



## A APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) PARA ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA ÁREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO AÇUDE CASTANHÃO

Application of Standardized Difference Vegetation Index (NDVI) for analysis of the environmental degradation of the direct influence area of Castanhão

Amanda Menezes de Albuquerque<sup>1</sup>

José Robério Cabral Ribeiro<sup>2</sup>

Marta Celina Linhares Sales<sup>3</sup>

### RESUMO

O aumento da degradação ambiental de terras secas vem conduzindo à erosão dos solos e desertificação, o uso intenso e predatório dos recursos naturais nessas áreas acaba impossibilitando a sobrevivência das comunidades que vivem nessas regiões. O estado do Ceará tem cerca de 92% de seu território inserido no semiárido, a pesquisa foi desenvolvida na Área de Influência Direta do Açude Castanhão – AIC. A através do registro de imagens, tornou-se possível às análises de relacionamento entre localização espacial de alvos do meio ambiente, variação espectral da imagem e variação da cobertura vegetal dos solos. A utilização do sensoriamento remoto e de índices de vegetação como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como a área foliar, biomassa e porcentagem de cobertura do solo, fornecendo importantes informações sobre a Degradação Ambiental da área.

**Palavras-chave:** Degradação; Sensoriamento Remoto; Cobertura Vegetal.

### ABSTRACT

The increased environmental degradation of dry lands has led to soil erosion and desertification, the intense and predatory use of natural resources in these areas makes it impossible to survive the communities living in these regions. The state of Ceará has about 92% of its territory inserted in the semi-arid, the research was developed in the Area of Direct Influence of Castanhão - AIC. A through image registration, it became possible to analyze the relationship between spatial location of environmental targets, spectral image variation and variation of soil cover. The use of remote sensing and vegetation indexes such as the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) facilitates the obtaining and modeling of plant biophysical parameters such as leaf area, biomass and percentage of soil cover, providing important information on the Environmental Degradation of the area.

**Keywords:** Degradation; Remote Sensing; Vegetal Cover.

<sup>1</sup> Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFC, e-mail: amanda.albuquerque.m@hotmail.com

<sup>2</sup> Graduando em Geografia da Universidade Federal do Ceará, e-mail: roberiocabral00@hotmail.com

<sup>3</sup> Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Ceará, e-mail: mc-sales@uol.com

## INTRODUÇÃO

Desde os primórdios as civilizações mantêm uma relação com a natureza, explorando os recursos naturais a partir de suas necessidades de sobrevivência, consumo e lazer (SEABRA, 2009). Nesse sentido, a evolução da degradação ou desertificação tem sido um grande problema que vem repercutindo globalmente. Segundo o Plano Nacional de Controle à Desertificação (PAN, 2004) a desertificação caracteriza-se como processo de degradação nas terras áridas, semiáridas e subúmidas secas do planeta, resultante da atuação humana sobre o ambiente e fenômenos naturais.

O tema Degradação Ambiental originou estudos que concluíram que a mesma é resultado da dinâmica entre elementos socioeconômicos, institucional e atividades tecnológicas desenvolvidos em ambientes de maior suscetibilidade nativa. As ações antrópicas têm gerado degradação ambiental, incluindo erosão e contaminação de solos, sedimentos e corpos d'água.

A degradação ambiental de terras secas, também conhecidas como drylands, é motivo de muita preocupação no mundo inteiro, pois compreendem 40% das terras emersas do planeta onde vivem aproximadamente dois milhões de pessoas, segundo dados das Nações Unidas. No Brasil, as terras secas concentram-se no Nordeste brasileiro, compreendendo uma área de 1.556 mil km<sup>2</sup> e caracteriza-se do ponto de vista geoambiental, por sua diversidade de paisagens, tendo como elemento marcante no quadro natural da região a condição de semiaridez de caráterazonal que atinge grande parte do seu território e alta variabilidade pluviométrica, espacial e temporal, inerente a esse tipo climático (SALES, 2004).

Por meio de parâmetros climáticos, biológicos, geomorfológicos e socioeconômicos, e com escalas que podem ser locais, regionais ou nacionais, a desertificação é tratada como um conceito que representa o estado de degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e por secas que são resultantes de vários fatores, como as variações climáticas e as atividades humanas. Ao longo das últimas décadas diversas pesquisas e seus resultados contribuíram na formação de um acervo que trata sobre os processos de desertificação no nordeste, e os tipos e graus de consequências que podem ser geradas em decorrência da degradação no desenvolvimento da região e conseqüentemente na vida da população.

Buscando-se garantir a disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade para o desenvolvimento da região e a necessidade de conservação de água e solos, o Plano Estadual de Recursos Hídricos dividiu a macro bacia do rio Jaguaribe em cinco sub-bacias; alto Jaguaribe, Médio Jaguaribe, Baixo Jaguaribe, sub-bacia do Salgado e sub-bacia do Banabuiú. Principal rio do Estado do Ceará, o Jaguaribe, tem sua nascente no município de Tauá na serra da Joanhina, e sua foz no Oceano

Atlântico fazendo um percurso de cerca de 610 Km, seus afluentes mais importantes são os rios Salgado, Quixeramobim, Banabuiú e Palhano.

Localizado no médio curso do rio Jaguaribe e presente sobre o domínio do clima semiárido, o açude Castanhão é classificado como o maior açude público para usos múltiplos do Brasil, com a sua construção trouxe grandes modificações socioambientais para a sua área de influência direta – AIC. Este foi construído por meio da parceria entre o Governo do Estado do Ceará e o Departamento Nacional de Obras Contra as Secas – DNOCS, entre os anos de 1995 e 2003. Em decorrência da grande importância do reservatório do Castanhão, este como um polo central de acumulação e distribuição de águas para o Programa “Cinturão das Águas”, que busca a distribuição de água para todas as regiões do Estado do Ceará. Deste modo buscando analisar e quantificar o estado de conservação nas áreas de influência do entorno do açude, por meio do uso do Diagnóstico Físico Conservacionista –DFC, como um subsídio ao controle e recuperação das áreas degradadas e manutenção do potencial hídrico do sistema.

A Área de Influência do Açude Castanhão - AIC está totalmente inserida no Estado do Ceará, localizada no extremo sudeste do Território cearense, limitada pelas coordenadas UTM 9503991N a 9269991N e 458950E a 656950E, Hemisfério Sul. Como mostrado na Figura 01 a AIC possui uma área de 21.392 Km<sup>2</sup> e abrange o total de 23 municípios, sendo estes: Icó, Orós, Pereiro, Jaguaribe, Deputado Irapuã Pinheiro, Milhã, Ererê, Solonópole, Potiretama, Iracema, Jaguaribara, Jaguaretama, alto Santo, São João do Jaguaribe, Tabuleiro do norte, Limoeiro do norte, Morada Nova, Ibicuitinga, Quixeré, Russas, Jaguaruana, Itaiçaba e Palhano. A AIC engloba toda a Bacia hidrográfica do Médio Jaguaribe, além de partes das Bacias do Banabuiú, Salgado, alto Jaguaribe e Baixo Jaguaribe. Em maior parte, possui rios intermitentes, mas apresenta o Rio Jaguaribe como rio principal, sendo este, perenizado no setor a jusante do Açude Castanhão.



no Nordeste, dentre eles Rodrigues (1995), Rocha (1997), Melo (2010), Ferreti (2003) e as consequências da degradação no desenvolvimento da região e conseqüentemente na vida da população.

Segundo Araújo et al. (2010), a degradação das terras envolve a redução dos potenciais recursos renováveis por uma combinação de processos agindo sobre a terra, existindo diferentes formas de degradação relacionadas aos vários componentes verticais de uma unidade de terra, como atmosfera, vegetação, solo, geologia e hidrologia. Além desses aspectos físicos afetados pela degradação, nota-se que é inerente à degradação a variável social (CUNHA & GUERRA, 2009).

Desta forma a cobertura vegetal se apresenta como um fator extremamente importante na manutenção dos recursos naturais renováveis. A vegetação funciona como um manto protetor dos recursos naturais, e por essa razão, sua distribuição e densidade definem o estado de conservação do ambiente como afirma Beltrame.

“Além de exercer papel essencial na manutenção do ciclo da água, protege o solo contra o impacto das gotas de chuva, aumentando a porosidade e a permeabilidade do solo através da ação das raízes, reduzindo o escoamento superficial, mantendo a umidade e a fertilidade do solo pela presença de matéria orgânica” (BELTRAME, 1994, p.14).

Um índice espectral de vegetação é a integração de duas ou mais bandas espectrais, segundo determinado procedimento, cuja finalidade é realçar características da vegetação como biomassa, vigor vegetativo, índice de área foliar etc. O **NDVI** ou **IVDN** (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) é um índice utilizado principalmente em estudos de cunho ambiental, que nos permite fazer análises, em diversas escalas, sobre a cobertura vegetal de determinada região.

A cobertura vegetal, diferente de muitos outros recursos é relacionada pela maioria dos cidadãos mais com uma função de satisfação psicológica e cultural do que com funções físicas. Entretanto, pode-se citar várias funções desempenhadas pela vegetação como estabilização de determinadas superfícies, obstáculo contra o vento, proteção da qualidade da água, filtração do ar, equilíbrio do índice de umidade, diminuição da poeira em suspensão, redução dos ruídos, interação entre as atividades humanas e o meio ambiente. Além do fornecimento de alimentos, proteção das nascentes e mananciais, organização e composição de espaços no desenvolvimento das atividades humanas, valorização visual e ornamental, segurança nas calçadas por meio de um acompanhamento viário, recreação até o estabelecimento de uma escala intermediária entre a humana e a construída, caracterização e sinalização de espaços, entre outros.

## MATERIAL E MÉTODO

A utilização de índices de vegetação como o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI), facilita a obtenção e modelagem de parâmetros biofísicos das plantas, como a área foliar, biomassa e porcentagem de cobertura do solo, com destaque para a região do espectro eletromagnético do infravermelho, que pode fornecer importantes informações sobre a evapotranspiração das plantas (JENSEN, 2009; EPIPHANIO et al., 1996).

Segundo o Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará (IPECE), o Ceará tem 92% de seu território inserido sob condições climáticas semiáridas. A Área de Influência Direta do açude Castanhão – AIC, foi identificada por Sousa et al (2011) como setores do baixo e médio Jaguaribe com extensão de 18.812 Km<sup>2</sup> abrangendo no todo ou em parte 23 municípios.

Para a elaboração do Mapa de Curvas de nível da AIC (Figura 02), utilizou-se o “shapefile” da delimitação da AIC e as imagens SRTM baixadas do USGS. Com o SRTM correspondente à AIC já recortado, foi realizada a correção na imagem, através da ferramenta “Fill”; depois, foram extraídas as curvas de nível com equidistância de setenta metros através da ferramenta “Contour”.

A etapa seguinte foi a aplicação do NDVI para os anos de 2004 e 2014. Através desse índice, buscar-se-á formar um padrão de classes de cobertura vegetal de acordo com as melhores e piores condições encontradas na Área. A partir do NDVI pode-se identificar a vigor de vegetação verde de um local. De acordo com Melo apud Jensen (1996) a fórmula para o cálculo do NDVI é a seguinte:

$$\text{NDVI} = (\text{NIR} - \text{R}) / (\text{NIR} + \text{R})$$

Em que: **NDVI** é o índice de Vegetação por Diferença Normalizada; **NIR** é a refletância no comprimento de onda correspondente ao Infra-Vermelho Próximo (0,76 a 0,90 μm); **R** é a refletância no comprimento de onda correspondente ao Vermelho (0,63 a 0,69μm).

A Área de estudo está contida no setor setentrional do semiárido nordestino, o qual apresenta uma quadra chuvosa no começo do ano e meses seguintes de estiagem, e por consequência disso, a vegetação sofre fortes mudanças no seu padrão fisionômico no decorrer do ano. Por causa disso, optou-se por utilizar imagens de satélite do primeiro semestre (Período chuvoso) e segundo semestre (período seco) dos anos de 2004 e 2014, com o intuito de haver uma melhor comparação entre os resultados. Porém, não foi possível a utilização de imagens correspondentes ao primeiro semestre de 2004, devido a grande nebulosidade em todas as imagens encontradas para esse período, lembrando que 2004 foi um ano bastante chuvoso para o Ceará.

Utilizou-se as bandas 3 e 4 do Satélite Landsat5 - TM e as bandas 4 e 5 do Satélite Landsat8 - OLI/TIRS, dos anos de 2004 e 2014, respectivamente. Ambas as imagens de órbita/ponto 216/063; 216/064; 216/065; 217/064; todas baixadas gratuitamente no site do Serviço Geológico Americano (USGS). Todas as imagens e o NDVI foram trabalhados no ArcGis 10.1. A imagem gerada pelo NDVI apresenta variações de [-1], até [+1], representando a transição de áreas não vegetadas e muito vegetadas.

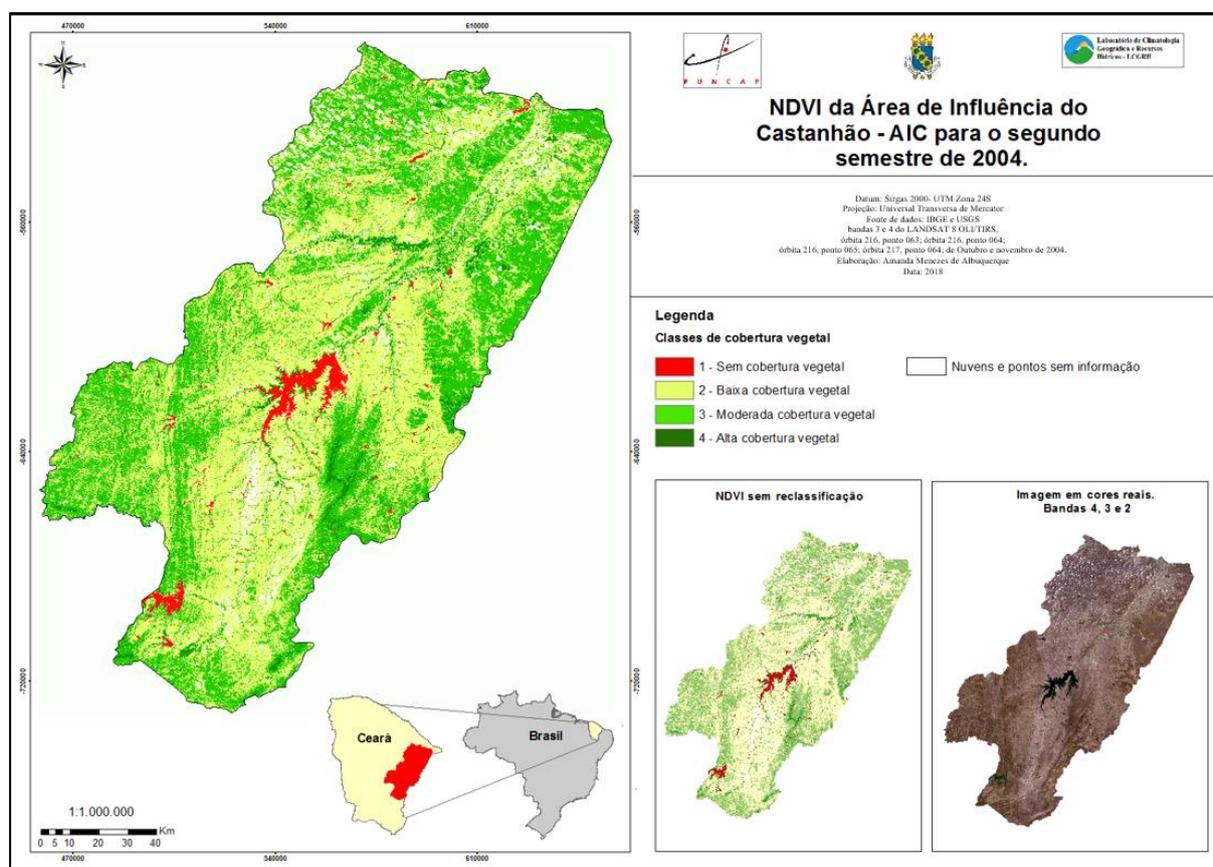
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A modelagem dos índices de vegetação baseia-se no comportamento oposto da refletância da vegetação na região do visível, ou seja, quanto maior a densidade vegetal, menor é a refletância em função da absorção da radiação pelos pigmentos fotossintetizantes e quanto maior a densidade vegetal, maior a refletância devido ao espalhamento nas diferentes camadas das folhas.

Com as imagens obtidas, percebe-se a grande mudança fisionômica da vegetação de um semestre para o outro. No período chuvoso, muitos setores da AIC ficaram na classe de Alta cobertura vegetal, o contrário aconteceu no período seco, no qual pouquíssimos setores se enquadraram nessa classe. Comparando a imagem do período seco de 2004(Figura 02) com a do mesmo período em 2014(Figura 04), pode-se notar o crescimento da área classificada como Baixa cobertura vegetal. Os resultados obtidos com o NDVI indicam um possível aumento de áreas degradadas. As imagens com diferença de dez anos (2004 – 2014) mostraram um aumento de áreas de Baixa cobertura vegetal. É importante considerar que 2014 estão inclusos em um extenso período de seca no Nordeste brasileiro, acarretando mais perda de vegetação.

O semiárido brasileiro apresenta situações ambientais preocupantes. Aqui, os solos são, em sua maior parte, muito rasos, com rocha quase aflorando, o que compromete a existência de aquíferos, sua recarga e qualidade das águas; temperaturas elevadas conduzem a altas taxas de evaporação; poucos rios perenes; concentração populacional das mais altas entre regiões semiáridas do mundo, gerando pressões excessivas sobre os recursos hídricos locais.

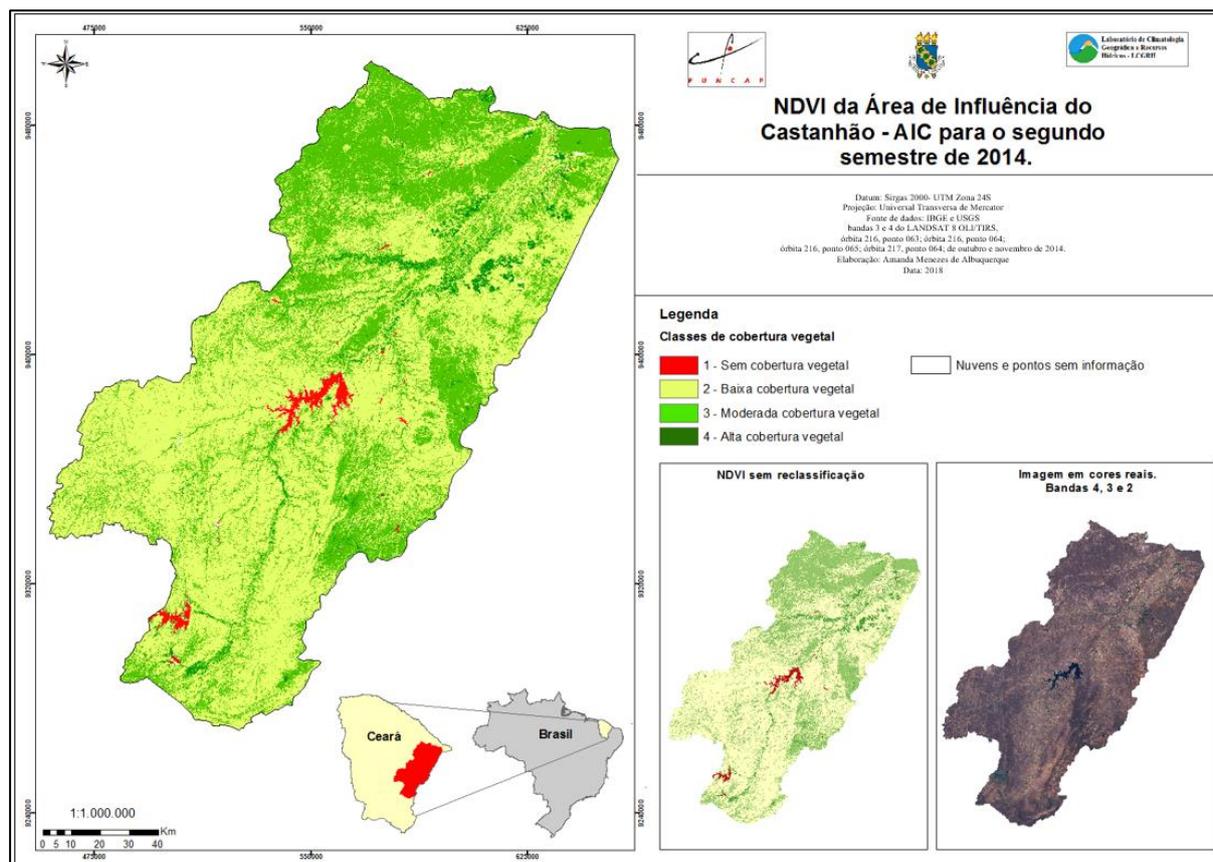
Figura 2: Mapa de NDVI da AIC do segundo semestre de 2004.



Fonte: ALBUQUERQUE (2018)

Para representar o índice na AIC, as imagens NDVI foram reclassificadas (utilizando a ferramenta “Reclassify” do ArcGis 10.1) para quatro classes, onde todos os valores negativos foram convertidos para o nível [1] e todos os valores positivos condensados até ao nível máximo de [4].

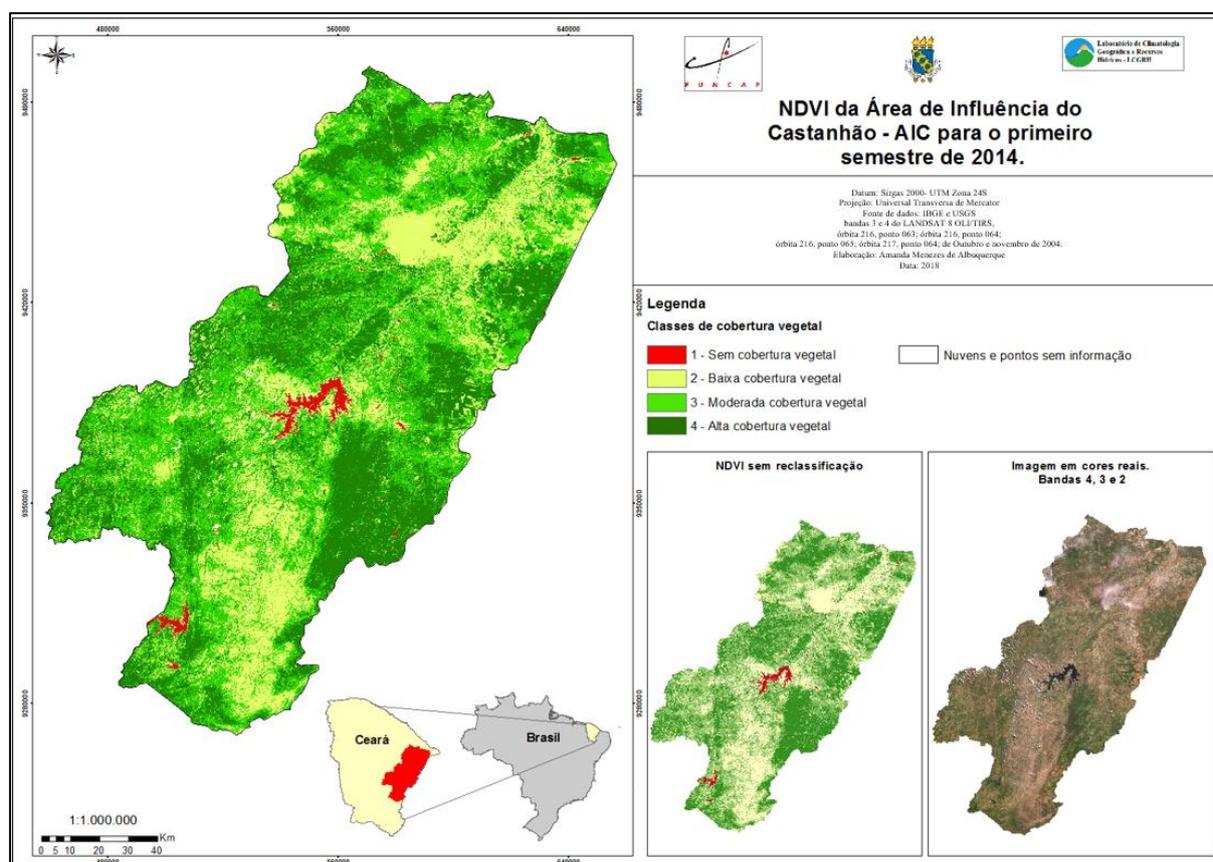
Figura 3: Mapa de NDVI da AIC do Açude Castanhão do segundo semestre de 2014



Fonte: ALBUQUERQUE (2018)

Para gerar imagem NDVI do período seco de 2014 utilizou-se de imagens dos meses de outubro e novembro. A imagem NDVI do período chuvoso de 2014 é dos meses maio e junho.

Figura 4: Mapa de NDVI da AIC do Açude Castanhão do primeiro semestre de 2014.



Fonte: ALBUQUERQUE (2018)

A imagem NDVI do período seco de 2014 é do mês de setembro. A classe [1] representa áreas onde não existe nenhuma vegetação, basicamente todos os corpos hídricos. A classe [2] representa áreas com mínima presença de vegetação e/ou vegetação “morta”, comum da caatinga. A classe [3] representa áreas com um pouco mais de densidade vegetacional, mas que ainda não chega ao mínimo ideal para a região. A classe [4] representa áreas onde realmente há vegetação verde nas melhores condições para a Área de estudo.

Os valores de NDVI quanto mais próximo de 1, mais densa é a vegetação; o valor 0 (zero) indica superfície não vegetada (ROSENDO, 2005). Os maiores valores de NDVI correspondem aos Números Digitais (ND) mais elevados, que se relacionam às áreas de vegetação com maior vigor. Enquanto os menores valores equivalem aos ND baixos, representando as áreas de vegetação estressada, bem menos densas ou até mesmo áreas desnudas. Em seu trabalho Jensen (2009) apresenta alguns pontos positivos e negativos na utilização do NDVI. Para esse autor, a importância desse índice concentra-se em dois aspectos o monitoramento de mudanças sazonais e interanuais da atividade e do

desenvolvimento da vegetação e a redução de ruídos, como sombras de nuvens, variações topográficas e diferença de iluminação solar, através da razão descrita pela Equação 4.

Os mapas temáticos das imagens processadas com os três índices estudados permitiram detectar e separar em diferentes classes a cobertura vegetal na região estudada. O uso de ferramentas para o processamento de imagens de satélite, especificamente o NDVI, mostrou-se bastante eficiente e preciso para a identificação da cobertura vegetal, as informações obtidas da cobertura vegetal em ambos os períodos de estudo, um seco e outro úmido, mostraram as mudanças de vegetação nas diferentes áreas da região, baseado nos resultados dos três índices de vegetação estudados.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O semiárido brasileiro apresenta situações ambientais preocupantes. Aqui, os solos são, em sua maior parte, muito rasos, com rocha quase aflorando, o que compromete a existência de aquíferos, sua recarga e qualidade das águas; temperaturas elevadas conduzem a altas taxas de evaporação; poucos rios perenes; concentração populacional das mais altas entre regiões semiáridas do mundo, gerando pressões excessivas sobre os recursos hídricos locais.

A bacia hidrográfica oferece excelente estrutura para manejo e planejamento dos recursos hídricos, integrando-se com o desenvolvimento de políticas ambientais, sociais e econômicas e muitos modelos têm sido utilizados neste manejo integrado. Por outro lado, apesar do termo “manejo integrado de bacias” ter sido idealizado como solução para problemas das bacias hidrográficas, muitos resultados têm sido desapontastes desde que ações de uso do solo e de biodiversidade não se têm integrado com as atividades dos setores de recursos hídricos. Em regiões onde os recursos solo e água são escassos, regiões áridas e semi-áridas, por exemplo, o manejo integrado de bacias hidrográficas é essencial devido à complexidade das interações entre esses recursos.

Com esse trabalho buscamos fazer uma análise da degradação ambiental na Área de Influência do Açude Castanhão, com uma avaliação do padrão de cobertura vegetal dada a importância na sua preservação para melhor eficácia dos solos. Cabe ressaltar a necessidade da continuação da pesquisa e uma análise mais completa e de novas áreas.

## REFERÊNCIAS

ARAÚJO, M. V.; FREIRE, G. S. S. Utilização de SIG nos estudos ambientais do estuário do Rio Acaraú – Ceará. **Geonomos**, v. 15, n. 02, p. 09-19, 2010

BELTRAME, A. V. **Diagnóstico do Meio Físico de Bacias Hidrográficas: modelo e aplicação**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1994.



Revista da Casa da Geografia de Sobral, Sobral/CE, v. 21, n. 2, Dossiê: Estudos da Geografia Física do Nordeste brasileiro, p. 674-685, Set. 2019, <http://uvanet.br/rcgs>. ISSN 2316-8056 © 1999, Universidade Estadual Vale do Acaraú. Todos os direitos reservados.

CUNHA, S. B.; GUERRA, A. J. T. Degradação ambiental. In: CUNHA, S. R.; GUERRA, A. J. T. (Orgs.). **Geomorfologia e Meio Ambiente**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2009.

EPIPHANIO, J. C. N.; GLERIANI, J. M.; FORMAGGIO, A. R.; RUDORFF, B. F. T. Índices de vegetação no sensoriamento remoto da cultura do feijão. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 31, n. 6, p. 445-454, 1996.

FERRETTI, Eliane Regina **Diagnóstico Físico-Conservacionista – DFC: instrumento para o plano de bacias hidrográficas – uma aplicação na bacia do rio Tagaçaba – Município de Guaraqueçaba – PR**. Tese (Doutorado em Geografia) Curso de Pós-Graduação em Geologia Ambiental, Setor de Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Bacias Hidrográficas** Fortaleza: IPLANCE, 2015.

JENSEN, J. R. **Introductory digital image processing: a remote sensing perspective**. 2a. ed. Upper Saddle River: Prentice-Hall, 1996.

MELO, Ewerton Torres. **Diagnóstico Físico-Conservacionista da microbacia hidrográfica do riacho dos Cavalos – Crateús – CE**. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Programa Regional de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA, Fortaleza, 2010.

PAN. **Programa de Ação Nacional de Combate à Desertificação e Mitigação dos Efeitos da Seca – PAN-Brasil**. 2004

PONZONI, F. J. **Comportamento Espectral da Vegetação**. In: MENESES, P. R., NETTO, J. S. M. (org) Sensoriamento remoto, reflectância dos alvos naturais. Brasília – DF: Editora Universidade de Brasília - UNB, Embrapa Cerrados, p 157-199, 2001.

ROCHA, J. S. M. **Manual de projetos ambientais**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 1997. p. 71-136.

RODRIGUES, J. O.; ANDRADE, E. M.; CHAVES, L. C. G.; ARRAES, F. D. D. Avaliação da dinâmica da cobertura vegetal na bacia Forquilha, Ceará, Brasil pelo uso do NDVI. **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009, INPE, p. 6125-16132.

SALES, M. C. L. Degradação ambiental em Gilbués, Piauí. **MERCATOR**, ano 2004, n. 4. Fortaleza.

SALES, M. C. L. **Estudos climáticos, morfo-pedológicos e fito-ecológicos no núcleo de desertificação de Irauçuba – Ceará**. Tese (Doutorado em Geografia) – Universidade de São Paulo.2003.

SEABRA, Giovani. **Educação Ambiental**. João Pessoa: Editora Universitária da UFPB, 2009.

SOUZA, M. J. N. Panorama da degradação ambiental, desertificação e entraves ao desenvolvimento sustentável do Ceará. In: PINHEIRO, Daniel R. de C. (Org.). **Desenvolvimento Sustentável: desafios e discussões**. Fortaleza: ABC Editora, 2006, p.33-55.