



ANÁLISE TEMPORAL DE DADOS DE COBERTURA VEGETAL E OCORRÊNCIA DE INCÊNDIOS NA UNIDADE DE CONSERVAÇÃO REFÚGIO DA VIDA SILVESTRE PEDRA DA ANDORINHA, SOBRAL-CE

Temporal Analysis of Data on Vegetle Coverage and Fire Ocurrance in the Wildlife
Refuge Swallow Stone, Sobral-CE

Milena Araújo de Sousa

Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Vale do Acaraú
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4768-369X>
milena.araujo.geo@gmail.com

Vanda de Claudino-Sales

Professora do Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual do Vale do
Acarau – UVA e Professora Visitante da Universidade Federal de Pelotas - UFPEL
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-9252-0729>
vcs@ufc.br

Artigo recebido em 01/06/2022 e aceito em 30/10/2022

RESUMO

A lei federal 9.985/2000 institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) como o complexo de Unidades de Conservação (UC) nos âmbitos federal, estadual e municipal que detêm entre seus objetivos específicos a preservação e restauração de ecossistemas naturais. Inserida nesse contexto tem-se a UC Refúgio de Vida Silvestre Pedra da Andorinha, localizada no distrito de Tapera, abrangendo uma área de 6 hectares, visualizada nas cartas matriciais da SUDENE, folhas SB-24-V-B-I (Santa Quitéria) e SB-24-V-B-II, na escala de 1:100.000. Contudo, a área em estudo vem sofrendo ao longo dos últimos anos (2015-2018) com intensas ocorrências de incêndios, onde a ação antrópica destaca-se enquanto agente disseminador de degradação ambiental segundo dados divulgados pela Agência Municipal do Meio Ambiente de Sobral e por jornais de alcance local e regional. Mediante a problemática explícita, propõe-se uma análise temporal de dados segundo Barbosa (1998) para obtenção dos índices NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada), NBR (Índice de Queimadas por Razão Normalizada) e DNBR (Índice Diferenciado de Queimada por Razão Normalizada), embasado nos procedimentos teórico-metodológicos de Key e Benson (2006) na escala de 1:22.000, os quais irão identificar e mensurar os danos causados à vegetação pelo fogo durante os eventos de incêndios no período entre 2015 e 2018. A obtenção desses índices espectrais foi realizada através de imagens de segundo nível do satélite Landsat 8, cuja resolução espacial é de 30 metros.

Palavras-chave: Unidade de Conservação; Queimadas; Degradação.

ABSTRACT

Federal law 9.985/2000 establishes the National System of Conservation Units (SNUC) as the complex of Conservation Units (UC) at the federal, state and municipal levels, which have among their specific objectives the preservation and restoration of natural ecosystems. Inserted in this context are the UC Refuge of Wildlife Swallow Stone (Pedra da Andorinha) located in the district of Tapera covering an area of 6 hectares, which can be visualized in the matrix letters of SUDENE, leaves SB-24-V-B-I (Santa Quitéria) and SB-24-V-B-II in the scale of 1:100.000. However, the area under study has suffered over the last few years (2015-2018) with intense occurrences of fires where anthropic action stands out as a disseminator agent of environmental degradation according to data released by the Municipal Environment Agency of Sobral and by newspapers of local and regional scope. Through the explicit problem, it is proposed a temporal analysis of data according to Barbosa (2017) to obtain the NDVI indexes (Normalized Difference Vegetation Index), NBR (Index of Burned by Normalized Reason) and DNBR (Differentiated Index of Burned by Normalized Reason) based on in the theoretical methodological procedures of Key and Benson (2006) in the scale of 1:22,000, which will identify and measure the damage caused to vegetation by fire during fire events in the period 2015 to 2018. These spectral indices are reached through second-level images of the Landsat 8 satellite, whose spatial resolution is 30 meters.

Keywords: Conservation Unit; Burning; Degradation.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, em decorrência de acontecimentos mundiais alertarem para a necessidade de preservação dos recursos naturais, houve uma crescente discussão acerca da temática para garantir a preservação e proteção da fauna e flora. Essa discussão possui como marcos legais I - Política Nacional do Ambiente (PNMA) Art. 225, II – Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), III – Sistema Nacional do Meio Ambiente (SISNAMA), IV – Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC).

Neste sentido, são institucionalizadas as unidades de conservação (UCs), como meio de garantir proteção a territórios que apresentam características ecológicas e ambientais relevantes e devem ser mantidos sob regime especial de administração. A legislação específica prevê também a oportunidade de garantir a mesma proteção aos povos e comunidades tradicionais, através do SNUC, criado com a promulgação da Lei n. 9.985 de 18 de julho de 2000.

O SNUC classifica as UCs em dois grupos distintos, conforme os tipos de uso e manejo: Proteção Integral e Uso Sustentável. Incluso no grupo de Unidades de Proteção Integral, está a tipologia Refúgio de Vida Silvestre (REVIS), tendo como objetivos definidos no artigo 13 da lei nº 9.985 (2000) a proteção de áreas naturais que promovam circunstâncias propícias para a existência e reprodução de espécies de flora local e de fauna nativa ou migratória. É previsto que a ocorrência de

visitas públicas esteja sujeita às normas empregadas no plano de manejo da área, assim como em concordância com as diretrizes do órgão responsável por sua administração.

O Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza (SNUC) - lei 9985/2000, conceitua Unidades de Conservação (UC) como espaços territoriais, incluindo seus recursos ambientais, com características naturais relevantes, que têm a função de assegurar a representatividade de amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitat e ecossistemas do território nacional e das águas, preservando o patrimônio biológico existente (SILVA *et al.*, 2013)

O SNUC divide as UCs em dois grupos: Unidades de Proteção Integral e as Unidades de Uso Sustentável. As Unidades de Proteção Integral referem-se a áreas voltadas para manutenção dos ecossistemas que não apresentam alterações significativas em seu equilíbrio dinâmico, admitindo apenas usos indiretos. As Unidades de Uso Sustentável são áreas que se admite a exploração dos recursos naturais de maneira que garanta a manutenção da biodiversidade, assim como os demais atributos ecológicos, de forma socialmente justa e economicamente viável (BRASIL, 2011).

As UCs no âmbito do Estado do Ceará são compreendidas como territórios compostos por recursos naturais que incorporam feições ambientais expressivas, instituídas por trâmites legais do poder público estadual apresentando limites e objetivos de preservação definidos (Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000). A Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre Pedra da Andorinha é uma UC de Proteção Integral do Estado do Ceará, criada pelo decreto nº1252 de 18 de agosto de 2010 (Figura 1).

2. CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A REVIS está situada no semiárido cearense. O tipo climático dominante é o tropical quente semiárido com temperaturas elevadas. Observando-se a litologia, têm-se a unidade litostratigráfica Tamboril – Santa Quitéria, a qual, segundo Costa *et al.* (2013), corresponde a uma associação granito-migmatítica envolvendo granitoides diversos no intervalo de 650-610 Ma. Do ponto de vista geomorfológico, a REVIS está situada na Superfície Aplainada Sertaneja, apresentando topografia plana ondulada, pontuada por grandes elevações correspondentes ao inselberg Pedra da Andorinha. Ocorre o predomínio de intemperismo físico, o qual, em conjunto com o clima seco, condiciona a formação de solos do tipo neossolos litólicos, que são solos rasos, com pequenas espessuras, textura indiscriminada, fertilidade natural média, alta suscetibilidade à erosão, com fases pedregosas (RODRIGUES *et al.*, 2020). A vegetação dominante é de caatinga arbustiva aberta (EMBRAPA, 2018). A figura 1 indica a localização da REVIS.

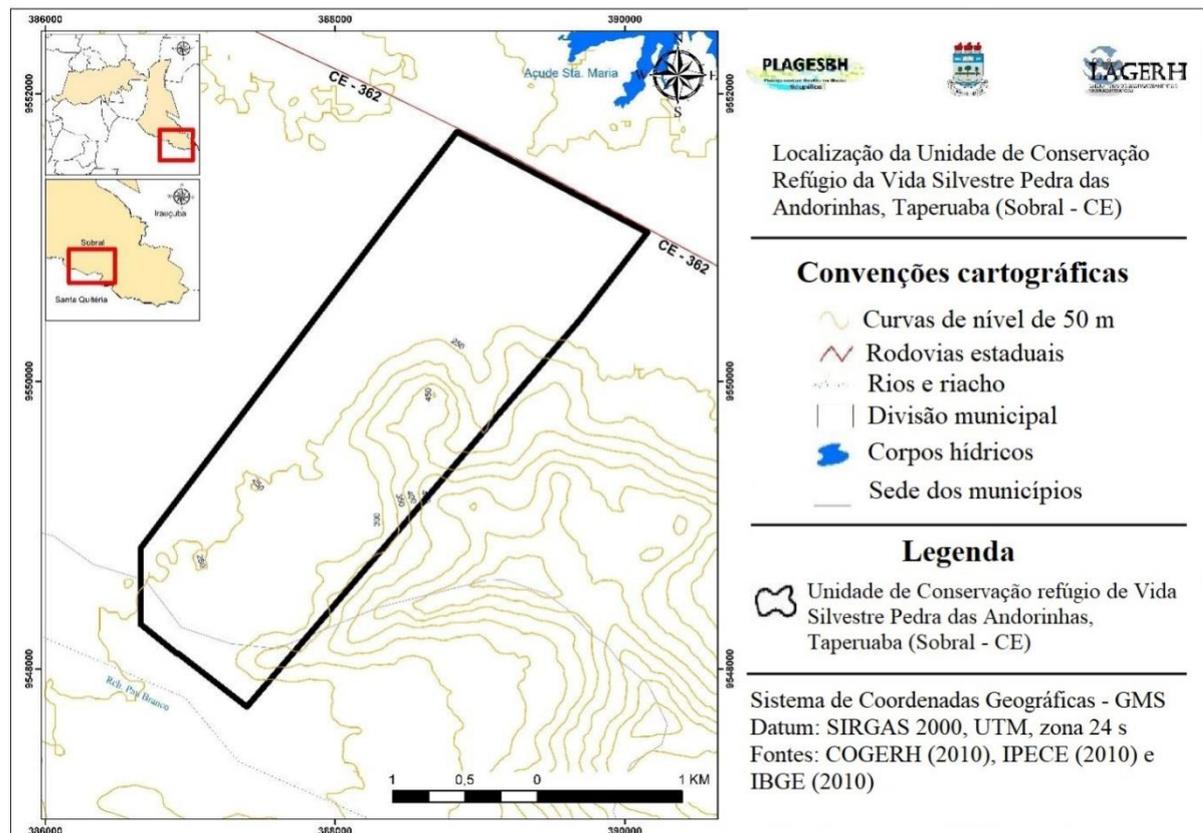


Figura 1 - Mapa de Localização da Unidade Conservação Refúgio de Vida Silvestre Pedra da Andorinha.
Fonte: Elaborado pelas autoras.

A REVIS Pedra da Andorinha é uma unidade administrada pelo poder municipal, através da Agência Municipal do Meio Ambiente de Sobral (AMA), e tem como principal objetivo ratificar condições para a manutenção e reprodução de espécies da flora local, assim como da fauna originária ou migratória. Segundo Sampaio *et al.* (2019), são cerca de 11 a 14 espécies de andorinhas brasileiras, sendo que três delas migram somente no verão, quando buscam abrigo nos tafones do inselberg Pedra da Andorinha.

Esta UC destaca-se por sua diversidade vegetal. De acordo com o jornal Diário do Nordeste (JÚNIOR, 2017), abriga espécies consideradas em outras regiões como extintas, como a Aroeira e o Angico. De acordo com Sampaio *et al.* (2019), uma nova espécie vegetal foi recentemente descoberta, denominada de *Solanum graniticola*, que pertence ao grupo monofilético *Thomasiifolium* de *Solanum*.

No entanto, observa-se na área perdas da cobertura vegetal nativa devido aos constantes incêndios em diversas proporções. Exemplo é o incêndio ocorrido em 2017, em quando foram consumidos cerca de 40% da UC (Sobral Online, 2017). O poder público tem desenvolvido medidas para minimizar a propagação dos incêndios, como por exemplo, o aceiro de desbaste feito ao redor de toda a área da UC (ver Figura 1).

3. MÉTODOS E TÉCNICAS

Mediante os fatos acima citados, buscaram-se técnicas para mensurar os danos causados pelo fogo através dos estudos de Key e Benson (2006), bem como o comportamento da vegetação e seu grau de regeneração pós queima, utilizando o aporte teórico-metodológico de Barbosa (1998) e Figueiredo (1997). A metodologia utilizada foi a sistêmica, de Bertalanffy (19745).

As técnicas utilizadas para o desenvolvimento da pesquisa pode ser dividido em quatro etapas de trabalho:

1) Levantamento do aporte teórico como essencial para embasar cientificamente a pesquisa, por meio da consulta de obras voltadas à temática.

2) Trabalho de campo para observação da área de estudo, registros fotográficos de espécies vegetais e identificação da tipologia do solo, coleta de coordenadas dos locais onde ocorre a maior incidência de focos de incêndio pela utilização de GPS GarminEtrex 30 x.

3) Classificar as cicatrizes de queimadas através da metodologia proposta por Roy, Boschetti e Trigg (2006), que utiliza o pré e pós fogo para obter o índice de queimada por razão normalizada (NBR) para calcular o dNBR ($NBR_{\text{pré-fogo}} - NBR_{\text{pós fogo}} = dNBR$) (KEY; BENSON, 2006). O procedimento permite acessar a severidade com a qual o incêndio impacta no solo e na perda de matéria orgânica (KEELEY, 2009; KEANE *et al.*, 2008).

4) Utilização de técnicas de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index/ Índice de Vegetação da Diferença Normalizada) como subsídio para análise da perda de cobertura vegetal temporal (2015 a 2018), ocasionada pelos constantes focos de incêndios. O NDVI consiste na observação e tratamento das imagens obtidas pelas bandas do satélite Landsat 8, que se aplica por meio do cálculo $NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$, a partir da fórmula utilizada da seguinte maneira em área de forte atividade clorofiliana:

“Numerador: Infra Vermelho (alto) – Vermelho (baixo) => Valor resultante alto; Denominador: Infra Vermelho (alto) + Vermelho (baixo) => Valor resultante alto; Resultado final: NDVI => Valor resultante sobe em direção a 1” (ENGESAT, 2013).

Portanto, o índice se comporta da seguinte maneira em área de baixa atividade clorofiliana: “Numerador Infra Vermelho (baixo) – Vermelho (alto) => Valor resultante baixo; Denominador: Infra Vermelho (baixo) + Vermelho (alto) => Valor resultante alto = Resultado final: NDVI => Valor resultante desce em direção a -1” (ENGESAT, 2013).

A confecção de produtos cartográficos, por sua vez, constitui uma etapa essencial no processo de análise de dados temporais, possibilitando apresentar mapas como localização da área de estudo, localização dos principais focos de queimadas e seu nível de gravidade.

4. RESULTADOS

4.1. Índice de Queimadas por Razão Normalizada

Para elaboração do índice NBR, utilizou-se o satélite Landsat 8, cuja resolução espectral é de 30 metros, possibilitando captação de informações detalhadas da superfície terrestre. De acordo com Key e Benson (2006), o índice de queima por razão normalizada assemelha-se ao índice de vegetação de diferença normalizada (NDVI), porém, para obtenção do NBR utilizam-se as bandas mais sensíveis do satélite Landsat, cujas respostas espectrais têm comportamento diferenciado em relação à queima.

Para uma melhor distinção de áreas queimadas e não queimadas é utilizado o delta NBR ou dNBR através do cálculo de subtração entre os dados NBR obtidos pós queima e os dados NBR pré-queima, o que permite um resultado preciso dos danos causados à área afetada pelo fogo.

As diversas vantagens do NBR incluem: 1) uma medida transferível padrão com influência reduzida de qualidade dependente da imagem ou do observador; 2) utilidade em queimaduras grandes e remotas e potencial para comparar queimaduras múltiplas, regional ou nacionalmente; 3) correlação direta com efeitos estimados do fogo e outras variáveis ambientais quantitativas; e 4) flexibilidade para aplicar a medida como variável contínua ou discreta na modelagem, pesquisa e gerenciamento (KEY; BENSON, 1999, p. 1).

Esta mudança medida no NBR, delta NBR, ou dNBR, é hipotetizada como sendo correlativa em magnitude à mudança ambiental causada pelo fogo (a gravidade das queimadas no que se refere aos efeitos do fogo em comunidades vegetativas anteriormente existentes) (KEY; BENSON, 2006, p. 26). Na Figura 2, observa-se o produto cartográfico proveniente do índice dNBR calculado para o ano de 2015, com imagens dos meses de julho e novembro. Analisando o produto dNBR é possível observar os níveis de alta moderada severidade e baixa moderada severidade ocasionados pelo incêndio do ano de 2015 (Figura 2).

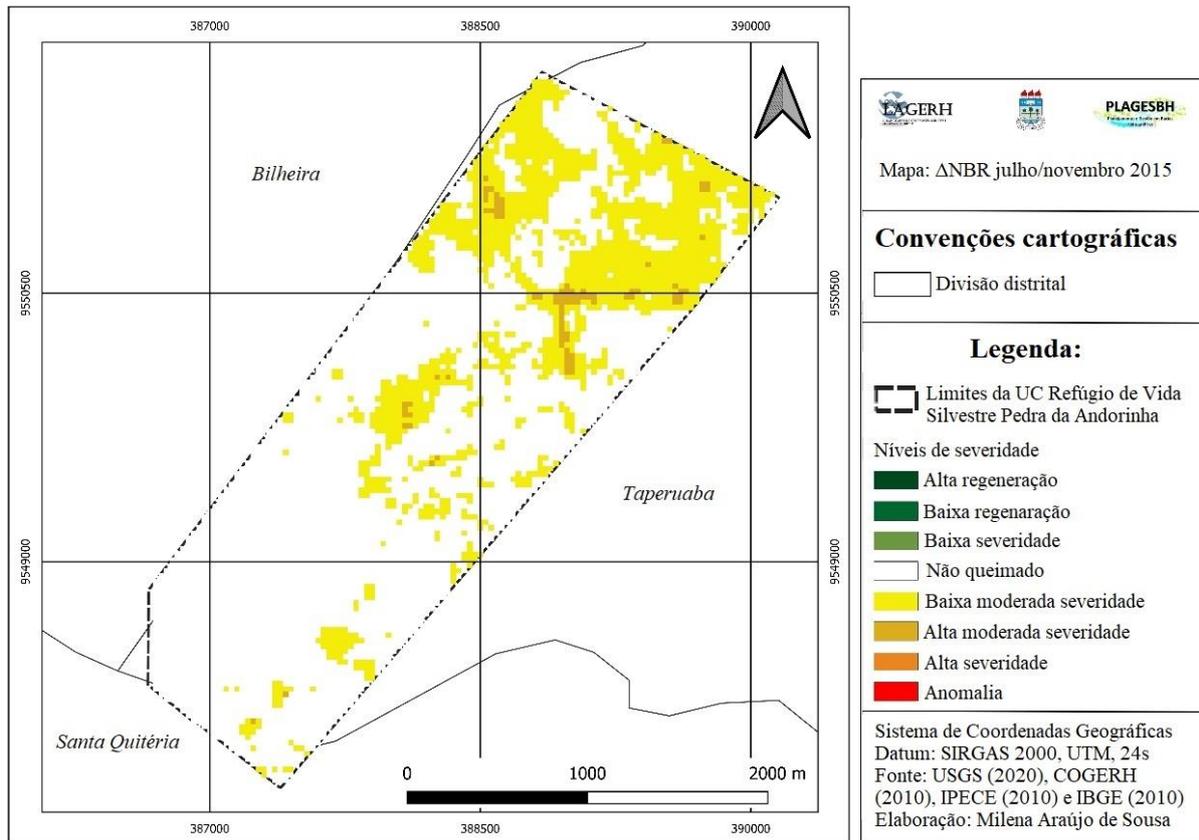


Figura 2 - ΔNBR da Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre Pedra da Andorinha – 2015.
Fonte: as autoras.

Estabeleceram-se, para facilitar a análise, medidas do grau de severidade de queimadas e seus valores variantes (Quadro 1).

Quadro 1: Níveis de Severidade e Valores Variantes do dNBR.

Nível de Severidade	Valor Dnbr
Alta Regeneração	-500 - -251
Baixa Regeneração	-250 - -101
Não Queimado	-100 - +99
Baixa Severidade	+100 - +269
Baixa Moderada Severidade	+270 - +439
Alta Moderada Severidade	+440 - +659
Alta Severidade	+660 - +1350
Anomalia	>+1350

Fonte: KEY; BENSON, 1999.

Medeiros e Fiedler (2003) afirmam que incêndios de grandes proporções em Unidades de Conservação podem representar uma ameaça grave para a conservação da biodiversidade, o que se pode verificar enquanto agente de degradação ambiental na UC Refúgio de Vida Silvestre Pedra da

Andorinha. No ano de 2015 registrou-se um incêndio que, de acordo com o depoimento do gerente da unidade ao jornal Diário do Nordeste (2015), teve início nos arredores da área em um trecho da CE-362. Esse incêndio consumiu cerca de 40% da área total da UC (Figuras 3 e 4).



Figura 3 - Inselberg Pedra da Andorinha.
Fonte: Ávila, 2020.



Figura 4 - Queimadas na UC Pedra da Andorinha.
Fonte: Diário do Nordeste, 2015.

Em entrevista ao periódico Diário do Nordeste (2017), a Autarquia Municipal do Meio Ambiente de Sobral (AMMA) destaca que o período de estiagem aliado ao tempo seco e aos fortes ventos formam um ambiente propício às queimadas, além da ação antrópica, por meio de práticas agrícolas de preparação da terra para o plantio, comumente associadas ao uso do fogo. O órgão gestor da UC buscou medidas preventivas como o aceiro nas áreas adjacentes à unidade, retirando de 3 a 5 metros de faixa vegetativa.

Seguindo com a análise temporal da UC, elaborou-se um produto cartográfico com base no índice diferenciado de queimada por razão normalizada dNBR para acompanhar o processo de regeneração ambiental local no ano de 2016 (Figura 5). Cabe destacar áreas que no ano anterior apresentavam níveis de severidade, porém expunham no ano de 2016 graus de baixa e alta moderada severidade.

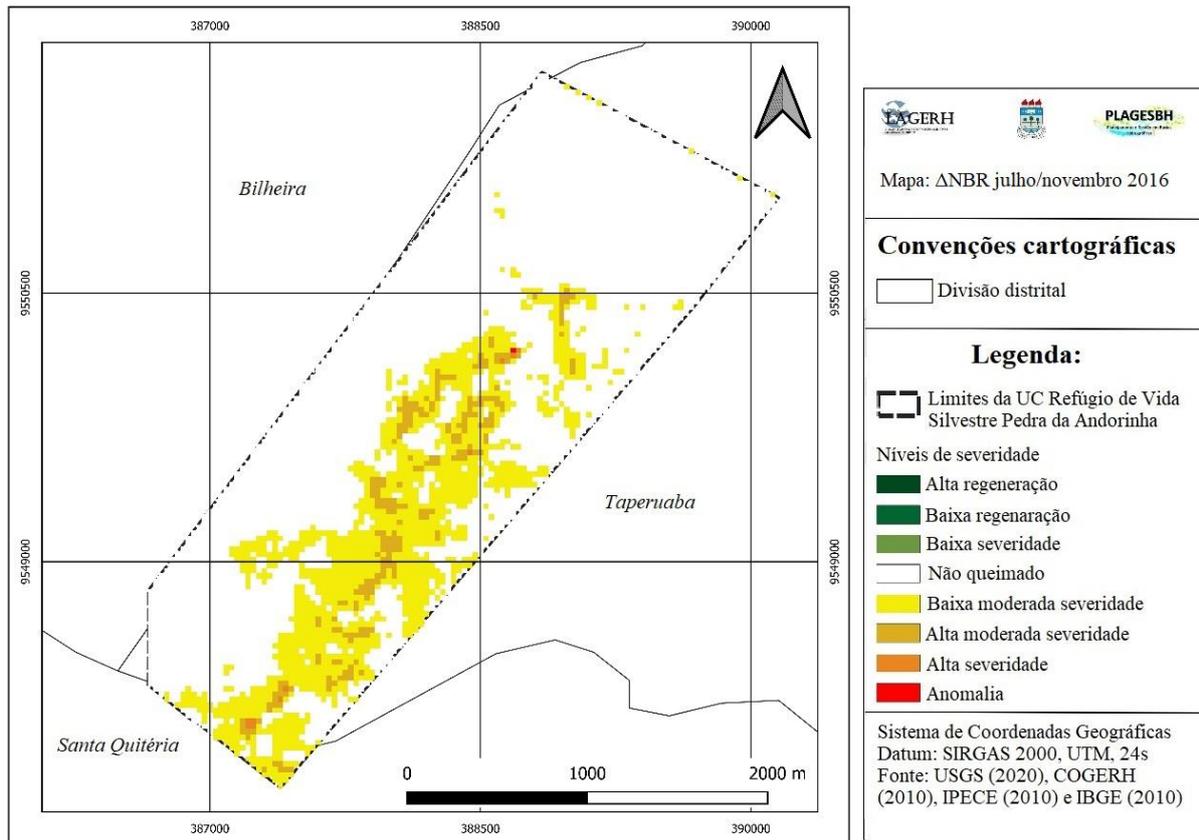


Figura 5 - ΔNBR da Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre Pedra da Andorinha – 2016.

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Segundo Capache (2012), as queimadas no solo afetam direta e indiretamente suas características morfológicas (como densidade e porosidade), biológicas (como alteração do pH e o teor de nutrientes), causando perdas da biodiversidade, da micro, meso e macrofauna. Nunes *et al.* (2006 apud CAPACHE, 2012, p.17) afirmam que “pesquisas mostram que, após uma queimada os teores de nutrientes como Ca, Mg, P e K, e o pH, aumentam e sua disponibilidade para as plantas é imediata, entretanto esse efeito é curto, no máximo 3 anos” (ver Figura6).

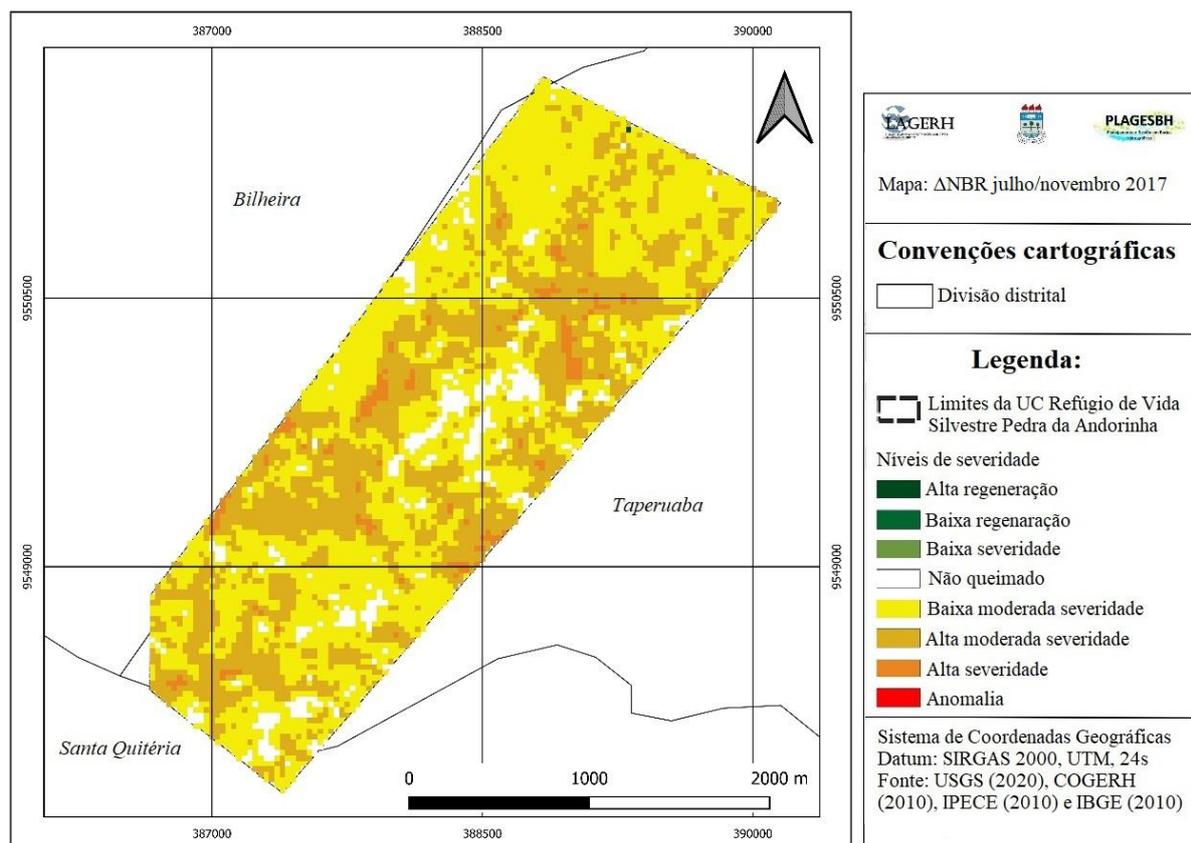


Figura 6 -ΔNBR da Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre Pedra da Andorinha – 2017.
Fonte: Elaborado pelas autoras.

Os efeitos das queimadas na área em estudo são evidentes, podendo ser observadas extensas áreas de baixa moderada severidade de queimadas, e alta moderada severidade. Em 2017, há presença de áreas não queimadas e trechos curtos que apresentam alta severidade, que são de pouca expressividade em relação aos demais níveis de severidade anteriormente citados. Segundo Barros e Lima (2019), a UC fica vulnerável a incêndios na época de secas, tendo como agravante a cultura arcaica de uso do fogo nas áreas de roçado no perímetro circunjacente da unidade, o que acaba atingindo diversos pontos da reserva.

Para o ano de 2018 (Figura 7), os índices espectrais NBR e dNBR possibilitam a percepção de áreas que apresentam níveis de alta moderada severidade em predominância, bem como áreas com a presença de baixa moderada severidade, alta severidade e não queimadas. Comparando o produto cartográfico dos anos 2017-2018 pode-se afirmar que houve aumento no nível de degradação causada pelo fogo, pois o aumento de regiões em que com presença de anomalias está mais extensa do que no ano anterior.

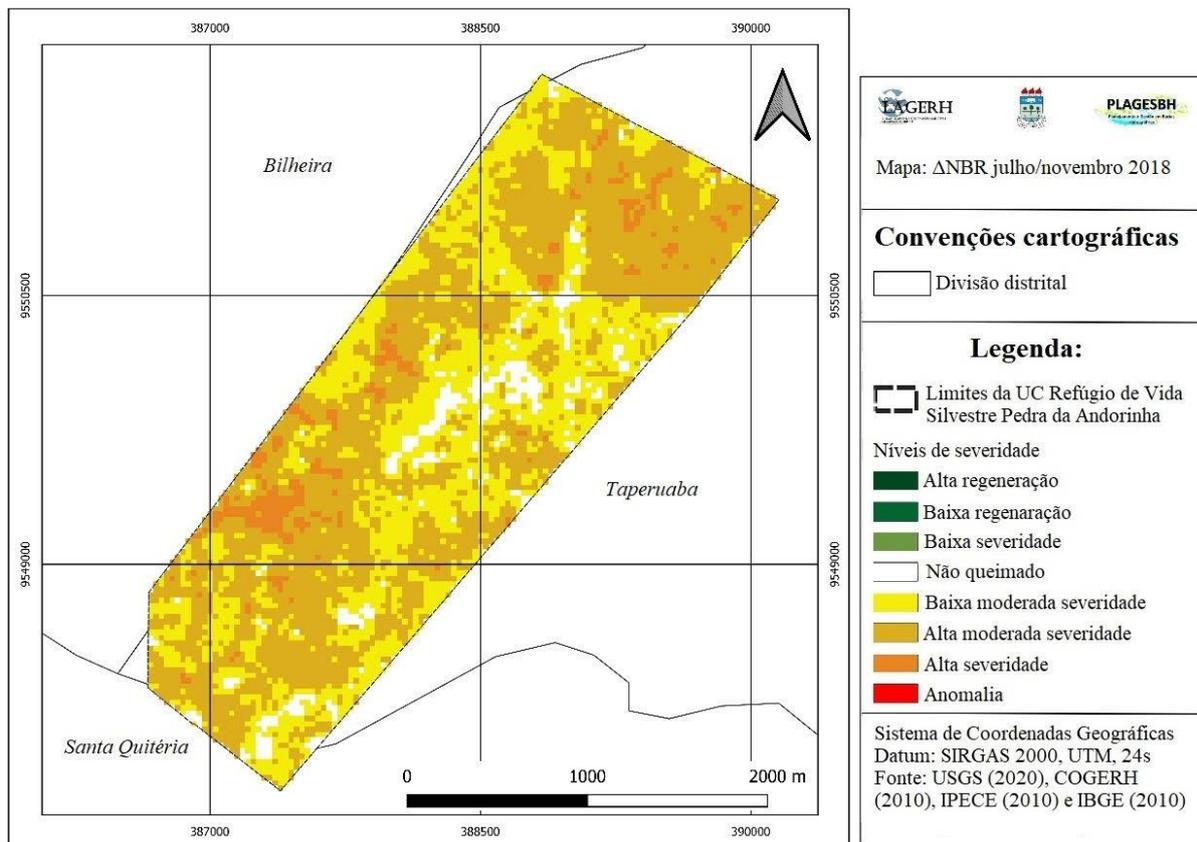


Figura 7 - ΔNBR da Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre Pedra da Andorinha – 2018.
Fonte: Elaborado pelas autoras.

4.2. Índice de Vegetação por Diferença Normalizada

O NDVI corresponde ao nível de reflectância de vegetação em frequências específicas, o que está estritamente ligado à saúde da planta: uma área de vegetação não saudável, desidratada, absorve a luz infravermelha próxima (NIR), enquanto a clorofila presente em uma vegetação saudável absorve a luz visível e suas folhas refletem a luz do infravermelho próximo.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada é medido através da equação:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{VIS}}{\text{NIR} + \text{VIS}}$$

Onde NIR refere-se à reflectância da onda infravermelha mais próxima e VIS a reflectância da onda vermelha.

Este índice é dividido em classes e intervalos pré-definidos de acordo com as ondas espectrais referentes a cada classe (Quadro 2).

Quadro 2: Índice NDVI correspondente a suas respectivas classes e alvos de superfície.

Intervalos NDVI	Classes	Alvos de Superfície
-1 - -0,18	Classe 1	Corpos d'água
-0,18 - -0,04	Classe 2	Áreas sem Vegetação
-0,04 - 0,03	Classe 3	Vegetação decídua menos densa
0,03 - 0,14	Classe 4	Vegetação decídua mais densa
0,14 - 0,29	Classe 5	Vegetação Semidecídua
0,29 - 0,69	Classe 6	Vegetação Perenifólia

Fonte: Barbosa, 1998.

Para análise temporal da UC Refúgio de Vida Silvestre Pedra da Andorinha, utilizou-se o índice espectral NDVI, que aliado ao NBR, promovem uma melhor quantificação dos níveis de degradação presentes na unidade, considerando a perda de vegetação pelos eventos de incêndios.

Para um melhor entendimento dos padrões estabelecidos por Barbosa, aplicou-se aos alvos de superfície nomenclaturas de tipologias de vegetação presentes na UC seguindo a linha de estudo de Figueiredo (1997) (Quadro 3).

Quadro 3: Alvos de superfície com nomenclaturas de tipologias vegetativas da área.

Alvos de Superfície	Tipologias
Vegetação decídua menos densa	Caatinga Arbustiva Densa
Vegetação decídua mais densa	Floresta Caducifólia Espinhosa (Caatinga Arbórea)
Vegetação Semidecídua	Floresta Subcaducifólia Tropical Pluvial (Mata Seca)
Vegetação Perenifólia	Floresta Subperenifólia Tropical Plúvio-Nebular (Mata Úmida)

Fonte: Figueiredo, 1997.

Por meio do produto cartográfico é possível observar fatores como perda de vegetação e classificação das tipologias presentes na área (Figura 8).

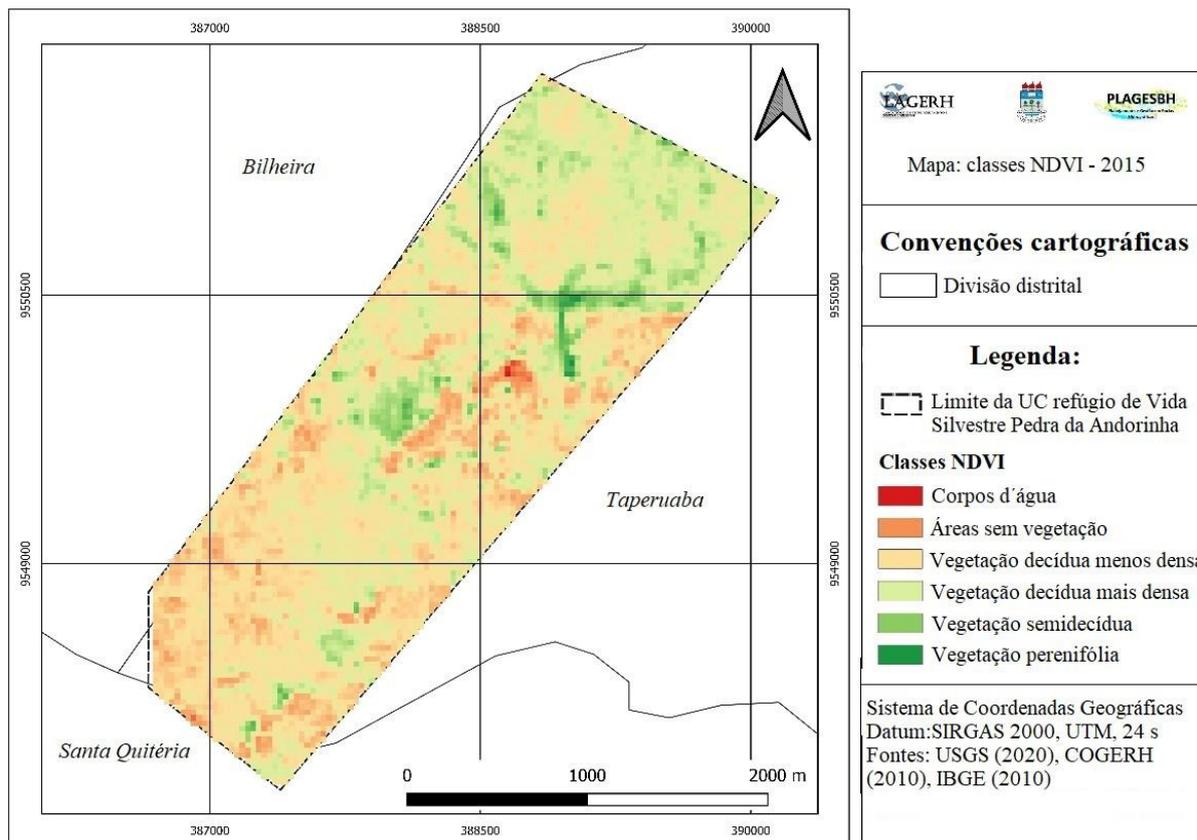


Figura 8 - Mapa de Classes NDVI – 2015.
Fonte: Elaborado pelas autoras.

A representação cartográfica da reserva para o ano de 2015 apresenta extensas regiões com vegetação decídua menos densa, bem como áreas com vegetação semidecídua/floresta subcaducifólia tropical pluvial (mata seca) e perenifólia/floresta subperenifólia tropical plúvio-nebular (mata úmida), além de pequenas áreas sem cobertura vegetal. Para Gonçalves (2006), as plantas sem casca protetora do câmbio vivo e plantas não adaptadas ao fogo podem morrer com grande facilidade. O autor também afirma que repetidos eventos de queimadas podem desacelerar o processo de regeneração da vegetação.

Outro dado a ser levado em conta no que diz respeito ao surgimento de incêndios é o índice pluviométrico, considerando a precipitação como um fator que favorece o crescimento da vegetação. Segundo o gráfico de chuvas dos postos pluviométricos da Fundação Cearense de Meteorologia (2020), no ano de 2015 o posto pluviométrico de Sobral apresentou uma média de 111,6 mm de janeiro a maio, o que caracteriza baixa precipitação e favorecimento de áreas de ocorrência de focos de incêndios.

Em 2016 registrou-se uma média pluviométrica de 99,36 mm de janeiro a maio, segundo dados da FUNCEME (2020), sendo essa a média mais baixa desta análise temporal. É possível afirmar esse fato mediante observação do mapa a predominância de áreas sem cobertura vegetal representadas

pela coloração laranja (Figura9). Observa-se também áreas menores com a presença de vegetação decídua menos densa/caatinga arbustiva densa e vegetação semidecídua/floresta subcaducifólia tropical pluvial (mata seca).

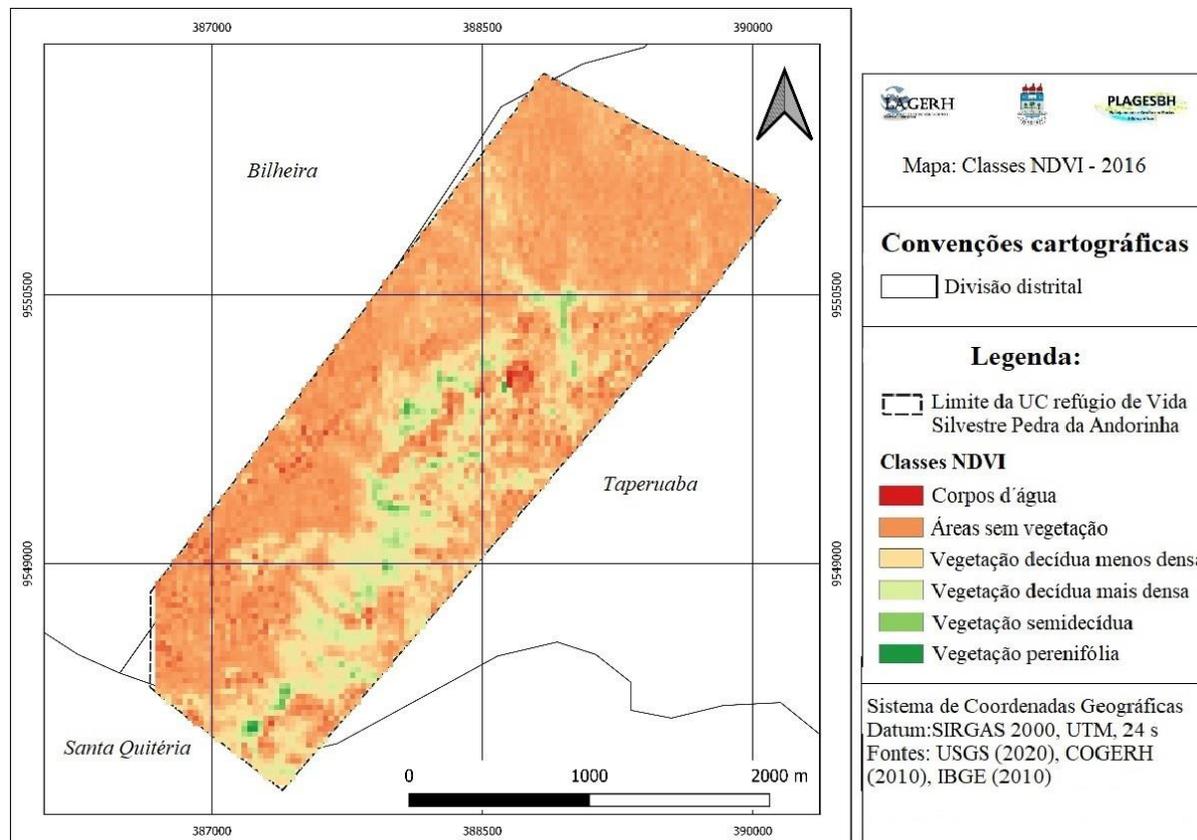


Figura 9 - Mapa de Classes NDVI – 2016.
Fonte: Elaborado pelas autoras.

Para Catry, Fernandes e Silva (2010), uma planta pode perder seu tronco e sua copa e permanecer viva, sendo este um fato comum com espécies vegetais folhosas, porém tal planta não resistiria se suas raízes fossem afetadas. Para Keeley *et al.* (2005 apud CATRY; FERNANDES; SILVA, 2010, p. 76), é possível que ocorra o aumento temporário da diversidade de plantas entre o primeiro e o terceiro ano posteriores às queimadas em função do decréscimo da competição de espécies vegetais na área recentemente queimada.

No ano de 2017, a reserva apresentou predominância de vegetação perenifólia e semidecídua representadas em tons de verdes. A média de chuvas do dado ano é um fator a ser considerado, pois dentre a linha temporal proposta, este é o ano com a maior média, contendo uma média de 168,8 mm entre janeiro e maio (Figura 10).

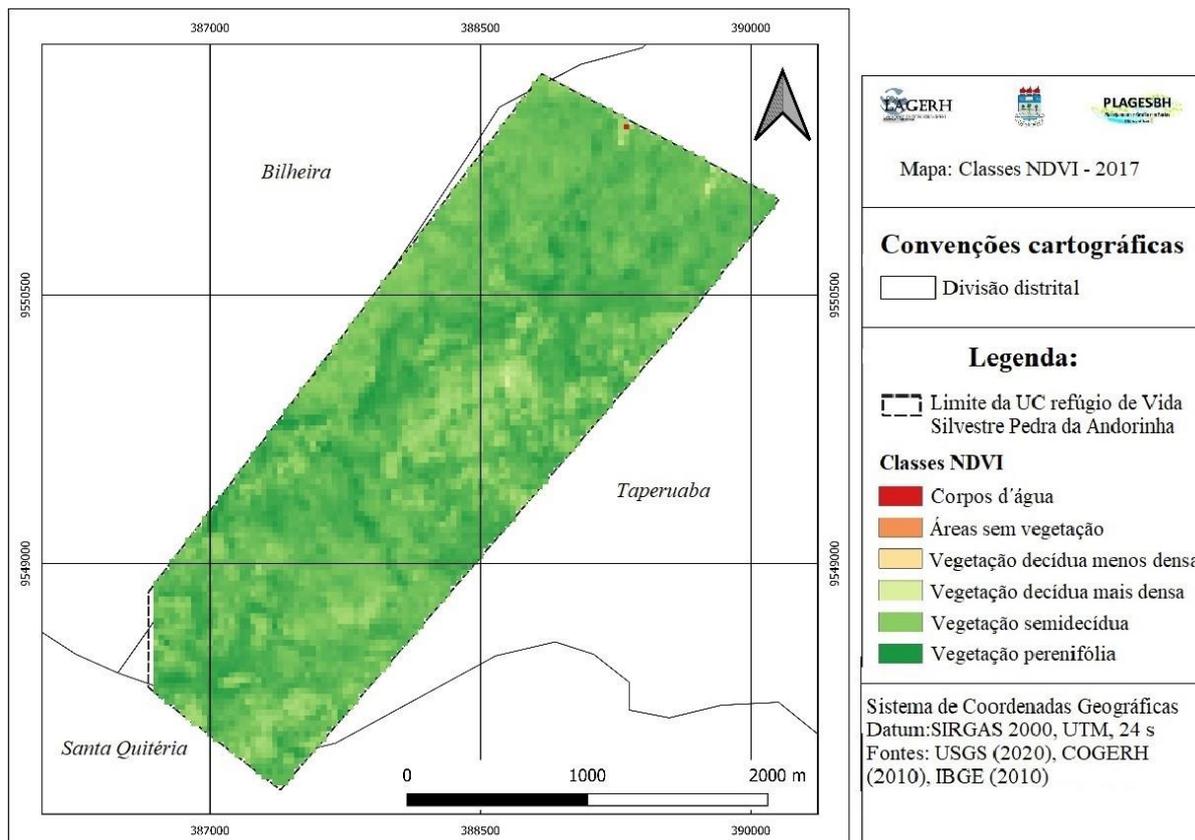


Figura 10 - Mapa de Classes NDVI – 2017.
Fonte: Elaborado pelas autoras.

Analisando o mapa acima, conclui-se que há predominância de áreas de vegetação semi-decídua e decídua menos densa, que corresponde a mata seca e caatinga arbórea respectivamente, seguindo a definição de Figueiredo (1997).

Dados da Funceme (2020) denotam que no ano de 2018 houve uma média pluviométrica de 149,24 mm dos meses de janeiro a maio, o que pode ser um fator atenuante para o desenvolvimento de novas plantas. Sem ocorrência de queimadas neste ano, afere-se que a cobertura vegetal da UC apresenta um nível considerável de recuperação (Figura 11).

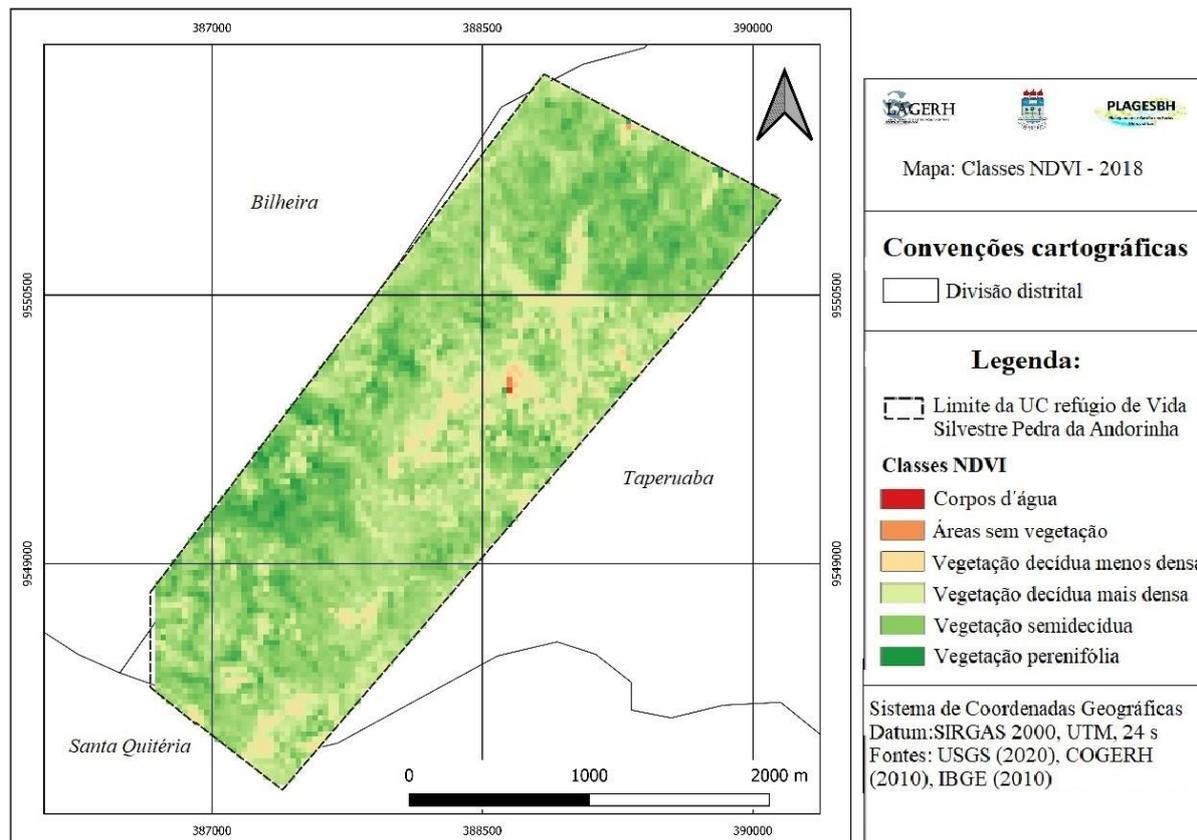


Figura 11 - Mapa de Classes NDVI – 2018.
Fonte: Elaborado pelas autoras.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise dos índices espectrais NDVI, NBR e dNBR da Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre Pedra da Andorinha na linha temporal de 2015 a 2018 constatou que a UC apresentou cicatrizes de queimadas de níveis de alta severidade e que esse foi um processo gradativo, devido não somente a grandes incêndios propiciados por secas, como noticiados em nível regional, mas também em função da intervenção humana constante nas áreas adjacentes à unidade, através do uso de queimadas.

Os danos causados à vegetação da UC podem ser observados nos produtos NDVI, cabendo destacar os anos de 2015 e 2016, que apresentam maiores níveis de degradação, explicitando áreas sem cobertura vegetal. O papel do órgão administrador pode ser questionado, visto os níveis de degradação constatados, onde uma área a ser preservada sofreu ao longo dos anos processos de perda vegetal causada por queimadas.

Portanto, conclui-se que a Unidade de Conservação Refúgio de Vida Silvestre Pedra da Andorinha, embora seja uma área protegida por lei visando preservar a fauna e a flora local, apresenta níveis de degradação causados pela ação do fogo ao longo dos anos 2015-2018, e como indicado para outras áreas próximas da região noroeste do Estado do Ceará (OLIVEIRA *et al.*, 2021). Verificando

os possíveis agentes causadores de queimadas, instiga-se como ação mitigadora a aplicação de ações de educação ambiental com a população local. Faz-se necessário também, enquanto medida mitigadora adicional a esse tipo de dano, a criação de uma brigada de incêndio para auxiliar na preservação da mata nativa.

REFERÊNCIAS

BARBOSA, H. A. **Análise espaço temporal de índice de vegetação AVHRR/NOAA e precipitação na região Nordeste do Brasil em 1982-85**. 1998. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos-SP, Brasil. 1998.

BARROS, C. S.; LIMA, E. C. Perspectivas de conservação pública: área de conservação ambiental municipal Pedra da Andorinha Taperuaba/Sobral – CE. **Revista Agraria Acadêmica**, v. 3, p. 33-46, 2019.

BERTALANFFY, L. V. **Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis: Vozes, 1975. 358p.

BLOG AEGRO. **O que são mapas NDVI e como utilizá-los na fazenda**. Disponível em: <https://blog.aegro.com.br/ndvi>. Acesso em: 10 ago. 2021.

BRASIL. **Lei nº 9.985, de 18 de Julho de 2000**. Disponível em: <http://www2.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=322>. Acesso em: 20 out. 2022.

BRASIL. **Constituição Federal do Brasil**. Capítulo VI – Do Meio Ambiente. 1988. Disponível em: Acesso em: 8 abr. 2022.

CAPACHE, C. L. Impactos das queimadas na qualidade do solo – Degradação ambiental e manejo e conservação do solo e da água. **II Encontro Científico do Parque Estadual dos Três Picos**. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/82108/1/II-Encontro-Cientifico.pdf>. Acesso em: 08 jul. 2022.

CATRY, F. X.; FERNANDES, P.; SILVA, J. S. Efeitos do Fogo na Vegetação. In: MOREIRA, F. *et al.* **Ecologia do fogo e gestão de áreas ardidas**. Lisboa: ISA Press, 2010. p. 49-86, jan. 2010.

COSTA, F. G. *et al.* Idade U-Pb (LA-ICPMS) em zircão e isótopos de Nd para granitoides do Complexo Tamboril-Santa Quitéria, Domínio Ceará Central: implicações para magmatismo neoproterozoico sin-colisional no domínio norte da Província Borborema. **Geologia USP**, v. 13, n. 2, p. 159-174, 2013.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Pedra da Andorinha é opção de turismo e estudos científicos**. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/regiao/pedra-da-andorinha-e-opcao-de-turismo-e-estudos-cientificos-1.1838920>. Acesso em: 10 ago. 2022.

DIÁRIO DO NORDESTE. **Sobral: Reserva Ambiental Pedra da Andorinha, no distrito de Taperuaba, sofre há dias com incêndio**. Disponível em: http://blogs.diariodonordeste.com.br/zonanorte/sobral_/sobral-reserva-ambiental-pedra-da-andorinha-no-distrito-de-taperuaba-sofre-ha-dias-com-incendio/7126. Acesso em: 10 ago. 2022.

ENGESAT. **NDVI**: criando índice de vegetação no global mapper. 2013. Disponível em: <http://www.engesat.com.br/software/global-mapper/calculo-do-indice-de-vegetacao-ndvi-no-global-mapper/>. Acesso em: 13 abr. 2022.

FIGUEIREDO, M. A. A cobertura vegetal do Ceará: Unidades fitoecológicas. **IPLANCE**: Atlas do Ceará. Fortaleza. p. 28-29. 1997.

FUNCEME. **Gráficos de Chuvas dos Postos Pluviométricos 2020**. Disponível em: http://www.funceme.br/?page_id=2702. Acesso em: 01 set. 2022.

GONÇALVES, R. **Gazeta Digital**. 2006. Adaptações das plantas ao fogo. Disponível em : <https://www.gazetadigital.com.br/editorias/opinia/adaptacoes-das-plantas-ao-fogo/107424>. Acesso em: 05 mai. 2022.

JÚNIOR, M. **Diário do Nordeste**. Ação objetiva preservar a 'Pedra da Andorinha'. 17 ago. 2017. Disponível em: <https://diariodonordeste.verdesmares.com.br/editorias/regiao/acao-objetiva-preservar-a-pedra-da-andorinha-1.1805637>. Acesso em: 15 fev. 2023.

KEANE, R. E. *et al.* Ecological effects of large fires on US landscapes: benefit or catastrophe? **International Journal of Wildland Fire**, v. 17, p. 696-712. 2008.

KEELEY, J. E. Fire intensity, fire severity and burn severity: a brief review and suggested usage. **International Journal of Wildland Fire**, v. 18, n. 1, p. 116-126, 2009.

KEY, C. H.; BENSON, N. C. Landscape Assessment (LA). In: LUTES, D. C. *et al.* (Eds.). **FIREMON**: Fire Effects Monitoring and Inventory System. USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report, 2006. p. 1-55.

KEY, C. H.; BENSON, N. Measuring and Remote Sensing of burn severity: the CBI and NBR. **Conference**: Proceedings Joint Fire Science Conference and Workshop, Volume: II. Jun. 1999. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication_burn_severity_the_CBI_and_NBR. Acesso em: 25 jun. 2022.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Sistema Nacional de Unidades de Conservação**. Disponível em: <https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/sistema-nacional-de-ucs-snuc.html>. Acesso em: 09 ago. 2022.

OLIVEIRA, U. C. O. *et al.* **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 193, n. 7, p. 444 -555, 2021

RODRIGUES, J. M. D. *et al.* Classificação e análise das unidades de paisagens no distrito de Tapera, Sobral, Ceará. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 21, p. 283-297, 2020.

ROY, D. P.; BOSCHETTI, L.; TRIGG, S. N. Remote Sensing of Fire Severity: Assessing the Performance of the Normalized Burn Ratio. **IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters**, v. 3, n. 1, 2006.

SAMPAIO, V. *et al.* Description of a New Species of Spiny Solanum (Solanaceae) from Rocky Outcrops of Northeastern Brazil, with Modeling of Its Environmental Suitability. **Systematic Botany**, v. 44, p. 415-423, 2019.

SOBRAL. **Decreto Municipal nº 1252**. Decreto de criação da reserva da andorinha. Imprensa Oficial do Município, Sobral, 30 nov. 2010. Ano XIII, nº 290, p. 63.

SOBRAL ONLINE. **Fogovolta a ameaçar Reserva Refúgio de Vida Silvestre Pedra da Andorinha**. Sobral, 31 Ago. 2017. Notícias. Disponível em: <https://sobralonline.com.br/fogo-volta-a-ameacar-reserva-refugio-de-vida-silvestre-pedra-da-andorinha/>. Acesso em: 15 jan. 2022.