



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

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

Suiane Braz SILVA <sup>2</sup>

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

# Geografia

### 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 dificultando 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). 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.

<sup>1</sup> Mestranda em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA/UFC, Fortaleza, amanda.albuquerque.m@hotmail.com, laboratório de climatologia geográfica e recursos hídricos, <http://lattes.cnpq.br/5323525753709091>.

<sup>2</sup> Graduanda em Geografia – UFC, Fortaleza, suiane.braz@gmail.com, laboratório de climatologia geográfica e recursos hídricos, <http://lattes.cnpq.br/9907022713200222>

<sup>3</sup> Professora Dra Departamento de Geografia da UFC, Fortaleza, [mcsales@uol.com.br](mailto:mcsales@uol.com.br), laboratório de climatologia geográfica e recursos hídricos, <http://lattes.cnpq.br/1660245887620894>

## APPLICATION OF STANDARDIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI) FOR ANALYSIS OF THE ENVIRONMENTAL DEGRADATION OF THE DIRECT INFLUENCE AREA OF CASTANHÃO

### 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.

## APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE VEGETACIÓN POR DIFERENCIA NORMALIZADA (NDVI) PARA ANÁLISIS DE LA DEGRADACIÓN AMBIENTAL DE LA AREA DE INFLUENCIA DIRECTA DEL AÇUD CASTANHÃO

### Resumen

El aumento de la degradación ambiental de tierras secas viene conduciendo a la erosión de los suelos y desertificación, el uso intenso y predatorio de los recursos naturales en esas áreas acaba dificultando la supervivencia de las comunidades que viven en esas regiones. El estado de Ceará tiene cerca del 92% de su territorio insertado en el semiárido, la investigación fue desarrollada en el Área de Influencia Directa del Açude Castaño (AIC). A través del registro de imágenes, se hizo posible a los análisis de relación entre localización espacial de blancos del medio ambiente, variación espectral de la imagen y variación de la cobertura vegetal de los suelos. La utilización del sensor remoto y de índices de vegetación como el Índice de Vegetación de la Diferencia Normalizada (NDVI), facilita la obtención y modelado de parámetros biofísicos de las plantas, como el área foliar, la biomasa y el porcentaje de cobertura del suelo, proporcionando importantes informaciones sobre la degradación ambiental del área.

**Palabras clave:** Degradación. Detección remota. Cobertura Vegetal.

### 1. Introdução

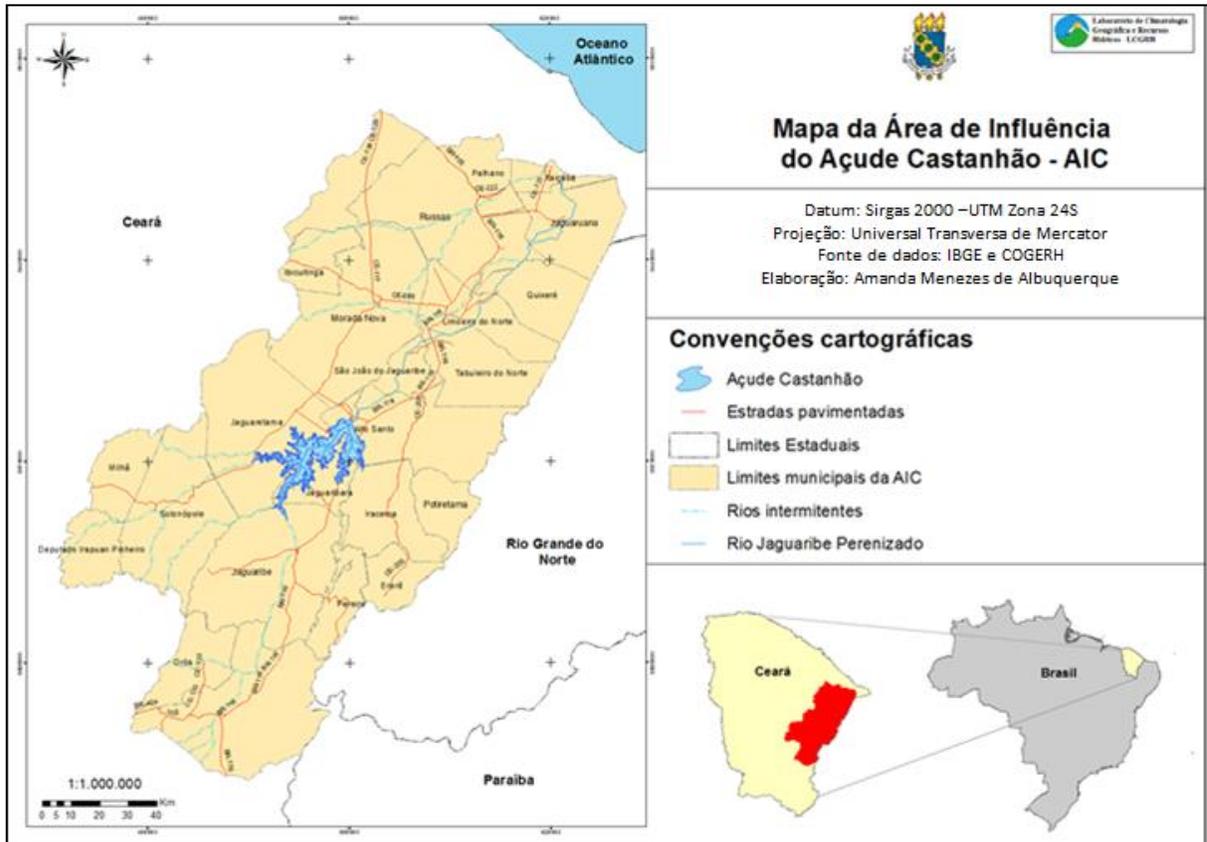
Desde os primórdios as civilizações mantêm uma relação com a natureza, explorando os recursos naturais a partir de suas necessidades de sobrevivência, consumo e lazer (SEABRA, 2009). Nesse sentido, a degradação ou desertificação tem sido um grande problema que vem repercutindo globalmente. Segundo o 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, Beltrame (1994). 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 se localizam 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 caráter azonal que atinge grande parte do seu território e alta variabilidade pluviométrica, espacial e temporal, inerente a esse tipo climático (SALES, 2003).

A Área de Influência do Açude Castanhão 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 Irapuan 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.



**Figura 01.** Mapa de Localização da área de estudo. **Fonte:** Autora (2018).

Segundo Beltrame (1994), a Degradação é um conceito atribuído às mudanças na vegetação, no solo e nos recursos hídricos, resultantes da ação tanto do homem quanto do clima.

De acordo com Ponzoni (2001), a aparência da cobertura vegetal em determinado produto de Sensoriamento Remoto é fruto de um processo complexo que envolve muitos parâmetros e fatores ambientais. O que é efetivamente medido por um sensor remotamente situado, oriundo de determinada vegetação (alvo), não pode ser explicado somente pelas características intrínsecas dessa vegetação, inclui também a interferência de vários outros parâmetros e fatores tais como: a fonte de radiação, o espalhamento atmosférico, as características tanto das folhas quanto do dossel, os

teores de umidade do solo, a interferência da reflectância do solo, sombra, entre outros.

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Para Sales (2003), a consolidação do conceito de Desertificação como a degradação da terra nas regiões áridas, semiáridas e subúmidas secas resultantes de diversos fatores entre eles as variações climáticas e as atividades humanas, permitem que se tratem os problemas de degradação ambiental no sertão nordestino na perspectiva da desertificação. Ao longo das duas últimas décadas, diversos pesquisadores contribuíram na formação de um importante acervo sobre os processos de desertificação 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 e Freire (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.

### 3. METODOLOGIA DA PESQUISA

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, 1996; EIPHANIO 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 foi identificada por Souza 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.

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 (2010) 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 Infravermelho Próximo (0,76 a 0,90  $\mu\text{m}$ ); R é a refletância no comprimento de onda correspondente ao Vermelho (0,63 a 0,69 $\mu\text{m}$ ).

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].

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. 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]. Assim, foram criadas as classes: sem cobertura vegetal, baixa cobertura vegetal, moderada cobertura vegetal e alta cobertura vegetal.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

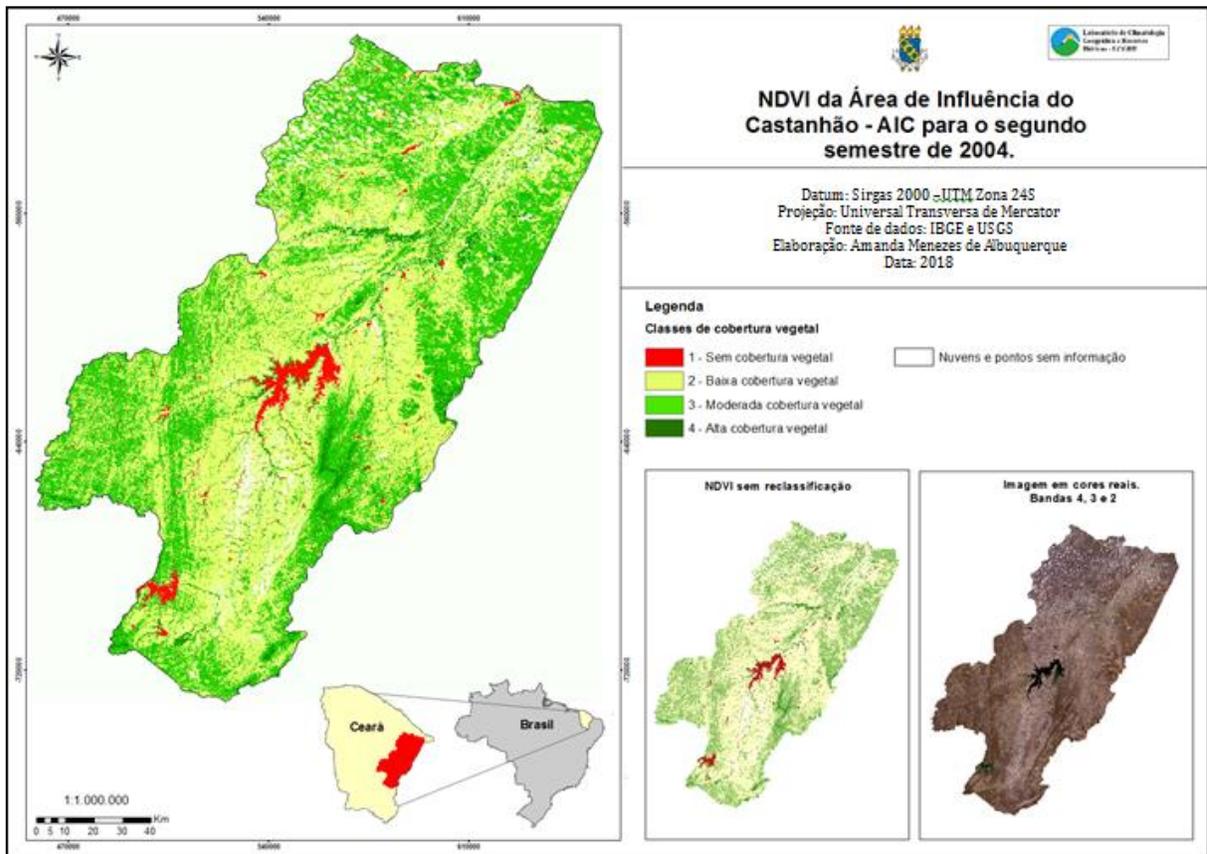
A modelagem dos índices de vegetação baseia-se no comportamento oposto da refletância da vegetação, ou seja, quanto menor a densidade vegetal, menor é a refletância em função da absorção da radiação e quanto maior a densidade vegetal, maior a refletância devido ao espalhamento nas diferentes camadas 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. Dessa forma, os mapas apresentam as seguintes classes: classe [1] representa áreas onde não existe nenhuma vegetação, basicamente todos os corpos hídricos; classe [2] representa áreas com mínima presença de vegetação e/ou vegetação “morta”, comum da caatinga; classe [3] representa áreas com um pouco mais de densidade vegetacional, mas que ainda não chega ao mínimo ideal para a região; classe [4] representa áreas onde realmente há vegetação verde nas melhores condições para a área de estudo.

Comparando a imagem do período seco de 2004 (Figura 02) com a do mesmo período em 2014 (Figura 03), pode-se notar o crescimento da área classificada como

Baixa cobertura vegetal, devido também a característica caducifólia da vegetação de caatinga.

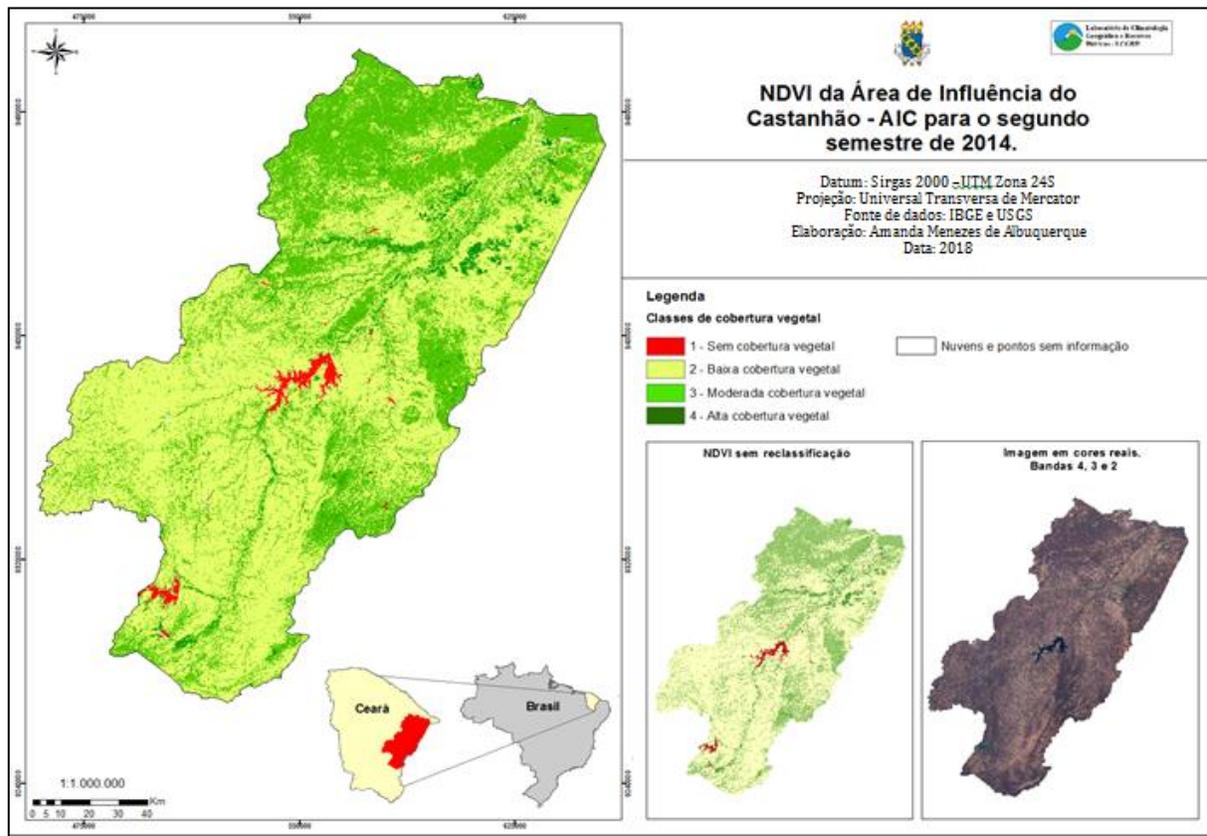
Para gerar imagem NDVI do período seco de 2004 foram utilizadas as imagens do mês de outubro, e para gerar imagem NDVI do período seco de 2014 utilizou-se de imagens dos meses de outubro e novembro. É importante considerar que 2014 está incluso em um extenso período de seca no Nordeste brasileiro, acarretando mais perda de vegetação.



**Figura 02.** NDVI para o segundo semestre de 2004. **Fonte:** Autora (2018).

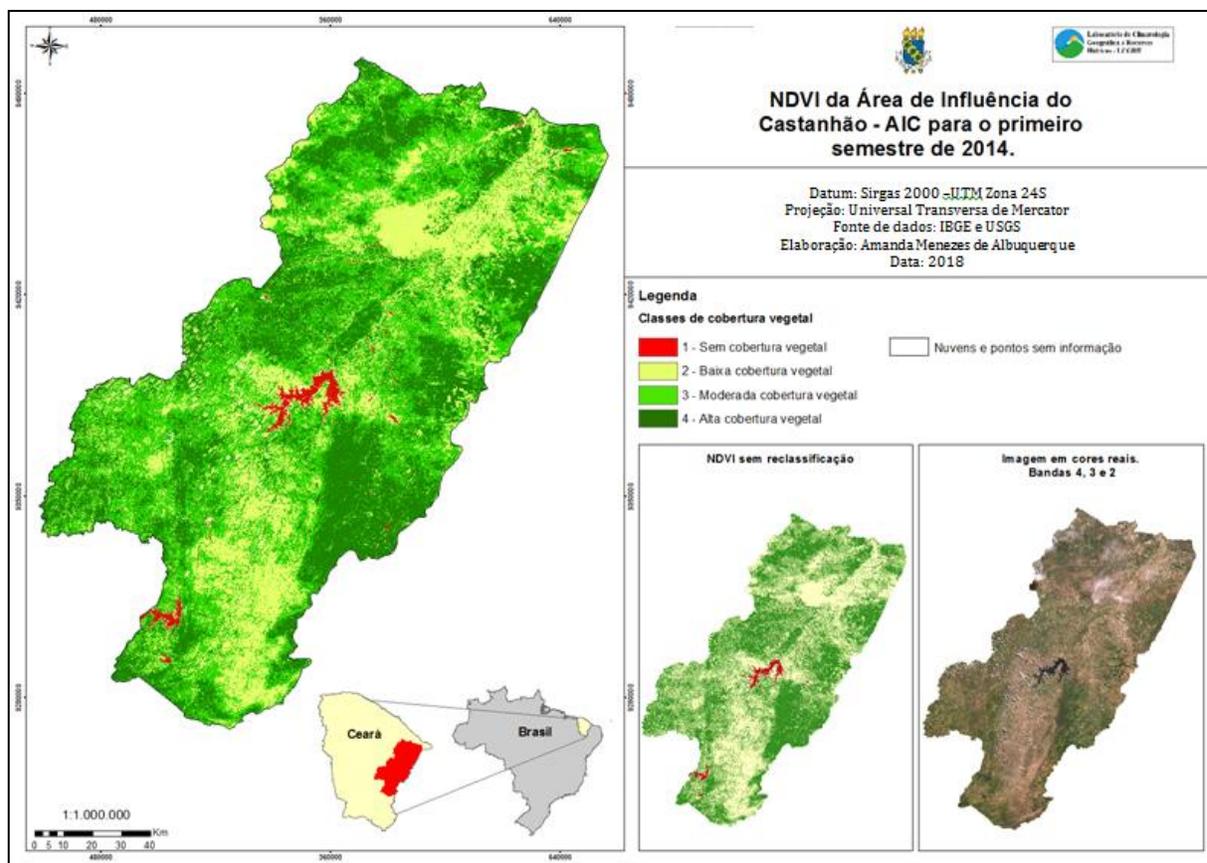
Vale destacar, que os setores que permanecem com maior presença de vegetação são as planícies fluviais, ao longo dos principais cursos d'água, que mesmo

em períodos de secas, resguardam as melhores condições ambientais na região semiárida.



**Figura 03.** NDVI para o segundo semestre de 2014. **Fonte:** Autora (2018).

A imagem NDVI do período chuvoso de 2014 (Figura 04) é referente aos meses maio e junho. Dessa forma, nota-se na imagem do período chuvoso de 2014 (Figura 04) o crescimento das áreas Moderada e Alta cobertura vegetal, tendo em vista o grande poder de regeneração da vegetação de caatinga, que ao sinal das primeiras chuvas suas folhagens logo enverdecem. Ao mesmo tempo, nota-se uma redução substancial das áreas de Baixa cobertura vegetal.



**Figura 04.** NDVI para o primeiro semestre de 2014. **Fonte:** Autora (2018).

## 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em seu trabalho Jensen (1996) 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 das bandas do vermelho e do infravermelho próximo.

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.

Contudo, espera-se que este trabalho sirva de subsídio para o estabelecimento de medidas de diagnóstico, análise e recuperação das áreas degradadas, assim como, a preservação, conservação. Deste modo caracterizando-se como subsídio indispensável para o planejamento e gestão ambiental.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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.

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 2005, 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, 2004.

---

ALBUQUERQUE, A. M. de; SILVA, S. B.; SALES, M. C. L. APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) PARA ANÁLISE DA DEGRADAÇÃO AMBIENTAL DA AREA DE INFLUÊNCIA DIRETA DO AÇUDE CASTANHÃO. Revista CEC&T do Centro de Ciências e Tecnologia da UECE Fortaleza/CE, v. 1, nºespecial, p. 170-183, jan/jul. 2019. Disponível em <https://revistas.uece.br/index.php/CECiT/>

SALES, M. C. L. Evolução dos Estudos de Desertificação no Nordeste Brasileiro. GEOUSP - Espaço e Tempo, São Paulo, Nº 14, pp. 9-19, 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.