TRATAMENTO DE IMAGENS DE SATÉLITE PARA GERAÇÃO DE INDICADORES DA DESERTIFICAÇÃO

Daniel da Silva Oliveira[1]
Eduardo Rodrigues Viana de Lima[2]
Eini Celly Morais Cardoso[3]
Francisco Vilar de Araújo Segundo Neto[4]
Joseilsom Ramos de Medeiros [4]

10.51359/1980-8208/estudosgeologicos.v29n1p25-41
[1]Mestre em Geociências pela UFPE Email: danieloliveiraufpb@hotmail.com
[2]Universidade Federal da Paraíba Email: eduvianalima@gmail.com
[3]Bacharel em Geografia pela UFPB Email: einicelly@gmail.com
[4]UFPB – Pós-Graduação em Geografia Email: segundo_SeT@hotmail.com; joseilsom.ramos@gmail.com

RESUMO

Para o estudo da desertificação, diversos fatores têm que ser considerados, tanto em relação aos aspectos físicos, como aos aspectos sociais, econômicos, de infra-estrutura, etc, todos eles através de uma análise multitemporal. Sendo assim, esse é um fenômeno ao qual se aplica com grande propriedade o uso de técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto, no sentido de identificar as áreas que estão sendo afetadas, e que fatores estão exercendo maior contribuição para isso. A área de estudo encontra-se localizada no Estado da Paraíba na mesorregião da Borborema, inserido na sub baica hidrográfica do Alto Paraíba no cariri paraibano. Essa área abrange os seguintes municípios: Amparo, Barra de São Miguel, Boqueirão, Camalaú, Caraúbas, Congo, Coxixola, Monteiro, Ouro Velho, Prata, São Domingos do Cariri, São João do Cariri, São João do Tigre, São Sebastião de Umbuzeiro, Serra Branca, Sumé e Zabelê. A pesquisa caracteriza-se como estudo de campo e apresenta alguns fatores em relação principalmente aos levantamentos, por desenvolver no próprio local em que ocorrem os fenômenos, seus resultados costumam ser mais confiáveis (GIL, 2010). Este trabalho teve por objetivo, criar uma base de dados das áreas de estudo que possa ser utilizada no monitoramento do processo de desertificação; assim como utilizar técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto para avaliar as alterações na cobertura vegetal e no uso do solo, e gerar indicador relacionado a esses fatores; avaliar a contribuição dos produtos de sensoriamento remoto utilizados; comparar os resultados obtidos com indicadores socioeconômicos gerados em outro plano de trabalho relacionado com o mesmo estudo. O método está caracterizado como pesquisa de campo, baseou-se no uso de técnicas de processamento digital de imagens orbitais (TM-Landsat-5) no software SPRING, com o objetivo de gerar imagens-índice de vegetação (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada – IVDN e em inglês NDVI), que representa um bom indicador da situação da cobertura vegetal, reflexo das formas de como a população está intervindo no meio através das atividades econômicas. Através dessas técnicas foi possível fazer uma análise multitemporal da situação da cobertura vegetal, considerando o uso de imagens orbitais dos anos de 1989, 2005 e 2010. Os resultados mostraram que na área de estudo, de um modo geral, houve uma perda de cobertura vegetal, fato que pode indicar que está ocorrendo o processo de desertificação, e que é preocupante. Nas três datas estudadas (1989, 2005 e 2010) houve uma diminuição significativa da vegetação arbustivo-arbórea fechada. Considerou-se que o início de um período prolongado de escassez de

chuvas não prejudicou a geração dos resultados, porque o fenômeno estava em sua fase inicial.
Palavras chave: Desertificação, Índice de Vegetação, Sensoriamento Remoto, Indicadores Sociais, Indicadores Socioeconômicos.

ABSTRACT

For the study of desertification, several factors have to be considered, both in relation to physical aspects, as well as to social, economic, infrastructure, etc., all of them through a multitemporal analysis. Thus, this is a phenomenon to which the use of geoprocessing and remote sensing techniques is applied with great property, in the sense of identifying the areas that are being affected, and which factors are exerting the greatest contribution to this. The study area is located in the State of Paraíba in the Borborema mesoregion, located in the sub-basin of Alto Paraíba in the Paraíba region. This area covers the following municipalities: Amparo, Barra de São Miguel, Boqueirão, Camalaú, Caraúbas, Congo, Coxixola, Monteiro, Ouro Velho, Prata, São Domingos do Cariri, São João do Cariri, São João do Tigre, São Sebastião de Umbuzeiro, Serra Branca, Sumé and Zabelê. The research is characterized as a field study and presents some factors related mainly to the surveys, to develop in the place where the phenomena occur, their results are usually more reliable (GIL, 2010). The objective of this work was to create a database of the study areas that can be used to monitor the desertification process; as well as using geoprocessing and remote sensing techniques to evaluate changes in vegetation cover and land use, and generate indicators related to these factors; evaluate the contribution of the remote sensing products used; compare the results obtained with socioeconomic indicators generated in another work plan related to the same study. The method is characterized as field research, based on the use of digital orbital image processing techniques (TM-Landsat-5) in SPRING software, with the objective of generating vegetation index images (Normalized Difference Vegetation Index - IVDN and in English NDVI), which represents a good indicator of the situation of vegetation cover, reflecting the ways in which the population is intervening in the environment through economic activities. Through these techniques it was possible to perform a multitemporal analysis of the vegetation cover situation, considering the use of orbital images from the years 1989, 2005 and 2010. The results showed that, in general, there was a loss of plant cover, a fact that may indicate that the desertification process is occurring, and that is worrying. In the three dates studied (1989, 2005 and 2010) there was a significant decrease of the closed shrub-tree vegetation. It was considered that the beginning of an extended period of rainfall did not affect the generation of the results, because the phenomenon was in its initial phase.
Keywords: Desertification, Vegetation Index, Remote Sensing, Social Indicators, Socioeconomic Indicators.

INTRODUÇÃO

A desertificação, por ser um processo social, é uma interação complexa de fatores físicos, biológicos, políticos, sociais, culturais e econômicos, e causas e consequências muitas vezes se confundem (CavalcantI *et al*., 2006; Castro, 2006).

Conti (1994) e Santos (2005) afirmam que o desmatamento é a principal causa do processo de desertificação, pois ele leva a redução da biomassa e consequente redução da capacidade de absorção de água pelo solo. Sem a co-

bertura vegetal o solo torna-se mais vulnerável à erosão, e com maior exposição à luz solar há um aumento no albedo da superfície, oxidando a matéria orgânica, diminuindo a fertilidade do solo e levando à perda do horizonte superficial (Brito & Ferreira, 2011; Metzger, 2001, Dantas, 2006).

Embora o termo desertificação tenha apenas surgido em 1949 no livro do engenheiro florestal Aubreville, há registros sobre o tema que datam de 2000 a.C., na Mesopotâmia, região que é considerada berço de várias civilizações. Para Perez-Marin *et al.*, (2013) e Fernandes e Dantas (2009) as atividades humanas como desmatamento, criação de cidades e irrigação, já eram apontadas como responsáveis pelo processo de desertificação. Onde se desenvolveram cidades e uma agricultura com base na irrigação, florestas foram desmatadas para essas práticas (Dregne, 1983; Machado & Stipp, 2003).

Em 1977 ocorreu uma Conferência das Nações Unidas (ONU) sobre desertificação, em Nairóbi (Verdum, 2004; Soares *et al.*, 2011). Nessa conferência o processo de desertificação foi redefinido como sendo a diminuição ou destruição do potencial biológico das terras, podendo levá-las a condições semelhantes às dos desertos (Mainguet, 1994; Conti, 2009).

O Programa do Meio Ambiente das Nações Unidas (UNEP, 1992) definiu o processo de desertificação como sendo a degradação da terra nos ecossistemas secos como resultado das atividades humanas mal controladas (Nascimento, 2018). O termo "terra" inclui solos, recursos hídricos, vegetação e colheitas; e "degradação" significa redução do potencial biológico. A desertificação é o resultado da combinação entre uma exploração que ultrapassa a capacidade de carga das terras cultivadas nos ecossistemas frágeis ou marginais e de condições adversas (Oliveira Junior, 2016).

A FAO (2004) propõe cinco componentes ou indicadores da desertificação: a) Degradação das populações animais e vegetais (degradação biótica ou perda da biodiversidade) de vastas áreas do semiárido devido à caça e extração de madeira; b) Degradação do solo, que pode ocorrer por efeito físico (erosão hídrica ou eólica e compactação causada pelo uso da mecanização pesada) ou por efeito químico (salinização ou sodificação); c) Degradação das condições hidrológicas de superfície devido à perda da cobertura vegetal; d) Degradação das condições geohidrológicas (águas subterrâneas) devido a modificações nas condições de recarga; e) Degradação da infraestrutura econômica e da qualidade de vida dos assentamentos humanos.

O objetivo geral buscou-se criar uma base de dados das áreas de estudo que possa ser utilizada no monitoramento do processo de desertificação; assim como utilizar técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto para avaliar as alterações na cobertura vegetal e no uso do solo, e gerar indicador relacionado a esses fatores; avaliar a contribuição dos produtos de sensoriamento remoto utilizados; comparar os resultados obtidos com indicadores socioeconômicos gerados em outro plano de trabalho relacionado com o mesmo estudo.

Nesse sentido, a pesquisa visa entender os fatores envolvidos no processo de desertificação da Bacia do Alto Paraíba, utilizando dados do meio físico e dados socioeconômicos de um período de 40 anos (1970-2010).

Nisso, com a aquisição de imagens digitais orbitais do período de 1970 a 2010, foi realizado o tratamento das mesmas através do software SPRING, utilizando como indicador o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (IVDN), mais conhecido na literatura como NDVI, que é a sigla em inglês para Normalized Difference Ve-

getation Index, como será utilizado a partir de agora. Com isso foi possível gerar mapas da cobertura vegetal, e realizar uma comparação com os dados gerados no outro plano de trabalho do projeto, para uma melhor análise do fenômeno estudado.

Também se tornou necessário utilizar indicador para avaliar as alterações na cobertura vegetal da área de estudo ao longo do período estudado. Vale salientar que o limite da área estudada foi estendido, para poder incluir os limites de alguns municípios que não se encontram totalmente inseridos nos limites da Bacia do Alto Paraíba.

Considerando que a desertificação é um processo, precisa ser estudado considerando sua evolução ao longo do tempo, e esses indicadores precisam ser gerados para diferentes períodos, avaliados e comparados para identificar sua evolução (Alain Passerat *et al.*, 2006). Sendo assim, esse é um fenômeno ao qual se aplica com grande propriedade o uso de técnicas de geoprocessamento e de sensoriamento remoto, no sentido de identificar as áreas que estão sendo afetadas, e que fatores estão exercendo maior contribuição para isso.

MATERIAIS E MÉTODOS

A área de estudo encontra-se localizada no Estado da Paraíba na mesorregião da Borborema, inserido na sub baica hidrográfica do Alto Paraíba no cariri paraibano. Essa área abrange os seguintes municípios: Amparo, Barra de São Miguel, Boqueirão, Camalaú, Caraúbas, Congo, Coxixola, Monteiro, Ouro Velho, Prata, São Domingos do Cariri, São João do Cariri, São João do Tigre, São Sebastião de Umbuzeiro, Serra Branca, Sumé e Zabelê.

A pesquisa caracteriza-se como estudo de campo apresenta alguns fatores em relação principalmente aos levantamentos, por desenvolver no próprio local em que ocorrem os fenômenos, seus resultados costumam ser mais confiáveis (Gil, 2010).

Os principais produtos utilizados foram às imagens orbitais e o software SPRING (Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas). Com o software foi possível realizar o tratamento das imagens, para assim obter aos resultados esperados, ou seja, ter condições de conhecer como é o comportamento, ao longo do tempo, da cobertura vegetal na área de estudo. Foi possível relacionar os dados da cobertura vegetal com os dados socioeconômicos, também ao longo do tempo, o que foi fundamental para se ter uma ideia do fenômeno estudado, uma vez que o mesmo é dinâmico e só pode ser entendido se for feita uma análise multitemporal.

As imagens digitais orbitais foram obtidas de forma gratuita, através do endereço eletrônico do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), na área da Divisão de Processamento de Imagens. As imagens digitais escolhidas foram as do satélite LANDSAT-5, sensor TM, órbita 215, pontos 65 e 66, pois são nelas que se pode observar toda a área de estudo. Os critérios utilizados para a seleção das mesmas foram de que fossem, preferencialmente, do final do período chuvoso na região, que permitissem uma boa visualização da área de estudo, ou seja, imagens onde a cobertura máxima de nuvens fosse baixa, assim como, que houvesse certo intervalo de tempo entre as imagens, para uma melhor análise multitemporal do fenômeno estudado.

Tendo em vista esses critérios pré-estabelecidos, as imagens digitais orbitais selecionadas foram das seguintes datas: 02/08/1989, 29/07/2005 e 24/05/2010. No ano de 1991 foi iniciada pelo INPE a construção de um SIG (Sistema de Informação Geográfica) gratuito e que pudesse ser amplamente utilizado pela comunidade científica para a disseminação da cultura do geoproces-

samento no Brasil (Nascimento, 2013). O SIG supracitado trata-se do SPRING, software gratuito e livre que pode ser obtido no endereço http://www.dpi.inpe.br/spring/. Foi empregada neste estudo a versão do software 5.2.6. Para a construção do índice de cobertura vegetal, foram selecionadas as bandas 3 e 4 da imagem do sensor TM-Landsat-5, correspondentes às faixas do vermelho e infravermelho próximo, respectivamente. Como se trata de duas imagens (ponto 65 e 66 da órbita 215), para cobrir toda a área estudada, foi gerado um mosaico, tornando possível a visualização de toda área em uma única imagem.

Através da Linguagem Espacial para Geoprocessamento Algébrico (LEGAL), disponível no software SPRING, foi feita a geração da imagem NDVI. Para isso, foi feita a conversão dos dados brutos (números digitais) encontrados nas imagens, em valores físicos (radiância e reflectância). Esse procedimento foi necessário, considerando que as imagens NDVI teriam que ser geradas para três datas diferentes e não seria possível fazer comparações de imagens NDVI geradas apenas com os números digitais.

Abaixo é descrita a fórmula (Eq. 1) para a conversão do número digital (ND) em radiância monocromática, de acordo com Markham e Barker (1987a):

$$\rho_\lambda = \frac{\pi . \left[\left(\frac{L_{máx} - L_{mín}}{DN_{máx}} \right) x(DN) + L_{mín} \right]}{E_\lambda . \cos(z) . d_r} \quad (1)$$

Onde:
DN: Número digital de cada pixel;
máx L e mín L: são constantes de calibração de um determinado sensor;
máx DN e mín DN: são os valores máx. e mín. que o ND pode alcançar;
Lλ: é a radiância espectral monocromática (W/m².sr.µm).

Para o TM-Landsat-5 tem-se o mín DN = 0 e o máx DN = 255, já que sua resolução radiométrica é de oito bits. Portanto, a radiância pode ser calculada pela Eq. (2). Já a reflectância monocromática pode ser encontrada usando-se a Eq. (3):

$$L_\lambda = \left(\frac{L_{máx} - L_{mín}}{DN_{máx}} \right) x(DN) + L_{mín} \quad (2)$$

$$\rho_\lambda = \frac{\pi . L_\lambda .}{E_\lambda . \cos(z) . d_r} \quad (3)$$

Onde:
d r: Inverso do quadrado da distância relativa Terra-Sol em unidades astronômicas;

z: Ângulo solar zenital (graus) no momento da aquisição;
Eλ: Irradiância solar média no topo da atmosfera (mW/cm²._.μm);
Lλ:Radiância espectral monocromática (W/m².sr.μm);
ρλ: Reflectância monocromática.

Fazendo (2) em (3) é obtida uma fórmula para conversão direta de ND em reflectância (Eq. 4):

$$\rho_\lambda = \frac{\pi.\left[\left(\frac{L_{máx} - L_{mín}}{DN_{máx}}\right)x(DN) + L_{mín}\right]}{E_\lambda.\cos(z).d_r}$$

(4)

Após a determinação dos valores físicos das imagens Landsat procedeu-se com o cálculo do NDVI proposto por Rouseet al. (1973). Onde os valores obtidos com o cálculo do NDVI são contidos numa escala de valores entre -1 e 1. Para esse índice, adotou-se a seguinte expressão (Eq. 5):

$$NDVI = \left(\frac{\rho_{IVP} - \rho_V}{\rho_{IVP} + \rho_V}\right)$$

(5)

Onde:
ρivp: Valor da reflectância na faixa do Infravermelho próximo;
ρv: Valor da reflectância na faixa do Vermelho do Visível.

As imagens NDVI foram transformadas em imagens classificadas com a identificação das classes água, nuvem, área urbana ou solo exposto, vegetação arbustiva aberta, vegetação arbustiva semi-aberta e vegetação arbustivo-arbórea fechada.

A conversão foi realizada a partir do uso de um programa na linguagem LEGAL, conforme mostra a figura 1, onde os valores da imagem que estavam no intervalo de -1.0 a 0.0 foram classificados como água, de 0.0 a 0.2 como nuvem, área urbana ou solo exposto, de 0.2 a 0.4 como vegetação arbustiva aberta, de 0.4 a 0.6 como vegetação arbustiva semi-aberta e de 0.6 a 1.0 como vegetação arbustivo-arbórea fechada.

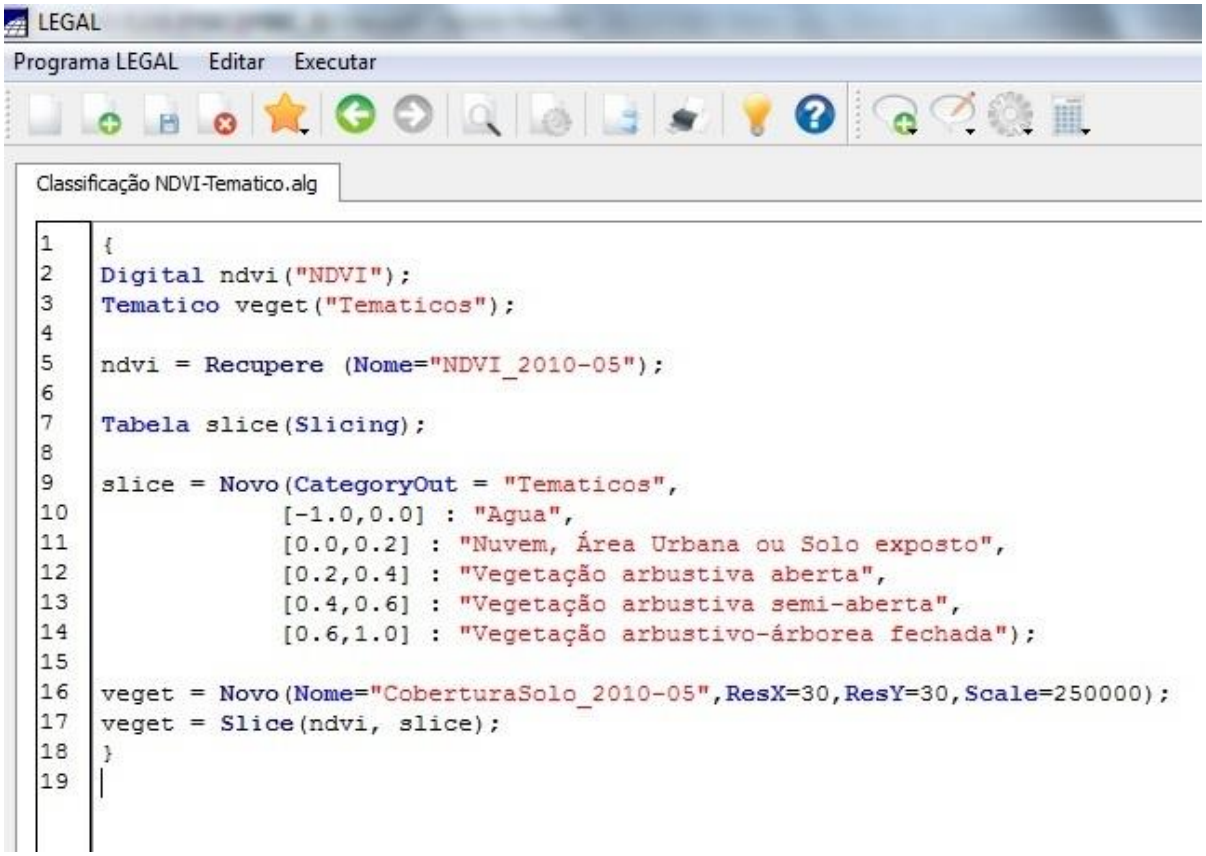


Figura 1- Exemplo da linguagem LEGAL utilizada para criação das imagens temáticas. Fonte: Elaboração própria (2018)

Com as imagens classificadas elaboradas, foi feito o recorte da área de estudo, ou seja, a Bacia do Alto Paraíba, incluindo o restante dos municípios que não se encontram totalmente dentro da bacia, tornando possível a criação de mapas temáticos através do aplicativo SCarta.

A linguagem LEGAL, junto com o recorte da área, proporcionou a utilização da ferramenta "medida de classes", sendo possível calcular a área de cada sub-classe estabelecida na linguagem LEGAL, possibilitando a geração de gráficos com os valores das áreas. A criação dos gráficos facilitou a análise multitemporal do fenômeno estudado.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio da metodologia utilizada foram criados mapas temáticos e um gráfico. Foram três mapas, sendo um para cada data analisada (02/08/1989, 29/07/2005, e 24/05/2010). O gráfico teve como objetivo sintetizar o que foi encontrado nos mapas, fazendo uma comparação das três datas, facilitando e simplificando a análise dos resultados, ou seja, contendo os dados das três datas.

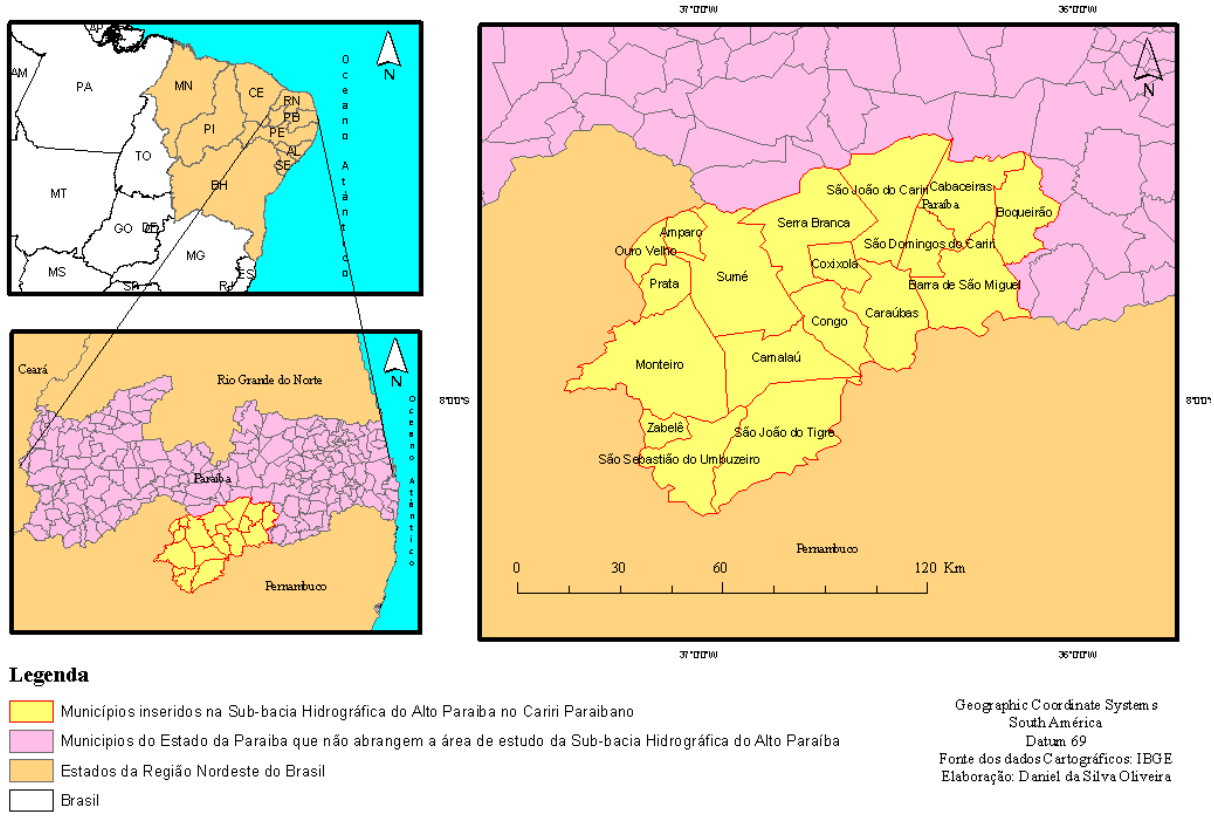


Figura 2: Mapa de localização da área de estudo. Fonte: Elaboração própria (2018).

No ano de 1989, pode-se visualizar através da figura 3, que a vegetação mais presente é a arbustiva semi-aberta, e a menos presente a vegetação arbustiva aberta, com uma boa presença da vegetação arbustivo-arbórea fechada. Esse último tipo de cobertura vegetal encontra-se predominantemente nas porções leste e oeste da bacia. No que diz respeito à porção leste, Ceturi (2003) e Baturité *et al.*, (2017) afirmam que esse fato pode estar relacionado com a influência existente das massas de ar úmidas provenientes do Oceano Atlântico, que proporciona uma maior exuberância da cobertura vegetal. Além do fato de que nessas áreas não está havendo uso intensivo do solo, assim como na porção oeste da bacia. Por outro lado, as áreas mais degradadas situam-se na porção central, onde a intensidade da aridez é maior e também o uso pode ser mais intenso.

Observando-se a Figura 4, percebe-se que a presença da vegetação arbustiva semi-aberta continua sendo predominante em 2005, tendo aumentado em área com relação a vegetação arbustivo-arbórea fechada, comparando-se com o ano de 1989. A vegetação arbustiva aberta também aumenta em área, mas o seu local de ocorrência continua sendo predominante no centro da Bacia. Através do Gráfico 1 tem-se uma noção dos números da área de cada tipo de vegetação. Esses resultados mostram que houve um processo de degradação da vegetação arbustivo-arbórea, muito provavelmente provocada pelo uso mais intensivo do solo e pela extração da vegetação para uso como fonte de energia.

Analisando os dados das imagens de classificação dos índices de vegetação da Bacia do Alto Paraíba e o gráfico 1, nota-se uma piora do quadro ambiental com o passar dos anos.

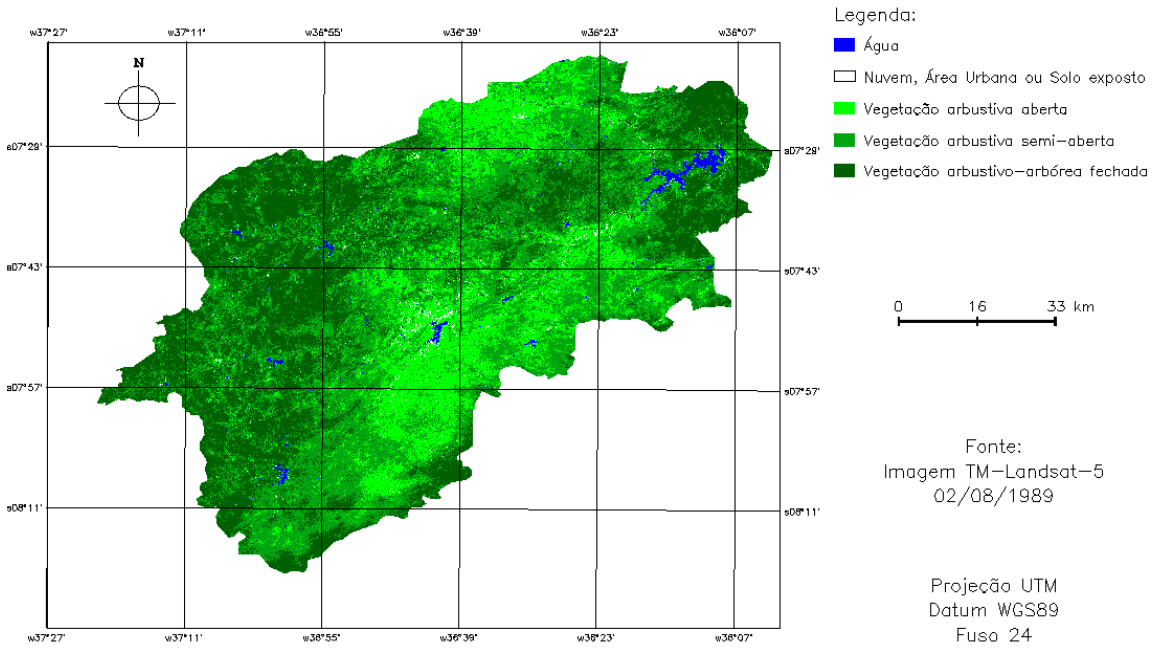


Figura 3- Imagem classificada dos índices de vegetação da Bacia do Alto Paraíba de 02/08/1989. Fonte: Elaboração própria (2018).

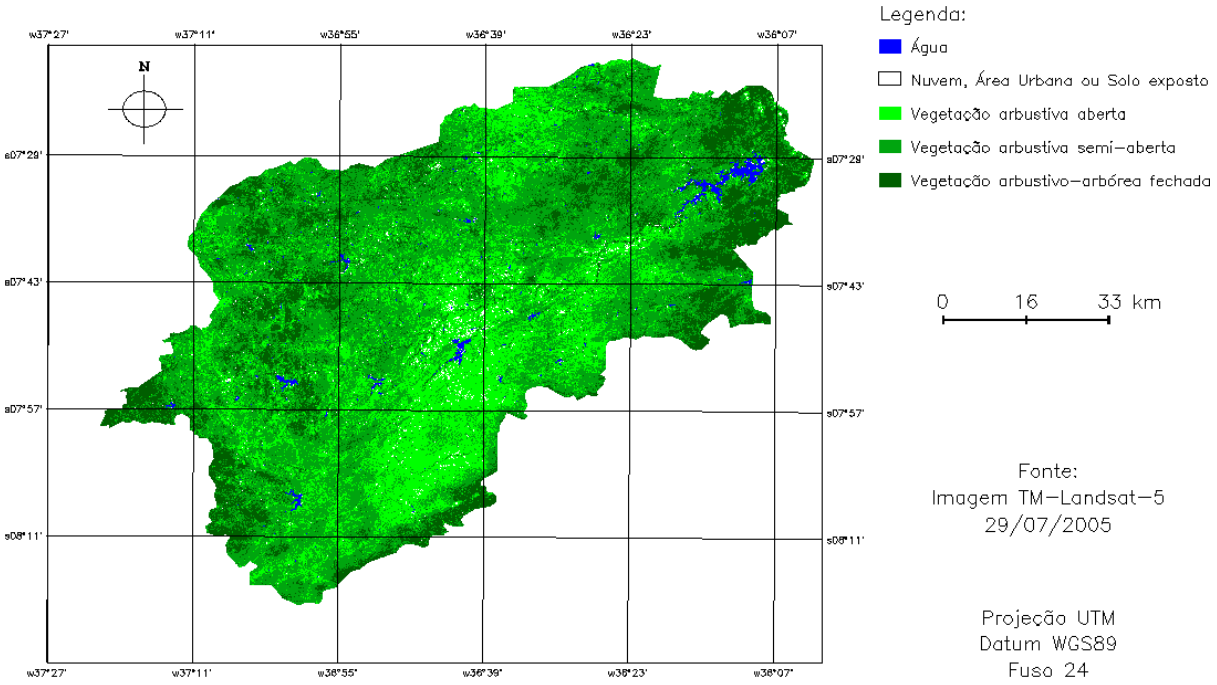
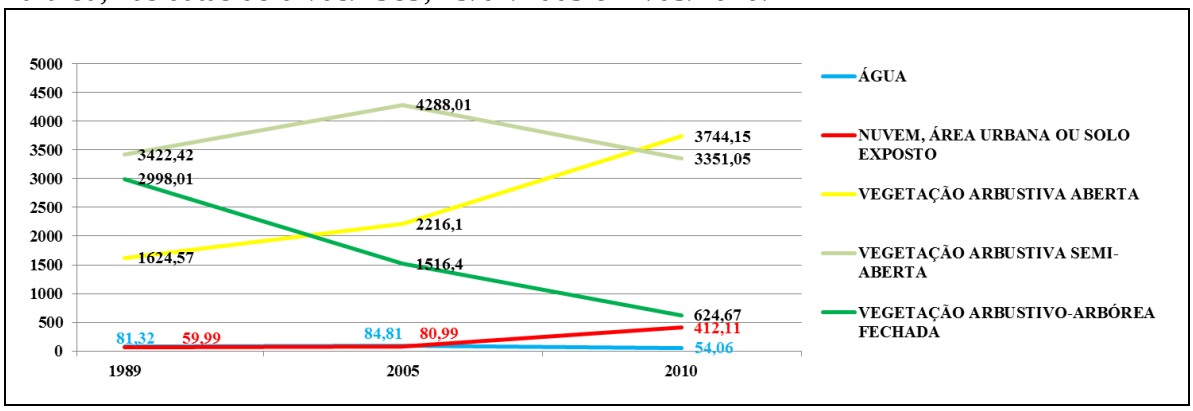


Figura 4- Imagem classificada dos índices de vegetação da Bacia do Alto Paraíba de 29/07/2005. Fonte: Elaboração própria (2018).

Gráfico 1: Comparação da área ocupada por cada classe da imagem da Bacia do Alto Paraíba, nas datas de 02/08/1989, 29/07/2005 e 24/05/2010.



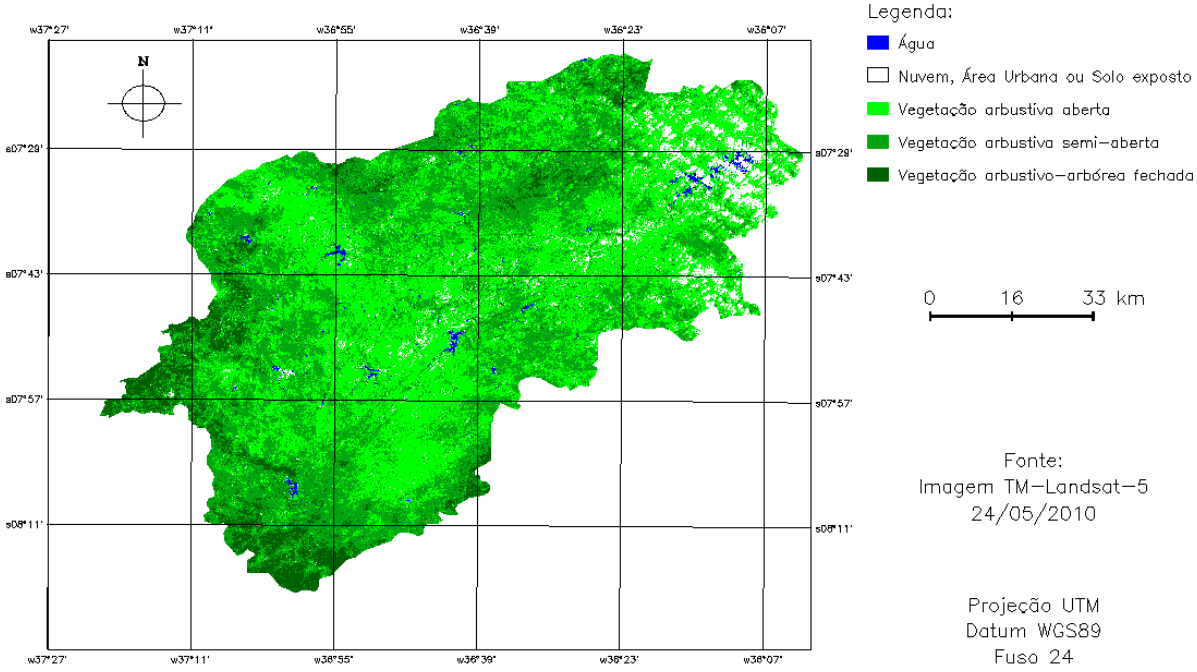


Figura 5- Imagem classificada dos índices de vegetação da Bacia do Alto Paraíba de 24/05/2010. Fonte: Elaboração própria (2018).

Avaliando a imagem do ano de 2010 (Fig.5) e os dados do Gráfico 1, percebe-se que houve um aumento significativo das áreas com caatinga arbustiva aberta e uma grande diminuição das áreas com caatinga arbustivo-arbórea, enquanto a caatinga arbustiva semi-aberta sofreu pequena alteração. Aumentou, então, o nível de degradação no período compreendido entre 2005 e 2010.

Considerando todo o período (1989-2010), percebe-se que houve uma perda significativa de áreas com caatinga arbóreo-arbustiva e aumento também significativo de caatinga arbustiva aberta. Essas alterações ocorreram em área, mostrando que a exploração da área pelas atividades agropecuárias e extrativistas se intensificou.

Em algumas áreas o quadro de degradação intensa sempre esteve pre-

sente, como por exemplo, o município de Camalaú, que durante toda a análise multitemporal esteve situado nas áreas onde a caatinga arbustiva aberta esteve mais presente. E esse quadro apresentou um grau evolutivo elevado, mostrando que a dinâmica das atividades agropecuárias e de extrativismo em Camalaú tem provocado um quadro ambiental mais grave e mais próximo de uma situação de desertificação. E quando comparando essa análise com os dados obtidos no outro plano de trabalho deste projeto, pode-se reafirmar essa degradação acentuada do município.

Os resultados obtidos demonstraram que o uso de imagens TM-Landsat-5 e do NDVI foram satisfatórios para quantificar e espacializar a biomassa nos municípios estudados, principalmente porque essas imagens são disponibilizadas gratuitamente no site do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE.

Analisando os resultados apresentados neste trabalho, pode-se fazer uma comparação com os resultados obtidos no outro plano de trabalho deste projeto, submetido ao Programa PIBIC/PIBITI/PIBIC-AF/PIVIC/PIVITI, onde foi feito o tratamento de dados socioeconômicos para geração de indicadores da desertificação na bacia do Alto Paraíba/PB.

Fazendo a comparação, pode-se verificar se há relação entre a degradação física e os aspectos socioeconômicos e agropecuários. Os resultados do outro plano de trabalho foram gerados a partir de dados do IBGE, referentes aos censos de 1990, 2000 e 2010, criando-se assim mapas dos níveis de ocorrência de desertificação da sub-bacia do Alto Paraíba. Nos mapas há a divisão dos níveis baixo, médio e alto, de ocorrência da desertificação. A síntese dos resultados obtidos nesse plano de trabalho é apresentada nas figuras 6, 7 e 8 a seguir.

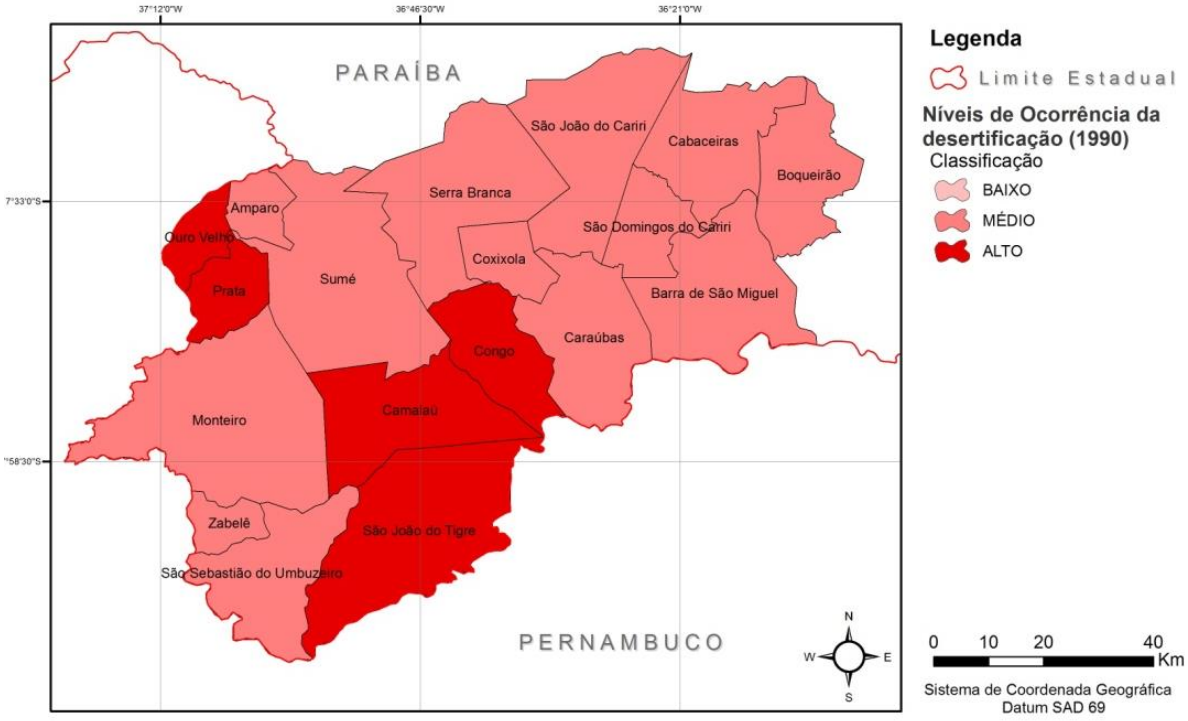


Figura 6- Mapa dos municípios inseridos na sub-bacia do Alto Paraíba, com os níveis de ocorrência da desertificação de 1990, relacionados com os aspectos social, econômico e agropecuário. Fonte: Elaboração própria (2018).

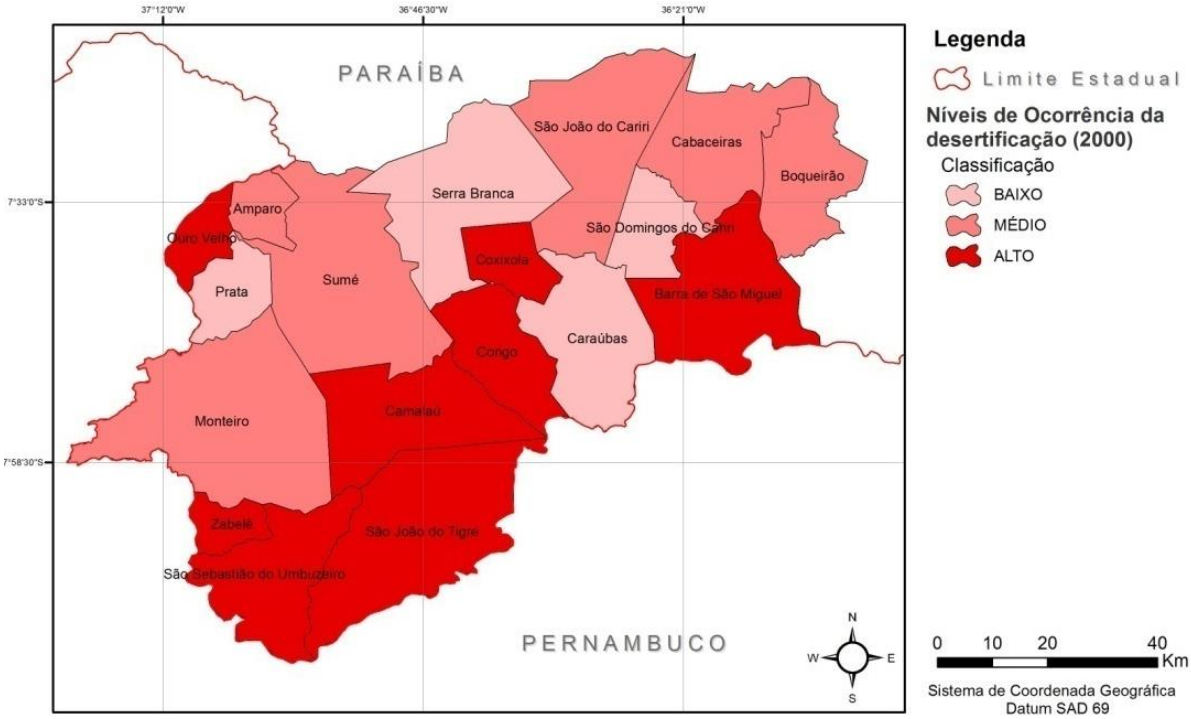


Figura 7- Mapa dos municípios inseridos na sub-bacia do Alto Paraíba, com os níveis de ocorrência da desertificação de 2000, relacionados com os aspectos social, econômico e agropecuário. Fonte: Elaboração própria (2018).

Como constatado na análise dos índices de vegetação, a área central mostra-se mais deteriorada, onde estão os municípios de Camalaú, Congo e São João do Tigre. Fechando a lista dos que mostraram um alto nível de ocorrência de desertificação em 1990, tem-se Ouro Velho e Prata. Observando a Figura 7, constata-se que os municípios de Zabelê, São Sebastião do Umbuzeiro, Coxixola e Barra de São Miguel, passaram de um nível médio para um nível alto de ocorrência da desertificação. Por outro lado, os municípios de Serra Branca, Caraúbas, São Domingos do Cariri passaram de um nível médio para um nível baixo. O destaque nesse cenário fica para Prata, anteriormente classificado com um nível alto, mostrou uma melhoria da situação, caindo para um nível baixo de desertificação.

Comparando essa análise com o resultado da cobertura vegetal do ano de 2005, pode-se ver que esse reflete bem a situação socioeconômica. Porém, Prata continua sendo um destaque, embora se tenha percebido que diminuiu o nível de ocorrência da desertificação em relação aos aspectos socioeconômicos, houve uma diminuição das áreas com vegetação arbustiva semi-aberta e arbustiva-arbórea fechada, e um aumento na área com vegetação arbustiva aberta, ou seja, houve uma piora no quadro da cobertura vegetal.

Embora haja uma diferença de cinco anos entre os dados socioeconômicos e a data das imagens, demonstra-se que há uma inversão nos resultados: enquanto a situação socioeconômica gera um menor nível de ocorrência da desertificação, a situação da cobertura vegetal piora. Segundo Tessaro *et al.*, (2012) e

Isso leva a crer que uma melhoria na situação social, econômica e da agricultura do munícipio de Prata, está atenuando a desertificação na área. Essa

análise também se encaixa no caso dos municípios de Caraúbas, São Domingos do Cariri e Serra Branca, pois esses municípios também tiveram uma diminuição no nível de ocorrência da desertificação devido aos aspectos socioeconômicos, mas uma deterioração da situação da cobertura vegetal. Esses três municípios se encontram próximos, em uma área onde a situação da cobertura vegetal é mais crítica (Alves *et al*., 2009; Neto *et al*., 2007).

O município de Coxixola, por exemplo, demonstrou um aumento no nível de ocorrência da desertificação, e situa-se entre Caraúbas e Serra Branca, que apresentaram uma diminuição desse nível. Mas a situação da cobertura vegetal nos três municípios não era boa, considerando que houve aumento das áreas com vegetação arbustiva aberta

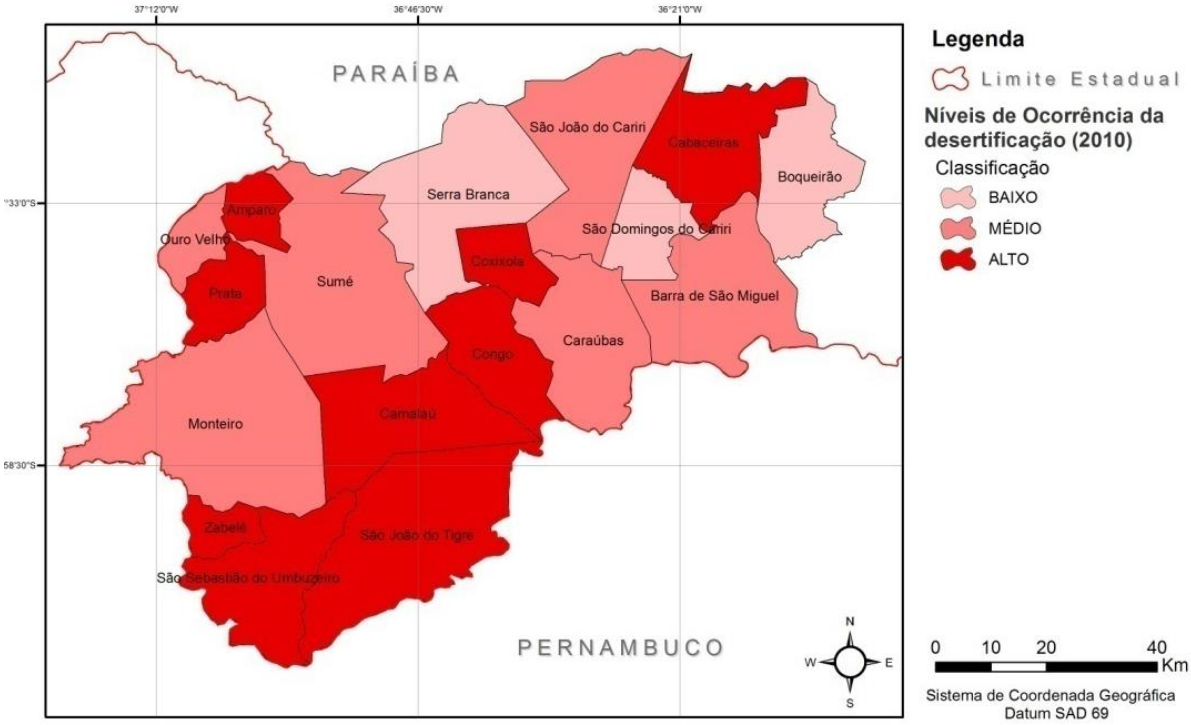


Figura 8- Mapa dos municípios inseridos na sub-bacia do Alto Paraíba, com os níveis de ocorrência da desertificação de 2010, relacionados com os aspectos social, econômico e agropecuário. Fonte: Elaboração própria (2018).

Observando a Figura 8, verifica-se que os municípios de Barra de São Miguel, Ouro Velho Boqueirão e São Domingos do Cariri apresentaram uma diminuição dos níveis de ocorrência da desertificação. Já os municípios de Amparo e Cabaceiras, apresentaram um aumento. O município de Prata apresentou um significativo aumento do nível de desertificação, passando de um nível baixo para um nível alto, e ao mesmo tempo houve também uma piora na situação da cobertura vegetal devido ao grande crescimento da área de vegetação arbustiva aberta. Para Alves (2008) e Costa (2002) Ambas os aspectos, socioeconômico e físico, indicaram uma piora do quadro de risco da desertificação no município.

Uma análise da situação da cobertura vegetal em 2010, comparada com as demais datas, deixa claro o estado de degradação existente na Bacia do Alto Paraíba. Cabaceiras é um bom exemplo: constatou-se que em 1989 a situação da cobertura vegetal no município não era

ruim, entretanto, em 2010 passa a haver predominância da vegetação arbustiva aberta, onde havia presença predominante da vegetação arbustivo-arbórea fechada. Essa mudança na cobertura vegetal também foi acompanhada no aumento no nível de desertificação em relação aos dados socioeconômicos, quando em 2010 foi constatado alto nível de ocorrência. Embora Cabaceiras apresente uma situação relativamente melhor do que a de Camaláu, os dados mostram que a pressão socioeconômica e das atividades agropecuárias se intensificaram nos últimos anos, quando comparada com o início do período de análise. Assim, Accioly (2005) e Candido *et al*., (2002) acreditam que devido a isso, verifica-se um quadro de aumento da degradação no município, verificado nas imagens, provocando também uma situação onde pode estar havendo também o processo de desertificação, entretanto em níveis mais baixos do que os verificados em Camalaú.

Esta situação de alta pressão provocada pelas atividades socioeconômicas e pela agropecuária pode ter provocado à situação verificada nas imagens, de uma alta degradação da vegetação. E essa combinação de alta pressão e degradação encontradas como resultado da dinâmica de ocupação da área ao longo das últimas décadas está levando a um quadro preocupante de instalação de um possível quadro de desertificação nessa área (Bastos & Cordeiro, 2012; Aquino *et al*., 2013)

Vale destacar que em trabalhos de campo realizados por membros do grupo de pesquisa ao qual o projeto está vinculado, e dos quais os bolsistas também participaram, foi constatada a situação apresentada pelos indicadores socioeconômicos, agropecuários e físicos.

CONCLUSÕES

De acordo com os dados obtidos, com base nas imagens de satélite e no gráfico 1, ao analisar o espaço multitemporal do Alto Curso do Rio Paraíba em três escalas pode-se perceber que entre o intervalo 1989-2005 destaca-se a diminuição da área de vegetação arbustivo-arbórea fechada, que diminuiu 1481,61 km² (49,42%), e com isso, pode-se inferir que essa diminuição contribuiu diretamente para o aumento das áreas de vegetação arbustiva semi-aberta, que teve um crescimento de 865,59 km² (25,29%). Consequentemente a vegetação arbustiva aberta também aumentou em 591,53 km² (36,41%), e aumentaram as áreas classificadas como nuvens, área urbana ou solo exposto em 21 km² (35,01%). Já a área de água teve um aumento de 3,49 km² (4,29%).

Para o intervalo de 2005-2010, os dados apontaram que área que compreende o Alto Curso do Rio Paraíba continuou perdendo cobertura vegetal, onde diminuiu as áreas mapeadas como sendo água, e aumentou de forma expressiva as áreas de solo exposto. As áreas de vegetação Arbustivo-Arbórea fechada tiveram uma diminuição de 891,79 km² (58,81%), seguidas das áreas de vegetação Arbustiva Semi-Aberta, que diminuiu 936,96 km² (21,85%). Já as áreas de vegetação Arbustiva Aberta e de nuvens, área urbana ou solo exposto aumentaram, onde a primeira teve um aumento de 1528,05 km² (68,95%), e a segunda, de forma bastante expressiva, teve sua área aumentada em 331,12 km², crescimento correspondente a 408,84%.

Analisando os dados de 1989 e 2010, vale ser ressaltada a diminuição das áreas de vegetação arbustivo-arbórea fechada, que apresentou perda de 2373,34 km², correspondendo a uma diminuição de 79,16%. Outro ponto que chama atenção diz respeito ao aumento das áreas de nuvem, área urbana ou solo exposto, que em 2010 apresentou um aumento de 352,12 km² comparado a 1989, crescimento de 586,96%.

Destarte, conclui-se que tanto os aspectos físicos, quanto os socioeconômicos e agropecuários, tem fortes relações no que diz respeito à desertificação. Ambos os resultados mostraram uma piora do quadro ambiental com o passar dos anos. Isso mostra que a situação física relacionada com a cobertura vegetal, é um reflexo do quadro socioeconômico e da agropecuária, sendo nitidamente influenciada pelas atividades que se desenvolvem na área.

Os municípios de Camalaú, Congo e São João do Tigre foram os que tiveram resultados mais acentuados, apresentando-se durante toda a análise multitemporal, com valores elevados do nível de ocorrência da desertificação. Já os municípios de Amparo, Cabaceiras, São Sebastião do Umbuzeiro, Ouro Velho, Prata e Zabelê, foram os que mostraram oscilação de nível médio a alto nos níveis de ocorrência da desertificação relacionados com os aspectos socioeconômicos, se acentuando em 2010. Porém, na situação observada nas imagens índice de vegetação, a piora é geral. Ao logo de todo período analisado, houve um grande crescimento da área com vegetação arbustiva aberta e diminuição da área com vegetação semiaberta, enquanto que a vegetação arbustivo-arbórea fechada sofreu uma diminuição significativa, chegando a desaparecer em certos pontos da bacia, principalmente no centro da mesma. Há também um aumento na área de solo exposto, um pequeno aumento entre 1989 e 2005, mas de 2005 a 2010 houve um aumento muito elevado.

Pela área de estudo sofrer com os problemas de secas periódicas, muitas vezes a população da mesma recorre a métodos que acabam contribuindo para que ocorra o processo de desertificação, desmatando e degradando o meio ambiente. Para buscar reverter o processo de desertificação nestas áreas é necessário que se faça um planejamento ambiental eficiente e que seja implantado de forma mais breve possível, paralelo a uma política de combate à desertificação que venha surtir efeito em um curto prazo e que vise também melhorias nas questões econômicas e sociais da população presente. Também se faz necessário uma educação ambiental junto à população, para preservação e recomposição da cobertura vegetal da área.

REFERÊNCIAS

Alves, J. J. A., Nascimento, S. S., Souza, E. N. 2009. Núcleos de desertificação no estado da Paraíba. Raega-O Espaço Geográfico em Análise, v. 17.

Accioly, L.J.O., Garçon, E. A. M., Barros, M. R. O., Botelho, F. 2005. Avaliação de alvos em áreas sob desertificação no semiárido paraibano com base nos sensores Hyperion e LANDSAT7 ETM+. In: Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, Goiânia.

Alain Passerat, A.; Moreira, S. F.; Assis Dos Reis, B. F. D. 2006. Determinação in loco da difusividade térmica num solo da região de caatinga (PB). Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 30, n. 1.

Alves, J.J.A., Araújo, M.A., Nascimento, S.S. 2008. Degradação da caatinga: uma avaliação ecogeográfica. Caminhos da Geografia (UFU Online), a. V. 9.

Aquino, C. M. S., Almeida, J. A. P., Oliveira, J. G. B. 2012. Coberturas da terra e aspectos econômicos em Núcleo de Degradação/ Desertificação. Revista Mercator, Fortaleza. v. 11, n. 26, p. 171-182.

Baturité, E. P. S. O., Range, M., Environnementale, C. A. S. D. P. 2017. Aspectos geoambientais e contribuições para estratégias de planejamento ambiental da Serra de Baturité/CE. Revista da Associação Nacional de Pós-graduação

e Pesquisa em Geografia (Anpege), v. 13, n. 21, p. 163-198.

Basto, F. H., Cordeiro, A. M. N. 2012. Fatores naturais na evolução das paisagens no semiárido brasileiro: uma abordagem geral. Revista Geonorte, Edição Especial, v.2. n. 4.p. 464-476.

Brito, M. C.; Ferreira, C. C. M. 2011. Paisagem e as diferentes abordagens geográficas. Revista Geografia, Juiz de Fora – MG, v. 2, n.1, p. 1-10.

Castro, I. E. 2006. O Sertão nordestino e a questão do reginalismo. Regionalismo hoje. Do que se trata no Nordeste. anais do encontro os sertões: espaços, tempos, movimentos (Mesa Redonda), Recife, PE: Universidade Federal de Pernambuco.

CavalcantI, E. R., Coutinho, S. F., Selva, V. S. 2006. Desertificação e desastres naturais na região do semi-árido brasileiro. Cadernos de Estudos Sociais, v. 22, n. 1.

Candido, H. G.; Barbosa, M. P.; Silva, M. J. da. 2002. Avaliação da degradação ambiental de parte do Seridó Paraibano. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 6, n. 2.

Ceturi, J. P. J. 2003. A vegetação original de setor nordeste do Estado de São Paulo: uma representação cartográfica através de técnicas simplificadas.

Costa, J.J.D. 2002. Seca, pobreza e desertificação na Paraiba. Saeculim: Revista de História. João Pessoa, n. 8/9 , jan/dez.

Conti, J. B. O. 2009. Conceito de desertificação. CLIMEP-Climatologia e Estudos da Paisagem, v. 3, n. 2.

Dantas, E., Aragão, R. F., Lima, E. 2006. Nordeste Brasileiro Fragmentado: de uma região com bases naturais a uma fundamentação econômica. Litoral e Sertão, natureza e sociedade no nordeste brasileiro. Fortaleza: Expressão Gráfica, p. 23-44.

Dregne, H. E. 1983. Desertification of arid lands. New York: Harwood Academic Publishers, 242p.

FAO/OIE/WHO, 2004 - Joint First FAO/OIE/WHO Expert Workshop on Non-Human Antimicrobial Usage and Antimicrobial Resistence: Management Options. Oslo, Noruega, Mar., 2004.

Fernandes, J. D., Dantas, A. J. 2009. Desertificação no Nordeste: uma aproximação sobre o fenômeno do Rio Grande Norte. Holos, v. 3, p. 147-161.

Gil, A. C. 2010. Como Elaborar Projetos de Pesquisa. São Paulo, Editora Atlas.

INPE. Catálogo de Imagens. Disponível em:<http://www.dgi.inpe.br/CDSR />. Acesso: maio de 2014.

Mainguet, M. 1994. Desertification: natural background and human mismanagement. (2.ed.) Berlin; Heidelberg; New York; London; Paris; Tokyo; Hong Kong; Barcelona; Budapest: Springer-Verlag. 314p.

Markham, B.L.; Barker, J.L. 1987a Radiometric Properties of U.S. processes Landsat MSS data. Remote Sensing of Environment, New York, v. 17, p. 39-71.

Markham, B. L.; Barker, J. L. 1987b Thematic Mapper bandpass solar exoatmospherical radiances. International Journal on Remote Sensing, v. 8, n. 3, p.517-523.

Machado, W., Stipp, N. A. F. 2003 Caracterização do manejo de solo na microbacia hidrográfica do Ribeirão dos Apertados-PR. Geografia (Londrina), v. 12, n. 2, p. 57-86.

Metzger, J. P. 2001. O que é ecologia de paisagens? Revista Biota Neo-

tropica, Vol. 1, números 1 e 2, p. 1-9,.

Nascimento, S.S. 2013. Análise multitemporal do processo de desertificação na sub-bacia hidrográfica do Alto Paraíba. 120p. Dissertação (Mestrado em Geografia)– Centro de Ciências Exatas e da Natureza, Universidade Federal da Paraíba, Paraíba. 2013.

Nascimento, F. 2018. Método e Operacionalidades na Relação Ambiental entre Bacias Hidrográficas e Áreas Susceptíveis à Desertificação na América Latina e Brasil. REUMAM, v. 1, n. 2.

Neto, A. F. da S.; Barbosa, M. P.; Neto, J. M. de M. 2007. A dinâmica da desertificação e a influência dos eventos ENOS na degradação das terras em municípios o Cariri - Ocidental (Paraíba – Brasil). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., , Florianópolis. Anais. Florianópolis, 2007. p. 4405-4412.

Oliveira Junior, I. 2016. Índice de vegetação e degradação ambiental: uma abordagem multitemporal no polo regional de Guanambi-BA. Revista de Geociências do Nordeste, v. 2, p. 875-884.

Perez-Marin, A. M., Cavalcante, A. D. M. B., Medeiros, S. S. D., Tinôco, L. B. D. M., Salcedo, I. H. 2013 Núcleos de desertificação do semiárido brasileiro: ocorrência natural ou antrópica? Parcerias Estratégicas, v. 17, n. 34, p. 87-106.

Roxo, M. J. O panorama mundial da desertificação. en Moreira, E.(ed.), Agricultura familiar e Desertificação, João Pessoa, p. 11-32, 2006

Santos, J. S. D. A problemática da desertificação no município de Seridó-PB. João Pessoa- PB. UFPB-PRODEMA, 2005.

Soares, D. B., Nóbrega, R. S., Oliveira, M. F., F. 2011. Sobre o Processo de Desertificação (About the Desertification Process). Revista Brasileira de Geografia Física, v. 4, n. 1, p. 174-188.

Tessaro, A. A., Bianchini, A., Tessaro, A. B. 2014. Diagnóstico ambiental de uma propriedade rural no municipio de nova Prata do Iguaçú–PR. Revista Técnico-Científica, v. 1, n. 2.

UNEP.United 1992. Nations Environment Programme.Status of Desertification and Implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification.UNEP, Nairobi. 88p.

Verdum, R. 2004. Tratados internacionais e implicações locais: a desertificação. Geographia, v. 6, n. 11.