

ANÁLISE TEMPORAL DO NDVI DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO LONGÁ - PIAUÍ – BRASIL

AQUINO, Cláudia Maria Sabóia de¹; DIAS, Amanda Alves²; SANTOS, Francílio Amorim³

RESUMO

Este estudo tem como objetivo avaliar de modo dinâmico a cobertura vegetal na bacia hidrográfica do rio Longá, utilizando técnicas de sensoriamento remoto na determinação de índices de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI. Dados dos satélites LANDSAT 5 TM e LANDSAT 8, órbitas 218 e 219, pontos 62, 63 e 64, referentes ao mês de Agosto (estação seca na área de estudo), dos anos de 2003 e 2014 foram usadas para o monitoramento da vegetação da área de estudo. Os valores do NDVI obtidos foram agrupados em seis classes a saber: Alta, Moderadamente Alta, Moderada, Moderadamente Baixa, Baixa e Solo exposto. Constatou-se que as classes que oferecem maior proteção com relação à cobertura vegetal (alta e moderadamente alta) sofreram redução e consequentemente as demais classes, ou seja, aquelas que evidenciam menor proteção aos solos tiveram suas áreas ampliadas em termos de extensão. A classe moderadamente baixa, que ocupava 38,4% da área da bacia em 2003, em 2014 passou a ocupar 74,4% no ano de 2014, o que corresponde a 18.008,4 km² de área, mostrando que houve um aumento significativo desta classe. A classe baixa, que teve um acréscimo de 7,28% nesse período, passou de 2,1% em 2003 para 9,38% em 2014. Destaca-se que a classe correspondente ao solo exposto permaneceu aproximadamente constante, variando apenas de 0,003% para 0,002%. Dados pluviométricos foram analisados com o propósito de verificar a influência destes na variação do NDVI durante o período analisado. Os dados permitem inferir que a variação do NDVI resultou da dinâmica climática do Brasil e do Nordeste brasileiro consequentemente, que tem se caracterizado nos seis últimos anos (desde 2010) com tendência à redução de precipitações e consequente ressecamento dos solos e pouca disponibilidade de água para as plantas. O emprego do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada - NDVI mostrou-se eficiente para o monitoramento da vegetação.

Palavras Chaves: Sensoriamento Remoto. NDVI. Monitoramento. Bacia Hidrográfica.

ANÁLISIS TEMPORAL DEL NDVI DE LA CUENCA HIDROGRÁFICA DEL RÍO LONGÁ – PIAUÍ-BRASIL

RESUMEN

Este estudio tiene como objetivo evaluar de modo dinámico la cubierta vegetal en la cuenca hidrográfica del río Longá, utilizando técnicas de detección remota en la determinación de índices de Vegetación por Diferencia Normalizada-NDVI. Datos de los satélites LANDSAT 5 TM y LANDSAT 8, órbitas 218 y 219, puntos 62, 63 y 64, referentes al mes de Agosto (estación de sequía en el área de estudio), de los años de 2003 y 2014 fueron usadas para el monitoreo de la vegetación del área de estudio. Los valores del NDVI obtenidos fueron agrupados en seis clases a saber: Alta, Moderadamente Alta, Moderada, Moderadamente Baja, Baja y Suelo expuesto. Se ha constatado que las clases que ofrecen mayor protección con relación a la cubierta vegetal (alta y moderadamente alta) sufrieron reducción y consecuentemente a las demás clases, o sea, aquellas que evidencian menor protección a los suelos tuvieron sus áreas ampliadas en términos de extensión. La clase moderadamente baja, que ocupaba el 38,4% del área de la cuenca en 2003, en 2014 pasó a ocupar el 74,4%, que corresponde al 18.008,4 km² de área, mostrando que hubo un aumento significativo de esta clase. La clase baja, que tuvo un aumento del 7,28% en ese periodo, pasó del 2,1% en 2003 para el 9,38% en 2014. Se destaca que la clase correspondiente al suelo expuesto permaneció aproximadamente constante, variando sólo del 0,003% para el 0,002%. Datos económicos y pluviométricos fueron analizados con el propósito de verificar la influencia de estos en la variación del NDVI durante el período analizado. Los datos permiten inferir que la variación del NDVI resultó de la dinámica climática de Brasil y de Nordeste brasileño consecuentemente, que tiene se caracterizado en los seis últimos años (desde 2010) con tendencia a la reducción de precipitaciones y consecuente sequedad de los suelos y poca disponibilidad de agua para las plantas. El empleo del índice de Vegetación por Diferencia Normalizada-NDVI se ha mostrado eficiente para el monitoreo de la vegetación.

¹Doutora em Geografia. Docente do Curso de Graduação e Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal do Piauí – cmsaboia@gmail.com

²Graduada em Geografia da Universidade Federal do Piauí - amandaalvesdias@hotmail.com

³Docente do Instituto Federal do Piauí. Doutorando em Geografia pela Universidade Estadual do Ceará - francilio.amorim@ifpi.edu.br

Palabras-Clave: Detecção Remota. NDVI. Monitorio. Cuenca Hidrográfica.

TEMPORAL ANALYSIS OF NDVI OF THE HIDROLOGICAL BASIN OF RIO LONGÁ – PIAUÍ – BRAZIL

ABSTRACT

This study has the objective of evaluating in a dynamic mode, the vegetal cover of the hidrological basin of Rio Longá, using remote sensing techniques for the determination of the Normalized Difference Vegetation Index – NDVI. Data from the satellites LANDSAT 5 TM and LANDSAT 8, orbits 218 and 219, points 62, 63 and 64, related to the month of August (dry season of the studied area), for the years of 2003 and 2014, were used for the monitoring of the vegetation of the studied area. The values of NDVI obtained were grouped into six classes: High, Moderately High, Moderate, Moderately Low, Low and Exposed Soil. It was found that the classes that offered greater protection related to the vegetal coverage (High and Moderately High) suffered reduction and, consequently, the other classes, the ones that evidenced less protection of the soils, had their areas increased in terms of extension. The Moderately Low class, that occupied 38,4% of the basin area in 2003, occupies in 2014, 74,4%, which corresponds to 18.008,4 Km², showing that there was a significant increase in this class. The Low class, which had an increase of 7,28% in this period, went from 2,1% in 2003, to 9,38% in 2014. The class corresponding to the Exposed Soil remained approximately constant, varying only from 0,003% to 0,002%. Economic and rainfall data were analysed with the purpose of verifying their influence in the variation of NDVI during the analysed period. The data allowed the inference that the variation of NDVI resulted from the climatic dynamics of Brazil and the Northeastern region, that has been characterized in the last six years (since 2010) with a tendency for the reduction of precipitations and consequently, drying of soils and little availability of water for the vegetation. The use of Normalized Difference Vegetation Index – NDVI signalized itself as an efficient tool for the monitoring of vegetation.

Key Words: Remote Sensing, NDVI, Monitoring, Hidrological Basin.

1. Introdução

O processo produção do espaço geográfico nas últimas décadas tem favorecido profundas transformações da paisagem resultante de uma relação desarmoniosa entre sociedade-natureza, que acarreta o comprometimento da funcionalidade do sistema e tem resultado na degradação dos recursos naturais, notadamente os solos, a água e a cobertura vegetal.

As técnicas de sensoriamento constituem ferramentas na análise destas e de outras transformações espaciais resultantes de atividades humanas. O menor custo para a produção de imagens, comparando com a fotogrametria aérea, a agilidade, a qualidade cada vez maior de imagens geradas com sensores de alta tecnologia, fazem com que as técnicas de sensoriamento remoto sejam fundamentais para a cartografia, quer na produção e/ou atualização de mapas. Atualmente as diversas instituições utilizam-se dessa tecnologia para a obtenção de informações de caráter geológico, geomorfológico, pedológico, hidrológico, agrícola, florestal e de qualidade ambiental (ROSA, 2005).

Ainda de acordo com Rosa (2005), a utilização de produtos e técnicas de sensoriamento remoto e geoprocessamento nas análises ambientais têm se tornado uma prática cada vez mais frequente entre as diversas áreas de pesquisa. No caso da cobertura

vegetal, essas técnicas contribuem de modo expressivo nas análises que envolvem os processos de degradação da vegetação natural e na fiscalização dos recursos florestais, bem como de vários outros fatores que podem ocasionar modificações na vegetação. Os trabalhos de Silva (2004), Rosendo e Rosa (2007), Marinho (2011), Melo, Sales e Oliveira (2011), Aquino e Oliveira (2012), Figueiredo et al. (2013) e Barbosa (2014) dentre outros comprovam o emprego do índice de vegetação com o objetivo de avaliar mudanças na vegetação, além de serem bastante utilizados nos estudos sobre o meio ambiente (DEMARCHI et al.,2011).

Neste sentido, o presente trabalho objetiva estimar o NDVI da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Rio Longá, utilizando como metodologia a análise multitemporal de imagens de satélite dos anos de 2003 e 2014, a fim de avaliar a dinâmica da cobertura vegetal desta bacia. Acredita-se que os resultados possam subsidiar o ordenamento territorial ambiental da área, considerando que nas últimas décadas houve um considerável aumento populacional, bem como um crescimento gradativo das atividades econômicas desenvolvidas na mesma, com destaque para o extrativismo vegetal, a agricultura, a extração mineral e a pecuária. A carência de pesquisas tratando da presente temática na área de estudo justifica o trabalho.

2. Metodologia

O presente trabalho objetiva realizar mapeamento e estimativa do NDVI da bacia hidrográfica do Rio Longá utilizando como metodologia a detecção de mudanças a partir do emprego de imagens de satélite dos anos de 2003 e 2014, a fim de avaliar a dinâmica da cobertura vegetal desta bacia. A detecção de mudanças é o processo que permite avaliar alterações no estado de um objeto ou fenômeno a partir da identificação das diferenças entre dois conjuntos de imagens tomadas da mesma área em diferentes épocas. Essas mudanças resultam das alterações nos valores de radiância dos pixels nas imagens tomadas em épocas distintas (SILVA, 2004). Ainda segundo este autor a partir da utilização da detecção de mudanças, diferentes fenômenos podem ser identificados, como desmatamentos, modificações do uso da terra (substituição de matas nativas por agricultura), queimadas, etc. Dentre os métodos de detecção de mudanças, podemos citar: Análise de Pós classificação, Análise de Vetor de Mudança, Análise por Componentes Principais, Razão de Imagens, Subtração de Imagens e Diferença de Índices de Vegetação (ROSENDO & ROSA, 2007).

Os primeiros índices desenvolvidos para avaliação da vegetação datam do início da década de 1970 e têm sido empregados com sucesso para avaliar as diferentes condições

vegetais/ da cobertura vegetal. Segundo Ramos et al. (2010), os índices de vegetação têm sido muito utilizados no monitoramento de áreas vegetadas, na determinação, estimativa do índice de área foliar, biomassa e da radiação fotossinteticamente ativa.

O estudo empregou a metodologia quantitativo-qualitativa ao buscar-se quantificar, analisar e interpretar os dados do NDVI. A pesquisa foi de natureza explicativa, visto que se propôs a realizar a avaliação das condições da cobertura vegetal por meio da aplicação do NDVI, baseado na Equação 1.

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (1)$$

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 µm para o Landsat 5 e 0,85 a 0,88 µm para o Landsat 8);

R é a refletância no comprimento de onda correspondente ao Vermelho (0,63 a 0,69 µm para o Landsat 5 e 0,64 a 0,67 µm para o Landsat 8).

Todas as imagens Landsat passaram por correções geométricas e radiométricas. Para este último procedimento usou-se a conversão dos números digitais de 18 bits para 8 bits.

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) segundo Price (1987) e Jackson (1991), tem como finalidade separar a vegetação verde, a partir do seu brilho utilizando dados de satélites. Este é o Índice de Vegetação mais comumente utilizado, dado que mantém a capacidade de minimizar os efeitos topográficos enquanto produz uma escala de medição linear (MONTEIRO, 2013).

Para o mapeamento e posterior análise da estimativa do NDVI da Bacia Hidrográfica do Rio Longá - PI procedeu-se a aquisição das imagens (Ver Quadro 01) do satélite TM/LANDSAT 5 e OLI/LANDSAT 8, adquiridas no site da United States Geological Survey (USGS), imageadas do mês de agosto, dos municípios que abrangem a bacia hidrográfica do Rio Longá. A escolha deste mês para análise deve-se a pouca ocorrência de nuvens.

Quadro 1. Características das Imagens TM/LANDSAT 5 e OLI/ LANDSAT 8, que integram a bacia hidrográfica do rio Longá.

LANDSAT 5 TM				
Ponto/ Órbita	Datas	Resolução/ Sensor TM/LANDSAT	Ângulo Zenital	Ângulo Azimutal
218/63	14/08/20 03	30 m/TM	51.3384	60.1114

219/62	21/08/2003	30 m/TM	51.3384	64.6872
219/63	21/08/2003	30 m/TM	55.8457	71.3632
219/64	21/08/2003	30 m/TM	51.8141	61.5841
OLI/ LANDSAT 8				
Ponto/Órbita	Datas	Resolução/Sensor TM/LANDSAT	Ângulo Zenital	Ângulo Azimutal
218/63	12/08/2014	30 m/ OLI	55.6197	55.4896
219/62	19/08/2014	30 m/ OLI	57.9513	60.3546
219/63	19/08/2014	30 m/ OLI	57.04236192	58.59141095
219/64	19/08/2014	30 m/ OLI	56.09957656	56.93716951
Fonte: Org. dos autores, (2015)				

As imagens (TM/LANDSAT 5 e OLI/ LANDSAT 8) foram importadas para o software *ArcGis 10.1*, em seguida foram georreferenciadas no sistema de coordenadas geográficas (latitude-longitude), com base no método imagem – imagem, método que consiste na indicação do sistema de referência (p.ex. latitude/longitude), considerando os limites esquerdo, direito, superior e inferior de objetos/alvos de uma imagem já georeferenciadas e seus respectivos correspondentes na imagem a ser georeferenciadas. As imagens foram reamostradas pelo método do vizinho mais próximo, onde é atribuído ao pixel da imagem transformada o valor do contador digital do pixel mais próximo.

No *ArcMap* procedeu-se a realização de mosaico das bandas 3 e 4 do LANDSAT 5, e das bandas 4 e 5 do LANDSAT 8, por meio do aplicativo *Arc Tool box* e da ferramenta *Data Management Tools*, na opção *Rastere Mosaic To New Raster* para construção do mosaico das cenas e bandas para os anos de 2003 e 2014. Para melhorar a velocidade de execução das atividades, realizou-se o recorte da área via *Spatial Analyst Tools* e opção *ByMask* utilizando como arquivo de entrada o mosaico das imagens LANDSAT 5 e LANDSAT 8 (raster) e o arquivo vetorial com os limites geográficos da bacia em estudo.

Através da função *Reclassify* do ArcGIS, com o emprego da calculadora raster os dados do NDVI foram reclassificadas em classes (Tabela 1). Em ordem decrescente estas classes indicam às melhores condições e as piores condições de cobertura vegetal encontradas na área em estudo.

Tabela 1 - Classes de NDVI definidas para a área de estudo.

Notas empregadas na Reclassificação dos intervalos de NDVI	Intervalo	Classes de NDVI atribuída
6	0,8 a < 1,0	Alta
5	0,6 a < 0,8	Moderada Alta
4	0,4 a < 0,6	Moderada
3	0,2 a < 0,4	Moderadamente Baixa
2	> 0 a < 0,2	Baixa
1	< 0	Solo Exposto

Fonte: Os autores, (2015).

3. Caracterização geoambiental da Bacia Hidrográfica do rio Longá - Piauí

3.1 Aspectos Geológicos e Geomorfológicos

De acordo com Lima (2006), o espaço piauiense é formado por quatro grandes unidades estruturais que ocorrem no Nordeste brasileiro: o Escudo Cristalino, a Bacia Sedimentar do Araripe, os Depósitos Sedimentares Recentes e a Bacia Sedimentar Maranhão-Piauí.

Considerando a geologia regional a área de estudo encontra-se totalmente inserida no domínio da Bacia Sedimentar do Parnaíba.

Considerando a compartimentação de CPRM (2010) foram identificadas para a área de estudo os seguintes domínios geomorfológicos apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Unidades de Relevo da Bacia Hidrográfica do Rio Longá-PI, segundo CPRM, 2010.

Unidades de Relevo	Área	%
Baixos Platôs	6,5	0,02
Chapadas e platôs	40,2	0,2
Degraus estruturais e rebordos erosivos	48,3	0,3
Domínio de colinas amplas e suaves	0,07	0,0004
Domínio de morros e de serras baixas	49,7	0,3
Domínio Montanhoso	6,2	0,03
Escarpas serranas	342,6	1,6
Inselbergs	129,3	0,6

Planaltos e baixos platôs	726,7	3,3
Planícies fluviais ou flúvio-lacustres	68,2	0,3
Superfícies aplainadas conservadas	9199,3	41,6
Superfícies aplainadas degradadas	9326,5	42,2
Tabuleiros	1601,2	7,2
Tabuleiros dissecados	568,4	2,6

Fonte: CPRM (2010)

Aspectos climáticos

De acordo com Lima (2006), os tipos climáticos são estabelecidos com base nas características resultantes da dinâmica dos elementos atmosféricos. Essa dinâmica reflete a interação entre os elementos que compõem o clima (precipitações, temperatura, luminosidade, ventos, umidade relativa do ar).

Segundo Lima (2006), o espaço piauiense sofre a atuação de três massas de ar: a Massa Equatorial Continental (mEc), quente e úmida, Massa Tropical Atlântica (mTa), quente e seca e Massa Equatorial Atlântica (mEa) quente e úmida. A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), é o principal sistema causador de chuvas no Estado durante o outono enquanto a mTa é responsável pela ausência de chuvas na primavera e no inverno, permanecendo sobre o Estado a maior parte do ano.

A análise climática da área de estudo baseou-se em dados de precipitação das séries anuais disponíveis na SUDENE (1990). Constatou-se que a variação dos volumes pluviométricos na Bacia Hidrográfica do Rio Longá é significativa, variando de 1825 mm no posto Vitória de Baixo, localizado no municio de Batalha, a 842 mm no Posto Madeira Cortada no município de Pedro II. A média pluviométrica total dos 32 postos considerando os 25 anos analisados, é da ordem de 1800 mm/ano, o que reflete na variação apresentada pelos demais termos do balanço hídrico estimado a partir do programa **USUAIS**(Oliveira & Sales, 2016).

Com relação à temperatura, observa-se que não ocorre uma grande variação, assim, o maior valor de temperatura foi de 26,9°C em 18 postos, e o menor valor encontrado foi de 20,2 °C no posto de Ibiapina e Ubajara, ambos localizados no Estado do Ceará. A média considerando os 32 postos usados na análise foi de 32,9°C.

Constata-se que as menores médias encontram-se nas áreas da Serra da Ibiapaba, no Ceará e em Pedro II - PI, ressalta-se que esta redução das temperaturas resulta do efeito orográfico que influencia diretamente na diminuição destas temperaturas.

Os gráficos ombrotérmicos apresentados na Figura 1 apresentam o comportamento médio das chuvas e das temperaturas em alguns postos pluviométricos inseridos na área

de estudo, e reforçam a constatação da concentração das precipitações na maioria dos postos em um determinado período do ano. Assim, nos postos analisados constatam-se poucas variações, evidenciando uma regular distribuição dos valores de temperatura média em todos os meses do ano.

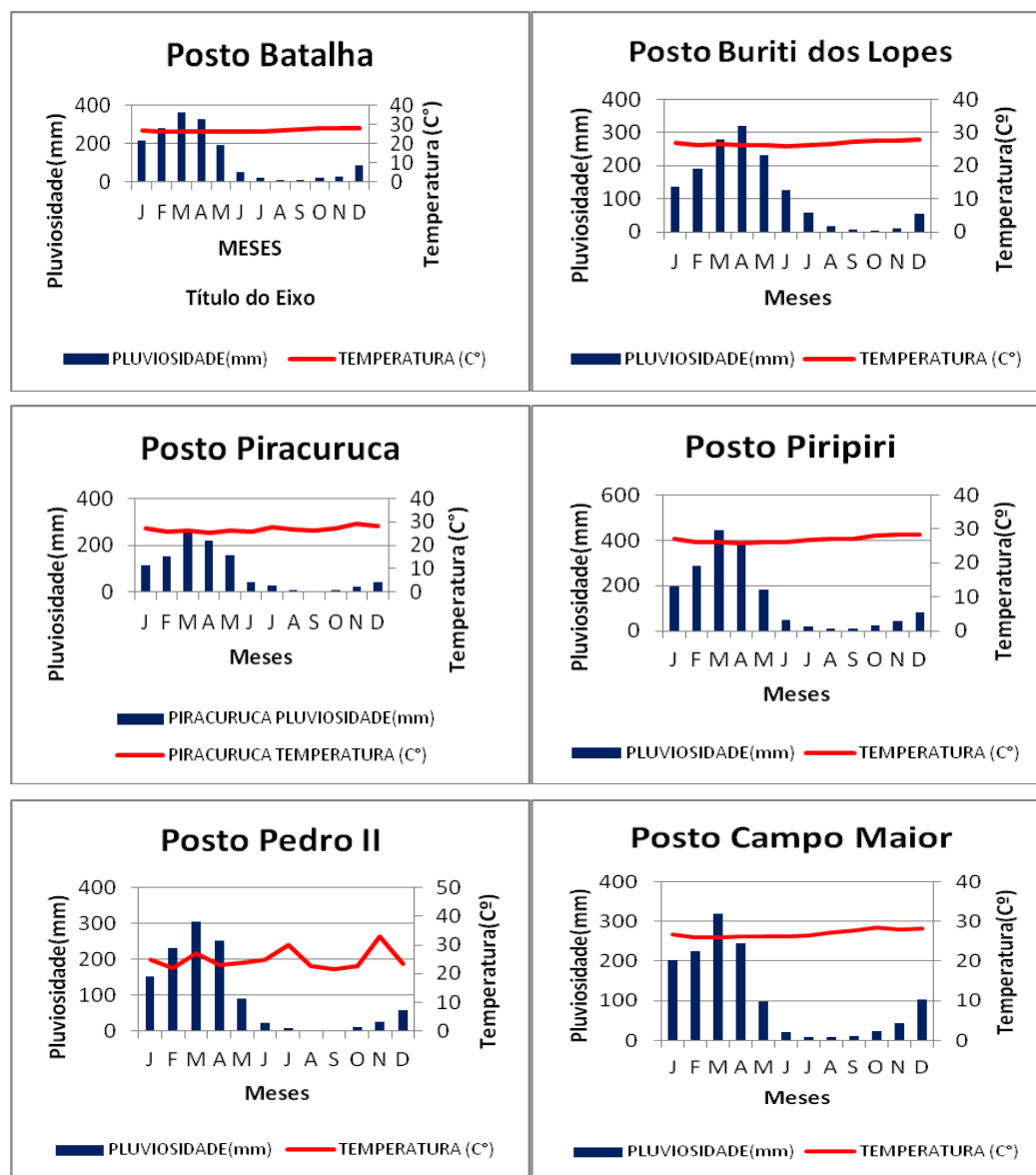


Figura 1- Gráficos ombrotérmicos dos postos de Batalha, Buriti dos Lopes, Piracuruca, Piripiri, Pedro II e Campo Maior, elaborados considerando dados médios de 25 anos. Organização das autoras, com base na: SUDENE(1990).

O índice efetivo de umidade (I_m), que determina se o clima é úmido ou seco, foi obtido através da relação entre os Índices de Umidade (I_u) e de aridez (I_a). Em 66,66% da área o Índice de Umidade permitiu inferir tratar-se de um clima subúmido mais seco e em 43,24% da área constatou-se uma tipologia climática subúmida mais úmida.

Aspectos Vegetacionais

Estudo de Barros (2012) denota a diversidade fitoecológica da área em questão. Segundo o autor a vegetação da área pesquisada constitui-se um mosaico de espécies de regiões fitoecológicas representativas do Cerrado, Floresta Amazônica, Caatinga e ecótonos, estes são representados por interpenetrações ou encraves e misturas de manchas de vegetação de distintas formações vegetais que estão relacionadas e condicionadas devido as diferentes litologias, formas de relevo, presença e profundidade da crosta ferruginosa e flutuações do nível freático.

4. Resultados e Discussão

4.1 Dinâmica temporal do NDVI na Bacia Hidrográfica do Rio Longá, Piauí

A área de estudo integra a área da bacia hidrográfica do rio Parnaíba compondo uma das grandes sub-bacias do Parnaíba no lado piauiense. A bacia do rio Longá (Figura 2) abrange uma área de 24. 222 km², representando cerca de 6,67% da área da bacia hidrográfica do Rio Parnaíba (LIMA, 2006).

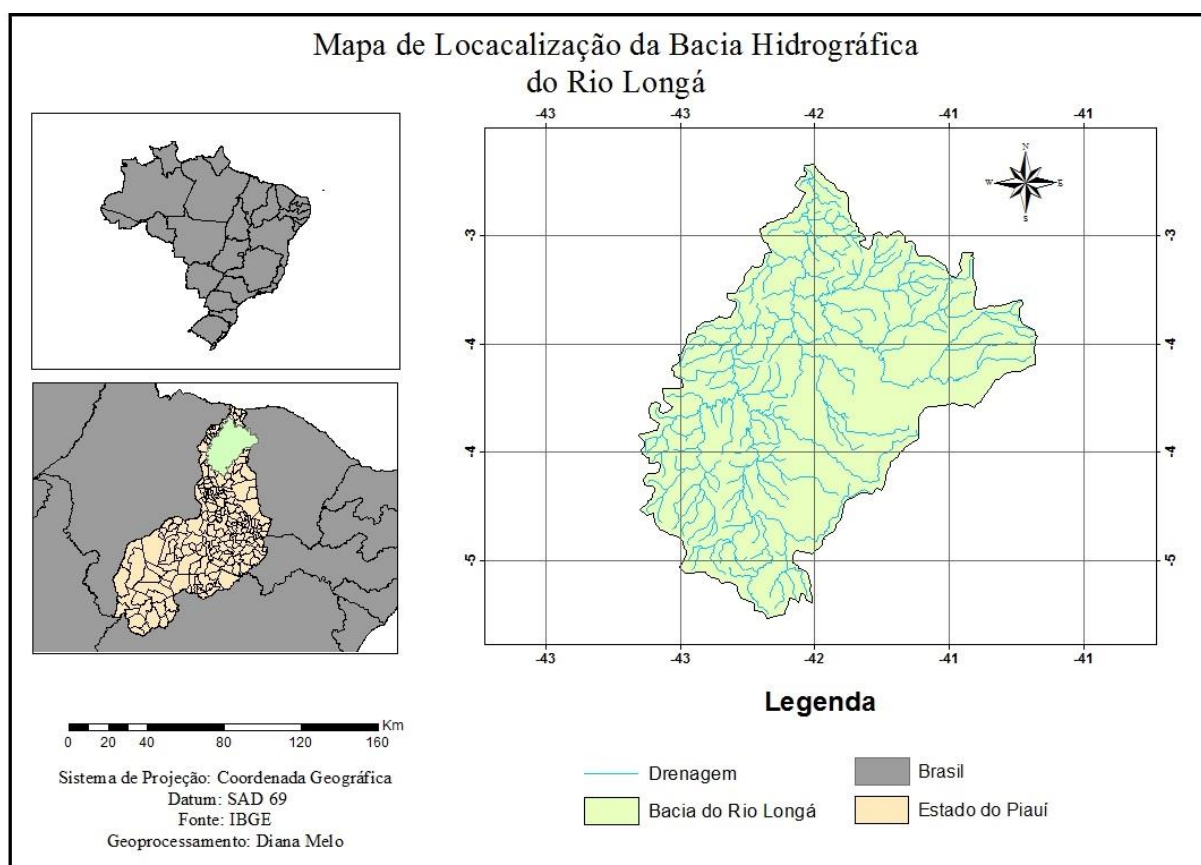


Figura 2. Mapa de localização da Bacia Hidrográfica do Rio Longá-PI. Fonte: SILVA (2015).

As Figuras 3 e 4 apresentam a espacialização da variabilidade do NDVI na área de estudo para os meses de agosto relativas aos anos de 2003 e 2014, respectivamente.

As imagens do sensor TM do satélite LANDSAT 5 e do LANDSAT 8, que resultaram nos Mapas de NDVI, permitem afirmar que a cobertura das terras na bacia hidrográfica do rio Longá, apresentam variações em seu padrão de proteção exercida pela cobertura vegetal, como constata-se nas Figuras 3 e 4, especialmente, no que diz respeito à variação nas classes moderada e moderadamente baixa.

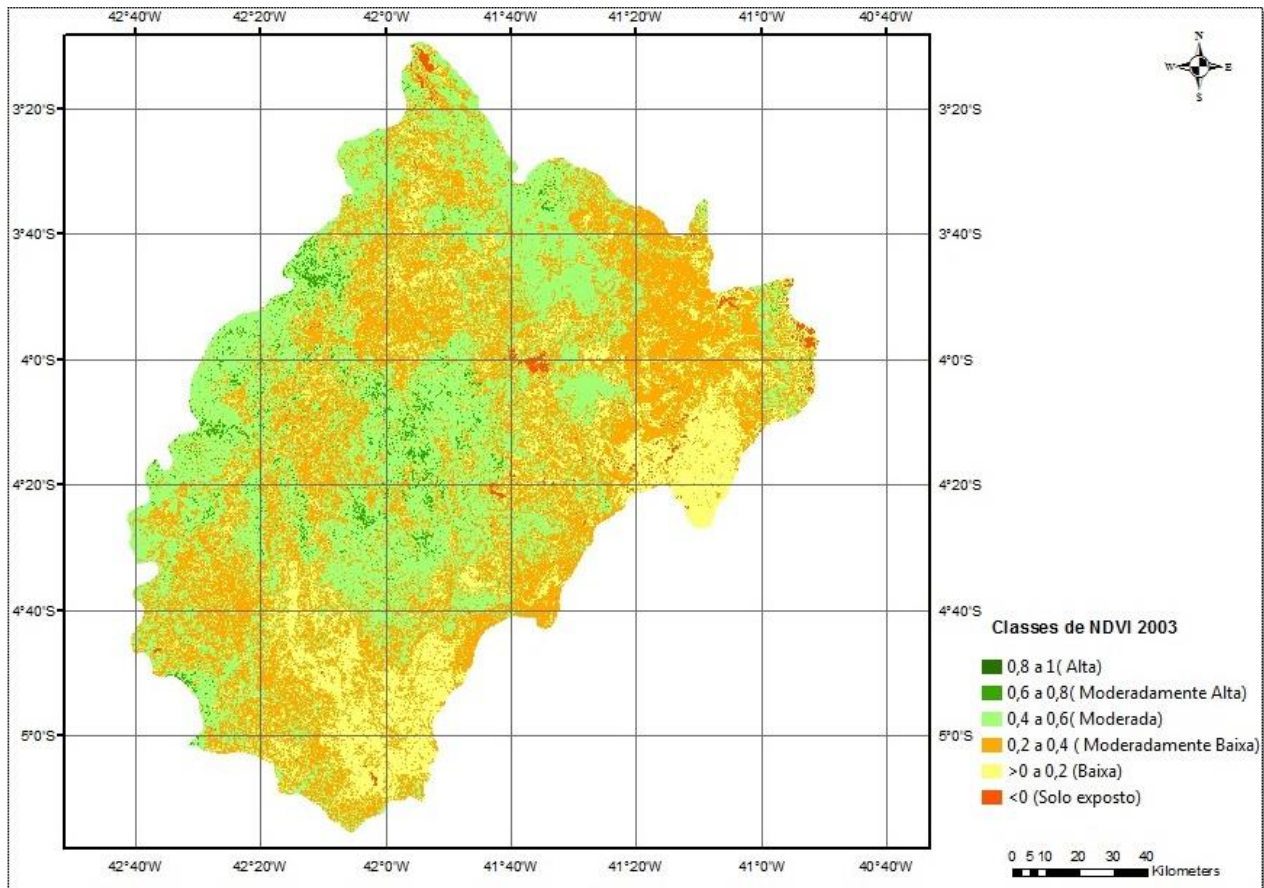


Figura 3. Mapa de NDVI da bacia hidrográfica do Rio Longá para os dias 14 e 21 de agosto de 2003.

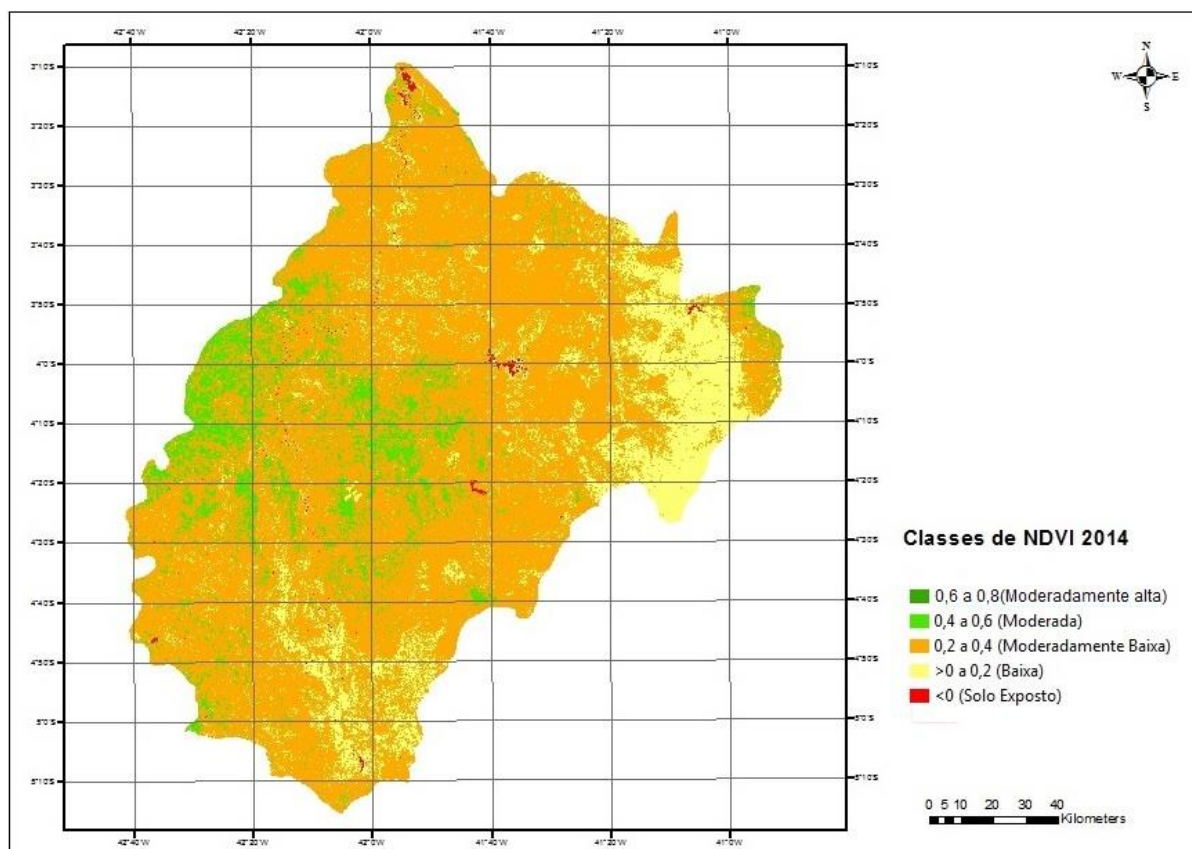


Figura 4. Mapa de NDVI da bacia hidrográfica do Rio Longá para os dias 12 e 19 de 2014.

A análise das Tabelas 2 e 3 permite inferir ter havido modificação da classe alta. Esta que em 2003 ocupava 0,7% da área de estudo, em 2014 não foi evidenciada. Acreditamos que a ausência desta classe em 2014 resulte das sucessivas reduções de precipitação verificadas em todo o país e o consequente ressecamento dos solos.

Reduções também foram constatadas nas classes moderadamente alta e moderada entre os anos de 2003 e 2014. A primeira classe em 2003 ocupava 18,2% da área de estudo, em 2014 passou a ocupar apenas 0,35%, uma redução da ordem de 98,1% desta classe. Já a classe moderada que em 2003 ocupava 40,5% em 2014 teve sua ocorrência reduzida a apenas 15,9%. Reiteramos que uma das causas para esta modificação na cobertura vegetal é o decréscimo das chuvas abaixo da média histórica resultado da atuação do fenômeno El Niño na região.

Trabalhos como os de Haylock et al. (2006) e Lacerda et al. (2009) identificaram tendência de diminuição das chuvas anuais em Pernambuco e no Ceará. Ressalta-se que o estado do Ceará limita-se com a área objeto de estudo.

Constata-se que as classes que ofereciam maior proteção no tocante à cobertura vegetal (alta e moderadamente alta) sofreram redução, e consequentemente as demais classes, ou seja, aquelas que evidenciam menor proteção aos solos tiveram suas áreas ampliadas conforme Tabelas 2 e 3. A classe moderadamente baixa, que ocupava 38,4% da

área da bacia em 2003, em 2014 passou a ocupar 74,4% no ano de 2014, o que corresponde a 18.008,4 km² de área, mostrando que houve um aumento significativo desta classe. A classe baixa, que teve um acréscimo de 7,28% nesse período, passou de 2,1% em 2003 para 9,38% em 2014. Destaca-se que a classe correspondente ao solo exposto permaneceu aproximadamente constante, variando apenas de 0,003% para 0,002%.

Tabela 2. Distribuição dos valores de NDVI em 2003 na Bacia Hidrográfica do Rio Longá

Classes	Área Km ²	%
Alta	209	0,7
Moderadamente Alta	4.396,7	18,2
Moderada	9.813,2	40,5
Moderadamente Baixa	9.282,9	38,4
Baixa	518,7	2,1
Solo exposto	0,5	0,003
Total Geral das Classes	24.222	100

Tabela 3. Distribuição dos valores de NDVI em 2014 na Bacia Hidrográfica do Rio Longá

Classes	Área Km ²	%
Moderadamente Alta	84,9	0,35
Moderada	3.857,4	15,9
Moderadamente Baixa	18.008,6	74,4
Baixa	2.271,3	9,38
Solo exposto	0,03	0,002
Total Geral das Classes	24.222	100

O Gráfico da Figura 5 facilita a análise comparativos dos dados de NDVI na área de estudo considerando os diferentes anos.

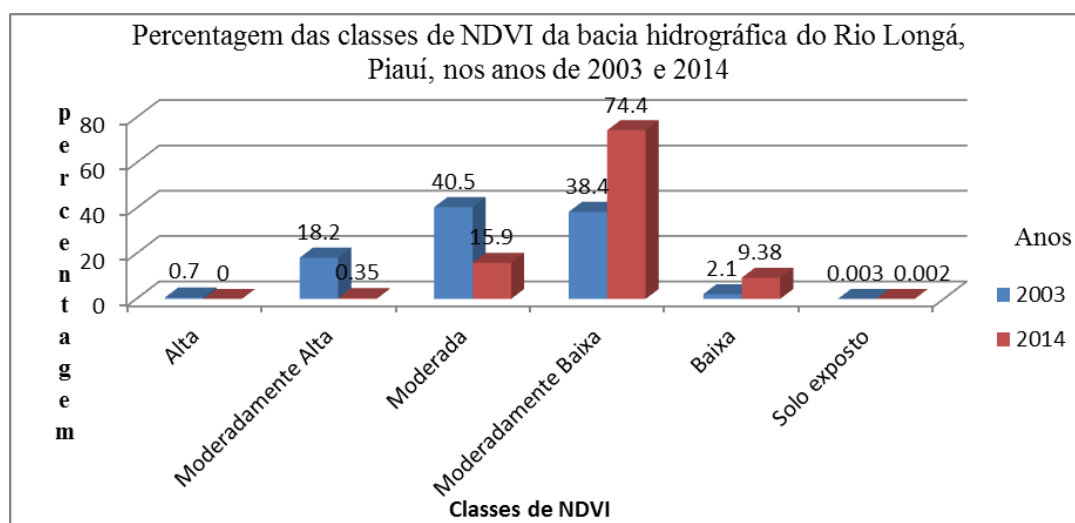


Figura 5. Distribuição percentual das classes de NDVI da bacia hidrográfica do Rio Longá, Piauí, nos anos de 2003 e 2014.

A redução das precipitações também resultou em decréscimo na produção agrícola dos municípios inseridos total ou parcialmente na bacia em análise. Conforme Dias (2015) os municípios de Altos, Alto Longá, Batalha, Barras, Brasileira, Buriti Dos Lopes, Campo Maior, Cocal de Telha, Cocal dos Alves, Domingos Mourão, Esperantina, Esperantina, Joaquim Pires, Lagoa de São Francisco, Miguel Alves, Milton Brandão, Pedro II, Piri-piri, Piracuruca, São José do Divino, São João da Fronteira, inseridos total ou parcialmente na bacia do rio Longá sofreram decréscimo em sua produção agrícola, nos rebanhos de ovinos, caprinos, suínos e bovinos, e ainda na atividade extrativista.

A partir de dados pluviométricos disponibilizados pela Secretaria do Meio Ambiente e de Recursos hídricos (SEMAR) do estado do Piauí dos anos de 2003, 2013 e 2014 e constantes na Tabela 4 verifica-se de maneira geral uma redução na pluviosidade nos municípios que abrangem a bacia hidrográfica do rio Longá. Fato este que certamente influenciou diretamente o comportamento e o desenvolvimento da vegetação da área em análise, evidenciado no mapa de NDVI. Esta constatação é corroborada por Lucas e Schuler (2013). Estes autores estudando a região localizada no estado de Pernambuco afirmaram que a distribuição espacial e temporal do NDVI e a precipitação mensal tem padrões semelhantes e são estatisticamente correlacionados. Concluem os mesmos que desta forma, o NDVI poderia ser utilizado como indicador de regime pluviométrico.

Tabela 4. Dados pluviométricos dos anos de 2003, 2013 e 2014 dos postos pluviométricos localizados na área de estudo.

Municípios	Total (mm/ano) Ano de 2003	Total (mm/ano) Ano de 2013	Total (mm/ano) Ano de 2014
Altos	760.3	*	*
Batalha	1400.6	*	*
Barras	1592.8	1208.00	1176.20
Buriti dos Lopes	*	*	228.00
Campo Maior	1011.5	*	*
Cocal		201.00	*
Cocal de Telha	808.1		89.50
Cocal dos Alves	*	*	5.00
Esperantina	1410	1176.00	476.60
Joaquim Pires	1182,6	*	*
Miguel Alves	1815.3	1268.00	1665.00

Piripiri	1482.5	301.00	73.00
Piracuruca	*	781.40	*
Pedro II	*	297.00	*
São João do Divino	*	893.00	*
Fonte: SEMAR (2015).			
* Não há dados disponíveis para este posto			

5. Conclusões

No presente estudo buscou-se realizar análise da dinâmica da cobertura vegetal numa escala temporal de 20 anos na bacia hidrográfica do Rio Longá, bem como, evidenciar quais seriam os fatores que poderiam ser identificados como responsáveis de modo direto ou ainda indireto por estas modificações na cobertura vegetal identificadas pelo NDVI, índice este considerado como um bom indicador do estado e verdor da vegetação, que por sua vez relaciona-se com os processos produtivos da planta.

Os valores do NDVI obtidos foram agrupados em seis classes a saber: Alta, Moderadamente Alta, Moderada, Moderadamente Baixa, Baixa e Solo exposto.

Constatou-se que as classes que oferecem maior proteção com relação à cobertura vegetal (alta e moderadamente alta) sofreram redução e conseqüentemente as demais classes, ou seja, aquelas que evidenciam menor proteção aos solos tiveram suas áreas ampliadas em termos de extensão. A classe moderadamente baixa, que ocupava 38,4% da área da bacia em 2003, em 2014 passou a ocupar 74,4% no ano de 2014, o que corresponde a 18.008,4 km² de área, mostrando que houve um aumento significativo desta classe. A classe baixa, que teve um acréscimo de 7,28% nesse período, passou de 2,1% em 2003 para 9,38% em 2014. Destaca-se que a classe correspondente ao solo exposto permaneceu aproximadamente constante, variando apenas de 0,003% para 0,002%.

As classes de NDVI que apresentaram os maiores aumentos foram: moderadamente baixa e baixa considerando a análise entre os anos (2003 e 2014), permitindo assim inferir modificações na dinâmica da cobertura vegetal da bacia hidrográfica do Rio Longá- PI, no sentido de redução da cobertura vegetal, esta constatação enseja um contínuo monitoramento da vegetação da área por meio do emprego deste índice (NDVI), posto que a redução da cobertura vegetal desencadeia à degradação dos recursos naturais.

As análises dos dados de NDVI e a relação dos mesmos com dados de pluviometria da área permitem inferir que a variação resultou da dinâmica climática da área de estudo que nos últimos anos tem evidenciado redução de precipitações.

Os resultados obtidos na pesquisa com o uso do sensoriamento remoto e o geoprocessamento foram satisfatórios. O emprego destas ferramentas é fundamental na realização de pesquisas que visem análises e planejamentos ambientais

Referências

AQUINO, C.M.S; OLIVEIRA,J.G.B. Estudo da dinâmica do índice de vegetação por diferença normalizada (NDVI) no núcleo de São Raimundo Nonato- PI. **GEOSP - Espaço e Tempo**, São Paulo, N° 31, pp. 157 - 168, 2012.

BARBOSA, L.G; DORIGON, L.P. Análise temporal da cobertura vegetal no município de Teresina/PI a partir da aplicação de NDVI. **Congresso Brasileiro de Cartografia**, 27, Gramado, RS, 2014.

BARROS, José Sidiney. Associação entre solos e vegetação nas áreas de transição cerrado-caatinga-floresta na bacia do Parnaíba: sub-bacia do rio Longá-PI.. Tese (Doutorado em Ecologia) -Universidade de Brasília, Brasília, 2012, 142 f., il.

CPRM - Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais. Ministério de Minas e Energia. **Geodiversidade do estado do Piauí**. Recife: CPRM, 2010.

DEMARCHI, J.C.; PIROLI, E.L.; ZIMBACK, C.R.L. Análise temporal do uso do solo e comparação entre os índices de vegetação NDVI e SAVI no município de Santa Cruz do Rio Pardo - SP usando imagens Landsat-5. **Ra'ega**, v. 21, p. 234-271, 2011.

DIAS, A.A.; AQUINO, C. M.S. **Aplicação do NDVI Para Análise Temporal da Cobertura Vegetal da Bacia Hidrográfica do Rio Longá- Piauí**. Relatório de bolsa de Iniciação Científica. Teresina: Universidade Federal do Piauí; Agosto, 2015.

FIGUEIRÊDO, A.C. et.al. Determinação de Índices de Vegetação para a análise da cobertura vegetal em bacia hidrográfica do Agreste pernambucano. **In:Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 16, Foz do Iguaçu, PR, 2013, INPE.

HAYLOCK, M. R.; PETERSON, T. C.; Alves, L. M.; Ambrizzi, T.; Anunciação, Y. M. T.; Baez, J.; Barros, V. R.; Berlatto, M. A.; Bidegain, M.; Coronel, G.; Garcia, V. J.; Grimm, A. M.; Karoly, D.; Marengo, J. A.; Marino, M. B.; Moncunill, D. F.; Nechet, D.; Quintana, J.; Rebello, E.; Rusticucci, M.; Santos, J. L.; Trebejo, I.; Vincent, L. A Trends in total and extreme South American rainfall 1960-2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate**, v. 19, p. 1490-1512, 2006.

JACKSON, R. D. HUETE, A. R. Interpreting vegetation indices. **Preventive veterinary Medicine**, 11. 1991. 185-200.

LACERDA, F, L.: Vieira de Melo, A. V. P.; Soares, D, B. Análise preliminar na detecção de tendências no padrão pluviométrico na Bacia do Pajeú – PE: Mudanças climáticas ou variabilidade?, In: **Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos**, 18, 2009, Campo Grande-MT. Anais..., CD Room, 2009.

LIMA, I. M. de M. F.. Elementos naturais da paisagem. In: ARAÚJO, José Luís Lopes. (Coord.). **Atlas escolar do Piauí: geo-histórico e cultural**. João Pessoa: Grafset, 2006. p 39- 77.

LUCAS, A. A.; SCHULER, C. A. Análise da Evolução Temporal do NDVI/NOAA em Área de Cana-de-Açúcar e Mata Atlântica da Mata Norte de Pernambuco. In: **Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Foz do Iguaçu, PR, 2013.

MARINHO, E.C.S. et.al. Análise de índices de vegetação da diferença normalizada(NDVI), na bacia hidrográfica de São João do Cariri- PB. **Congresso Brasileiro de Agrometeorologia**, 17, Guarapari- ES, 2011

MELO, E.,T.; SALES, M.,C.,L.; OLIVEIRA, J.,S.,B. **Aplicação do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) para análise da degradação ambiental da Microbacia Hidrográfica do Riacho dos Cavalos - Cratêus- CE**. In: Rae'ga 23, Curitiba-PR,UFPR, 2011, p.520-533.

MONTEIRO, Thereza Rachel Rodrigues. Uso dos solos, índices de vegetação e degradação na Apa das Onças-PB. Dissertação (Mestrado) – UFPB/CCEN, João Pessoa, 2013. 104 f

OLIVEIRA, J. G.B. SALES. M.C.L. USUAIS: Programas para uso em análise ambiental.RevistaEquador, Vol. 5, Nº 2, P. 36-60, 2016.

PRICE, J. C. Calibration of Satellite Radiometers and the Comparison of Vegetation Indices. **Remote Sensing of Environment** 21:15-27 (1987) 15.

RAMOS, R. R. D.; LOPES, H. L.; MELO JUNIOR, J. C. F.; SIQUEIRA-FILHO, A. L. B.; CANDEIAS, J. A. Aplicação do Índice da Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI) na Avaliação de Áreas Degradadas e Potenciais para Unidades de Conservação. In: **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**, Recife - PE, 2010.

ROSA, Roberto. Geotecnologias na geografia aplicada. **Revista do Departamento de Geografia**, v.16, 2005.

ROSENDO, J.S; ROSA, R. Análise da detecção de mudanças no uso da terra e cobertura vegetal utilizando a diferença de índices de vegetação. In: **Anais Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, 13, Florianópolis, SC, p. 4209-4216, 2007.

SEMAR. **Boletim Hidrometeorológico**. Disponível em: <http://www.semar.pi.gov.br/boletim.php>. Capturado em 20 de julho de 2015.

SILVA, E. T. J. B. **Utilização dos índices de Vegetação do Sensor MODIS para detecção de Desmatamentos no Cerrado: Investigação de Parâmetros e estratégias**. Dissertação (Mestrado em Geologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2004. 146 f.

SUDENE. **Dados Pluviométricos Mensais do Nordeste: Estado do Piauí**. Recife, 1990.

Recebido em: 23/11/2015

Aceito em: 19/01/2016