

ESTUDO DA DINÂMICA DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) NO NUCLEO DE SÃO RAIMUNDO NONATO-PI.

CLAUDIA MARIA SABÓIA AQUINO*
JOSÉ GERARDO BESERRA OLIVEIRA**

RESUMO

O presente trabalho tem como recorte espacial o Núcleo de São Raimundo Nonato, localizado no Sudeste do estado do Piauí. Este Núcleo é composto pelos seguintes municípios: São Raimundo Nonato, Dirceu Arcoverde, São Lourenço, Coronel José Dias e Bonfim do Piauí. A área de estudo localiza-se em ambiente climático do tipo semiárido, com significativas variações espaciais e temporais de precipitação, fato que tende a se refletir na proteção oferecida pela cobertura vegetal, elemento de suma importância nos estudos ambientais, devido a seu papel de acelerador ou atenuador de processos de degradação. O NDVI, um indicador largamente empregado na análise e avaliação das condições da vegetação, foi utilizado neste estudo, que objetiva analisar a dinâmica interanual e sazonal do mesmo, considerando os anos de 1987 e 2007. A metodologia baseou-se no uso de imagens orbitais do satélite Landsat 5 e 7 TM, com diferentes datas de passagem, aliada a inspeções a campo. Os mapas foram elaborados no software Idrisi 3.2. Os resultados indicam ter havido mudanças significativas nas classes de NDVI baixo, muito baixo e solo exposto entre os anos de 1987 e 2007. Houve decréscimo nas classes baixa de 3,2% para 0,7%; a classe muito baixa aumentou de 71,8% para 86,7% já na classe solo exposto verificou-se redução de 25% para 13,3%. A análise sazonal permite inferir uma redução expressiva de solo exposto durante a estação chuvosa na região, em função do aumento das precipitações, e o conseqüente aparecimento de espécies vegetais anuais. Esta classe em outubro (estiagem) ocorre em 25% da área de estudo, em maio (fim período chuvoso) passa a representar apenas 0,8%, como conseqüência tem-se a diminuição dos riscos de degradação.

Palavras-chave: Sensoriamento Remoto, Mudanças de Detecção, NDVI, São Raimundo Nonato.

STUDY OF THE DYNAMICS OF VEGETATION INDEX (NDVI) IN THE AREA OF SÃO RAIMUNDO NONATO – PI.

ABSTRACT

This paper is the spatial cutting of the area of São Raimundo Nonato, located in the Southeast of Piauí. This area consists of the following counties: São Raimundo Nonato, Dirceu Arcoverde, São. Lourenço, Coronel José Dias and Bonfim do Piauí. The studied area is located in semi-arid climatic environment. , with significant spatial and temporal variations of rainfall, a fact which tends to reflect itself in the protection provided by vegetation cover, which is a key element in environmental studies. The NDVI ,an indicator widely used in the analysis and assessment of vegetation conditions were used in this study, which aims to analyze the interannual and seasonal dynamics of it, considering the years of 1987 and 2007. The methodology was based on the use of satellite imaging of Landsat 5 TM e7, with different

*Professora do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Piauí. E-mail: cmsaboia@gmail.com

**Professor do Departamento de Biologia da Universidade Federal do Ceará. E-mail: jgboliv@ufc.br

date passes, combined with the fieldwork inspections. The maps were drawn using Idrisi software 3.2. The results indicate that there had been significant changes in the classes of low, very low NDVI and bare soil between the years of 1987 and 2007. There were decreases in low classes of 3.2% to 0.7%, the very low class increased from 71.8% to 86.7% and in bare soil class there was a reduction from 25% to 13.3%. The seasonal analysis allows us to infer a significant reduction of exposed soil during the rainy season in the region, due to increased rainfall, and the consequent appearance of annual plant species. This class, in October (drought) occurs in 25% of the studied area. In May (end of rainy season), it represents only 0.8% and as a result there's a reduction in the risks of degradation.

Key-words: Remote Sensing, Detection changing, NDVI, São Raimundo Nonato.

INTRODUÇÃO

A intensa dinamicidade dos processos e fatores de ordem natural que atuam na superfície da Terra, aliada à totalidade das atividades humanas, especialmente após a Primeira Revolução Industrial, têm culminado em intensos processos de degradação ambiental, que ensejam diagnósticos precisos e rápidos para posterior intervenção e minimização dos mesmos.

Na atualidade, os sistemas de informação geográfica (SIG's) aliados ao emprego de imagens orbitais constituem ferramentas indispensáveis para a detecção, avaliação e monitoramento espacial e temporal dos problemas relacionados ao meio ambiente. Isso se deve à integração e sobreposição de diferentes dados, em diferentes escalas, permitido pelos sistemas de informação geográfica, facilitando a tomada de decisões e reorientações, quando necessárias, de políticas de uso e ocupação do solo.

No conjunto das mudanças avaliadas na superfície terrestre destaca-se aquela relacionada à cobertura vegetal, considerada por Monteiro (1971) e Bertrand (1972, 2004), como síntese da paisagem e fonte vital para sustentação da vida em nosso planeta.

Dentre as metodologias empregadas para identificação e avaliação de mudanças na estrutura, fisionomia e dinâmica da cobertura vegetal entre diferentes datas destaca-se a detecção de mudança espectral a partir do emprego do Índice de Vegetação por diferença Normalizada (NDVI). O NDVI é de acordo com Sá et al. (2008) o índice de vegetação mais utilizado nos estudos relacionados à cobertura vegetal, visto que o mesmo permite avaliar as condições da vegetação e sua respectiva

dinâmica tempo-espacial. Carvalho Júnior & Silva (2007) consideram ser a detecção de mudança espectral uma nova metodologia para análise de séries temporais.

Lopes et al. (2010a) afirmam que a simplicidade e alta sensibilidade do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI), na avaliação da densidade da cobertura vegetal tornaram possível o monitoramento da vegetação em escala global, fato que elege o NDVI como um indicador biofísico indispensável aos estudos de avaliação e monitoramento sazonal e interanual da degradação do ambiente.

Gurgel (2003) destaca ainda as seguintes aplicações para o NDVI: monitoramento de cultivo agrícola regional, estudos de desertificação, monitoramento de seca, monitoramento ambiental terrestre e estudos globais de balanços de água e energia.

É expressivo o número de trabalhos que utilizando técnicas de sensoriamento remoto avaliam áreas degradadas no Nordeste Brasileiro. Merecem destaques dentre outros os realizados por Accioly et al. (2001, 2002 e 2005), Oliveira (2009), Costa et al. (2009), Sá (2008), Sá (2010), Silva et al. (2010) e Lopes (2010a e 2010b).

A carência de estudos empregando esta metodologia de interesse prático e científico, para a área de estudo, justifica o presente trabalho que tem como objetivo identificar e avaliar os padrões espaciais e temporais de variabilidade do NDVI do Núcleo de São Raimundo Nonato, Piauí, nas escalas interanual e sazonal.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área de estudo

A área geográfica de estudo localiza-se na porção sudeste do Estado do Piauí, integrando a

microrregião de São Raimundo Nonato. Distribuiu-se de forma descontínua entre as coordenadas de 8° 57'65" a 9° 59'03" de latitude Sul e 42° 06'44" a 43° 03'25" de longitude Oeste, totalizando uma área de aproximadamente 6.988 km².

O núcleo de São Raimundo Nonato é composto por cinco municípios: São Raimundo Nonato, Coronel José Dias, Bonfim do Piauí, São Lourenço e Dirceu Arcoverde, distribuídos espacialmente conforme Figura 1.

Considerando a geologia regional, o núcleo de São Raimundo Nonato situa-se em três grandes domínios geológicos: a Província São Franciscana, a Província Borborema e a Província Parnaíba.

A análise climática da área de estudo baseou-se em dados de precipitação das séries anuais disponíveis em Sudene (1990). A análise dos dados revelou valores médios anuais de precipitação variando de 707 mm a 996 mm.

A evapotranspiração potencial corresponde à chuva teoricamente necessária para atender ao consumo de água pela superfície vegetada, de forma a manter a folhagem sempre verde, ou seja, seria a chuva ideal para não resultar nem sobra nem falta de água no solo, apenas o suficiente para manter a vegetação turgesciente e transpirando livremente o ano todo.

A evapotranspiração potencial (ETP) da área de estudo apresenta valores em todos os postos analisados superiores a 1000 mm, com um valor médio de 1.462mm. Estes elevados valores de ETP resultam em parte das elevadas temperaturas a que está submetida a região nordeste. Esta, em face a sua localização geográfica constitui-se faixa privilegiada em relação ao recebimento de radiação solar, concentração de calor e de excedente energético.

Uma análise comparativa entre os valores médios de precipitação e evapotranspiração potencial permite inferir o significativo déficit hídrico, superior a 400 mm no Núcleo de São Raimundo Nonato.

O índice de aridez proposto pelo UNEP (1991) para a identificação das terras secas suscetíveis a desertificação foi aplicado e revelou níveis diferenciados de aridez para a área de

estudo com valores variando de < 0,20 a <0,65, com predominância de valores entre 0,20 a 0,50, permitindo o enquadramento climático da área na tipologia semiárida. Os valores do Índice Efetivo de Umidade (Thornthwaite & Mather, 1955) obtidos variaram de -33 a -60 reforçando a ocorrência de um clima semiárido para a área de estudo. O coeficiente de variação variou de 28,2% a 43,9%, evidenciando assim a fragilidade climática e consequentemente ecológica da área de estudo.

A variedade litológica, aliada ao condicionante climático favorecem a ocorrência diferenciada de solos (Latosolos, Neossolos Litólicos, Argissolos, Neossolos Regolíticos e ainda os Luvisolos), sobre os quais identifica-se a presença de cobertura vegetal xerofítica, com caducifolia sazonal representada pelas caatingas.

Processamento digital das imagens

Com o objetivo de identificar a evolução e mudança da vegetação, ou seja, do NDVI, no Núcleo de São Raimundo Nonato, foram obtidas gratuitamente junto ao Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) imagens do sensor Landsat TM dos anos de 1987 e 2007. As imagens empregadas com os respectivos pontos, órbitas, datas de passagem do satélite, sensor e resolução estão listadas no Quadro 1.

As bandas espectrais utilizadas para avaliação da dinâmica do NDVI foram a 3 e a 4. Estas bandas apresentam valores de refletância nos comprimentos de onda do vermelho e infravermelho próximo e favorecem o estabelecimento de diferenças de respostas espectrais para a vegetação.

As imagens orbitais adquiridas no INPE foram importadas para o software IDRISI 3.2, onde foram georreferenciadas no sistema de coordenadas geográficas (latitude-longitude) a partir do método imagem – imagem. Após o registro das imagens com o uso do utilitário Mosaic as imagens foram mosaicadas, em seguida com o utilitário Overlay as imagens foram recortadas considerando os limites geográficos da área de estudo. Para o cálculo do NDVI utilizou-se o utilitário VEGINDEX do software IDRISI 3.2.

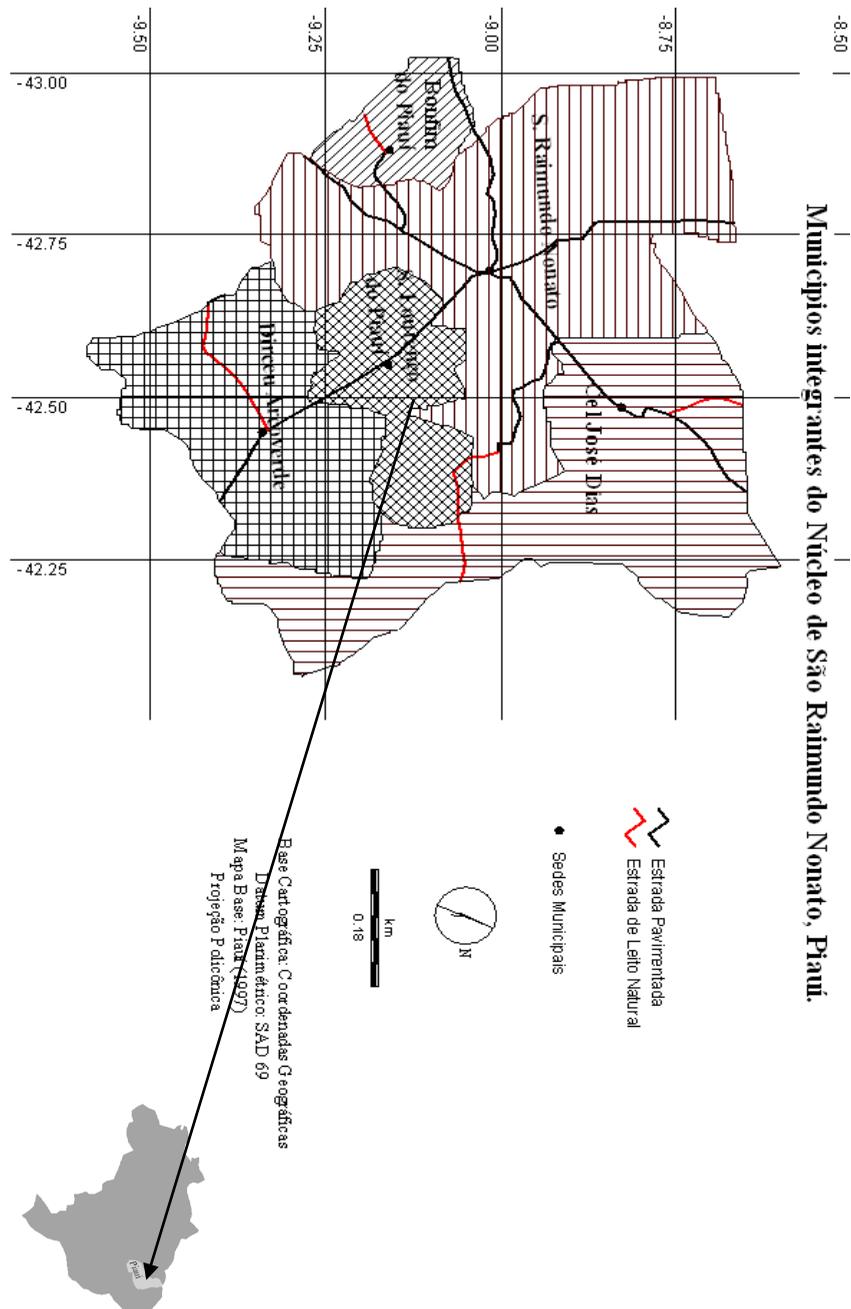


Figura 1 - Localização da área de estudo e distribuição espacial dos municípios integrantes do Núcleo de São Raimundo Nonato - Piauí.

1987				2007			
Ponto /órbita	Datas	Sensor	Resolução	Ponto /órbita	Datas	Sensor	Resolução
219/66	09/08/1987; 06/06/1987	Landsat 5 TM	30 metros	219/66	01/09/2007	Landsat 5 TM	30 metros
218/66	03/09/1987; 30/05/1987	Landsat 5 TM	30 metros	218/66	29/09/2007	Landsat 5 TM	30 metros
218/67	03/09/1987; 30/05/1987	Landsat 5 TM	30 metros	218/67	26/09/2007	Landsat 5 TM	30 metros

Quadro 1 – Características das imagens Landsat com cobertura de nuvens < 10% utilizadas para identificação de níveis de NDVI e tipologias de cobertura vegetal e uso da terra no Núcleo de São Raimundo Nonato. Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

O NDVI é a diferença da refletância no infravermelho próximo (banda 4 do sensor temático do Landsat 5 e 7) e a refletância no vermelho (banda 3 do sensor temático do Landsat 5 e 7); esta diferença é então normalizada pela soma das duas refletâncias como segue:

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

Onde:

NDVI é o Índice de Vegetação por Diferença Normalizada;

NIR é a refletância no Infravermelho próximo;

R é a é a refletância no vermelho próximo.

Liu (2007) afirma que o NDVI condensa as informações espectrais e discrimina espaços vegetados e não vegetados, aspecto que torna sua

utilização imperativa nos estudos relacionados à cobertura do solo e a degradação da terra.

Critério de avaliação do mapeamento

As modificações observadas quantitativamente e a qualidade do mapeamento foram avaliadas através da função CROSSTAB do software IDRISI. Foram estimados os parâmetros KAPPA (k) e CRAMER (V). O parâmetro K fundamenta-se em critérios da análise multivariada e expressa o grau de concordância entre dois mapas temáticos (Ponzoni & Almeida, 1996). O coeficiente de Cramer indica nenhuma e perfeita correlação estatística entre as imagens. Esse dois parâmetros variam de 0 até 1, o valor 1,0 indica semelhança perfeita e o valor 0,0 indica diferença completa. Conforme Landis & Koch (1977) e Figueiredo & Vieira (2007) a qualidade do mapeamento a partir do índice de Kappa está baseada na Tabela 1.

Qualidade do mapeamento	Kappa
Péssima	< 0
Ruim	0 - 0,20
Acurácia razoável	0,20 - 0,40
Acurácia moderada a boa	0,40 - 0,60
Acurácia muito boa	0,60 - 0,80
Acurácia excelente	0,80 - 1,00

Tabela 1. Avaliação segundo o coeficiente K. Fonte: Landis e Koch (1997).

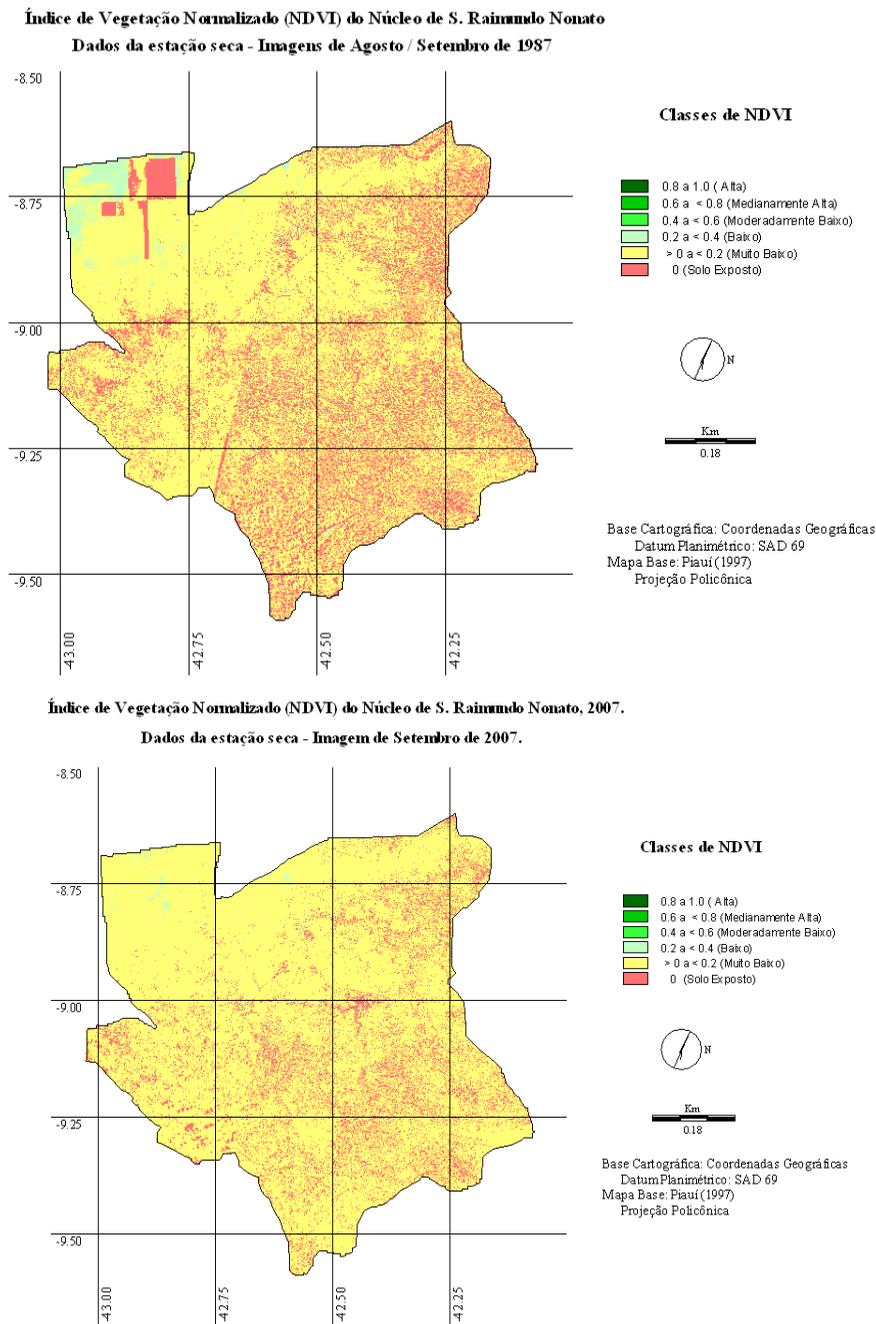


Figura 2 - Índice de Vegetação Normalizado (NDVI) do Núcleo de São Raimundo Nonato. Comparação entre os anos de 1987 e 2007.

RESULTADOS

Dinâmica Interanual do NDVI

O Índice de Vegetação por Diferença Normalizada varia de -1 a 1, sendo que quanto mais próximo de 1 maior o vigor da vegetação, mais densa a cobertura vegetal e maior a atividade fotossintética (Santos & Negri, 1997).

Os valores de NDVI estimados para a área de estudo foram reclassificados em seis classes: alta, muito alta, moderadamente baixa,

baixa, muito baixa e solo exposto, representando os diferentes graus de proteção oferecidos pela cobertura vegetal ao solo. A figura 2 apresenta a espacialização da variabilidade do NDVI na área de estudo para os meses de agosto e setembro do ano de 1987 e setembro 2007, meses que caracterizam a estação seca na área de estudo. A Tabela 2 apresenta a distribuição absoluta e relativa dos valores de NDVI por classes para os anos considerados.

Classes de Proteção	Intervalos de NDVI	Área no Nível (km ²)		% da Área Total no Nível	
		1987	2007	1987	2007
Alta	0,8 a 1,0	0,12	0,12	---	---
Moderadamente alta	0,6 a < 0,8	0,28	0,22	---	---
Moderadamente Baixa	0,4 a < 0,6	1,23	1,23	---	---
Baixa	0,2 a < 0,4	223,56	51,87	3,2	0,7
Muito Baixa	> 0 a < 0,2	5018,33	6007,93	71,8	86,0
Solo Exposto	≤ 0	1744,33	926,60	25,0	13,3
Nível de Proteção da cobertura vegetal				15,7	17,5
Índice V de Cramer = 0,4169					
Índice Kappa = 0,7680					

Tabela 2 - Valores absolutos e relativos de NDVI para o Núcleo de São Raimundo Nonato nos anos 1987 e 2007, com as respectivas classes de proteção. Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

Pela Tabela constata-se não ter havido alterações nos valores de NDVI nas classes Alta e Moderadamente Baixa, na classe Moderadamente Alta houve um pequeno aumento da ordem de 0,6 km².

Mudanças mais significativas são constatadas nas classes de NDVI baixo, muito baixo e solo exposto. Houve decréscimo nas classes baixo de 3,2% para 0,7%; a classe muito baixa aumentou de 71,8% para 86,7% e na classe solo exposto verificou-se redução de 25% para 13,3%.

De modo geral, constata-se que na área de estudo a variabilidade das faixas de NDVI de > 0 a

< 0,4. Estes valores são semelhantes aos obtidos em estudo de Braga et al. (2008) que analisando a variabilidade sazonal do NDVI na região Nordeste para o período de 1981 a 1991 constataram que os valores de NDVI oscilaram entre 0,15 e 0,62.

Os resultados obtidos por Lopes et al. (2010b) também corroboram os aqui obtidos. Os autores, avaliando mudanças na cobertura vegetal a partir do NDVI, na bacia hidrográfica do rio Brígida (Pernambuco), obtiveram respectivamente valores mínimo, máximo e médio para o ano de 1985 da ordem de 0,09, 0,24 e 0,12. Para 2001 os valores obtidos foram de 0,09, 0,42 e 0,14, permitindo inferir a presença de uma vegetação

bastante rala na área de estudo, à semelhança da identificada no Núcleo de São Raimundo Nonato.

O valor de Kappa obtido considerando os mapas temáticos de NDVI para o ano de 1987 e 2007 foi de 0,7680, este valor permite inferir uma semelhança considerável entre os mapas dos referidos anos confirmando as poucas modificações constatadas nas classes de NDVI estabelecidas para o Núcleo de São Raimundo Nonato, com uma acurácia muito boa. O Índice V de Cramer foi de 0,4169 evidenciando diferenças estatisticamente significativas nas imagens a nível de 5%.

De acordo com os dados da Tabela anterior, pode-se afirmar que de modo geral houve melhoria nos níveis de proteção vegetal na área de estudo entre os anos analisados, a proteção que em 1987 era de 15,7% passou para 17,5% em 2007.

Dinâmica Sazonal do NDVI

Santos & Negri (1997) afirmam a estreita correlação do NDVI com variáveis climáticas tais

como a precipitação e a temperatura da superfície terrestre. As oscilações entre as estações seca e úmida durante o ano e entre os diferentes anos, com condições de maior ou menor secura, influenciam de forma direta o comportamento fenológico das plantas.

Santos & Negri (*Op.cit.*) consideram que no Nordeste brasileiro as mudanças na fisionomia da vegetação estão associadas a mudanças na precipitação, ou seja, ao longo do ano o NDVI apresenta valores mais elevados próximos a 1 na estação chuvosa e valores menores na estação seca. Partindo desta premissa realizou-se comparação entre os valores de NDVI, obtidos a partir de imagens orbitais dos meses de maio e junho do ano de 1987, com imagens de outubro do mesmo ano. A figura 4 apresenta a distribuição espacial dos níveis de NDVI para a área de estudo nos meses de (maio/junho e outubro) de 1987.

Na Tabela 3 são apresentados os valores absolutos e relativos de NDVI nos meses de maio/junho e outubro de 1987 nas classes de proteção ocorrentes.

Classes de Proteção (Faixa de NDVI)	Intervalo	Peso	Área no Nível (km ²)		% da Área Total no Nível	
			Maió/ junho	Outubro	Maió/ junho	Outubro
(Moderadamente baixa)	0,4 a < 0,6	3	1095,1	1,23	15,7	0,2
(Baixa)	0,2 a < 0,4	4	3816,1	223,6	54,7	3,0
(Muito Baixa)	> 0 a < 0,2	5	2013,8	5018,4	28,9	71,8
Solo Exposto	0	6	54,9	1744,3	0,8	25

Índice V de Cramer = 0,4282

Índice Kappa = 0,4506

Grau liberdade = 36

Fonte: Pesquisa direta. Aquino (Org.), 2009.

Tabela 3 - Valores absolutos e relativos de NDVI para o Núcleo de São Raimundo Nonato no ano de 1987 nos meses de maio/junho e outubro com as respectivas classes de proteção e peso.

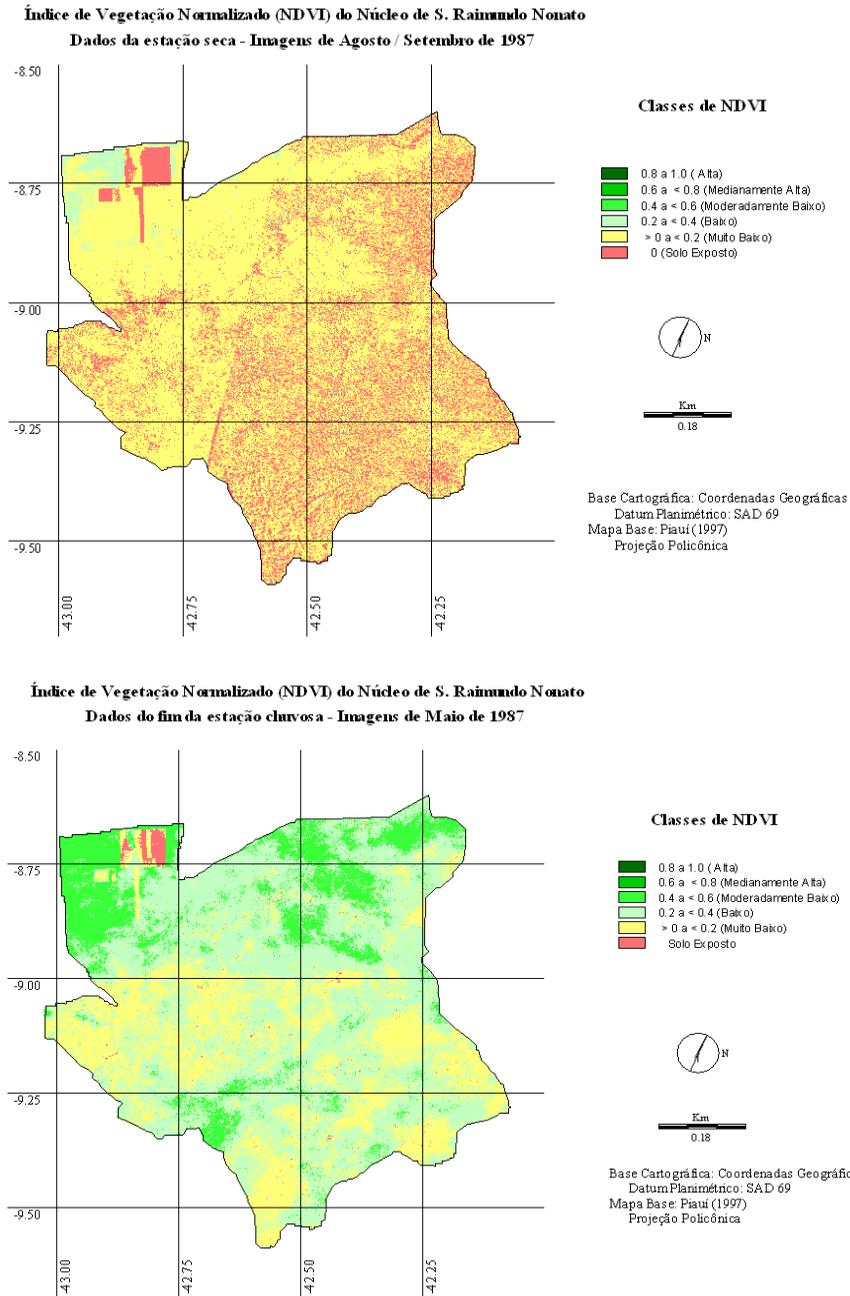


Figura 3 - Índice de Vegetação Normalizado (NDVI) do Núcleo de S. Raimundo Nonato. Comparação entre fim da estação chuvosa (Maio) e estação seca (Agosto / Setembro) do ano de 1987.

A Figura 4 permite a comparação visual dos valores percentuais das classes de NDVI obtidas

entre os diferentes meses (maio/junho e outubro) de 1987.

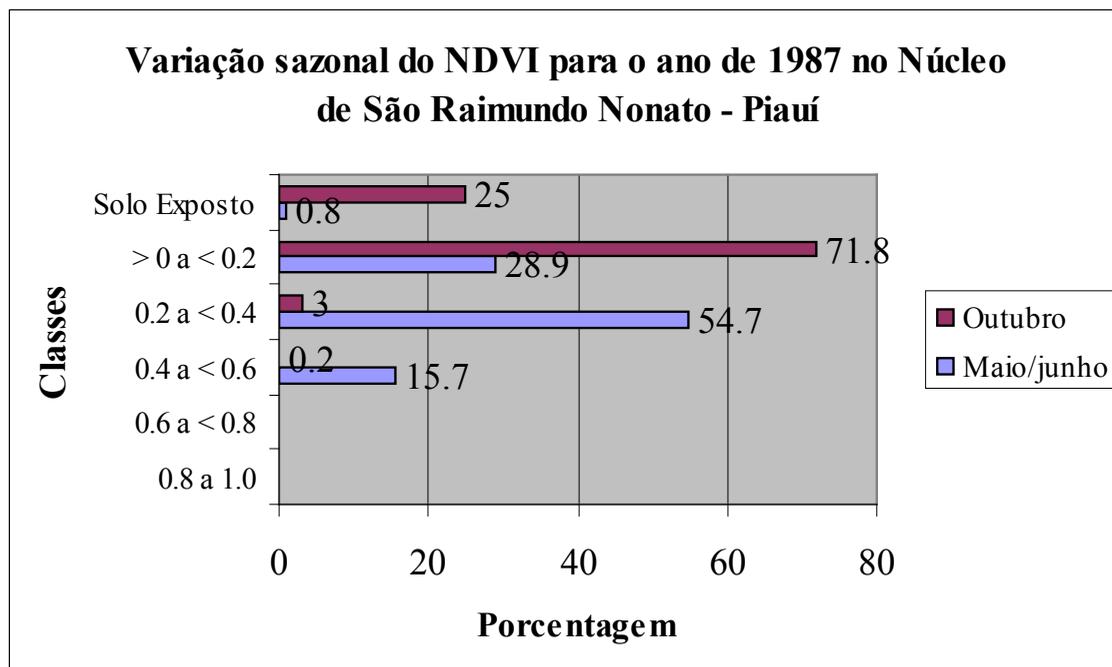


Figura 4 - Variación sazonal (maio/junho e outubro) do NDVI para o Núcleo de São Raimundo Nonato.

Os dados permitem inferir uma redução expressiva de solo exposto, em função do aumento das precipitações, o que ocasiona o aparecimento de espécies vegetais anuais. Esta classe, em outubro (estiagem), ocorre em 25% da área de estudo. Em maio (fim período chuvoso), passa a representar apenas 0,8%. A classe de muito baixa proteção (>0 a <0,2) em outubro recobria 71,8% da área, em maio recobre apenas 28,9%. Da redução das classes anteriormente apresentadas resultou o incremento de 51,7% e de 15,5% das classes de baixa proteção (0,2 a < 0,4) e moderadamente baixa proteção (0,4 a < 0,6) evidenciando um aumento da atividade fotossintética e consequente aumento da densidade foliar neste período, que exhibe matas verdejantes no período chuvoso e desfolhadas na estação seca.

Os resultados obtidos coadunam a afirmativa de Santos & Negri (*Op.cit.*) e ainda

a de Oliveira et al. (2006) que, analisando os padrões de variações e comportamentos sazonais e interanuais da vegetação para várias regiões do país, constataram para o Piauí e Ceará um maior vigor da vegetação nos meses chuvoso (fevereiro a abril) e a queda deste vigor nos meses secos (agosto a outubro) evidenciando os diferenciados processos fenológicos das espécies da caatinga. Estes resultados reafirmam a ideia de Monteiro (1971) de que a cobertura vegetal é modificada durante o ano de acordo com as variações das precipitações.

O valor de *Kappa* obtido considerando os mapas temáticos de NDVI entre a estação chuvosa e a seca foi de 0,4506, este valor permite inferir uma acurácia de moderada a boa, e portanto, um expressivo grau de concordância entre os mapas analisados.

CONCLUSÕES

- A metodologia da classificação não supervisionada do NDVI a partir das imagens Landsat mostrou-se satisfatória, na medida em que forneceu valiosas informações acerca do comportamento da vegetação entre os diferentes anos e as diferentes estações do ano, o que revela a relação direta entre a distribuição da precipitação e o comportamento da vegetação.
- Houve decréscimo nas classes baixa proteção de 3,2% para 0,7%; a classe muito baixa proteção aumentou de 71,8% para 86,7% já na classe solo exposto verificou-se redução de 25% para 13,3%.
- De modo geral os dados revelaram que houve melhoria nos níveis de proteção vegetal

na área de estudo entre os anos analisados. A proteção que em 1987 era de 15,7% passou para 17,5% em 2007, o que permite supor redução da degradação na área de estudo.

- A análise sazonal permite inferir uma redução expressiva de solo exposto durante a estação chuvosa na região, em função do aumento das precipitações, e o consequente aparecimento de espécies vegetais anuais. Esta classe em outubro (estiagem) ocorre em 25% da área de estudo, em maio (fim período chuvoso) passa a representar apenas 0,8%, evidenciando atenuação dos riscos de degradação, especialmente os relacionados à erosão hídrica.

- Dada a eficiência da metodologia empregada sugere-se o desenvolvimento de novos estudos que contemplem o estado do Piauí em sua totalidade.

Bibliografia

ACCIOLY, L.J.O.; GARCON, E.A.M.; BARROS, M.R.O.; & BOTELHO, F. 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, Abril, 2005, p. 347-353.

ACCIOLY, L.J.O.; OLIVEIRA, M.A.J.; SILVA, F.H.B.B.; & BURGOS, N. Avaliação de Mudanças no Albedo do Núcleo de Desertificação do Seridó através de Imagens do Landsat TM. In: Anais **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Foz do Iguaçu. São José dos Campos: INPE, 2001.

ACCIOLY, L.J.O.; PACHECO, A.; COSTA, T.C.C.; LOPES, O.F.; & OLIVEIRA, M.A.J. Relações empíricas entre a estrutura da vegetação e dados do sensor TM/LANDSAT. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 6, nº 3, 2002, p. 492-498.

BERTRAND, G. Paisagem e Geografia Física Global: esboço metodológico. **Cadernos de Ciências da Terra**, São Paulo, nº 13, 1972.

BERTRAND, G. **Paisagem e Geografia Física**

global: esboço metodológico. RA'EGA, Curitiba, nº 8, 2004, p. 141 - 152.

CARVALHO JÚNIOR, O.A. & SILVA, N. C. Detecção de Mudança Espectral uma nova metodologia para análise de séries temporais. In: **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, INPE, 2007, p. 5635-5641.

COSTA, T.C.C.; ACCIOLY, L.J.O.; OLIVEIRA, L.T.; OLIVEIRA, M.A. J.; & GUIMARAES, D. P. Interação de fatores biofísicos e antrópicos com a diversidade florística na indicação de áreas para conservação do bioma caatinga. **Sociedade & Natureza**, Uberlândia, Vol. 21 nº 1, Abr. 2009, p. 19-37.

EASTMAN, J.R. **Idrisi for windows - user's guide**. Worcester: Clark University, 1995.440p.

FIGUEIREDO, G.C. & VIEIRA, C.A.O. Estudo do comportamento dos índices de Exatidão Global, Kappa e Tau, comumente usados para avaliar a classificação de imagens do sensoriamento remoto. In: Anais **Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Florianópolis, INPE, 2007, p. 5755-5762.

GURGEL, H.C.; FERREIRA, N.J.; & LUIZ, A. J.B.

Estudo da variabilidade do NDVI sobre o Brasil, utilizando-se a análise de agrupamentos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, nº 1, 2003, p. 85-90.

LANDIS, J.; KOCH, G. The measurement of observer agreement for categorical data. **Biometric**, v. 33, jan, 1977.

LIU, W. T. H. **Aplicações de Sensoriamento Remoto**. Campo Grande: Editora UNIDERP, 2007.

LOPES, H.; CANDEIAS, A.L.B.; ACCIOLY, L.J.O.; SOBRAL, M. do C.M. & PACHECO, A.P. Parâmetros biofísicos na detecção de mudanças na cobertura e uso do solo em bacias hidrográficas. In: **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.11, 2010a, p.1210-1219.

LOPES, H.; ACCIOLY, L.J.O.; CANDEIAS, A.L.B. & SOBRAL, M.do C. Análise de índices de vegetação na bacia o rio Brígida, sertão do estado de Pernambuco. In: **III Simpósio Brasileiro de Ciências Geodésicas e Tecnologias da Geoinformação**. Recife - PE, 27-30 de Julho de 2010b.

MONTEIRO, C.A. de F. Análise Rítmica em Climatologia. **Climatologia**, São Paulo, v. 1, 1971. (IGEOG/USP).

OLIVEIRA, L. M.T.; COSTA, T.C.C.; NICÁCIO, R. M.; ANTUNES, M. A. H.; & FRANÇA, G. B. Análise das interferências no NDVI do AVHRR e conjunto de dados alternativos. In: **III Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**, Aracaju, out., 2006.

OLIVEIRA, T. H.; SILVA, J.S.; SILVA, C.A.V.; SANTIAGO, M.M.; MENEZES, J.B.; SILVA, H.A. & PIMENTEL, R. M. M. Avaliação da Cobertura Vegetal e do Albedo da Bacia Hidrográfica do Rio Moxotó com Imagens do Satélite Landsat 5. In: **Anais XIV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Natal, Brasil, 25-30 abril 2009.

PONZONI, F. J. & ALMEIDA, E. S. O parâmetro Kappa da análise multivariada discreta no contexto de um SIG. In: **Anais do VIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Salvador, abril, 1996.

SÁ, I. I.D.; GALVÍNCIO, J.D.; MOURA, M.S.B. de; & SÁ, I.B. Uso do índice de vegetação da diferença normalizada (IVDN) para caracterização da cobertura vegetal da região do Araripe pernambucano. In: **Revista Brasileira de Geografia Física**, Recife Vol. 01 nº.01, Mai/Ago, 2008.

SÁ, I. I. S.; GALVÍNCIO, J. D.; MOURA, M.S.B.; & SÁ, I.B. Cobertura vegetal e uso da terra na região Araripe pernambucana. **Mercator**, Fortaleza, v.9, nº 19, mai./ago., 2010.

SANTOS, P.; NEGRI, A. J. A comparasion of the normalized difference vegetation index and rainfall for the Amazon and northeastern Brazil. **Journal of applied meteorology**, Washington, v. 36, nº 7, 1997, p. 958-965.

SILVA, A.P. N.; MOURA, G. B. A.; GIONGO, P. R.; & SILVA, B.B. Albedo de superfície estimado a partir de imagens Landsat 5 – TM no semiárido brasileiro. In: **Revista de Geografia**. Recife: UFPE, v. 27, nº 1, jan/mar. 2010.

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

THORNTHWAITTE, C.W & J.R. MATHER. **The Water Balance** - Publications in Climatology. N. Jersey: Centerton, v. VIII, nº 1, 1955.

UNEP. **Status of desertification and implementation of the United Nations Plan of Action to Combat Desertification**. Nairóbi, 1991.