DOI: 10.5418/RA2015.1116.0009

DEGRADAÇÃO E RISCOS À DESERTIFICAÇÃO NO ALTO CURSO DO RIO PARAÍBA – PB/BRASIL

DEGRADACIÓN E RIESGOS A DESERTIFICACIÓN EN EL ALTO CURSO DE LA CUENCA DEL RÍO PARAÍBA – PB/BRAZIL

DEGRADATION AND DESERTIFICATIONS RISKS IN THE UPPER COURSE OF PARAIBA RIVER – PB/BRAZIL

Bartolomeu Israel de Israel

Doutorado em Geografia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (2008) e pós-doutorado em Biogeografia pela Universidad de Sevilla - Espanha (2013). Professor adjunto da Universidade Federal da Paraíba, estando lotado no Departamento de Geociências.
Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza (CCEN)/Departamento de geociências. Campus I. Castelo Branco. CEP: 58000000 - João Pessoa, PB - Brasil.
E.mail: bartolomeuisrael@gmail.com

Rubens Teixeira Queiroz

Doutorado em Biologia Vegetal pela Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e Pós-doutorado pela Universidade de Brasília - UNB/EMBRAPA. Professor Adjunto da Universidade Federal da Paraíba - UFPB/DSE - João Pessoa - PB.
Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza. (CCEN)/Departamento de geociências. Campus I. Castelo Branco. CEP: 58000000 - João Pessoa, PB - Brasil.
E.mail: rbotanico@gmail.com

Eini Celly Moraes Cardoso

Graduada como Tecnóloga em Geoprocessamento pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba - IFPB. Graduanda em Geografia pela Univesidade Federal da Paraíba (UFPA).
Universidade Federal da Paraíba, Centro de Ciências Exatas e da Natureza. (CCEN)/Departamento de geociências. Campus I. Castelo Branco. CEP: 58000000 - João Pessoa, PB - Brasil.
E.mail: einicelly@hotmail.com

RESUMO

Desertificação é um tipo de degradação ambiental passível de ocorrer nas zonas de clima seco de todo o mundo, como resultado da existência de determinados usos dos solos e as intensidades com que estes ocorrem. Esse trabalho teve o objetivo de efetuar o mapeamentotemporal das áreas em risco de desertificação no Alto Curso do rio Paraíba e na Área de Proteção Ambiental do Cariri – PB/Brasil, tendo como parâmetro as modificações efetuadas na caatinga. Foram feitas análises em imagens de satélite dos anos 1989, 2005 e 2013, além de levantamentosfitossociológicos em área preservada e degradada, para fins de comparação de diversidade e estratos dominantes nas duas situações atuais. Os resultados demonstraram um progressivo aumento temporal de domínio do risco muito grave à desertificação, em função da diminuição da cobertura vegetal, enquanto as análises fitossociológicas apresentaram um quadro de diferença pronunciada entre a vegetação considerada preservada e a área degradada.

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

Palavras-chave: Caatinga,Desmatamento, Mapeamento, Estrutura Vegetal, Desertificação, Paraíba.

RESÚMEN

La desertificaciónes una especie de degradación ambiental probable que se ejecuteen climas secos de todo el mundo, como resultado de la existencia de determinados usos de suelos y las intensidades com que estos se producen. Este trabajo tuvo como objetivo hacer la cartografía temporal de las zonas de riesgo de la desertificación en el curso superior del rio Paraíba y el Área de Protección Ambiental de Cariri - PB/Brasil, teniendo como parámetros los câmbios realizados en la caatinga. Fueron hechas análisis de imágenes de satélite de los años 1989, 2005 y 2013, y encuestas fitosociológicas en zona protegida y degradado, para fines de comparación de diversidad y estratos dominantes en ambas situaciones actuales. Los resultados mostraron un progresivo aumento de domínio del riesgo muy grave a la desertificación, debido a la disminución de la cubierta vegetal, mientras que el análisis fitosociológico mostró una diferencia pronunciada entre la vegetación considerada conservada y el área degradada.

Palabras-clave: Caatinga, Deforestación, Cartografía, EstructuraVegetal, Desertificación, Paraíba.

ABSTRACT

Desertification is a kind of environmental degradation likely to happen in dry climates around the world, as a result of the existence of certain soil uses and intensity which they occur. This work aimed to accomplish the temporal mapping of areas at risk of desertification in the upper course of the Paraíba river and in the Environmental Protection Area of Cariri - PB/Brazil, having as a parameter the changes made in the Caatinga. Analyses were made through satellite images from the years 1989, 2005 and 2013, as well as phytosociological surveys in preserved and degraded areas, for comparison purposes of diversity and dominant strata in both current situations. The results showed a progressive increase in the area of very serious risk of desertification due to the reduction of vegetation cover, while the phytosociological analysis showed a situation of a pronounced difference between the vegetation considered preserved and the vegetation considered degraded.

Keywords: Caatinga, Deforestation, Mapping, Plant Structure, Desertification, Paraíba.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro apresenta de forma dominante uma formação vegetal xerófita conhecida pelo nome de caatinga, a qual ocupa mais da metade da região Nordeste do Brasil, , além de um pequeno trecho da região Sudeste (844.453 km^2,conforme dados do Ministério do Meio Ambiente), possuindo alta diversidade biológica e cultural, os quais resultam da interação de diversos fatores naturais e históricos (ARAÚJO *et al*., 2007).

Do ponto de vista das alterações nessa formação vegetal, a caatinga tem sido uma das mais afetadas pelas atividades humanas em todo o Brasil, sendo considerada, enquanto Bioma, o terceiro mais degradado do país, perdendo apenas para a Floresta Atlântica e o Cerrado (MYERS *et al*, 2000). As causas dessa degradação estão relacionadas principalmente ao sistema agropastoril e também ao extrativismo, atividades que tem provocado a destruição sistemática de muitas espécies ou a processos que levam a uma descaracterização avançada (ZANETTI, 1994).

Paralelo a esse quadro de degradação, ainda que em menor proporção, a presença de alguns sistemas de manejo tradicionais vem colaborando para a preservação de diversas espécies vegetais, demonstrando que o uso sustentável dessas terras é possível, atestando a importância do conhecimento ecológico local (ALBUQUERQUE& ANDRADE, 2002; HANAZAKI, 2002; NASCIMENTO, 2007), o que também tem sido observado em outras partes do mundo, onde diversos povos exerceram e ainda vem exercendo uma forma sustentável de gestão de vários recursos naturais, contribuindo decisivamente para a sua conservação nas regiões em que eles habitam (TOUPET, 1975; TOLEDO, 1996).

Destacamos que no contexto anteriormente descrito, muitas ações do Estado tem um papel fundamental, direta e indiretamente, devido ao financiamento de diversas intervenções territoriais de elevado impacto ambiental, incompatíveis com a capacidade de resiliência do Domínio das Caatingas, pela inoperância no que diz respeito a fiscalização do cumprimento das leis ambientais e também por ainda não ter sido capaz de difundir de forma mais ampla uma série de práticas sustentáveis de uso dos solos, mesmo que muitas destas, paradoxalmente, tenham sido apoiadas financeiramente por órgãos governamentais (SOUZA et al., 2010). Dessa forma, temos um quadro preocupante, onde a rarefação ou mesmo ausência de cobertura vegetal vem fazendo com que grandes áreas apresentem riscos de diferentes níveis á desertificação.

Essa é a situação dominante na maior parte da região dos Cariris Velhos – PB, onde foi desenvolvido esse trabalho. Nesse caso, alguns dados revelam que a desertificação já atinge,

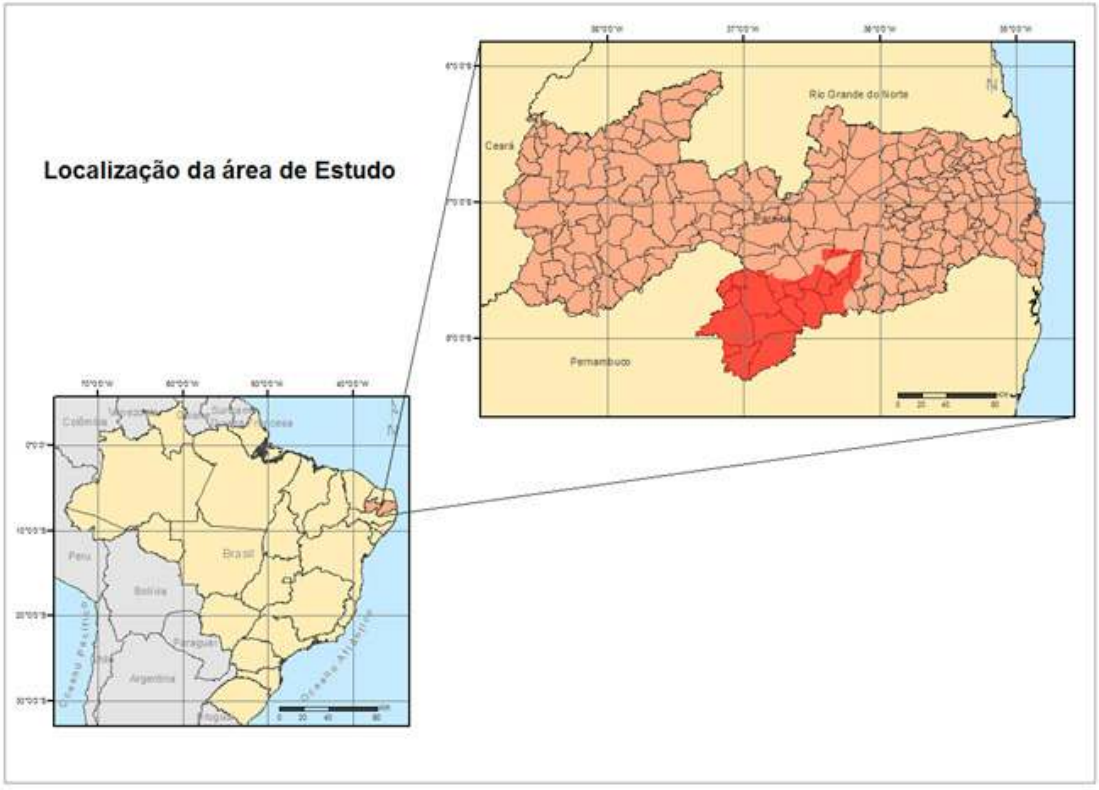
Revista da Anpege ISSN 1679-768X

em diversos graus, cerca de 70% dessas terras (7.354,2 km²), principalmente em função do desmatamento para aproveitamento da lenha como fonte energética doméstica e industrial, produção de carvão vegetal, uso na construção civil, produção de cercas, etc. (SOUZA, 2011; SOUZA et al., 2011). Em se tratando de uma região onde a pluviosidade média anual é muito baixa (cerca de 500mm), esse quadro acarreta uma série de consequências negativas, tanto do ponto de vista ambiental, como social e econômico (SOUZA et al., 2011).

Paradoxalmente, ao mesmo tempo em que temos um quadro ambiental preocupante, os remanescentes de caatingas ainda preservados fazem com que parte dessa região seja classificada pelo Ministério do Meio Ambiente - MMA como prioritária para a conservação das caatingas, devido a elevada importância biológica que a caracteriza (SILVA et al., 2004), aspectos esses que cada vez mais repercutem na tentativa de criação de medidas mais eficazes voltados à proteção desses importantes resquícios de flora e fauna nativas.

De forma mais específica, esse trabalhoabrangeu, na região dos Cariris Velhos – PB, as terras do Alto Curso do Rio Paraíba, acrescida de uma Unidade de Conservação próxima, a Área de Proteção Ambiental do Cariri – APA do Cariri (Figura 1), devido a importância da mesma, em se tratando da presença de importantes remanescentes vegetais.

FIGURA 1: Mapa de localização da área de estudo.



Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

O objetivo geral da pesquisa foi mapear os usos dos solos e a cobertura vegetal dessa parte do semiárido paraibano para identificar e analisar áreas em risco de desertificação. Trata-se de um trabalho de acompanhamento temporal e de atualização cartográfica já executado em outro momento até o ano 2005, desenvolvido por Souza et al. (2011) para toda a região dos Cariris Velhos, agora focando a parte considerada mais importante dessas terras, tanto do ponto de vista econômico, como social e ambiental, subsidiando assim as intervenções voltadas à preservação de remanescentes vegetais e a recuperação de áreas degradadas.

Conforme o Plano Diretor da Bacia do rio Paraíba, o seu Alto Curso abrange uma área de 6.717,39 km², o que perfaz 33,5% do conjunto das terras em destaque (PARAÍBA, 2001), onde estão localizados total ou parcialmente 21 municípios e três das maiores barragens existentes na Paraíba (Epitácio Pessoa, Cordeiros e Camalaú), responsáveis pelo abastecimento de diversas cidades, incluindo Campina Grande que, com cerca de 600 mil habitantes em toda a sua área de influência direta e indireta, é o segundo maior aglomerado urbano do Estado. Além do que já foi apresentado, essa é uma das áreas onde está sendo construído um dos canais da transposição do rio São Francisco, característica que atesta ainda mais a sua importância em âmbito estadual e nacional.

Justifica-se portanto a realização desse trabalho, particularmente em um momento onde uma estiagem que caminha para o quinto ano seguido vem atingindo intensamentenão só essa região, mas todo o semiárido brasileiro, colocando em alto risco a população e todo tipo de atividade econômica dependente dos recursos hídricos, além de uma série de elementos naturais, o que torna o conhecimento da cobertura vegetal, pelo papel que exerce como protetor dos recursos hídricos, peça fundamental em qualquer intervenção que venha a ser planejada para mitigar alguns dos problemas atualmente encontrados.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Os procedimentos metodológicos desenvolvidos nesta pesquisa ocorreram através de trabalhos de gabinete e de campo. Em gabinete, foram utilizados Sistemas de Informações Geográficas (SIG)para o desenvolvimento do processamento das imagens de satélites, afim defacilitar a identificação e a extração de informações para a observação da evolução do uso dos solos na área de estudo.

Assim, foram feitas buscas por imagens orbitais captadas pela série do programa Landsat (*Land Remote SensingSatellite*), por se tratar do registro de imagens multiespectrais, pela facilidade no acesso, qualidade dos dados e por corresponder a um programa com maior tempo de fornecimento contínuo de dados. Na seleção das imagens, levou-se em

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

consideração a baixa cobertura de nuvens, a resolução espacial de 30 metros e a necessidade de selecionar imagens registradas próximas ao final da estação chuvosa da região, pois nesse período há uma boa diferenciação entre áreas com maior e menor cobertura vegetal, conforme afirma Souza (2008).

Como resultado dessa fase da pesquisa, foi possível coletar cenas dos dias 02/08/1989 e 29/07/2005 do sensor *ThematicMapper*(TM) do satélite Landsat-5, órbita/ponto 215/65 e 215/66, disponíveis no *site* do Instituto de Pesquisas Espaciais do Brasil (INPE). Como imagem mais recente, seguindo os critérios de triagem mencionados anteriormente, foi coletada a cena registrada em 04/08/2013, órbita/ponto 215/65 e 215/66, provenientes do sensor *Operacional Land Imager* (OLI) do satélite Landsat-8, sendo as mesmas disponíveis no *site* da *United StatesGeologicalSurvey* (USGS).

Alguns dados no formato vetorial foram coletados, a exemplo da delimitação da bacia do Alto Curso do Rio Paraíba, a divisão municipal e rede de drenagem, todos disponibilizados no *site* da Agência Executiva de Gestão das Águas do Estado da Paraíba (AESA). Com relação a delimitação da APA do Cariri, a mesma foi fornecida pela Secretaria de Meio Ambiente do Estado da Paraíba

Após a coleta de dados, partimos para o processamento digital das imagens, inicialmente reprojetando as imagens do Landsat-8 do hemisfério Norte para o Sul. Tal procedimento foi realizado no Programa ArcGis 10.1, bem como a alteração da resolução radiométrica das imagens deste sensor, passando de 16 para 8 bits, com o objetivo de torná-las compatíveis com a resolução das imagens do Landsat-5.

Os passos seguintes do processamento digital de imagens foram realizados no Programa Spring, versão 5.2.7, partindo da conversão das cenas para o formato de imagem compatível ao uso interno desse Programa, passando pelas correções geométricas das imagens do LandSat-5. Com as imagens georreferenciadas, foi possível a construção de mosaicos para representar a totalidade da área de estudo, visto que a mesma possui continuidade física em dois pares de imagens.

Em seguida, os mosaicos foram recortados conforme a delimitação da área de estudo e a partir de então foram geradas composições coloridas, com o propósito de auxiliarem no mapeamento das classes pós processo de classificação. Desta maneira, para as imagens TM-Landsat-5 de 1989 e 2005, foi gerada uma imagem sintética para cada ano, a partir da associação das cores azul, verde e vermelho aos canais 2,3 e 4. Na obtenção de resultados análogos às imagens do TM-Landsat-5, foram utilizadas as bandas 5,4 e 3 do OLI-Landsat-8, associadas as cores azul, verde e vermelho, conforme orientação de Santos (2013). Para

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

facilitar a interpretação das imagens nas composições coloridas, foram aplicados contrastes lineares às mesmas.

O passo seguinte do processamento digital de imagens foi o de facilitar a identificação dos principais elementos da paisagem no Alto Curso do Rio Paraíba, recorrendo-se as técnicas de classificação das imagens de satélite. Assim, o método de classificação automático das imagens multiespectrais utilizado neste trabalho foi o não-supervisionado, tendo em vista a extensão da área de estudo. A análise se deu por pixel, atuando nas bandas 3,4 e 5 das imagens do sensor TM-Landsat-5 e 4,5 e 6 OLI-Landsat-8, sendo o K-Médias o classificador selecionado para fazer a distinção entre os alvos.

Antes da realização do processo de classificação, um conjunto de temas foi visualmente pré-definido, com base nas imagens sintéticas e no conhecimento de campo, com finalidade de avaliar a capacidade de distinção da classificação entre as principais coberturas da terra, como: solo exposto, corpos hídricos e vegetação.

Para que o classificador K-Médias do Spring efetuasse um bom desempenho na diferenciação dos alvos imageados, seguindo orientação presente em Silva et al.(2013), foi definido um número maior de temas de entrada em relação as classes pré-definidas, totalizando 10 temas com 10 interações. Para cada ano foi gerada uma imagem classificada. A primeira a passar pelo processo de remapeamento foi a do ano de 2013, levando-se em consideração os temas pré-definidos e o comportamento espectral dos alvos nas imagens classificadas. Essa fase do trabalho foi subsidiada pelo conhecimento de campo e pela correspondência de pontos amostrais em imagens de alta resolução do Google Earth.

Como resultado do processo de remapeamento para a imagem classificada de 2013, foi possível distinguir áreas com cobertura vegetal, de solo exposto e dos corpos hídricos. Com base nas características da densidade da vegetação, pôde-se ainda diferenciá-la entre si como vegetação aberta, semiaberta ou fechada.

Devido às condições geoambientais na qual a área de estudo está imersa e ao histórico das perturbações antrópicas exercidas nessa região, relatadas por Souza (2008), a densidade da cobertura vegetal foi utilizada como parâmetro biofísico para estimar os níveis de susceptibilidade à desertificação, tendo em vista que a influência do meio imprime consequências bem marcantes sobre a configuração das fisionomias da caatinga. Assim, as áreas indicadas como solo exposto, vegetação aberta, vegetação semiaberta e vegetação fechada no processo de classificação, foram respectivamente associadas às nomenclaturas de risco de desertificação Muito Grave, Grave, Moderado e Ausente. A escolha pelo termo risco à desertificação ocorreu em função desse tipo de degradação envolver outras análises

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

que não apenas a cobertura vegetal, como atesta o documento da Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação (CCD, 1995), ainda que essa exerça papel fundamental na possibilidade do estabelecimento desse processo.

As cores foram utilizadas no mapeamento para ilustrar a intensidade do risco à desertificação, de maneira que, quanto maior o risco identificado, as tonalidades de cor bege foram empregadas, fazendo alusão a maior exposição do solo, e quanto menor o risco ao processo em questão, as tonalidades de cor verde foram empregadas para referenciar as áreas com maior densidade da vegetação.

Com relação às nuvens e suas respectivas sombras, foi possível individualizá-las por intermédio da edição matricial. O mesmo procedimento da edição matricial também foi realizado para distinguir área urbana de solo exposto, levando-se em consideração a delimitação das áreas urbanas proposta pelo senso do IBGE de 2010. Essa delimitação foi utilizada tanto nas imagens de 2013, quanto para as dos anos de 1989 e 2005, tendo em vista a indisponibilidade da base cartográfica da década de 1980. Em decorrência deste procedimento, a área urbana permaneceu invariável durante os anos analisados.

Os trabalhos de campo foram realizados em toda a bacia durante os anos 2014 e 2015, em paralelo aos trabalhos de gabinete, servindo como suporte orientador dos procedimentos adotados para análise das imagens de satélite. Parte desses trabalhos foi efetuadana APA do Cariri e teve como objetivo levantar dados referentes principalmente a diversidade e variedade dos estratos da vegetação para efeito de comparação entre uma área preservada e outra degradada, uma vez que, em função da escala adotadanessa pesquisa, as imagens de satélite utilizadas não se prestam a esse nível de detalhamento de informações.Levou-se em consideração que a caatinga é um bioma originalmente florestal, tal como é aceito mais recentemente em nível internacional (OLIVEIRA FILHO *et al.*, 2006; PENNINGTON *et al.*, 2000; PRADO, 2000), portanto, onde em situação de maior preservação dominaria o estrato arbóreo, ao passo que quanto menos presente esse estrato, mais degradada estaria a área analisada.

Os trabalhos de campo também serviram para analisar *in loco* os níveis de susceptibilidade à desertificação propostos pelo mapeamento nestas duas porções da APA. Dessa forma, essa etapa foi um complemento fundamental para validar as informações obtidas pelo sensoriamento remoto e a uma maior aproximação do mapeamento efetuado com o que foi observado em campo, levando em consideração que todo mapa é uma metáfora da realidade.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

A proposta de levantamento de campo utilizada foi a biogeográfica de Cámara& Díaz del Olmo (2004), denominada Método de Transecto Linear para Fanerófitos e Caméfitos – MTLFC, a qual consiste num censo de plantas lenhosas, dentro de um trecho linear de 50 metros de largura e 2 metros de comprimento, perfazendo uma área de 0,1 ha. Os indivíduos identificados e recenseados nos transectos realizados são aqueles que estão situados dentro da distância de 1m à direita e à esquerda da fita métrica. Embora outras informações possam ser obtidas através do desenvolvimento desse método de levantamento da vegetação, para esse trabalho foram trazidos os dados relativos ao número de espécies identificadas e os estratos que estas ocupavam, em área preservada e degradada, para efeito de comparação entre o que é possível encontrar em termos de diversidade e estrutura em ambientes distintos nessa região.

Após a coleta dos dados em campo, os mesmos foram tratados em gabinete num aplicativo desenvolvido no programa *Excel*, o qual possibilitou a organização e a apresentação dos resultados a serem expostos.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Conforme o histórico do processo de ocupação dos Cariris Velhos, compilado por Souza (2008), a pecuária bovina e a agricultura de subsistência para produção de gêneros alimentícios básicos (principalmente milho e feijão) nas várzeas dos rios,foramas primeiras atividades econômicas introduzida na região, em meados do século XVII, apresentando desdobramentos negativos nas paisagens, provenientes tanto da herbivoria como da prática do desmatamento e queimadas para a expansão dessas atividades, acrescentando a essas o extrativismo vegetal para produção de lenha, carvão e aproveitamento da madeira para diversos fins (cercas, material de construção, etc.).

À medida que a população foi crescendo, a pressão sobre os recursos naturais foi sendo intensificada, particularmente com a introduçãoda cotonicultura, cujo auge se deu entre o final do século XIX e a metade do século XX, período em que extensas áreas da caatinga foram desmatadas para dar lugar a esta atividade, algumas vezes em forma de monocultura, ainda que esse sistema de exploração agrícola nunca tenha sido dominante na região estudada.

Destacamos que, embora em principio o cultivo do algodão fosse exercidoprincipalmente nas várzeas dos grandes rios temporários da região, outras áreas vizinhas também foram incorporadas a essa atividade, dado o valor elevado da fibra dessa espécie nos mercados nacional e internacional, o que fez com que a Paraíba, até o início do século XX, fosse um dos maiores produtores desse recurso natural no Brasil. Logo, extensas áreas de caatinga

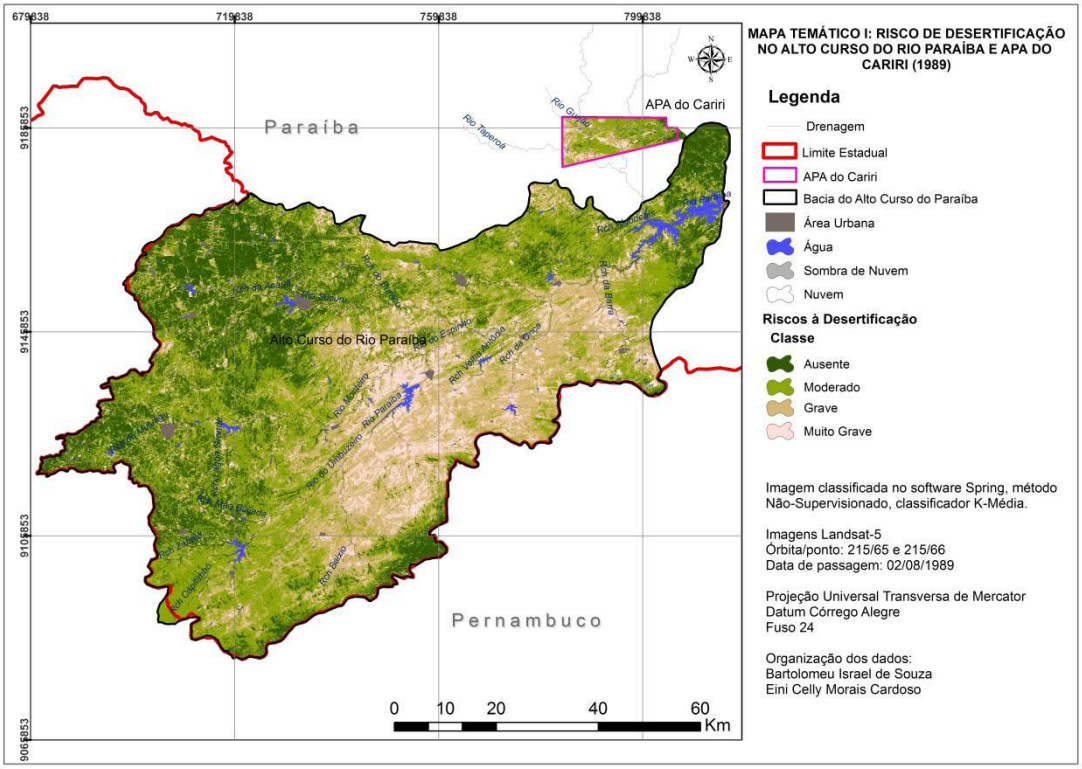
Revista da Anpege ISSN 1679-768X

foram retiradas através do corte e do fogo, de forma tal que muitos solos com fertilidade naturalmente baixa, tendo sido incorporados a um processo produtivo mais intensivo, ainda hoje apresentam dificuldade em se recompor e favorecer o desenvolvimento espontâneo da sucessão natural da vegetação de caatinga, sendo conhecidos popularmente na região analisada como 'terras fracas" (SOUZA, 2008).

Conforme mencionado, esse conjunto de alterações ambientais ocorridas ao longo do temponos Cariris Velhos pelas atividades antrópicas deixaram marcasainda hoje expressivas nas paisagens, particularmente nos solos e na vegetação, sendo passíveis de mapeamento. Neste sentido, a pesquisa permitiu identificar,atualmente em campo, diversas alterações ocorridas, ao passo que, através das imagens de satélite, foi possível cartografar os riscos à desertificação, sob a perspectiva de uma série histórica, dos anos 1980 ao século atual, utilizando como indicador biofísico a densidade da vegetação, como foi relatado na metodologia.

Como resultado da classificação das imagens de satélite, foram gerados três mapas temáticos com as mesmas classes, representando o risco à desertificação no Alto Curso do Rio Paraíba e na APA do Cariri, a partir dos recortes temporais de Agosto/1989, Julho/2005 e Agosto/2013, conforme demonstram as figuras 2,3 e 4, a seguir:

FIGURA 2: Risco de desertificação na área estudada em 1989.



Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

FIGURA 3: Risco de desertificação na área estudada em 2005.

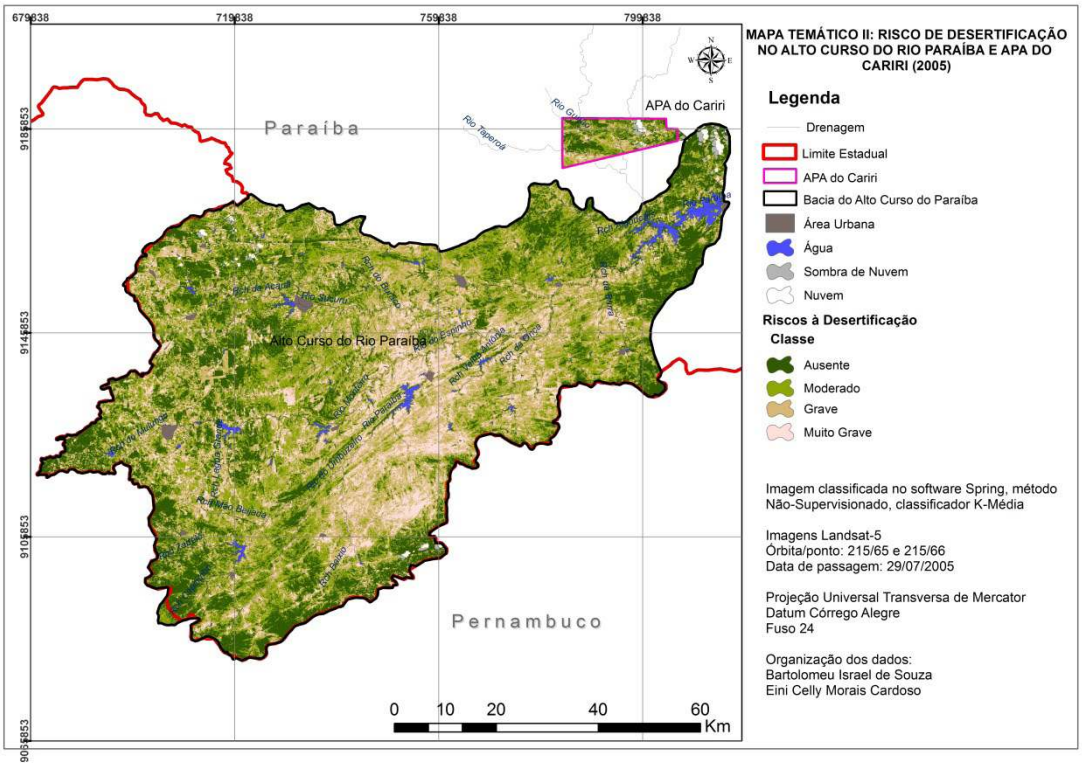
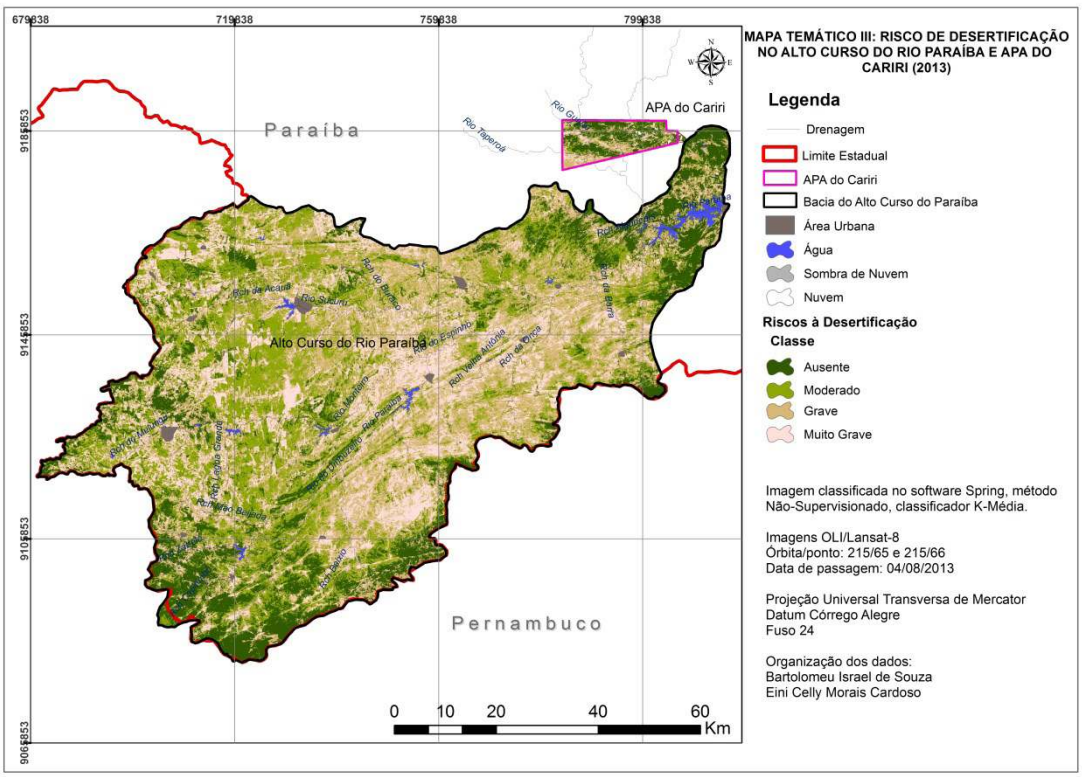


FIGURA 4: Risco de desertificação na área estudada em 2013.



Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Por intermédio dos mapas temáticos representados pelas figuras 2, 3 e 4, percebe-se nitidamente uma estreita relação entre as características físicas dominantes nessas terras, o processo de ocupação aí ocorrente e os distintos níveis de riscos à desertificação, conforme mencionado anteriormente. Neste sentido, nas três situações apresentadas em formas de mapas, a maior rarefação da caatinga encontra seu mais expressivo correspondente espacial nas proximidades dos corpos hídricos, particularmente no entorno dos maiores rios da região, com destaque para o rio Paraíba, além dos reservatórios de água, já que historicamente essas áreas favoreceram a prática de atividades agrícolas, pecuárias e extrativistas, além da concentração populacional, inclusive das cidades, acarretando as mudanças mais drásticas na vegetação presente originalmente. Logo, corroborando com Ribeiro et al. (2015), os maiores contingentes de pessoas e gado tem sido os principais fatores de mudanças na composição vegetal, em quantidade e diversidade, com impacto negativo mais forte em plântulas, o que pode ser parcialmente visualizado nos mapas apresentados. Dessa forma, em um processo contínuo, temos um empobrecimento da vegetação que vai piorando ao longo do tempo, como consequência direta da presença das atividades antrópicas, além das consequências ligadas a ocorrência de estiagens prolongadas e sua influência nos remanescentes de cobertura vegetal.

A representação dessas áreas nos mapas temáticos está associada ao risco de desertificação grave ou muito grave. Observa-se ainda, nas três situações apresentadas,a pequena presença de matas ciliares, as quais estão restritas a pequenos trechos dos rios e riachos, embora os trabalhos de campo tenham mostrado que se trata, atualmente e possivelmente no passado recente analisado, em sua grande maioria, de matas de algaroba (*Prosopisjuliflora*), espécie exótica que também contribui para a diminuição da presença de plantas nativas da caatinga, dada a agressividade com que se instala nos ambientes de várzea e se aproveita dos recursos hídricos (SOUZA, 2008).

De forma mais pontual, ao observarmos sequencialmente a Figura 2, no tocante a situação de agosto de 1989, é nítido que o risco à desertificação grave à muito grave na região estudada possui uma extensão maior e mais homogênea no centro-sul da bacia, onde temos uma concentração expressiva das maiores áreas de várzeas do Alto Curso do Rio Paraíba e importantes reservatórios de água.

No recorte temporal de julho de 2005, passados dezesseis anos, o quadro mais acentuado de degradação continua fortemente concentrado nesta porção da bacia, característica similara que foi detectada em 1989, ainda que mais recentemente essa situação tenha sido ampliada para outras áreas dessa região, particularmente a porção oeste, criando-se assim paisagens fortemente alteradas disseminadas por grande parte do espaço em questão, que em muito se assemelham, em sua aparência, a cenários de alguns desertos.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Dessa forma, comparando-se ainda os recortes temporais de 1989 e 2005, a alteração da cobertura vegetal, avançando para a porção oeste da bacia, imprimiuforte retalhamento na paisagem, fragmentando vastas áreas de caatinga, antes mais contínuas. Não fica descartada a influência das estiagens na vegetação, estabelecendo esse quadro. Entretanto, uma análise mais detalhada das formas das áreas degradadas presentes em 2005, grande parte delas com formato geométrico, indica que esse quadro teve na retirada direta da vegetação a sua maior razão de ser, onde esses espaços foram ocupados em algum momento por algum tipo de lavoura temporária, pastagem, extrativismo vegetal ou mesmo a combinação de todas essas atividades, como é comum nessa região. Além disso, entre os dois anos em análise não houve registro de estiagens muito prolongadas na área estudada, ficando assim ainda mais descartada a possibilidade de que as secas tenham feito parte da caatinga regredir espacialmente.

Ao analisarmos o recorte temporal de agosto de 2013, observa-se que a degradação é intensificada e ampliada em toda a bacia. Para esse momento, a análise exige uma visão ainda mais integradora dos elementos que causaram essa situação: as ações antrópicas, a seca acentuada e, por fim, a relação da caatinga com os dois primeiros elementos destacados e as imagens de satélite.

A primeira situação, ao expandir a agropecuária e o extrativismo, cria processos que simplificam e homogenizam a caatinga em termos de espécies vegetais, destacando-se as pioneiras nativas, como marmeleiro *(Crotonblanchetianus*) e jurema preta (*Mimosa tenuiflora*), com elevada capacidade de rebrota, mesmo quando submetidas ao corte ou ao fogo, ao passo que as demais tem a sua presença reduzida de forma substancial, inclusive pela herbivoria, notadamente do gado caprino, rebanho dominante nos Cariris Velhos. A exceção a esse uso fica concentrada em pequenos espaços onde temos o domínio de terrenos pedregosos ou de relevo mais acidentado, o que torna difícil o aproveitamento econômico direto dessas terras e dos seus recursos vegetais.

Como consequência dessa situação, temos menor disponibilidade de sementes e também dos animais selvagens dispersores destas, visto que foram afugentados ou mesmo extintos, através da caça direta ou modificação intensa dos ambientes de onde tiravam a sua sobrevivência.Diante da menor cobertura vegetal e da renovação desta, a compactação dos solos, com capacidade naturalmente baixa de acúmulo de água no subsolo, fica ainda mais reduzida, afetando direta e negativamente os poucos remanescentes de espécies vegetais mais exigentes em água (SOUZA & MARTINS, 2012), criando ambientes de perturbação crônica (RIBEIRO *et al.*, 2015).

O quadro descrito acima passa a ser ainda mais ampliado quando da ocorrência de estiagens prolongadas, uma vez que a antiga resiliência existente que tornava os

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

ambientes da caatinga naturalmente resistentes a esses longos períodos de falta de água, foi severamente alterada. Nesse caso, embora as secas não provoquem a desertificação, acabam acentuando o processo em função de um quadro em muito fragilizado pela ação humana.Essa é a situação que todo o semiárido vem se deparando mais recentemente desde o ano 2011, quando passamos a terforte atuação do El Niño até o período atual, o que se reflete diretamente na ampliação das áreas desertificadas, situação observada no mapa de 2013, exposto nesse trabalho.

Além do que foi mencionado acima, o sistema foliar da maioria das plantas da caatinga, ao responder negativamente aos períodos de seca com a queda das folhas (estado de dormência), tem efeito direto na resposta das imagens de satélite utilizadas para analisar a degradação. Nesse caso, a resposta espectral do solo nu ou com rarefação de biomassa verde sobressai em relação a vegetação nas imagens de satélite, mesmo nos locais onde na verdade a densidade desta é maior. Como consequência, áreas que não apresentam risco à desertificação ou apresentam baixa possibilidade de ocorrência ao processo podem ser confundidas pelo sensor remoto com áreas em situação de maior risco àessa degradação, dada a influência dominante da reflectância dos solos nas imagens. Sabendo que essa margem de erro sempre irá acontecer, a solução adotada para minimizá-la, ao menos no período atual, foi a realização de muitas viagens á campo em períodos distintos ao longo dos anos 2014 e 2015, aprofundando o conhecimento sobre a região estudada.

Como resultado do mapeamento desenvolvido nesta pesquisa, apresentamos, em termos quantitativos,as classes temáticas estabelecidas para cada recorte temporal, na figura 5, a seguir. Sobre os dados constantes, chamamos atenção que, em relação a área total de um ano para outro, ocorre ligeira diferença nos valores das mesmas. Isso se deve aocorrência de alguma imperfeição nas imagens de satélite analisadas, impedindo a classificação dessas áreas e acarretando essa falha, mesmo que mínima e não comprometedora dos resultados apresentados.

Quadro 1: Quantificação das classes temáticas por recorte temporal na área estudada.

Classe	1989		2005		2013	
	Área (*ha*)	%	Área (*ha*)	%	Área (*ha*)	%
Água	9537.93	1.418867	7803.36	1.160848	4454.64	0.662683
Risco a Desertificação Ausente	156239.1	23.2422	175776.7	26.14899	124342.83	18.49754
Risco a Desertificação Moderado	261808	38.94669	221492.5	32.9498	184810.32	27.49283
Risco a Desertificação Grave	182323.6	27.12255	191844.5	28.53929	235940.31	35.09906

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Classe	1989		2005		2013	
	Área (*ha*)	%	Área (*ha*)	%	Área (*ha*)	%
Nuvem	139.14	0.020699	1399.86	0.208247	18.45	0.002745
Sombra de Nuvem	206.19	0.030673	1591.02	0.236684	33.66	0.005007
Área Urbana	3493.89	0.519753	3474.54	0.516882	3459.6	0.514659
TOTAL	672221.5	100	672212.1	100	672212.7	100

Através do quadro 1, verifica-se, em todos os anos analisados, a redução da área ocupada pelas classes "Água", "Risco a desertificação ausente" e "Risco a Desertificação Moderado". Em contrapartida, neste intervalo de tempo, há um crescimento progressivo das áreas classificadas que denotam situação de degradação sobre o ambiente, representadas pelas classes "Risco a Desertificação Grave" e "Risco a desertificação muito Grave". Estas últimas classes apresentaram maiores extensões em 2013, comparando aos anos anteriores, em consequência não só da crescente interferência antrópica sobre o meio, mas também devido ao quadro pluviométrico de elevada estiagempresentea partir de 2011, conforme já destacamos anteriormente.

Como exceção a essa regra, temos o aumento da classe "Risco a Desertificação Ausente", entre 1989 à 2005. Apesar dessa constatação, acreditamos que esse fato ocorreu mais em função da resposta fenológica das plantas da caatinga a um período de prolongamentoanormal da estação chuvosa no ano 2004, com repercussões até 2005, favorecido pelo fenômeno La Niña, do que pela ampliação dessa classe temática. Essa observação deixa claro que os ambientes de caatinga são muito complexos do ponto de vista dos fenômenos atuantes, tanto os de ordem natural como aqueles resultantes da interação destes com a atuação humana, o que faz com que toda análise deva ser feita com muito cuidado, para diminuir a possibilidade de ocorrência de erros, ainda que estes sejam sempre passíveis de acontecer, mesmo que de forma mínima.

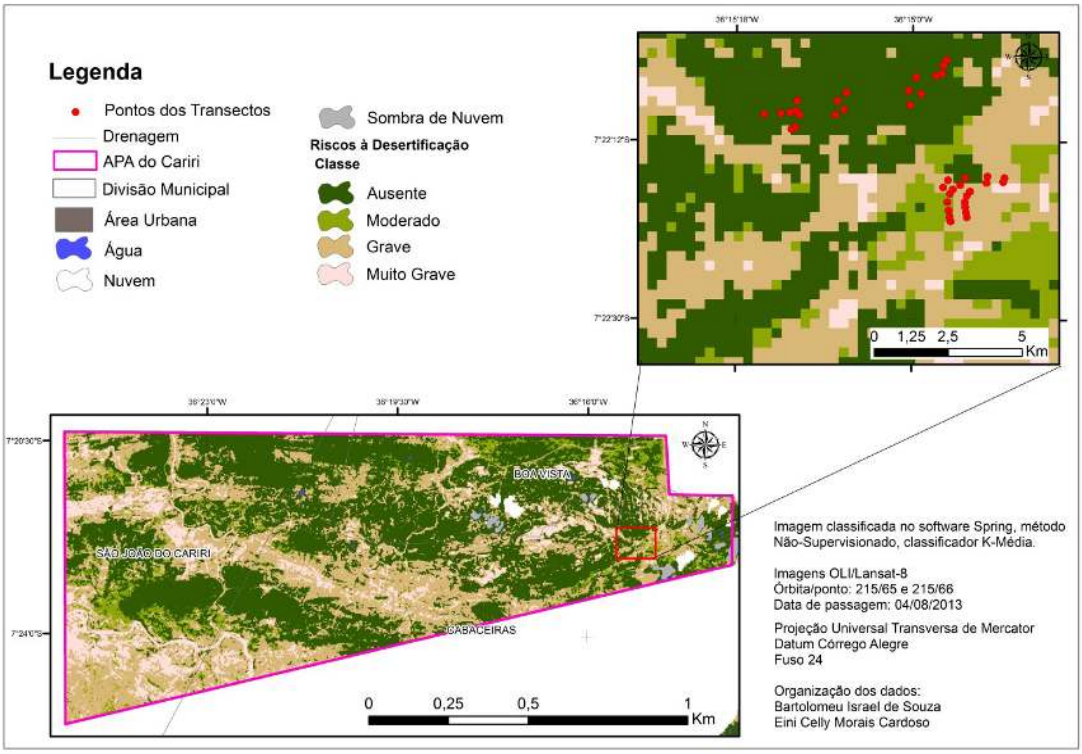
Em meio a um quadro dominante de grande pressão sobre os recursos da caatinga, ainda é possível encontrar remanescestes de uma vegetação mais preservada em algumas porções do território dos Cariris Velhos, a exemplo das áreas de serras e no entorno de afloramentos rochosos mais expressivos (denominados regionalmente de lajedos). Como já foi dito, foram as condições do meio – como por exemplo a rochosidade e a declividade do relevo – que acabaram dificultando o desenvolvimento das atividades agropecuárias e extrativistas nestas áreas, mantendo razoavelmente preservadas algumas porções de caatinga arbórea nessa região.

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

Para o caso acima destacado, a APA do Cariri é uma destas porções territoriais que abriga uma riqueza florística, em geral, distinta do seu entorno, particularmente nas áreas de entorno dos lajedos. Ainda assim, tal como no Alto Curso do Rio Paraíba, as áreas com maior risco à desertificação nesta parte da área estudada estão concentradas nas várzeas dos rios principais que atravessam essa unidade de conservação (Gurjão, Boa Vista, Taperoá e Soledade), em função da disponibilidade de água e pela presença de maior umidade no solo.

Para conhecer algumas particularidades da vegetação dessas situações distintas, não reveladas pelas imagens de satélite, tal como já foi exposto anteriormente, foram efetuados levantamentos de campo para analisar a diversidade vegetale os estratos dominantes dos indivíduos presentes em uma áreapreservada e outra degradada, aspectos estruturais fundamentais quando se pretende reconhecer o nível de conservação dos remanescentes florestais. A localização dessas áreas na APA em questão pode ser visualizada na figura 5, a seguir.

FIGURA 5: Localização dos transectos na APA do Cariri, efetuados em área preservada (Risco à Desertificação Ausente) e degradada (Risco à Desertificação Grave e Muito Grave).



Como resultado dos levantamentos da vegetação, na área preservada (Risco à Desertificação Ausente da figura 6) foram contabilizadas 48 espécies num total de 438 indivíduos levantados, o que representou um bom valor de riqueza em um trecho de vegetação com apenas 0,1 ha. Além do mais, nessa área foram encontradas espécies

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

originárias não só da caatinga, mas também de outros domínios, a exemplo da Mata Atlântica, Cerrado e Floresta Amazônica, que requerem elevada umidade para se desenvolverem, o que demonstra um pouco da complexidade vegetal existente nos poucos remanescentes preservados ainda observados no semiárido brasileiro, fazendo-se necessária a realização de mais pesquisas para conhecer as razões locais que levam a esse quadro.

Diferentemente do que foi registrado na área preservada, na área degradada (Risco à Desertificação Grave e Muito Grave da figura 6) foram identificadas apenas 12 espécies num total de 258 indivíduos recenseados, sendo todas pioneiras da caatinga, denotando um elevado nível de degradação na área levantada.

Além da questão da diversidade vegetal diferenciada, em relação aos estratos, o resultado do levantamento também mostrou situações bem distintas entre as duas áreas, como pode ser conferido por intermédio da tabela 1, a seguir.

Tabela 1: Divisão dos indivíduos vegetais por estratos na área preservada e degradada.

Estratos	Área Preservada		Área Degradada	
	Quantidade de indivíduos	%	Quantidade de indivíduos	%
0 - 0,3 m (Herbáceo a Subarbustivo)	20	4,6	2	0,8
>0,3 - 0,6 (Subarbustivo)	29	6,6	6	2,3
>0,6 - 1,5m (Arbustivo)	98	22,4	75	29,1
>1,5 - 3m (Arbustivo Alto)	98	22,4	164	63,6
>3 - 5m (Arbóreo Baixo)	87	19,9	11	4,3
>5 - 10m (Arbóreo Intermediário)	77	17,6	-	0,0
>10 -20m (Arbóreo Alto)	22	5,0	-	0,0
>20 m (Arbóreo Muito Alto)	7	1,6	-	0,0
Total	**438**	**100,00**	**258**	**100,00**

Por meio dos dados apresentados na figura 7, verifica-se na área preservada que: 33,6% dos indivíduos recenseados foram caracterizados com porte herbáceo á arbustivo, típico de um ambiente em fase inicial de recuperação ambiental; 22,4% pertencem ao estrato arbustivo alto, típico de um ambiente com processo de recuperação ambiental avançado; finalmente, 44,1% das espécies levantadas apresentaram porte arbóreo baixo à arbóreo muito alto, caracterizando assim uma fitofisionomia florestal, típica de ambientes com nível de preservação elevado, conforme pode ser visualizado na figura 6. Destaca-se que mesmo nas partes da área preservada com domínio de estrato arbustivo, a elevada

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

densidade das plantas é um fator que a torna constituinte de uma situação de ausência de risco à desertificação, também levando em consideração que a sucessão ecológica se encontra, aparentemente, em franco progresso.

FIGURA 6: Ilustração do estrato arbóreo dominante e da densidade da vegetação na área preservada.



Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

Já os estratos ocorrentes na área degradada foram: 32,2% com porte herbáceo a arbustivo; 63,6% com porte arbustivo alto e apenas 4,3% com porte arbóreo baixo. Destaca-se que a densidade das espécies levantadas nessa área apresentou-se muito baixa, com longos trechos de vegetação ausente e portanto domínio de solo exposto, conforme pode ser visualizado na figura 7. Esses dados, associados a pequena diversidade, indicam alto nível de antropização e portanto grave risco á desertificação.

Figura 7: Ilustração do estrato arbustivo dominante e da densidade da vegetação na área degradada.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse trabalho demonstrou que na área estudada, de forma geral, temos tido um aumento progressivo da degradação nas caatingas entre as décadas de 1980 à 2013, cujas razões estão relacionadas a forma como se dá o uso dessas terras, o que vem se processando há séculos de ocupação das mesmas, estabelecendo-se uma situação de risco crescente á desertificação.

Nessa relação de causa e efeito, também deve ser levado em consideração a atuação de fatores externos ligados ao mercado e a procura deste por diversos recursos, a exemplo

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

do algodão no passado e da caprinocultura e da lenha no presente, que, juntamente com alguma ações equivocadas desenvolvidas através de políticas públicas tidas como desenvolvimentistas, colaboraram e vemcolaborando decisivamente para esse quadro. Essa busca pela aceleração da produção tem sido implementada, como regra, em bases pouco sustentáveis do ponto de vista ambiental, processo este acentuado pela relativa falta de conhecimento científico que ainda temos atualmente sobreas zonas secas no Brasil, setor para o qual historicamente se dirigiu pouco investimento, entre outros nesta região.

A longa estiagem que vem atingindo a região do Alto Curso do rio Paraíba e APA do Cariri, assim como todo o semiárido brasileiro, desde 2011 ao presente momento, favorece a expansão e intensificação da degradação e do risco á desertificação, a partir do momento que a falta de água dificulta ainda mais o restabelecimento natural de uma série de espécies vegetais já em muito impactadas pelas ações humanas, a despeito da caatinga ser uma formação vegetal reconhecida cientificamente como de alta resistência às secas.

Como se trata de um sistema, uma série de outros elementos direta e indiretamente ligados à vegetação também se veem comprometidos nessa região. Esse é o caso dos recursos hídricos, particularmente as grandes barragens existentes nessas terras que, embora venham sofrendo assoreamento desde que foram construídas, no período analisado neste trabalho, somente agora vêem as águas estocadas severamente ameaçadas por conta da atuação de uma estiagem que tem se prolongando como nunca antes, chegando próxima dos cinco anos. Nesse caso, pensando em uma situação ideal, a existência de uma boa cobertura vegetal também funcionaria como proteção desses mananciais, amenizando os efeitos da seca no que diz respeito ao armazenamento hídrico.

Embora não possamos dizer quando, sabemos que essa estiagem prolongada vai ter fim, como outras já tiveram. Entretanto, se essa questão da degradação crescente da caatinga não for solucionada minimamente, para além desse problema, a segurança hídrica vai continuar a ser ameaçada nessa e em outras regiões do semiárido brasileiro. Quando falamos em solução mínima, não nos referimos apenas a efetivação de uma boa rede de unidades de conservação que protegesse verdadeiramente esse e outros recursos naturais, o que atualmente também não temos, mas sim a uma ampla e real difusão de práticas sustentáveis de usos dos solos e dos recursos naturais.

Revista da Anpege
ISSN 1679-768X

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro do Ministério do Meio Ambiente/Fundo Nacional sobre Mudança do Clima ao projeto 02/2014 "Desenvolvimento de capacidades técnicas e institucionais de parceiros locais em bacias hidrográficas para o desenvolvimento de estratégias para a conservação de ambientes naturais: Conhecendo as relações biofísicas e antrópicas para subsidiar uma convivência sustentável no Alto Curso do rio Paraíba – PB" que permitiu a realização deste trabalho.

REFERÊNCIAS

1. ARAÚJO, E. L.; CASTRO, C. C.; ALBUQUERQUE, U. P. Dynamics of Brazilian Caatinga – A Review Concerning the Plants, Environment and People.**Functional Ecosystems and Communities**, 1(1), 2007, p: 15-28.
2. ALBUQUERQUE, U. & ANDRADE, L. H. C. Conhecimento botânico tradicional e conservação em uma área de caatinga no estado de Pernambuco, Nordeste do Brasil. **Acta Bot. Bras.**, 2002, 16 (3), p: 273-285.
3. CÁMARA, R.& DÍAZ DEL OLMO, F. **Directrices y Gestión para laConservación y DesarrolloIntegral de unHumedalCentroamericano: Golfo de Montijo (Litoral del Pacífico, Panamá)**.Panamá:Embajada de Españaen Panamá, 2004.
4. CCD. **Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação**. Tradução: Delegação de Portugal. Lisboa: Instituto de Promoção Ambiental, 1995.
5. HANAZAKI, N. Comunidades, conservação e manejo: o papel do conhecimento ecológico local. **Biotemas**, 16 (1), 2003, p: 23-47.
6. MYERS, N; MITTERMEIER, R.A; MITTERMEIER, C.G; FONSECA, G.A.B; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, n 403, 2000, p: 853-859.
7. NASCIMENTO, V. T.**Estratégias rurais de uso e manejo de plantas para a construção de cercas em uma área de caatinga no município de Caruaru, Pernambuco**. Dissertação de Mestrado. 185 p. Recife (PE): UFRPE/Programa de Pós-Graduação em Botânica, 2007.
8. OLIVEIRA FILHO, A. T.; JARENKOV, J. A.; RODAL, M. J. N. Floristic relationships of seasonally dry forests of eastern South America based on tree species distribution pattern. En
9. PENNINGTON, R. T.; PRADO, D. A.; PENDRY, C. Neotropical seasonally dry forests and Pleistocene vegetation changes.**J. Biogeogr**., v. 27, 2000, p. 261-273.
10. PARAÍBA. **Proágua Semiárido**. Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Paraíba. João Pessoa: Governo do Estado da Paraíba/SEMARH, 2001.
11. PRADO, D. E. Seasonally dry forests of tropical South America: from forgotten ecosystems to a new phytogeographic unit. Edinburgo (UK):**J. Bot**., v. 57, 2000, p. 437-461.

Revista da Anpege ISSN 1679-768X

12. RIBEIRO, E. M. S.; ARROYO-RODRIGUEZ, V.; SANTOS, B. A.; TABARELLI, M.; LEAL, I. R. Chronic anthropogenic disturbance drives the biological impoverishment of the Brazilian Caatinga vegetation. **JournalofAppliedEcology**, 52, 2015,p: 611 – 620.

13. SANTOS, J. **Processamento Digital. Geoteconologias e software livre. ARCGIS: Rescale em Batch, composição colorida RGB e fusão de imagens Landsat-8**. Agosto de 2013. Apostila Disponível em http://www.processamentodigital.com.br/wp-content/uploads/2013/08/20130820_ArcGIS10_Rescale_RGB_Composite_PanSharpening.pdf. Consulta feita em 23/fev./2015.

14. SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. (orgs.). **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: MMA/UFPE, 2004.

15. SILVA, P. B. A; VALÉRIO, L. P; SANTOS, T. B; ALCÂNTARA, E. H; STECH, J. L. Análise de classificadores para mapeamento de uso e cobertura do solo. In: **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto – SBSR**, Anais. Foz do Iguaçu: INPE, 2013.

16. SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. Políticas Públicas, uso do solo e desertificação nos Cariris Velhos (PB/Brasil). **Scripta Nova**, vol. XIV, n. 311, 2010. Consulta feita em 10 de enero de 2015. Disponível em: http//www.ub.es/geocrit/sn/sn-311.htm.

17. SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. Evolução da desertificação no Cariri paraibano a partir da análise das modificações na vegetação. **Geografia,** v. 36, n. 1. Rio Claro: AGETEO, jan./abr. 2011, p. 193-205.

18. SOUZA, B. I. Uso da vegetação e solos em áreas susceptíveis à desertificação na Paraíba/Brasil. **GEOgraphia**, v. 13, n. 25. Rio de Janeiro: UFF, 2011, p. 77-105.

19. SOUZA, B. I. **Cariri Paraibano: do silêncio do lugar à desertificação**. Tese (Doutorado). Porto Alegre: UFRGS/Programa de Pós-Graduação em Geografia, 2008.

20. SOUZA, B. I & MARTINS, V. L. Infiltração da água em solos de zona semiárida e sua relação com os processos de desertificação.**Boletim Gaúcho de Geografia**, 39, 2011, p: 25-40, jul.

21. TOUPET, C. Le nomade, conservateur de lanature? L'exemple de laMauritanieCentrale. In: MONOD, T. (ed.). **Pastoralism in Tropical Africa**. International African Institute: Oxford University Press, 1975, p: 455-467.

22. TOLEDO, V. M.**Campesinidad, agroindustrialidad, sostenibilidad: los fundamentos ecológicos y históricos deldesarrollo rural**. Cuaderno3. Ciudad de México (MEX): Grupo Interamericano para elDesarrolloSostenible de la Agricultura y los Recursos Naturales, 1996.

23. ZANETTI, R. **Análise fitossociológica e alternativas de manejo sustentável da mata da Agronomia, Viçosa, Minas Gerais**. Trabalho integrante do conteúdo programático da disciplina Manejo Sustentado de Florestas Naturais. Viçosa (MG): UFV, 1994.

Artigo recebido em 31 de outubro de 2015.
Artigo aceito em 11 de dezembro de 2015.