

FRAGILIDADE AMBIENTAL NA APA DAS ONÇAS, MUNICÍPIO DE SÃO JOÃO DO TIGRE–PB NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

Leandro Félix da Silva¹

Bartolomeu Israel de Souza²

120

Resumo. Este trabalho teve por objetivo avaliar os níveis de fragilidade ambiental da Área de Proteção Ambiental (APA) das Onças no semiárido nordestino brasileiro com uso de geotecnologias. Os procedimentos metodológicos foram desenvolvidos a partir de álgebra de mapas em ambiente SIG, baseado na teoria de análise integrada dos ambientes. Os resultados apontaram que a APA se encontra em situação de Média e Alta fragilidade ambiental impulsionados principalmente por ações antrópicas a partir dos modos de uso da terra mediante as características dos recursos físico-naturais da região. Entende-se que há uma necessidade de um acompanhamento mais intenso sobre o manejo dos recursos na APA e que estejam alinhados com a proposta para esta categoria de Unidade de Conservação.

Palavras-chave: Unidade de Conservação; Caatinga; Cariris Velhos; Degradação.

ENVIRONMENTAL FRAGILITY IN EPA OF THE ONÇAS, IN THE CITY OF SÃO JOÃO DO TIGRE-PB BRAZILIAN SEMIARID REGION

Abstract. This work aimed to evaluate the levels of environmental fragility of the Environmental Protection Area (EPA) of Onças in the semiarid northeast of Brazil with the use of geotechnologies. The methodological procedures were developed from map algebra in GIS environment, based on the theory of integrated analysis of environments. The results showed that the EPA is in a situation of Medium and High environmental fragility driven mainly by anthropic actions from the modes of land use through the characteristics of the physical-natural resources of the region. It is understood that there is a need for more intense monitoring of the management of resources in the EPA and that they are aligned with the proposal for this category of Conservation Unit.

Keywords: Conservation Unit; Caatinga; Cariris Velhos; Degradation.

FRAGILIDAD AMBIENTAL EN APA DAS ONÇAS, MUNICIPIO DE SÃO JOÃO DO TIGRE-PB EN EL SEMIÁRIDO BRASILEÑO

¹Doutorando em Geografia, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), felixhc.le@hotmail.com, orcid.org/0000-0003-0751-3530.

² Professor Dr. do Departamento de Geociências, Universidade Federal da Paraíba (UFPB), bartolomeuisrael@gmail.com, orcid.org/0000-0003-2173-8314.

Resumen. Este trabajo tiene como objetivo evaluar los niveles de fragilidad ambiental de la Área de Protección Ambiental (APA) de las Onças en el noreste semiárido de Brasil con el uso de geotecnologías. Los procedimientos metodológicos se desarrollaron a partir del álgebra de mapas en el entorno de los SIG, basados en la teoría del análisis integrado de entornos. Los resultados mostraron que esta APA se encuentra en una situación de fragilidad ambiental Media y Alta impulsada principalmente por acciones antrópicas desde los modos de uso del suelo hasta las características de los recursos físico-naturales de la región. Se entiende que existe la necesidad de un monitoreo más intenso de la gestión de los recursos en la APA y que estén alineados con la propuesta para esta categoría de Unidad de Conservación.

Palabras clave: Unidad de Conservación; Caatinga; Cariris Velhos; Degradación.

Introdução

A relação entre os homens e a natureza vem tomando proporções cada vez maiores e mais dinâmicas em um curto espaço de tempo, impulsionadas de forma intensa pelos modos de produção econômica, sendo esta, a principal causa transformadora das paisagens naturais que tendem a tornar-se cada vez mais antropizadas.

De acordo com Mezzomo e Gasparini (2016), a manutenção e o desenvolvimento das atividades de ordem econômica e social da sociedade atual envolvem uma relação de dependência para com os elementos naturais e por isso, a não promoção de alterações nos sistemas ambientais e/ou o desencadeamento de impactos é praticamente impossível. Por outro lado, entende-se que é possível a diminuição e prevenção de determinadas situações ambientalmente negativas, por meio da ação planejada das atividades humanas, como no caso da identificação de potencialidades da paisagem, por meio da indicação de limites e aptidões (MEZZOMO; GASPARINI, 2016).

Neste sentido, necessita-se cada vez mais de métodos que possam avaliar as pressões antrópicas que estão sendo exercidas aos recursos naturais, destacando-se então, em território nacional, algumas propostas de análises integradas que tem como objetivo a avaliação do estado dos ambientes em níveis ou escalas pré-determinadas, a exemplo dos trabalhos de Tricart (1977), Ross (1994) e Crepani *et al.* (2001).

Os trabalhos anteriormente citados serviram de base ou inspiração para a criação mais recente de uma série de novas propostas a partir de adaptações que avaliaram graus de vulnerabilidade ambiental, níveis de fragilidade ambiental ou emergente (SPÖRL, 2004; DONHA *et al.*, 2006; SANTOS; SOBREIRA, 2008; SANTOS *et al.*, 2010; GONÇALVES *et al.*, 2011; MASSA; ROSS, 2012; SANTOS; OLIVEIRA, 2013; TROMBETA *et al.*, 2014; BACANI *et al.*, 2015; CUNHA *et al.*, 2016; SILVA *et al.*, 2017; BUENO *et al.*, 2018; BELATO *et al.*, 2019; PEREIRA *et al.*, 2019), desenvolvidos principalmente em bacias hidrográficas, unidades de conservações e até em escalas mais abrangentes como municípios, tendo por base o uso de geotecnologias.

Desse modo, a realização de análise das fragilidades mediante os variados processos de degradação antrópica é de suma importância, principalmente para a região do

semiárido nordestino onde se encontra o bioma Caatinga, que segundo o Ministério do Meio Ambiente (MMA) atualmente tem quase 46% do seu território desmatado (BRASIL, 2019).

Na região dos Cariris Velhos, no interior do estado da Paraíba, as alterações mais intensas datam da chegada da colonização europeia, no século XVII tendo como base a derrubada da vegetação nativa (SOUZA *et al.*, 2009; SOUZA *et al.*, 2016a e SOUZA *et al.*, 2016b) para inserção de atividades econômicas como criação de gado, produção de algodão, extração de madeira para construção de cercas e uso da lenha para carvão (TRAVASSOS; SOUZA, 2014a; BRASIL, 2019).

Nessa região, o desmatamento desenfreado e o uso do solo de forma inadequada também acabaram por gerar outro tipo de degradação totalmente agravante para a região do semiárido nordestino, que é a desertificação e que ocasiona profundas alterações e impactos nas paisagens e nos seus ecossistemas (SOUZA, 2009; SOUZA *et al.*, 2015 e SOUZA *et al.*, 2016b).

Neste sentido, destaca-se o papel fundamental exercido pelas Unidades de Conservação (UCs) que tem por finalidade assegurar a representatividade de amostras significativas e ecologicamente viáveis das diferentes populações, habitats e ecossistemas do território nacional e das águas jurisdicionais, preservando o patrimônio biológico existente (BRASIL, 2020). Assegurando às populações tradicionais e locais o uso sustentável dos recursos naturais de forma racional, além do desenvolvimento de atividades econômicas sustentáveis (BRASIL, 2020).

Em se tratando do semiárido brasileiro, apenas 7% da Caatinga encontra-se protegida pelo sistema de unidades de conservação (UCs), sendo que destas menos de 1% são consideradas unidades de proteção integral, como Parques, Reservas Biológicas e Estações Ecológicas, que enquadram o grupo das mais restritivas à intervenção humana (LIMA, 2013). A criação de unidades de conservação tem sido uma das principais estratégias para manutenção e preservação da biodiversidade deste bioma (OLIVEIRA *et al.*, 2019), assim como em outros do país.

No estado da Paraíba, atualmente, existem cerca de 39 UCs, sendo 17 administradas e gerenciadas pela Superintendência de Desenvolvimento do Meio Ambiente - SUDEMA, mais 6 mantidas pelo Governo Federal, 12 pelos municípios e 10 particulares. Essas UCs são qualificadas nos tipos de proteção: integral – que podem ser visitadas, mas necessitam de uma autorização e até acompanhamento especial; e de uso sustentável – que objetivam unir a conservação da natureza com a forma de uso sustentável dos recursos naturais (SUDEMA, 2020).

Sendo que 12 dessas UCs estão localizadas na região semiárida da Paraíba, administradas pelo estado, municípios e donos de terras particulares (estas últimas constituem as Reservas Particulares do Patrimônio Natural - RPPN). Portanto, nessa região, não existem UCS criadas e administradas pelo governo federal. Além disso, todas elas são de uso sustentável (SUDEMA, 2020).

Nos Cariris Velhos, encontra-se a maior UC do estado, a Área de Proteção Ambiental – APA das Onças. Esse tipo de UC é definida pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA como uma categoria que tem como objetivo conciliar as atividades econômicas com a conservação da natureza, visando o uso racional e sustentável dos recursos naturais (BRASIL, 2020).

Segundo Oliveira *et al.* (2019), a Caatinga além de ser o domínio menos estudado e menos protegido no Brasil é, também, a área de semiárido mais populosa no mundo, o que acaba estabelecendo uma base para a presença de elevado impacto ambiental. Somado a isso, existe uma baixa prioridade de investimento em preservação e conservação (LEAL *et al.*, 2003; SANTOS *et al.*, 2011, OLIVEIRA *et al.*, 2019), principalmente por parte do poder público, o que reforça ainda mais a importância de estudos que possam contribuir com possíveis estratégias e soluções para estes problemas. Nesse caso, a Paraíba é um estado emblemático como representativo dessa situação.

Mediante ao exposto, esse trabalho teve por objetivo avaliar os níveis de fragilidade ambiental da APA da Onças, no semiárido nordestino brasileiro com uso de geotecnologias.

Metodologia

Área de Estudo

A APA das Onças está localizada no município de São João do Tigre entre as latitudes $08^{\circ} 15' 00''$ e $08^{\circ} 00' 00''$ S e longitudes $37^{\circ} 00' 00''$ e $36^{\circ} 35' 00''$ W, conforme apresentado na Figura 1, com uma área de aproximadamente 38.535,0000 ha, na região Sul do estado da Paraíba.

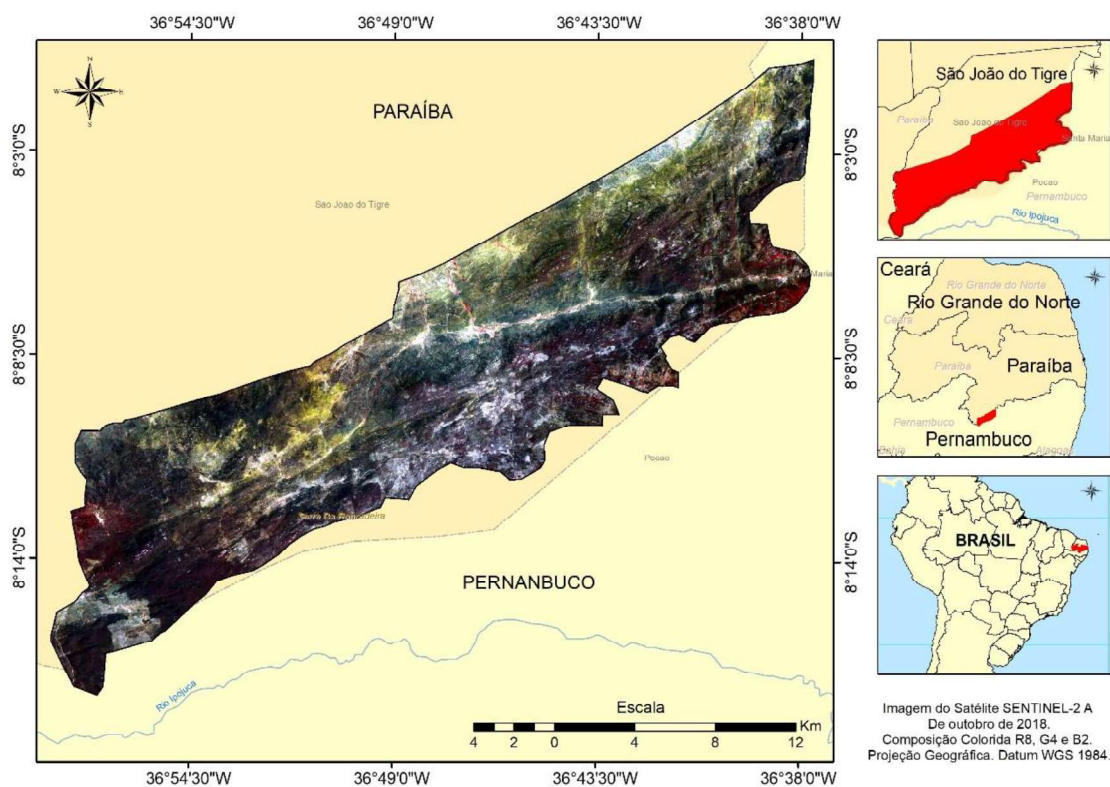


Figura 1. Localização da Área de Proteção Ambiental das Onças – PB.

A APA das Onças foi criada pelo Decreto Estadual 22.880 de 25 de março de 2002 (PARAÍBA, 2002).

Esta unidade de conservação, atualmente, é gerida pela SUDEMA, sendo considerada a maior unidade de conservação do estado da Paraíba, compreendendo aproximadamente 41% do município de São João do Tigre, o que corresponde a 360 km² (SUDEMA, 2011; LIMA, 2013).

Na APA predomina a vegetação do tipo Caatinga, porém em sua porção sul existe um conjunto de serras onde se encontra áreas de transição de Matas Serranas e remanescentes de Mata Atlântica (MONTEIRO, 2013).

A geologia é constituída principalmente por Granitos, Gnaise, e Mármore nas formações Cariri Velhos; Suíte Intrusiva Itaporanga; Complexo Pão de Açúcar; Complexo Riacho do Tigre; Suíte Intrusiva Vila Moderna e por areias nos Depósitos Aluvionares e de Terraços situado na Província da Borborema, segundo o Serviço Geológico Brasileiro (CPRM, 2015).

Os aspectos geomorfológicos são compostos por Pediplanos ao Sul, Formas Convexas em quase toda a APA, além de Topos Tabulares ao Norte, pertencentes a grande unidade geomorfológica do Pediplano Central do Planalto da Borborema (IBGE, 2012).

Sobre os solos, predomina o Neossolo Litólico em grande parte da APA. Nas áreas mais planas encontram-se o Planossolo Nátrico, Planossolo Háptico e o Luvissole Cromico. Já nas áreas mais elevadas sobre as serras predominam os Argissolo Vermelho-Amarelo (IBGE, 2012; EMBRAPA, 2020)

O clima está inserido, no geral, na classe Bsh (KÖPPEN, 1931) seco do tipo xerófito apresentando estação chuvosa no verão e seca no outono e inverno correspondendo ao clima Mediterrâneo quente ou nordestino, com secas médias de 5 a 7 meses (VAREJÃO-SILVA *et. al.*, 1984; GADELHA NETO *et. al.*, 2010 e LIMA, 2013).

A pluviosidade nas áreas mais baixas e planas são menores que 600mm anuais, apresentando clima seco, porém nas áreas mais elevadas de serras temos um clima subúmido, correspondendo a existência de alguns núcleos de Brejos de Altitude, onde as temperaturas são mais amenas e o índice pluviométrico é bem mais elevado, ultrapassando 800 mm ao ano (PORTO *et al.*, 2004).

A principal atividade econômica exercida é a agropastoril, com a agricultura de subsistência e a criação de caprinos e ovinos nas áreas baixas e planas, e de bovinos na região serrana. A extração de lenha, atividade secular nessa região, continua sendo exercida nos dias atuais, embora, seja considerada ilegal e predatória por parte governamental (TRAVASSOS; SOUZA, 2014a; BRASIL, 2019).

O turismo ecológico é uma atividade desenvolvida timidamente nessa UC, uma vez que na APA das Onças encontramos um rico patrimônio cultural representado por painéis de arte rupestre e cemitérios indígenas, que representam parte da Pré-história do homem no Brasil, mais especificamente, a história dos índios Cariris (BORGES *et al.*, 2017; SOUZA *et al.*, 2020). Além disso, chamam atenção alguns elementos abióticos ligados a geologia regional e local, os quais servem de exemplos para relatar a história geológica da Terra (BORGES *et al.*, 2017).

Procedimentos Metodológicos

A identificação da fragilidade ambiental para execução desse trabalho foi desenvolvida baseando-se na metodologia descrita por Silva e Bacani (2017) que está pautada nas propostas de Ross (1994) e Crepani *et al.* (2001), ambas fundamentadas em Tricart (1977).

Para a criação da fragilidade ambiental é necessário que antes seja desenvolvida a fragilidade potencial natural que posteriormente será combinada com o uso da terra e a cobertura vegetal (PIRES *et al.*, 2015; BACANI *et al.*, 2015; CUNHA, 2016; SILVA; BACANI, 2017). Neste sentido, para a APA das Onças foram inseridas duas variáveis importantes que são as Áreas Prioritárias para Conservação, mapeadas pelo Ministério do Meio Ambiente – MMA (BRASIL, 2007) e as Áreas Afetadas pela Desertificação identificadas e mapeadas pelo Instituto Nacional do Semiárido (INSA, 2014).

Nesse caso, primeiramente todas as variáveis utilizadas foram transformadas do formato vetorial (*Shapefile*) para o raster (TIFF) e, posteriormente, foram submetidos ao

processo reclassificação a partir da ferramenta *Spatial Analyst / Reclassify* no software *ArcGIS 10.3* (ESRI, 2012).

Para a obtenção da fragilidade ambiental foram realizadas duas etapas principais (Figura. 2) utilizando o método de sobreposição ponderada (álgebra de mapas).

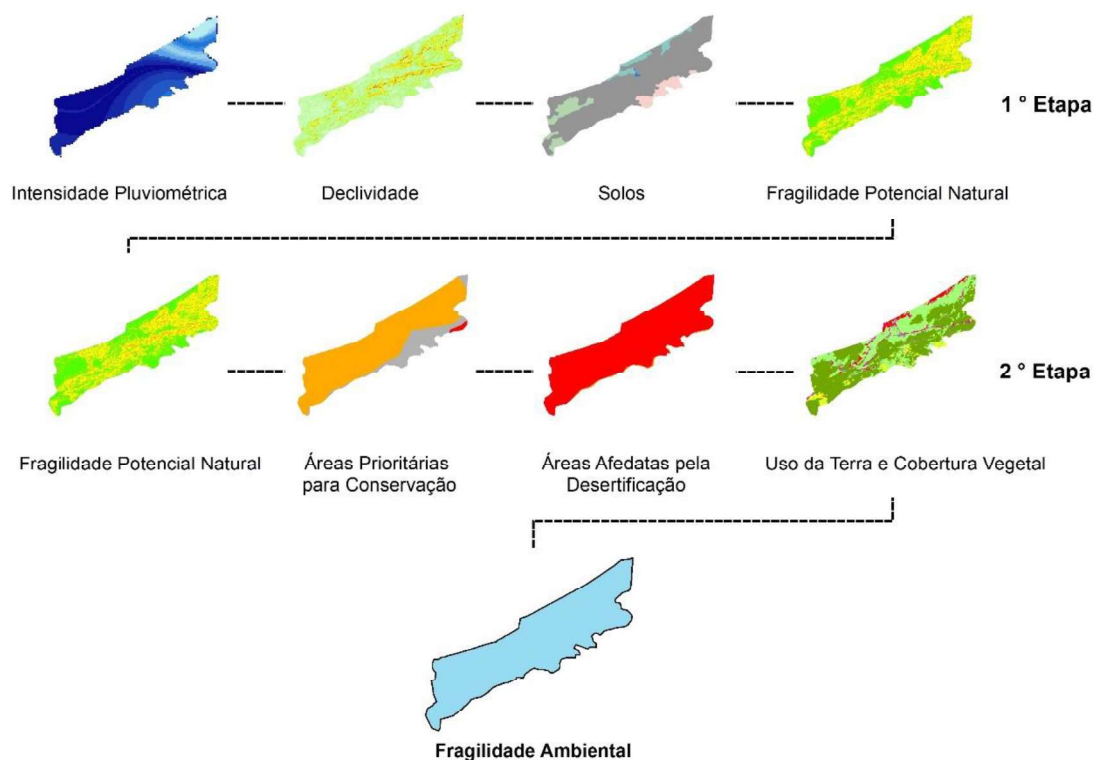


Figura 2. Processo metodológico.

Na primeira etapa, identificamos a fragilidade potencial natural, a partir das seguintes variáveis: I) Intensidade Pluviométrica; II) Declividade; III) Solos, para os quais são atribuídos pesos que variam de 1 a 5 e que representam os níveis de fragilidade (1) Muito Baixa, (2) Baixa, (3) Média, (4) Alta e (5) Muito Alta. A partir do processo de reclassificação feito para cada classe das variáveis utilizadas, baseado nas propostas de Ross (1994) e Crepani *et al.* (2001).

- I. **Intensidade Pluviométrica:** Obtida através da média anual de precipitação de 12 estações pluviométricas (Quadro 1) para o ano de 2018 disponibilizadas pela Agência Executiva de Gestão das Águas – AESA (PARAÍBA, 2019) e pela Agência Pernambucana de Águas e Clima – Apac (PERNANBUCO, 2020). Os valores de precipitação em (mm) foram adicionados ao ponto de cada estação no formato *Shapefile* e interpolados pelo método IDW (*Inverse Distance Weighted*) no *software* Arcgis 10.3 (ESRI, 2012).

Quadro 1. Precipitação média anual para o ano de 2018

Estação Pluviométrica	Agência/Município/Estado	Precipitação Média Anual (mm)
Alagoinha	Apac /Alagoinha / PE	492,7
Arcoverde (INMET)	Apac / Arcoverde / PE	612,7
Camalaú	AESA / Camalaú / PB	349,7
Caraúbas	AESA / Caraúbas / PB	152,9
Congo	AESA / Congo / PB	421,5
Jatuba	Apac / Jatuba / PE	275,4
Monteiro (EMBRAPA)	AESA / Monteiro / PB	512,6
Pesqueira	Apac / Pesqueira / PE	457,1
Poção	Apac / Poção / PE	587,1
São João do Tigre	AESA / São João do Tigre / PB	373,2
São Sebastião do Umbuzeiro	AESA / São Sebastião do Umbuzeiro/PB	474,5
Sertânia	Apac / Sertânia / PE	462,4

Fonte: AESA (PARAÍBA, 2019) e Apac (PERNANBUCO, 2020).

A média anual em 2018 para APA das Onças variou de 152 a 612 mm. A intensidade pluviométrica (IP) foi calculada a partir da relação entre a precipitação média anual (PMA) e a duração do período chuvoso (DPC), que foi considerada de 4 meses para o ano de 2018 (fevereiro a maio), conforme a equação 1 (CREPANI et al., 2001).

$$IP = PMA/DPC \quad \text{eq.1}$$

Os valores obtidos resultantes da equação de IP foram de 38 e 153 mm. Em seguida foi aplicada uma adaptação metodológica (PIRES *et al.*, 2015; CUNHA, 2016; SILVA; BACANI, 2017) com intuito de identificar o grau de fragilidade e o peso a ser estabelecido.

Os valores resultantes da IP foram relacionados com a escala de vulnerabilidade da pluviosidade proposto por Crepani *et al.* (2001), na qual foram obtidos os valores 1,0 e 1,5. Em seguida esses valores foram somados, resultando no valor 2,5 e posteriormente adicionada uma regra de três simples (Relação 1), levando em consideração os valores máximos de vulnerabilidade e fragilidade ambiental propostos, com base em Crepani *et al.* (2001) e Ross (1994), para obter o peso de fragilidade a ser estabelecido:

$$\begin{array}{r} 3 \text{ --- } 5 \\ 2,5 \text{ --- } X \end{array} \quad \text{Rel.1}$$

onde: 2,5 = Valor do IP da área de estudo; 3 = Muito alta vulnerabilidade (CREPANI *et al.*, 2001); 5= Muito alta fragilidade ambiental (ROSS,1994); X= grau de fragilidade a ser estabelecido para área de estudo.

Obtivemos o peso 4 como resultado a ser estabelecido, conforme demonstra a Tabela 1:

Tabela 1. Peso e fragilidade da intensidade pluviométrica

Precipitação	Intensidade	Peso	Fragilidade
Média Anual	Pluviométrica		
152 a 612mm	38 a 153 mm	4	Alta

Fonte: Valores obtidos baseados em Crepani *et al.* (2001) e Ross (1994).

- II. **Declividade:** Resultou da imagem do radar Alos Palsar de 12,5m de resolução espacial, no qual foram obtidas 5 classes de declividade resultantes e que foram associadas aos níveis de fragilidade estabelecidos por Ross (1994), conforme a Tabela 2:

Tabela 2. Peso e fragilidade das classes de declividade

Classe de Declividade	Peso	Fragilidade
0% a 6%	1	Muito Baixa
6% a 12%	2	Baixa
12% a 20%	3	Média
20% a 30%	4	Alta
Acima de 30%	5	Muito Alta

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

- III. **Solos:** As classes de solos foram obtidas através do mapeamento desenvolvido pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2012) no formato *shapefile*, composta por 5 classes, conforme demonstra a Tabela 3:

Tabela 3. Peso e fragilidade das classes de solos

Classe de Solo	Peso	Fragilidade
Argissolo Vermelho-Amarelo	3	Média
Planossolo Háptico	3	Média
Planossolo Náprico	3	Média
Neossolo Litólico	5	Muito Alta
Luvissolo Crômico	5	Muito Alta

Fonte: Adaptado de Ross (1994).

Em seguida, após a reclassificação de cada variável atribuindo-se os pesos estabelecidos, foram percorridas as seguintes etapas para criação da fragilidade potencial natural: *Spatial Analyst/Tools/Overlay/Weighted/Overlay* no software *ArcGIS 10.3* (ESRI, 2012).

Na segunda etapa, foi efetuada a reclassificação das áreas prioritárias para conservação, das áreas afetadas pela desertificação e o uso da terra e cobertura vegetal.

- IV. **Áreas Prioritárias para Conservação:** Extraído do banco de dados do Ministério do Meio Ambiente (MMA), no formato *Shapefile*, com informações referentes a revisão das áreas prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade brasileira em novembro de 2005. Esses dados promovem maior objetividade e eficiência; cria memória do processo de identificação de prioridades; promove maior participação e gera informações que possibilitam decisão informada e capacidade para avaliar oportunidades (BRASIL, 2007). Foram adicionados para cada classe existente diferentes pesos, conforme a Tabela 4:

Tabela 4. Peso e fragilidade das classes áreas prioritárias para conservação

Áreas Prioritárias para Conservação	Peso	Fragilidade
Insuficientemente Conhecida	1	Muito Baixa
Muito Alta	4	Alta
Extremamente Alta	5	Muito Alta

Fonte: MMA (BRASIL, 2007).

- V. **Áreas Afetadas pela Desertificação:** Elaborado pelo Instituto Nacional do Semiárido (INSA, 2014) e disponibilizado no formato *Shapefile* com as informações das áreas afetadas por processos de desertificação na região do semiárido brasileiro, conforme apresentado na Tabela 5:

Tabela 5. Peso e fragilidade das classes áreas afetadas pela desertificação

Áreas Afetadas pela Desertificação	Peso	Fragilidade
Grave	4	Alta
Muito Grave	5	Muito Alta

Fonte: Instituto Nacional do Semiárido (INSA, 2014).

- VI. **Uso da Terra e Cobertura Vegetal:** Para o mapeamento do uso da terra e cobertura vegetal foram utilizadas imagens do satélite Sentinel 2 A de outubro de 2018. Em seguida foi executada a classificação orientada a objeto (OBIA), pautadas em quatro etapas fundamentais: I) Segmentação; II) Coleta de amostras para treinamento do classificador; III) Classificação e IV) Validação estatística do mapeamento a partir do Índice *Kappa* e Acurácia Global (LANDIS; KOCH, 1977). Por último, foram aplicados os pesos de fragilidade para cada classe mapeada (Tabela 6).

Tabela 6. Peso e fragilidade das classes de uso da terra e cobertura vegetal

Classe de Uso da Terra e Cobertura Vegetal	Peso	Fragilidade
Caatinga Arbórea- Arbustiva	2	Baixa
Caatinga Arbustiva	3	Muito Baixa
Áreas em Desertificação	5	Muito Alta
Áreas Agropastoris	5	Muito Alta
Planície de Rio Ocupada com Plantação	5	Muito Alta
Solo Exposto	5	Muito Alta

Por fim, para calcular a fragilidade ambiental, utilizou-se novamente o método de sobreposição ponderada (álgebra de mapas) no software *ArcGIS* 10.3 (ESRI, 2012), a partir das mesmas ferramentas utilizadas na primeira etapa, para o desenvolvimento da fragilidade potencial natural: *Spatial Analyst Tools/Overlay/Weighted Overlay*.

Resultados e Discussão

Fragilidade Potencial Natural

Esse resultado está relacionado a Fragilidade Potencial Natural (FPN) da APA das Onças (Figura 3), refletindo às principais características dos aspectos físico-naturais, resultantes da relação entre a intensidade pluviométrica, declividade do terreno e os tipos de solos que recobrem a região.

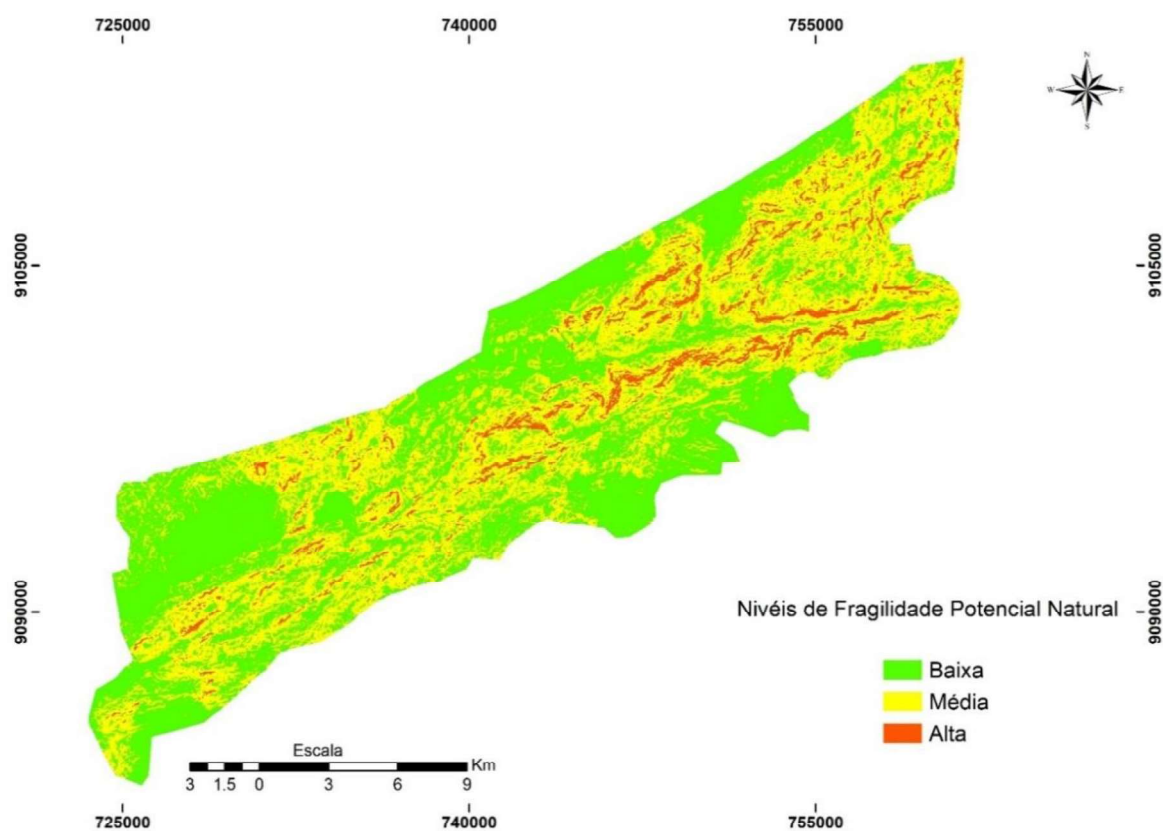


Figura 3. Fragilidade potencial natural.

A FPN apresentou três níveis, que foram classificados como: 1) Baixa; 2) Média e 3) Alta, e quantificados em hectares (ha) e porcentagem (%) conforme demonstra a Tabela 7.

Tabela 7. Níveis de fragilidade potencial natural

Fragilidade Potencial Natural	ha	%
Baixa	18.158.6624	47,12
Média	18.131.8213	47,05
Alta	2.244.5163	5,83
Total	38.535,0000	100%

A Baixa FPN ocupa uma área de 47,12% (18.158.6624 ha) e encontra-se nas áreas de Planossolo Nátrico, Planossolo Háplico e nas regiões de Argissolo Vermelho-Amarelo onde predominam declividades de 0 a 12%, associados a baixa intensidade pluviométrica calculada para região, o que indica que naturalmente os processos erosivos nestas áreas são mais lentos.

Já a Média FPN mapeada foi identificada em 47,05% (18.131.8213 ha), estando situadas nas áreas de Neossolo Litólico, em declividades de 6 a 20%, e nas regiões de Planossolo Nátrico, Planossolo Háplico e Argissolo Vermelho-Amarelo, em declividades acima de 12%. Nestas áreas os processos podem ser mais intensos naturalmente, principalmente a erosão, mesmo com a baixa intensidade pluviométrica da região. Percebe-se, nesse caso, uma maior influência do aumento da declividade conforme os resultados obtidos.

A Alta FPN foi a menor classe mapeada, ocupando 2.244.5163 ha., aproximadamente 2,83%, correspondendo às áreas de Neossolo Litólico, nas declividades acima de 20% e 30%. Isso indica que nessas áreas os processos erosivos podem ocorrer de forma natural de maneira mais acelerada em comparação às classes mapeadas anteriores, particularmente se a cobertura vegetação for muito alterada.

Uso da Terra e Cobertura Vegetal

Foram identificadas seis classes temáticas: 1) Caatinga Arbórea-Arbustiva; 2) Caatinga Arbustiva; 3) Áreas em Desertificação; 4) Áreas Agropastoris; 5) Planície de Rio Ocupada com Plantação e 6) Solo Exposto, conforme a Figura 4, sendo qualificados estatisticamente como Muito Bom (0.6333) pelo Índice *Kappa* e Excelente (70.2326%) pela Acurácia Global (LANDIS; KOCH ,1977).

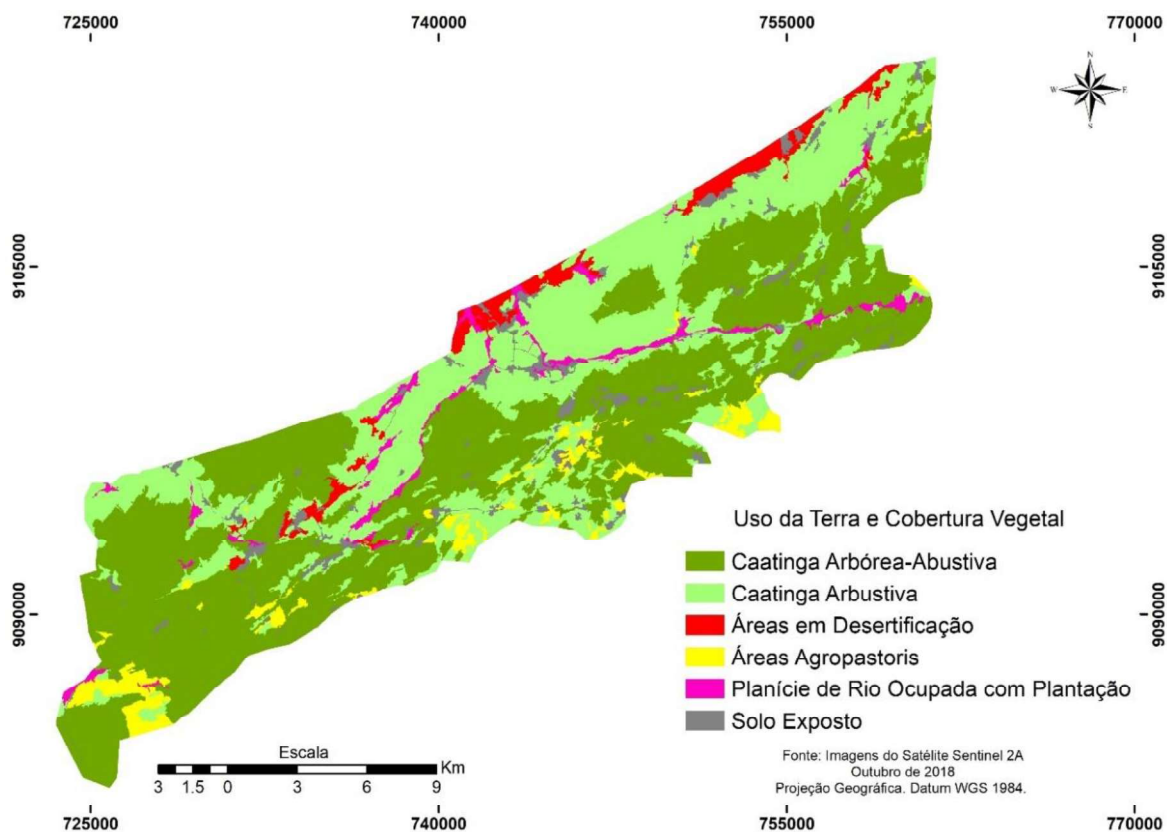


Figura 4. Uso da terra e cobertura vegetal.

As classes de uso da terra e cobertura vegetal foram quantificadas em hectares (ha) e porcentagem (%) de acordo com a Tabela 8.

Tabela 8. Classes de uso da terra e cobertura vegetal

Uso da Terra e Cobertura Vegetal	ha	%
Caatinga Arbórea- Arbustiva	20.256,2312	52,57
Caatinga Arbustiva	13.065,7719	33,91
Áreas em Desertificação	1.252,1009	3,25
Áreas Agropastoris	1.503,3868	3,90
Planície de Rio Ocupada com Plantação	984,3239	2,55
Solo Exposto	1.473,1853	3,82

Total	38.535,0000	100%
--------------	--------------------	-------------

A Caatinga Arbórea-Arbustiva é encontrada nas áreas de altitudes mais elevadas entre 400 e 1000 metros, onde predominam espécies vegetais de porte arbóreo como Ameixa (*Ximenia americana*), Ipê Roxo (*Tabebuia impetiginosa*), Angico (*Anadenanthera colubrina*), Pau-ferro (*Caesalpinia férrea*), Tambor (*Enterolobium Contortisiliquum*), Barriguda (*Ceiba glaziovii*,) e o Catolé (*Syagrus cearenses*). Segundo Souza (2012), declividades bastantes acentuadas permitem que esse tipo de vegetação predomine nessa região, por dificultar o desmatamento, conforme constado também por Rêgo *et al.* (2012) ao mapearem o uso da terra e cobertura vegetal da APA. A Caatinga Arbórea-Arbustiva ocupa aproximadamente 52,57% (20.256,2312 ha).

Em função do pequeno tamanho que ocupam os remanescentes de vegetação de Brejo de Altitude nos topos das serras mais elevadas, essa categoria, embora observada nos trabalhos de campo realizados para a produção desse trabalho (novembro de 2019) a partir da presença de algumas espécies típicas de Mata Atlântica, a exemplo da Jabuticaba (*Plinia cauliflora*) e do cacto arbóreo Pé - de - Mamão (*Brasilopuntia brasiliensis*), acabou sendo acrescida automaticamente na classificação adotada para esse tipo de Caatinga.

A Caatinga Arbustiva é composta por espécies como o Pereiro (*Aspidosperma pyriformium*), Catingueira (*Poincianella pyramidalis*), Jurema-preta (*Mimosa tenuiflora*), Favela (*Cnodusculus quercifolius*), Macambira (*Bromelia laciniosa*) e Xique-xique (*Pilosocereus gounellei*), predominando nas baixas altitudes em temperaturas mais elevadas e baixa umidade (SILVA *et al.*, 2019), geralmente são áreas em regeneração devido as ações antrópicas como os desmatamentos para práticas agropastoris (RÊGO *et al.*, 2012) e encontra-se em 33,91% (13.065,7719 ha) da área da APA.

As Áreas em Desertificação são criadas pelas ações antrópicas, caracterizadas principalmente por diversos processos erosivos ocasionados pelo uso inadequado do solo e o desmatamento da vegetação nativa em excesso, o que inclui também a baixa diversidade de espécies vegetais nativas (SILVA *et al.*, 2019), característica comum na

região dos Cariris Velhos. Esta classe representa 3,25% (1.252,1009 ha) do total mapeado.

Áreas Agropastoris são aquelas utilizadas para a criação de bovinos, caprinos e ovinos, tendo como característica a presença de grandes áreas ocupadas por gramíneas (nativas e exóticas) para o alimento do gado (RÊGO *et al.*, 2012). Essas áreas representam 3,90 % da APA, o equivalente a 1.503,3868 ha.

A categoria Planície de Rio Ocupada com Plantação representa o processo atual de ocupação das margens dos rios e riachos (planícies aluviais e terraços) pela atividade agrícola, prática comum nessa região do Brasil. Por se tratar de áreas que concentram mais umidade no solo e que são utilizadas principalmente no plantio de forragem para alimentação de bovinos e caprinos, como as Palmas do gênero *Opuntia* que, segundo Rocha (2012), tem um melhor crescimento em áreas de altitudes elevadas no semiárido, além de variedades de capim-elefante ou Napier (*Pennisetum purpureum Schum*), e pequenos roçados com plantações de milho e feijão principalmente, estes últimos durante a estação chuvosa (SILVA *et al.*, 2019). Ocupam aproximadamente 2,55% (984,3239 ha) da área da APA.

O Solo Exposto representa afloramentos rochosos, estradas e áreas que não apresentam a presença de vegetação, onde o solo apresenta-se exposto, mas não em estado de desertificação, ocupando uma área de 3,82% (1.473,1853 ha).

Fragilidade Ambiental

A fragilidade ambiental (Figura 5) resultou em quatro níveis que são: 1) Baixa; 2) Média; 3) Alta e 4) Muito Alta.

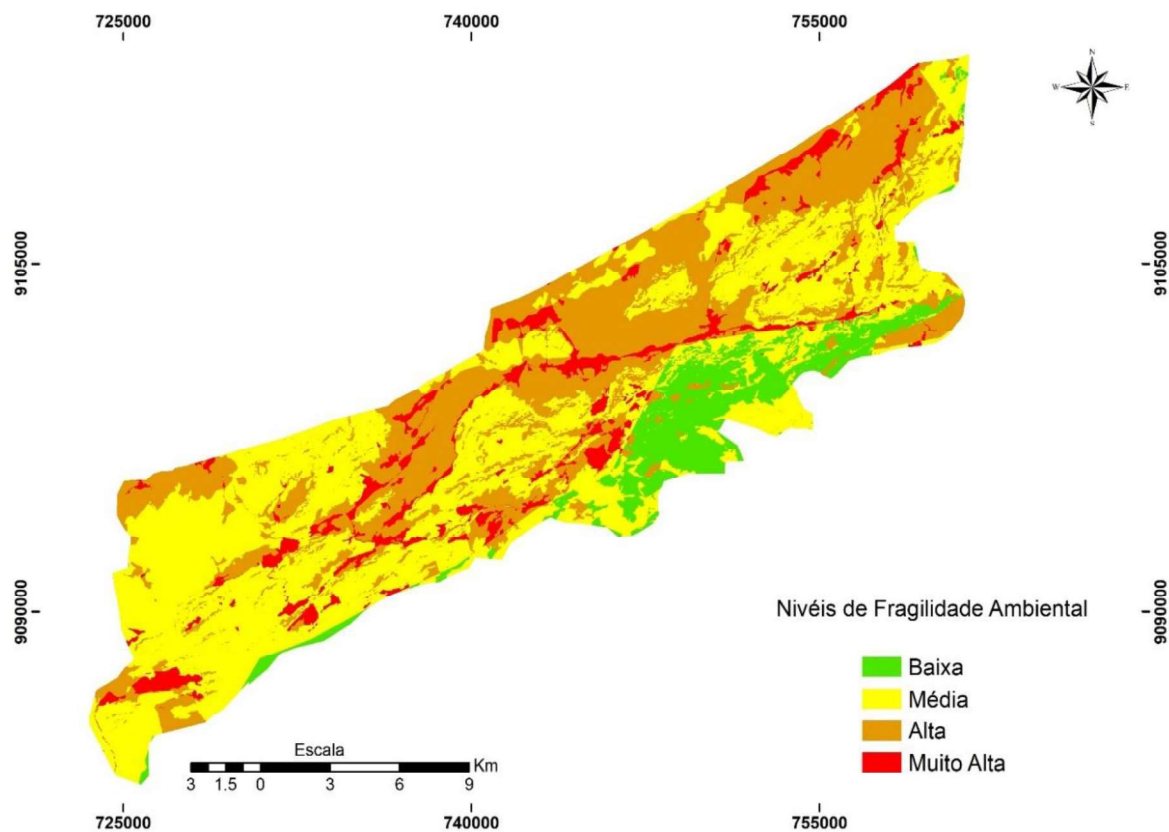


Figura 5. Fragilidade Ambiental.

Os quatros níveis de fragilidade ambiental foram quantificados em hectares (ha) e porcentagem (%), conforme consta na Tabela 9.

Tabela 9. Fragilidade ambiental

Fragilidade Ambiental	ha	%
Baixa	3.422,2476	8,88
Média	19.050,2571	49,44
Alta	13.158,3399	34,15
Muito Alta	2.904,1554	7,53
Total	38.535,0000	100%

A Baixa fragilidade ambiental encontra-se em maior concentração na região central da APA, em pequenas porções no Sul (S), Sudeste (SE) e Nordeste (NE), onde a fragilidade potencial natural também foi classificada como Baixa e as áreas prioritárias para conservação e importância biológica são consideradas insuficientemente conhecidas pelo MMA (BRASIL, 2007). Nesse caso, a presença dominante da Caatinga Arbórea-Arbustiva e a não utilização do uso da terra com atividades intensas permitem que estas áreas tenham esta classificação ocupando uma área de 8,88% (3.422,2476 ha).

A Média fragilidade ambiental é a maior classe mapeada na APA, encontrada em 49,44% (19.050,2571 ha) do seu território. São as áreas de serra onde a declividade é bastante acentuada e que também estão sendo utilizadas para atividade agropastoris, conforme o avistado em campo, apresentando cobertura vegetal dominada pela Caatinga Arbórea-Arbustiva e Caatinga Arbustiva.

Essas últimas áreas mencionadas são definidas pelo MMA (BRASIL, 2007) como de Muito Alta Prioridade para conservação devido a sua importância biológica para a região, e também classificadas pelo INSA (INSA, 2014) como setores onde pode ocorrer desertificação Muito Grave, caso sejam desenvolvidas atividades de elevado impacto ambiental, com a supressão da vegetação, o que nos leva a ficar alertas quanto a possível expansão do uso e intensidade dos recursos naturais, em particular a cobertura vegetal nessas terras.

Em comparação com os nossos resultados, o trabalho de Lima e Souza (2017), obtido através de uma adaptação metodológica baseada na proposta de Crepani *et al.* (2001), utilizando variáveis diferentes para classificarem as unidades de paisagem na APA das Onças, estes identificaram que a maior parte dessa UC se encontra no nível classificado como intermediário. Oliveira *et al.* (2018), por sua vez, ao mapearem a fragilidade ambiental do alto curso da bacia hidrográfica do rio Paraíba, região onde se encontra essa APA, também obtiveram resultados intermediários como a maior classe mapeada, levando em consideração principalmente as ações antrópicas. Logo, tais resultados ajudam a corroborar com o que foi obtido no presente trabalho.

Alta Fragilidade Ambiental é a segunda maior classe mapeada, ocupando 34,15% da área total, o equivalente a (13.158,3399 ha) da APA. Encontradas nas áreas de Média e Alta fragilidade potencial natural, recobertas pela Caatinga Arbustiva nas áreas onde o uso do solo é mais intenso, em áreas de relevo plano, principalmente naquelas que já estão em processo de desertificação, localizadas ao Norte (N) da APA e em boa parte das áreas de Planície de Rio Ocupadas com Plantação e Solo Exposto.

A inserção das duas variáveis (Áreas Prioritárias para Conservação e Áreas Afetadas pela Desertificação) contribuiu para elevar o nível da fragilidade, que seria considerada Média só com uso da terra e cobertura vegetal, principalmente, por estas áreas ainda apresentarem características de importância biológica relevantes para a região, o que eleva as áreas prioritárias para conservação, e também por serem consideradas Muito Grave para desertificação (INSA, 2014). Outro agravante é que por se tratarem de áreas de topografia plana, recobertas por fragmentos de Caatinga Arbustiva, essa característica do relevo facilita o uso de forma indiscriminada a partir da retirada intensa dessa vegetação, principalmente para fabricação de carvão e cercas (LIMA; SOUZA, 2017).

A classe Muito Alta fragilidade ambiental foi a menor mapeada e recobre 7,53% da APA, cerca de 2.904,1554 ha. Encontra-se em menores proporções nas áreas de desertificação que, embora tenham uma fragilidade potencial natural Baixa, esta se eleva justamente por conta desse processo de degradação intenso desencadeado pela ação antrópica nas áreas ocupadas com atividade agropastoril, em que a fragilidade potencial natural é média. A maior parte desta classe está nas áreas de Planície de Rio Ocupadas por Plantação por toda APA.

Para essa categoria, a situação se repete como na classe anterior, onde se utilizando apenas do uso da terra para análise da fragilidade, as áreas são classificadas como de Alta fragilidade ambiental e, com a adição das variáveis Áreas Prioritárias para Conservação e Áreas Afetadas pela Desertificação, o nível de fragilidade se eleva para o nível máximo, o que é coerente devido ao alto grau de fragilidade a que estes ambientes estão expostos frente as pressões antrópicas neles exercidas.

De forma geral, trabalhos baseados na análise das fragilidades dos ambientes, como este, têm sido desenvolvidos ao longo dos últimos anos para muitas áreas da região Nordeste, em especial para o semiárido, como em Batista e Silva (2013); Neto e Fernandes (2015); Santos (2017); França *et al.* (2017); Rodrigues *et al.* (2018) e Oliveira *et al.* (2018) e Pereira *et al.* (2019).

Estes estudos têm apresentado resultados que tentam se aproximar o máximo possível da realidade encontrada, o que demonstra, entre outras coisas, a preocupação com o que vem se desenvolvendo a séculos nessa parte do país, com a perda progressiva de sua cobertura vegetal e o desencadeamento de uma série de consequências ambientais, econômicas e sociais, com perspectivas de piora em futuro próximo, o que por si só justifica a continuidade e o aperfeiçoamento de metodologias que melhor consigam captar as dinâmicas presentes e possíveis.

Conclusão

Ao classificar e avaliar os níveis de fragilidade ambiental da APA das Onças, pôde ser observado que a mesma se encontra com o predomínio em níveis Médio, Alto e Muito Alto de fragilidade, o que requer uma atenção redobrada principalmente nos modos de uso da terra e na conservação e preservação de sua cobertura vegetal nativa.

Neste sentido, trabalhos como esse subsidiam possíveis ações intervencionistas que visem: 1) manejo do uso do solo; 2) manejo de animais e plantas nativas e 3) planos de recuperação de áreas degradadas que estejam adaptadas às peculiaridades da região, com supervisão técnica para a população que ali vive, bem como apoio das instituições públicas responsáveis pelo monitoramento das unidades de conservação brasileira com intuito de reduzir os impactos causados pela pressão antrópica nos recursos naturais dessa região e que estejam alinhados com a proposta para esta categoria de Unidade de Conservação.

Finalmente, para além da criação de UCs como essa e outras classificadas em categorias mais restritivas de uso e ocupação humanas pelo resto do país, chamamos atenção para a atuação do Estado como gestor de direito e de fato dessas terras, que deveria não apenas cumprir o seu papel de policiamento para cumprimento das normas vigentes, mas também, fomentar o desenvolvimento de ações sustentáveis para essas terras, oferecendo oportunidades econômicas e sociais para os habitantes locais, o que certamente tornaria menores os problemas ambientais identificados.

Agradecimentos

À CAPES pela bolsa de doutorado concedida através da FAPESQ EDITAL Nº 003/2016, processo 88887.369009/2019-00. Ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal da Paraíba.

Referências Bibliográficas

- AESA- Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba, 2019. **Meteorologia-Chuvas**. Disponível em: <<http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/meteorologia-chuvas/>>. Acesso em: 20 de dezembro de 2019.
- ARCGIS/ARCINFO – Esri Inc. **ArcGis Version 10.3 Environmental Systems Research Institute Inc. New York**. 1 Cd Rom. 2012.
- APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. **Sistema de Geoinformação Hidrometeorológico de Pernambuco**. Disponível em: <<http://www.apac.pe.gov.br/sighpe/>> Acesso em: 18 de fev. 2020.
- BACANI, V. M. SAKAMOTO, A. Y. LUCHIARI, A. QUÉNOL, H. Sensoriamento remoto e SIG aplicados à avaliação da fragilidade ambiental de bacia hidrográfica. **Mercator**, Fortaleza, v. 14, n. 2, p. 119-135, 2015.
- BATISTA, J. P. G.; SILVA, F. M. Avaliação da fragilidade ambiental na microbacia do riacho Cajazeiras no semiárido Potiguar. **Boletim Goiano de Geografia**, v. 33, n. 1, p. 63-82, 2013.
- BELATO, L. S.; SERRÃO, S. L. C.; DIAS, R. P. Diagnostico da fragilidade ambiental na bacia do Submédio Tocantins: UHE Tucuruí. **Natural Resources**, v.9, n.1, p.28-37, 2019.
- BORGES, U. N.; PACHECO, A. P.; MARIANO, G. Uma Contextualização Espacial e Temática da Geodiversidade: APA das Onças/PB/Brasil. **Revista Estudos Geológicos**. v. 27, n. 2, p. 143-160. 2017.
- BUENO, K.; CUNHA, J. E.; BORTOLUZZI, L. N. O entendimento da fragilidade ambiental do município de Guaira – Paraná. **Revista Caminhos de Geografia**, v. 19, n.68, p.81-100, 2018.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Áreas Prioritárias para Conservação, Uso Sustentável e Repartição de Benefícios da Biodiversidade Brasileira: Atualização** - Ministério do Meio Ambiente. 2007. Disponível em: <<https://www.mma.gov.br/estruturas/chm/arquivos/biodiversidade31.pdf> >. Acesso em: 20 de agosto de 2018.
- BRASIL. MMA. Ministério do Meio Ambiente. **Biomass**. Disponível em:< <https://www.mma.gov.br/biomass/caatinga>> Acesso em 17 de dez. 2019.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Unidades de Conservação**. Disponível em:< <https://www.mma.gov.br/areas-protegidas/unidades-de-conservacao/o-que-sao.html>> Acesso em 30 de abr. 2020.
- CUNHA, E. R.; BACANI, V. M. Caracterização da fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do córrego Come Onça, Água Clara – MS. **ACTA Geográfica**, v.10, n.22, p.193-205, 2016.
- CPRM – SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. **Carta geológica folha SC.24-X-B-II Pesqueira**. Escala 1:100.000, 2015. Disponível em: <<http://geosgb.cprm.gov.br/>>. Acesso em: 20 de dez. 2019.

- CREPANI, E.; MEDEIROS, J. S.; HERNANDEZ FILHO, P.; FLORENZANO, T. G.; DUARTE, V.; BARBOSA, C. C. F. **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**: São José dos Campos: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, 2001. 103 p.
- DONHA, A. G.; SOUZA, L. C. P.; SUGAMOSTO, M. L. Determinação da fragilidade ambiental utilizando técnicas de suporte à decisão e SIG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, v.10, n.1, p.175–181, 2006
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **agitec – Agência Embrapa de Informação e Tecnologia**. 2020. Disponível em: <https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/bioma_caatinga/arvore/CONT00g5twggzh02wx5ok01edq5scvvo0oy.html>. Acesso em: 05 de abr. 2020.
- FRANÇA, L. C. J.; PIUZANA, D.; ROSS, J. L. S. Fragilidade ambiental potencial e emergente em núcleo de desertificação no semiárido brasileiro (Gilbués, Piauí). **Revista Espacios**, v.38, n.31, p. 01-18, 2017.
- GONÇALVES, G. G. G.; DANIEL, O.; COMUNELLO, E.; VITORINO, A. C. T.; ARAI, F. K. Determinação da fragilidade ambiental de bacias hidrográficas. **Floresta**, v. 41, n. 4, p. 797-808, 2011.
- GADELHA NETO, P C; PONTES, R A S; PESSOA, M C; BARBOSA, M R V. Composição Florística da Área de Proteção Ambiental (APA) das Onças no Cariri Paraibano: Notas Preliminares. In: Anais da XXXIII Reunião Nordestina de Botânica. “Flora Nordestina: Diversidade, Conhecimento e Conservação”. Aracajú, 2010. UNIT (Campus – Farolândia), [CD-ROM.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha SC 24**. Escala 1: 250.000, 2012. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/geomorfologia/mapas/escala_250_mil>. Acesso em: 20 de dez. 2019.
- IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Folha SC 24**. Escala 1: 250.000, 2012. Disponível em: <ftp://geoftp.ibge.gov.br/informacoes_ambientais/pedologia/mapas/escala_250_mil>. Acesso em: 20 de dez. 2019.
- INSA – INSTITUTO NACIONAL DO SEMIÁRIDO. **Áreas Afetadas pela Desertificação**. Escala 1:250.000. 2014. Disponível em: <<http://sigsab.insa.gov.br/acervoDigital>>. Acesso em: 20 de dez. 2019.
- JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY (JAXA). ALOS Project: PALSAR, 2012. Disponível em: <<https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS/en/index.htm>>. Acesso em 21 de dez. 2019.
- KÖPPEN, W. P. Grundriss der Klimakunde (**Outline of climate science**). Berlin:Walter de Gruyter, 388 p. 1931. Disponível em:< <http://koeppen-geiger.vu-wien.ac.at/koeppen.html>>. Acesso em: 13 de setembro de 2018.
- LANDIS, J. R.; KOCH, G. G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometrics**, v.33, n.1, p. 159-174, 1977.

- LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife, Ed. Universitária da UFPE. p. 828. 2003.
- LIMA, M. N. S. **Classificação ecodinâmica das unidades de paisagem na área de preservação ambiental das Onças, no município de São João Do Tigre/PB**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba. Programa de Pós-graduação em Geografia, João Pessoa-PB, 2013.
- LIMA, M. N. S.; SOUZA, B. I. **Classificação ecodinâmica das unidades de paisagem na área de proteção ambiental - APA das Onças no município de São João do Tigre/PB**. Paraíba: pluralidade e representações geográficas. Campina Grande. EDUFCG, 2017, p. 61-72.
- MASSA, E. M.; ROSS, J. L. S. Aplicação de um modelo de fragilidade ambiental relevo-solo na Serra da Cantareira, bacia do Córrego do Bispo, São Paulo – SP. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 24, p. 57-79, 2012.
- MEZZOMO, M. M.; GASPARINI, G. S. Estudo da alteração antrópica (hemerobia) da bacia hidrográfica do rio Mourão – PR. **RA'E GA - O Espaço Geográfico em Análise**, v. 36, p. 280-301, 2016.
- MONTEIRO, T. R. R. **Uso dos solos, índices de vegetação e degradação na APA das Onças-PB**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal da Paraíba. Programa de Pós-graduação em Geografia, João Pessoa-PB, 2013.
- NETO, M. C. P.; FERNANDES, E. Fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do rio Seridó (RN/PB – Brasil). **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.16, n.03, p. 399-411, 2015.
- OLIVEIRA, H. C.; VASCONCELOS, J. O.; LIMA, S. M.; SOUZA, J. P. Fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do alto curso do rio Paraíba. XII SINAGEO Paisagem e Geodiversidade – A valorização do patrimônio geomorfológico brasileiro. 2018. Crato. **Anais...** Crato: Universidade Regional do Cariri/URCA, 2018. p.01–06. Disponível em: <<http://www.sinageo.org.br/2018/trabalhos/10/10-514-1751.html>>. Acesso em: 21 de dezembro de 2019.
- OLIVEIRA, C. D. L.; SILVA, A. P. A.; MOURA, P. A. G. Distribuição e importância das unidades de conservação no domínio Caatinga. **Anuário do Instituto de Geociências – UFRJ**, v.42, n.1. p. 425-429, 2019.
- PARAÍBA. Decreto nº 22.880, de 25 de março de 2002. **Dispõe sobre a criação da Área de Proteção Ambiental das Onças. São João do Tigre, 2002**. Disponível em: <<http://www.sudema.pb.gov.br>>. Acesso em 17 de dez. 2019.
- PEREIRA, P. R. M.; COSTA, F. W. M.; GARCÊS JUNIOR, A. R. Geoprocessamento aplicado na análise da fragilidade ambiental do município de Brejo, Maranhão. **Revista Equador**, v. 8, n 2, p. 521 – 539, 2019.
- PIRES, L C; SILVA, L. F.; MENDONÇA, B. G.; BACANI, V. M. Análise da fragilidade ambiental do município de Aquidauana-MS. **Caderno de Geografia**, v.25, n.43, p. 52-65, 2015.

- PORTO, K.C.; CABRAL, J. J. C.; TABARELLI, M. **Brejos de altitudes em Pernambuco e Paraíba – história natural, ecologia e conservação**. Brasília: Ministério do Meio Ambiente. 324p. 2004. Disponível em:<<https://www.mma.gov.br/publicacoes/biodiversidade/category/142-serie-biodiversidade.html>>. Acesso em 29 de abr. 2020.
- RÊGO, S. C. A.; LIMA, M. N. S.; MONTEIRO, T. R. R.; SOUZA, B. I. Mapeamento do uso e adequação do solo no município de São João Do Tigre – PB com o auxílio de geotecnologias. **Revista Geonorte**, v.2, n.4, p.1583 – 1593 ,2012.
- ROCHA, J. E. S. Palma forrageira no Nordeste do Brasil: o estado da arte. Embrapa Caprinos e Ovinos. **Embrapa Caprinos e Ovinos**, Sobral, p. 40, 2012.
- RODRIGUES, J. M.; MONTEIRO, G. N.; SOUZA, J. O. P. Análise de fragilidade ambiental na bacia da Barragem Camará, Areia (PB). **Revista de Geografia**, v. 35, n. 4, p. 231-241, 2018.
- ROSS, J. L. S. Análise Empírica da Fragilidade dos Ambientes Naturais e Antropizados. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, nº 8. p. 63-74, 1994.
- SANTOS, C. A.; SOBREIRA, F. G. Análise da fragilidade e vulnerabilidade natural dos terrenos aos processos erosivos como base para o ordenamento territorial: o caso das bacias do córrego carioca, córrego do Bação e ribeirão Carioca na região do Alto Rio das Velhas-MG. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, v.9, n.01, p. 65-73, 2008.
- SANTOS, R. M.; NÓBREGA, M. T.; PAIVA, R. G.; SILVEIRA, H. Análise da fragilidade ambiental no município de Tamboara – PR: aplicação e estudo comparativo de duas metodologias. **Geoambiente**, n. 14, p.93-120, 2010.
- SANTOS, J. C.; LEAL, I. R.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S. TABARELLI, M. Caatinga: the scientific negligence experienced by a dry tropical forest. **Tropical Conservation Science**, n.4, p. 276-286, 2011.
- SANTOS, J. G.; OLIVEIRA, L. A. fragilidade ambiental da bacia hidrográfica do Ribeirão São Bento da Ressaca, município de Frutal – MG. **Observatorium: Revista Eletrônica de Geografia**, v.5, n.15, p. 02-23, 2013.
- SANTOS, F. A. Fragilidade ambiental no município de Castelo do Piauí, Nordeste do estado do Piauí. **Revista Formação**, 25, n. 45, p. 51-66, 2017.
- SENTINEL 2A: imagem de satélite. Copernicus: ESA - *European Space Agency*, 2018. 1 fotografia área. Escala 1:25.000. Bandas 2, 3, 4, e 8. Disponível m:<<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>>. Acesso em: 19 mai. 2018.
- SILVA, L. F.; BACANI, V. M. Análise da fragilidade ambiental e das áreas de preservação permanente da bacia hidrográfica do córrego Fundo, município de Aquidauana-MS. **Caderno de Geografia**, v.27, n.49, p. 264-294, 2017.
- SILVA, L. F.; SOUZA, B. I.; BACANI, V. M. Intensidade da ação antrópica na área de proteção ambiental do Cariri paraibano. **Caminhos de Geografia**, v. 20, n. 71, p.364-383, 2019.

- SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D, M. LIMA, E. A. Desertificação e seus efeitos na vegetação e solos do Cariri paraibano. **Mercator - Revista de Geografia da UFC**, v. 08, n.16, p. 217-232, 2009.
- SOUZA, B. I. Uso da vegetação e solos em áreas susceptíveis à desertificação na Paraíba/Brasil. **GEOgraphia (UFF)**, v. 13, n.25, p. 77-105, 2012.
- SOUZA, B. I.; QUEIROZ, R, T.; CARDOSO, E. C. M. Degradação e riscos à desertificação no alto curso do rio Paraíba – PB/Brasil. **Revista da Associação Nacional de Pós-graduação e Pesquisa em Geografia (Anpege)**, v. 11, n. 16, p. 201-222, 2015.
- SOUZA, B. I.; ROSENDO, E. E. Q.; BIZERRA, D. S.; MELO, H. D. A. C.; MEDEIROS, J. R.; ITOZAMIR, W. Intervenções governamentais recentes nos Cariris Velhos da Paraíba – Brasil: reflexos na agropecuária, na degradação das terras e na cidadania. **GEOgraphia**, v. 18, n.37, p.154-177, 2016a.
- SOUZA, B. I.; SOUZA, R. S. Processo de ocupação dos Cariris Velhos – PB e efeitos na cobertura vegetal: contribuição à Biogeografia Cultural do semiárido. **Revista Caderno de Geografia –PUC Minas**, v.32, n. 2 p. 229-258, 2016b.
- SOUZA, J. J. L. L.; SOUZA, B. I.; XAVIER, R. A.; PACHECO, A. A.; PESSENDA, L. C. R.; BRITO, E. S. Archaeoanthrosol formation in the Brazilian semiarid. **Catena**. v. 193. p. 01-13, 2020.
- SPÖRL, C. ROSS, J. L. S. Análise Comparativa da Fragilidade Ambiental com Aplicação de Três Modelos. **GEOUSP - Espaço e Tempo**, nº 15, p. 39-49, 2004.
- SUDEMA. Superintendência de Desenvolvimento do Meio Ambiente. **Galeria: Área de Proteção Ambiental das Onças**, 2011. Disponível em: <<http://sudema.pb.gov.br/>>. Acesso em 19 de dez. 2019.
- SUDEMA. Superintendência de Desenvolvimento do Meio Ambiente. **Notícias: Unidades de Conservação**. Disponível em: <<http://sudema.pb.gov.br/noticias/unidades-de-conservacao-sao-boas-opcoes-de-passeios-durante-as-ferias>>. Acesso em 10 de fev. 2020.
- TRAVASSOS, I. S.; SOUZA, B. I. Os negócios da lenha: indústria, desmatamento e desertificação no Cariri paraibano. **GEOUSP – Espaço e Tempo**, v. 18, n. 2, p. 329-340, 2014a.
- TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.
- TROMBETA, L. R. GARCIA, R. M. NUNES, R. S. GOUVEIA, I. C. M. C. LEAL, A. C. GOUVEIA, J. M. C. Análise da fragilidade potencial e emergente do relevo da unidade de gerenciamento de recursos hídricos pontal do Paranapanema, São Paulo, Brasil. **Caderno Prudentino de Geografia**, n.36, p. 159-173, 2014.
- VAREJÃO-SILVA, M. A.; BRAGA, C. C.; AGUIAR, M. J. N.; NIETZSCHE, M. H.; SILVA, B. B. **Atlas climatológico do Estado da Paraíba**. Departamento de Ciências Atmosféricas/EMBRAPA. Campina Grande, 1984.