11" W e 5° 1' 9.43" S; segue em linha reta até o ponto 94, de c.g.a. 37° 33' 55.90" W e 5° 1' 51.22" S; segue em linha reta até o ponto 95, de c.g.a. 37° 33' 5.01" W e 5° 1' 7.23" S; segue em linha reta até o ponto 96, de c.g.a. 37° 32' 9.10" W e 5° 1' 31.29" S; segue em linha reta até o ponto 97, de c.g.a. 37° 32' 11.61" W e 5° 1' 37.57" S; segue em linha reta até o ponto 98, de c.g.a. 37° 31' 54.62" W e 5° 1' 44.51" S; segue em linha reta até o ponto 99, de c.g.a. 37° 31' 52.18" W e 5° 1' 38.16" S; segue em linha reta até o ponto 100, de c.g.a. 37° 30' 59.17" W e 5° 2' 1.22" S; segue em linha reta até o ponto 101, de c.g.a. 37° 28' 57.78" W e 5° 2' 52.74" S; segue em linha reta até o ponto 102, de c.g.a. 37° 28' 52.27" W e 5° 2' 45.94" S; segue em linha reta até o ponto 103, de c.g.a. 37° 29' 3.55" W e 5° 2' 33.93" S; segue em linha reta até o ponto 1, marco inicial deste memorial.

§ 1º O subsolo da área descrita no **caput** integra os limites do Parque Nacional da Furna Feia .

§ 2º Os limites descritos no **caput** são referenciados no Datum Sirgas 2000, a partir das cartas topográficas produzidas pela Diretoria de Serviço Geográfico do Exército Brasileiro, Folhas SB-24-X-A-VI, SB-24-X-B-IV, SB-24-X-C-III e SB-24-X-D-I, em escala 1:100.000; e Folha SB-24-X-D-I-1 em escala 1:50.000.

Art. 2º A zona de amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia tem os limites definidos a partir das cartas topográficas descritas no art. 1º e imagens de sensoriamento remoto, de acordo com o seguinte memorial descritivo:

inicia no ponto 1, de coordenadas geográficas aproximadas (c.g.a.) 37° 33' 17.83" W e 4° 57' 27.20" S, localizado às margens da rodovia não pavimentada que liga Aracati a Mossoró; segue acompanhando a margem da rodovia referida no ponto 1 no sentido sudeste em direção a Mossoró até o ponto 2, de c.g.a. 37° 31' 27.64" W e 4° 59' 40.37" S; segue em linha reta até o ponto 3, de c.g.a. 37° 30' 6.41" W e 5° 0' 19.78" S; segue em linha reta até o ponto 4, de c.g.a. 37° 28' 49.01" W e 4° 59' 19.61" S; segue em linha reta até o ponto 5, de c.g.a. 37° 27' 44.45" W e 4° 59' 51.05" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 6, de c.g.a. 37° 27' 4.04" W e 5° 0' 16.05" S; segue em linha reta até o ponto 7, de c.g.a. 37° 27' 15.46" W e 5° 0' 31.31" S, localizado às margens de estrada não pavimentada; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 8, de c.g.a. 37° 26' 42.08" W e 5° 0' 51.69" S; segue em linha reta até o ponto 9, de c.g.a. 37° 26' 44.59" W e 5° 1' 9.77" S; segue em linha reta até o ponto 10, de c.g.a. 37° 26' 39.33" W e 5° 1' 14.68" S, localizado às margens de estrada não pavimentada; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 11, de c.g.a. 37° 26' 0.63" W e 5° 1' 3.55" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 12, de c.g.a. 37° 24' 14.11" W e 5° 1' 20.76" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 13, de c.g.a. 37° 24' 14.09" W e 5° 1' 28.67" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 14, de c.g.a. 37° 24' 15.00" W e 5° 1' 51.09" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 15, de c.g.a. 37° 24' 33.05" W e 5° 2' 39.11" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 16, de c.g.a. 37° 25' 5.98" W e 5° 2' 56.42" S; segue margeando estrada não pavimentada em direção ao povoado Lagoinha até o ponto 17, de c.g.a. 37° 24' 20.69" W e 5° 4' 5.62" S; segue margeando estrada não pavimentada no sentido Lagoinha-Mossoró até o ponto 18, de c.g.a. 37° 23' 53.18" W e 5° 5' 20.41" S; segue margeando estrada não pavimentada no sentido Lagoinha-Mossoró até o ponto 19, de c.g.a. 37° 23' 18.27" W e 5° 6' 32.11" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 20 de c.g.a. 37° 24' 3.24" W e 5° 7' 48.03" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 21, de c.g.a. 37° 23' 27.12" W e 5° 8' 24.63" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 22, de c.g.a. 37° 25' 27.69" W e 5° 7' 59.14" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 23, de c.g.a. 37° 25' 25.74" W e 5° 7' 52.76" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 24, de c.g.a. 37° 25' 37.58" W e 5° 7' 44.14" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 25, de c.g.a. 37° 25' 30.97" W e 5° 7' 31.02" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 26, de c.g.a. 37° 26' 18.99" W e 5° 6' 56.17" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 27, de c.g.a. 37° 26' 44.80" W e 5° 7' 20.05" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 28, de c.g.a. 37° 27' 6.48" W e 5° 8' 0.43" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 29, de c.g.a. 37° 27' 23.99" W e 5° 8' 35.67" S; localizado às margens da Rodovia RN-015 e segue margeando a Rodovia RN-015 no sentido São Pedro-Baraúna até o ponto 30, de c.g.a. 37° 32' 27.84" W e 5° 6' 28.76" S, localizado às margens da Rodovia RN-015; segue em linha reta até o ponto 31, de c.g.a. 37° 32' 16.53" W e 5° 5' 44.01" S; segue em linha reta até o ponto 32, de c.g.a. 37° 32' 57.00" W e 5° 5' 33.33" S; segue em linha reta até o ponto 33, de c.g.a. 37° 33' 4.10" W e 5° 6' 2.79" , localizado às margens da Rodovia RN-015 e segue margeando a Rodovia RN-015 no sentido Juremal-Baraúna até o ponto 34, de c.g.a. 37° 35' 24.86" W e 5° 5' 39.21" S, localizado às margens da Rodovia RN-015; segue em linha reta até o ponto 35, de c.g.a. 37° 35' 24.04" W e 5° 5' 17.91" S; segue em linha reta até o ponto 36, de c.g.a. 37° 35' 42.10" W e 5° 5' 10.46" S; segue em linha reta até o ponto 37, de c.g.a. 37° 35' 41.85" W e 5° 4' 56.62" S; segue em linha reta até o ponto 38, de c.g.a. 37° 36' 15.78" W e 5° 4' 40.89" S, localizado às margens de uma estrada não pavimentada; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 39, de c.g.a. 37° 36' 14.52" W e 5° 4' 12.71" ; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 40, de c.g.a. 37° 36' 11.39" W e 5° 4' 8.55" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 41, de c.g.a. 37° 36' 13.24" W e 5° 3' 59.44" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 42, de c.g.a. 37° 36' 26.92" W e 5° 3' 58.43" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 43, de c.g.a. 37° 37' 32.94" W e 5° 3' 53.66" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 44, de c.g.a. 37° 37' 48.98" W e 5° 3' 15.52" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 45, de c.g.a. 37° 38' 7.69" W e 5° 2' 50.97" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 46, de c.g.a. 37° 37' 48.01" W e 5° 0' 41.96" S; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 47, de c.g.a. 37° 37' 25.90" W e 4° 58' 8.42" S; segue em linha reta até o ponto 48, de c.g.a. 37° 36' 42.41" W e 4° 58' 14.49" S, localizado às margens de estrada não pavimentada; segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 49, de c.g.a. 37° 36' 18.76" W e 4° 57' 44.97" S, localizado às margens de estrada não pavimentada, segue margeando estrada não pavimentada até o ponto 50, de c.g.a. 37° 33' 58.40" W e 4° 58' 44.89" S; segue em linha reta até o ponto 1, marco inicial deste memorial.

Art. 3º O Parque Nacional da Furna Feia tem por objetivos:

I - preservar o complexo espeleológico da Furna Feia e a biodiversidade associada ao bioma Caatinga;

II - realizar pesquisas científicas; e

III - desenvolver atividades de educação e interpretação ambiental, de recreação em contato com a natureza e de turismo ecológico.

Art. 4º Ficam permitidas na zona de amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia as atividades minerárias autorizadas pelo Departamento Nacional de Produção Mineral e licenciadas pelo órgão ambiental competente até a data de publicação deste Decreto.

Art. 5º Poderão ser permitidos, dentro dos limites da zona de amortecimento do Parque Nacional da Furna Feia, empreendimentos minerários, de exploração, produção, transporte dutoviário de petróleo e gás natural e de transmissão de energia elétrica que obtiverem as autorizações e licenças previstas na legislação, observadas as disposições do plano de manejo da unidade, quando houver.

Art. 6º O Parque Nacional da Furna Feia será administrado pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, que deverá adotar as medidas necessárias à sua efetiva proteção, implantação e controle.

Art. 7º Ficam declarados de utilidade pública, para fins de desapropriação pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade, os imóveis rurais existentes nos limites descritos no art. 1º, nos termos do art. 5º, alínea "k", e art. 6º do Decreto-Lei nº 3.365, de 21 de junho de 1941.

Art. 8º Este Decreto entra em vigor na data de sua publicação.

Brasília, 5 de junho de 2012; 191º da Independência e 124º da República.

DILMA ROUSSEFF

Izabella Mônica Vieira Teixeira

Este texto não substitui o publicado no DOU de 6.6.2012