



APLICAÇÃO DO ÍNDICE DE VEGETAÇÃO POR DIFERENÇA NORMALIZADA (NDVI) PARA IDENTIFICAÇÃO DA COBERTURA FITOGEOGRÁFICA DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO GOIANA-PE

Antonio Marcos dos SANTOS¹; Josiclêda Domiciano GALVÍNCIO²; Magna Soelma Beserra de MOURA³

RESUMO O objetivo do presente artigo é apresentar a cobertura fitogeográfica da bacia hidrográfica do rio Goiana-PE obtida através do Índice de Vegetação por Diferença Normalizada (NDVI). Para alcançar os resultados, foram aplicadas técnicas de sensoriamento remoto e observações em campo para validar o diagnóstico. O produto final foi satisfatório e apontou para a presença do cultivo da cana-de-açúcar como a principal e mais destacada componente da cobertura vegetal em toda a bacia. Poucas foram as áreas onde se pôde identificar a presença de outros agrupamentos vegetais, a exemplo do exutório da bacia, nas encostas e topos dos morros. A atual cobertura vegetal pode acarretar problemas ambientais futuros que venham a comprometer o dinamismo sistêmico desta bacia. Há também, uma consideração que deve ser mencionada, a manutenção e ampliação de políticas ambientais que venham a contribuir com a conservação dos resquícios das Florestas Estacional Semidecídua e Ombrófila Densa Submontana, assim como, das áreas de Formações Pioneiras representada pela vegetação de mangue.

Palavras-chave: calibração radiométrica da imagem de satélite, implicações ambientais, políticas ambientais e agrupamentos vegetais.

1. INTRODUÇÃO

Levando em consideração a concepção teórica sobre os sistemas em seqüência ou encadeantes proposta por Chorley e Kennedy *apud* Christofolletti (2002), a cobertura vegetal exerce papel fundamental no dinamismo sistêmico de uma bacia hidrográfica. Isto por que, ela atua como um subsistema onde a água oriunda das chuvas são retidas por suas folhas, ou evapotranspirada e o

¹ Mestrando em Geografia pela Universidade Federal de Pernambuco E-mail: geo_fisica@yahoo.com.br

² Profa. Dra. do Departamento de Geografia da Universidade Federal de Pernambuco. E-mail: josicleda@hotmail.com

³ Pesquisadora da Embrapa Semi-Árido E-mail: magna@cpatsa.embrapa.br

restante é disponibilizada para o abastecimento da bacia hidrográfica, seja via escoamento superficial ou subterrâneo. Portanto, a cobertura vegetal atua como reguladora da entrada de energia e matéria (*input*) no sistema bacia hidrográfica como também reguladora da saída de matéria e energia (*output*) do referido sistema para um sistema externo (sistema atmosférico).

Nesta perspectiva, analisar a densidade da cobertura vegetal, assim como, sua espacialidade, torna-se um importante mecanismo para estudos voltados para análise ambiental, gestão e planejamento dos recursos naturais, compreensão dos processos hidrológicos, diagnóstico do dinamismo no espaço agrário entre outras finalidades.

Tucker et. al. (1985) destaca que nos últimos cresceu o número de métodos e técnicas que permitem análises apuradas sobre a cobertura vegetal, entre eles o NDVI. Debiase et. al. (2007) aponta que o NDVI é o mais empregado e um dos mais aceitos índices para analisar a cobertura vegetal utilizando o sensoriamento remoto orbital, isto porque, além de um diagnóstico detalhado da fitomassa sinteticamente ativa, ele corrige os efeitos das sobras oriundas das elevações topográficas sobre a imagem (COSTA et al, 2007) e (PEOKING et. al., 2007).

Nesta perspectiva, o presente trabalho apresentará através do NDVI obtido de uma imagem do satélite Landsat 7, a cobertura fitogeográfica da bacia hidrográfica do rio Goiana. Por fim, serão levantadas algumas considerações envolvendo possíveis implicações ambientais na bacia relacionada com os dados provenientes da análise de sua cobertura vegetal.

Busca-se também, contribuir com a familiarização do emprego deste índice na ciência geográfica e áreas afins, reforçando ainda mais a relação das técnicas do sensoriamento remoto com as abordagens da cobertura vegetal na Geografia.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Goiana está localizada entre as coordenadas de 07°22'20" e 07°54'47" de Latitude Sul e 34°49'06" e 35°41'43" de Longitude Oeste no Estado de Pernambuco (Figura 01). Possui uma área de 2.847,53 Km² abrangendo 26 municípios da Região da Zona da Mata Norte pernambucana.

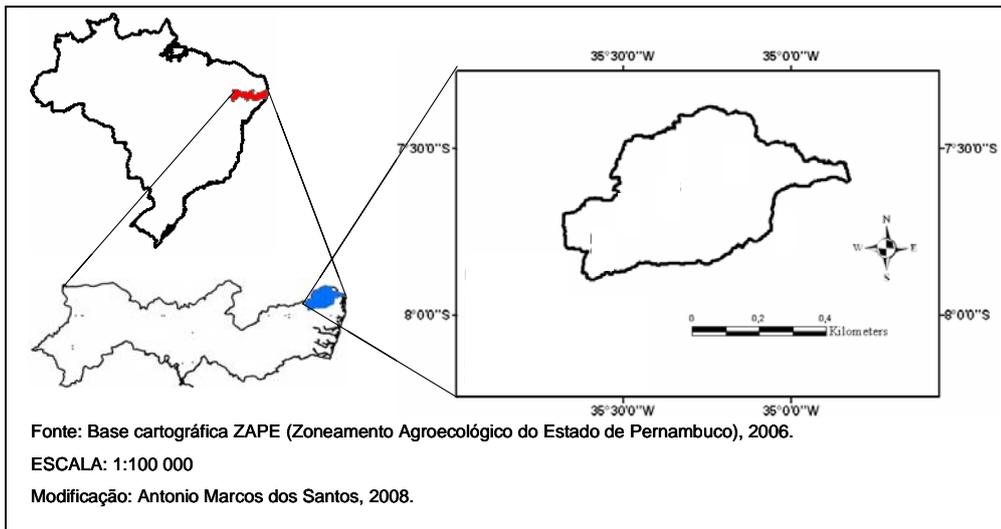


Figura 01: mapa de localização da bacia hidrográfica do rio Goiana-PE.

2.2. Processamento metodológico

A metodologia empregada para realização deste trabalho foi dividida em três fases. A primeira voltada para organização bibliográfica e dos dados preliminares, incluindo a obtenção do NDVI, a segunda em campo e a terceira destinada ao cruzamento dos dados obtidos em campo com o NDVI.

2.2.1. Primeira fase

Inicialmente, foi obtido gratuitamente mediante o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) imagens geradas pelo sensor *Enhanced Thematic Mapper, plus* (ETM+) acoplado ao satélite Landsat 7 na órbita 214 e ponto 65 dos últimos dez anos. Destas imagens, foi selecionada a que apresentou a menor concentração de nuvens e de falhas, sendo escolhida a imagem obtida em agosto de 2003.

Para chegar ao NDVI foram necessárias a execução de três etapas denominadas de calibração radiométrica digital da imagem (ROSA, 1995), ambas podem ser executadas pelos softwares *Erdas*, *IDRISI ANDES* entre outros.

Na primeira etapa, obteve-se a radiância espectral aparente da imagem. Este procedimento é importante para aquisição dos dados presentes na imagem, os quais, até então, são representados por números digitais (nd). Processo que utilizou a operação matemática descrita na equação 1.

$$L^{\wedge} = a_i + ((b_i - a_i) / 255) nd, \quad (1).$$

Onde, L^{\wedge} é a radiância espectral aparente em determinada banda, a_i é o L_{max} , b_i corresponde ao L_{min} e nd o número digital da imagem em cada banda. Os dados referentes ao L_{max} e o L_{min} foram adquiridos de uma planilha específica cedida INPE.

Após a transformação do número digital da imagem em radiância espectral aparente, pôde-se realizar a segunda etapa, denominada de obtenção da reflectância dos objetos presentes na imagem. A operação matemática referente a este processo encontra-se descrita na equação 2.

$$\rho_{apa} = (\pi * d^2 * L_{\lambda}) / (E_{sun} * \cos(\text{zen})), \quad (2).$$

Onde, ρ_{apa} é a reflectância, $\pi * d^2$ corresponde a distância terra sol, L_{λ} é a radiância espectral aparente, E_{sun} são os valores de irradiância solar no topo da atmosfera nas bandas utilizadas e $\cos(\text{zen})$ corresponde ao cosseno do ângulo zenital.

O valor correspondente a distância terra sol junto com os valores de irradiância solar no topo da atmosfera e o cosseno do ângulo zenital da imagem, podem ser obtidos via o cruzamento dos dados da imagem com uma planilha compatível ao *software* EXCEL disponível no site do INPE <<http://www.inpe.br/>>.

Se o objetivo central é gerar o NDVI da imagem selecionada, só é necessário utilizar as bandas 3 e 4 da imagem, as quais, atuam no comprimento de onda que vai de 0,4 μm a 0,8 μm correspondente a região do visível-vermelho e ao infravermelho próximo.

Para o calcular do NDVI, empregou-se a equação 3.

$$\text{NDVI} = (\rho_3 + \rho_4) / (\rho_3 - \rho_4), \quad (3).$$

Onde, ρ_3 é a reflectância na banda 3 (vermelho) e ρ_4 corresponde a reflectância na banda 4 (infravermelho próximo).

2.2.2. Segunda fase

Obtido o NDVI, a próxima etapa foi realizada em campo. Selecionou-se vários locais na bacia hidrográfica onde se obteve os pontos notáveis através do aparelho de GPS e conseqüentemente, foi conferido os valores resultantes na modelagem do NDVI da imagem com o ambiente visível.

2.2.3. Terceira fase

Nesta etapa do processo metodológico, os dados recolhidos em campo foram processados e sistematizados servindo de base para uma análise precisa (detalhada) do NDVI da bacia hidrográfica do rio Goiana.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os valores do NDVI oscilam de -1 a +1. Quanto mais próximo de 1, maior a densidade da cobertura vegetal, ou seja, ela apresenta-se em seu estágio denso, úmida e bem desenvolvida. (JARLAN et al., 2007) e (COSTA et al., 2007). A água tem reflectância na banda 3 maior do que na banda 4, portanto, apresenta valores negativos, próximos a -1, no NDVI. As nuvens refletem de forma semelhante no visível e no infravermelho próximo, portanto, espera-se que o valor do pixel seja bem próximo de zero. O solo nu sem vegetação, ou com vegetação rala e esparsa, apresenta valores positivos, mas não muito elevados (POEKING et al., 2007).

A Figura 02 expõem a escala de valores e suas cores correspondentes ao NDVI apresentada por Poeking et al. (2007) a qual, foi utilizada como base para este trabalho.

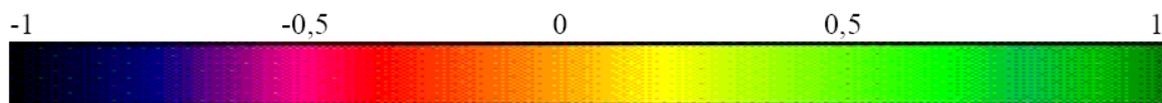


Figura 02: valores da razão entre as bandas do vermelho e infravermelho próximo.

Com base nas exposições acima, a Figura 03 apresenta o mapa de NDVI obtido para a bacia hidrográfica do rio Goiana. Nele, o NDVI foi classificado em cinco categorias: Corpos Hídricos; Áreas não Vegetadas; Área com Vegetação Bastante Esparsa, Área com Vegetação Esparsa e a categoria Área com Vegetação Densa.

Há também, presença de falhas, nuvens e interferência de suas sombras, ambas foram enquadradas na categoria Áreas não Vegetadas devido o NDVI apresentar valores semelhantes aos encontrados para os outros componentes que integram esta categoria.

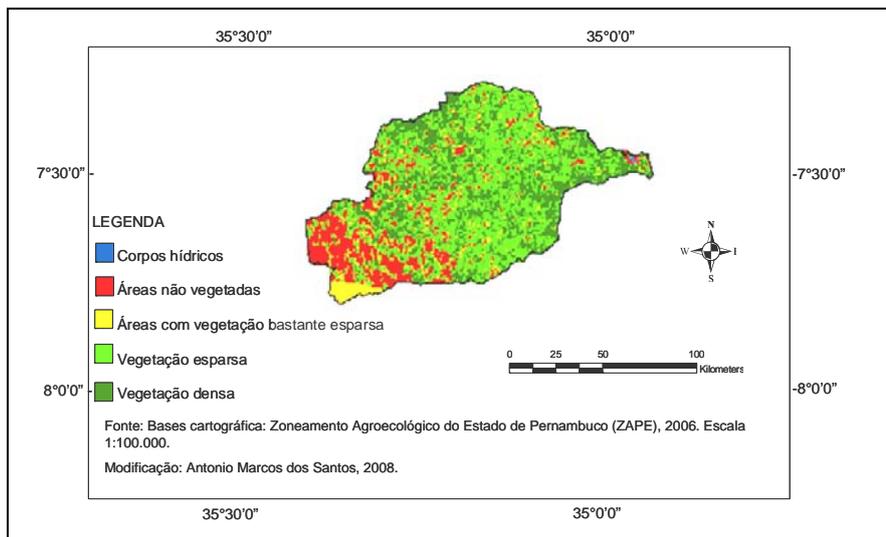


Figura 03: mapa do NDVI para a bacia hidrográfica do rio Goiana.

3.1. Corpos Hídricos: nesta categoria o NDVI possui um valor variando entre -0,20 a -0,77. Devido a escala de análise, este só pode ser identificado no mapa no exutório da bacia.

3.2. Áreas não Vegetadas: representam esta categoria os centros urbanos, povoados, vilas e os terrenos em preparo para a atividade agropecuária (a exemplo do plantio da cana-de-açúcar), o NDVI encontrado varia entre 0,18 a -0,20.

3.3. Áreas com Vegetação Bastante Esparsa: o NDVI para esta categoria varia de 0,18 a 0,23, valores correspondentes para as áreas destinadas às atividades de criação de animais (bovinos e eqüinos) e os locais onde a plantação de cana-de-açúcar está em fase inicial (recém plantada).

Em relação às primeiras atividades, criações de animais, estas se desenvolvem com bastante intensidade nas encostas dos morros principalmente no setor leste da bacia onde se encontram as principais elevações dificultando o cultivo da cana-de-açúcar. O NDVI também identificou, para esta categoria, a influencia das áreas onde é recente o plantio da cana-de-açúcar.

3.4. Vegetação Esparsa: para esta categoria o NDVI apresenta valores que vão de 0,23 até 0,44. Representam esta categoria as plantações de cana-de-açúcar em estágio de crescimento encontrada em toda área correspondente a bacia hidrográfica; a vegetação de restinga em destaque no exutório da bacia, e agrupamentos vegetais de pequeno porte.

3.5. Vegetação Densa: O NDVI para esta categoria apresenta valores que variam de 0,44 a 0,75. Para estes valores, enquadram-se as plantações de cana-de-açúcar com a estrutura destes vegetais bem desenvolvida, ou em estágio próximo a colheita.

Incluem-se também, pequenas áreas protegidas pelo Código Florestal (Lei 4.771 de 1965), o qual dispõe, em seu artigo 2º, sobre as Áreas de Preservação Permanente (APPs) em topos de morros, montes, montanhas e serras, sendo vedada a utilização dessas áreas e conseqüente remoção de suas coberturas vegetais originais (BRASIL, 1965). Reforça ainda esta Lei o dispositivo da Resolução do CONAMA, Nº 303 datado de 20 de março de 2002 conhecido como “Lei do Topo de Morro” (BRASIL, 2002).

Os agrupamentos vegetais protegidos por lei são compostos pelos resquícios da Floresta Estacional Semidecídua e da Floresta Ombrófila Densa Submontana. A primeira é formada por espécies adaptadas à deficiência hídrica e de grande e médio porte estrutural. Quanto a Floresta Ombrófila Densa Submontana é formada por espécies vegetais que apresentam alturas mais ou menos uniformes medindo em torno de 20m e com pouquíssimos arbustos (KOFFLER et al., 1986). Esta Floresta ocupa as encostas e os topos das Serras do Mascarenhas.

Nesta categoria, há ainda a vegetação de mangue embutida entre as Formações Pioneiras. São vegetais de médio e pequeno porte e bastantes concentrados (densos) e arbóreos, encontrados no exutório da bacia.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A imagem de satélite trabalhada foi gerada no ano de 2005, deste período até o atual (2008), houve poucas mudanças na paisagem da bacia hidrográfica do rio Goiana. Exceto o estágio de plantio da cana-de-açúcar. Afirmativa comprovada ao cruzar os dados obtidos em campo, com o NDVI da imagem.

Pôde-se identificar com bastante precisão a cobertura fitogeográfica desta bacia hidrográfica, a qual, tem o predomínio da cana-de-açúcar e pequenas áreas onde ainda há presença da vegetação original em plantio secundário. Resultado que mostra, como explicitado na bibliografia consultada, a aceitação deste índice por parte da comunidade científica

Vale ressaltar que a presença da cana-de-açúcar como principal atividade econômica da bacia e conseqüentemente como a principal cobertura vegetal, pode está proporcionando problemas ambientais que venham a ser diagnosticados a partir de estudos baseados nos resultados desta análise. Possibilidades de investigações voltadas para erosões e perdas do solo ao longo da bacia, qualidade da água, relação entre a atual cobertura vegetal e a biodiversidade local, entre outras.

Quanto à cobertura vegetal representada pela vegetação de mangue e pelas Florestas Estacional Semidecídua e Ombrófila Densa Submontana, vale ressaltar a importância de políticas ambientais que tornem protegidas estas áreas, caso contrário, haverá uma tendência de diminuição

destes resquícios florestais em pro de uma organização espacial voltada para o crescimento econômico da oligarquia açucor-alcoleira.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a FACEPE (Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco) pela concessão da bolsa para o primeiro autor e ao CNPq pelo auxílio financeiro através do Edital Universal 2007.

6. REFERÊNCIAS

BRASIL. Lei nº 4.771, de 15 de Setembro de 1965, que institui o novo Código Florestal.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 303, de 20 de Março de 2002, dispõe sobre as áreas de preservação permanente.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. 2ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2002.

COSTA, F. H. dos S., FILHO, C. R. de S., RISSO, A. Análise temporal de NDVI e mapas potencias naturais de erosão na região do Vale do Ribeira, São Paulo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007. **Anais...** Florianópolis, INPE, 2007. CD-ROM.

DEBIASI, P., ECKHADT, R. R., CASTOLLDI, G., MADRUGA, R., COUTINHO, A. Fusão de imagens MODIS com NDVI do Landsat para a classificação de áreas de cultivo de Soja. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007. **Anais...** Florianópolis, INPE, 2007. CD-ROM.

JARLAN, A.B., MANGIAROTTI, A.B., MOUGIN, A., MAZZEGA, C.D., HIERNAUX, A. & DANTEC, A.. Assimilation of SPOT/VEGETATION NDVI data into a Sahelian vegetation dynamics model. **Remote Sensing of Environment**, Toulouse, v.112, p.1381-1394, apr. 2008.

KOFFLER, N. P., LIMA, J.F.W.F., LACERDA, J.F., SANTANA, J.F., SILVA, M.A. **Caracterização edafo-climática das regiões canavieiras do Brasil**: Pernambuco. Piracicaba, Programa nacional de melhoramento da cana-de-açúcar: PLANALSUCAR, 1986.

POELKING, E. L., LAUERMANN, A., DALMOLIN, R. Imagens CBERS na geração de NDVI no estudo da dinâmica da vegetação em período de estresse hídrico. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 13., 2007. **Anais...** Florianópolis, INPE, 2007. CD-ROM.

ROSA, Roberto. **Introdução ao sensoriamento remoto**. 3ed. Uberlândia: EdUFU, 1995.

TUKKER, C. J., Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. **Remote sensing of Environment**, v.8, p.325-348, apr. 1985.