

INDICADOR DE DEGRADAÇÃO A ESCALA SUB-REGIONAL PARA DETECÇÃO DE MUDANÇAS NA COBERTURA DAS TERRAS COM SENSORIAMENTO REMOTO

FRANCISCO DARÍO MALDONADO^{1, 2}
VITOR CELSO DE CARVALHO¹

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE
Av. dos Astronautas, 1758 12.201-970 São José dos Campos – SP.
{ francis@ltid.inpe.br; vitor@ltid.inpe.br }

² Universidad Nacional de San Juan – UNSJ
Laprida 1130(o) CP 2400–San Juan, Argentina.

Abstract. At the Brazilian semi-arid region, the pressure of human occupation changes is shown by non-sustainable land use forms. The multi-temporal analysis of changes from the Caatinga Land Cover, provides sufficient information about the dynamics of this typical land use. The definition of land degradation indicators is considered a fundamental stage to establish an operational monitoring system. In remote sensing techniques, the effort is to improve the use of spectral identification of degradation indicators. We propose an experimental indicator method: the statistical distance to the non-change axis of image scatterogram. The selected area for this study is located at the central-southern semi-arid section of Pernambuco State, NE Brazil. It covers an area of about 190 km² and is located between geographical coordinates 8° 00' S and 8° 07' S latitude and 39° 45' and 39° 53' W. The method uses the new technique of RCENM (Controlled Rotation by Non-change axis) developed in INPE. This was combined with a slicing of 2nd PC. The principle of this method consists of a radiometric rotation of the Non-change axis of multitemporal images with the band of the visible spectrum. This technique controls the rotation angle to obtain the best result in terms of Map Accuracy Kappa index. The best performance of the method is achieved through the use of interactive field data. The original images were rotated in an angle of 42°, for PCA (Principal Component Analysis). Thus, starting from a rotation angles obtained from regression of Non-change field samples, we arrived to a better result. This method minimizes the relationship time/cost of digital map processing. Using the statistical distances to the scatterogram no-change axis, we can arrive to an indicator of land degradation for different environmental conditions in the semi-arid regions.

Keywords: caatinga, remote sensing, principal components analysis, change detection, land use, land cover, semi-arid region.

1 Introdução

A definição de indicadores de degradação de terras, é considerada uma etapa fundamental para estabelecer um sistema operacional de monitoramento. No desenvolvimento de Técnicas de Sensoriamento Remoto, os esforços são orientados à identificação espectral de indicadores de degradação. Neste trabalho é proposto um indicador experimental: “a distância estatística ao eixo radiométrico de não mudança” do dispersograma da imagem multitemporal. Este indicador é utilizado por uma nova técnica desenvolvida no INPE, a RCEN (Rotação Controlada por Eixo de Não Mudança), obtida da modificação da ACP (Análise por Componentes Principais), e combinada com um fatiamento da 2^{da} componente da rotação. Esta técnica baseia-se numa rotação radiométrica da imagem multitemporal composta por bandas do espectro visível. A modificação principal da ACP, esta relacionada com o ângulo da rotação. Esta técnica, controla a rotação, obtendo bom resultado em termos de Índice de precisão do mapeamento ou Índice Kappa.

Novas técnicas no tratamento de dados de satélite, são necessárias quando se trabalha com alta heterogeneidade como é o caso da caatinga. Uma das técnicas que tem

apresentado adequado desempenho é a ACP (Maldonado et al., *in press*), na tarefa de avaliar o grau de modificação, provocado pela ação humana, na paisagem de domínio da caatinga. Baseada nesta técnica, foram desenvolvidas no INPE, duas técnicas: a RCIP (Rotação Controlada por Índice de Precisão) apresentada em Maldonado et al. (2001¹) e a RCEN (Rotação Controlada por Eixo de não mudança) apresentada em Maldonado et al. (2001²), a que é utilizada neste trabalho.

2 Material e Métodos

A área de estudo compreende uma superfície de 190,37 Km², entre as coordenadas 8° 00' - 8° 07'S e 39° 45' - 39° 53'W, localizada na porção central do semiárido brasileiro, estado de Pernambuco. A região apresenta uma homogeneidade térmica, em torno de 27 °C, mas com grande variabilidade interanual de chuvas, com valores de 600 mm concentrados em época úmida e 7 a 8 meses de estação seca, com precipitação zero. Apresenta solos pedregosos, ricos em sílica e argilas, porém pobres em nutrientes, onde se desenvolve uma vegetação estépica arbustiva-arbórea esparsa e baixa.

O procedimento de análise da dinâmica de cobertura e uso do solo tem utilizado imagens digitais TM/Landsat (órbita 217/66), de duas datas num intervalo de 12 anos. Cartas topográficas, dados pluviométricos, carta dos tipos estruturais da vegetação e um extensivo trabalho de campo, conforme relatado em Maldonado (1999) e Maldonado et al., (*in press*), têm suportado a análise de detecção de mudanças da paisagem local. Inicialmente, o procedimento metodológico constou da aplicação da ACP e da RCEN na imagem multitemporal TM/Landsat, numa faixa espectral (banda TM 3), com as fases de fatiamento, rotulação da 2ª componente, para a geração de duas imagens detecção e cálculo de desempenho do mapeamento. A caracterização dessa análise foi baseada em 73 pontos de campo, com 20 desses referentes a coleta de parâmetros fisionômico-estruturais da vegetação de caatinga, através de transectos, conforme descritos em Maldonado (1999).

Nesta técnica, o ângulo de rotação (α) é obtido como a tangente do coeficiente de regressão linear dos pixels de não mudança identificado previamente no terreno. A imagem detecção é gerada utilizando os algoritmos:

$$X_{Det} = -X_1 \sin \alpha + X_2 \cos \alpha \quad (1)$$

sendo X_{Det} : Imagem Detecção de mudanças

X_1 : banda primeira data

X_2 : banda segunda data

$\cos \alpha$: coseno do ângulo de rotação

A performance desta técnica está relacionada com a interação direta das técnicas digitais com os dados de campo, como pode observar-se no fluxograma da Figura 1.

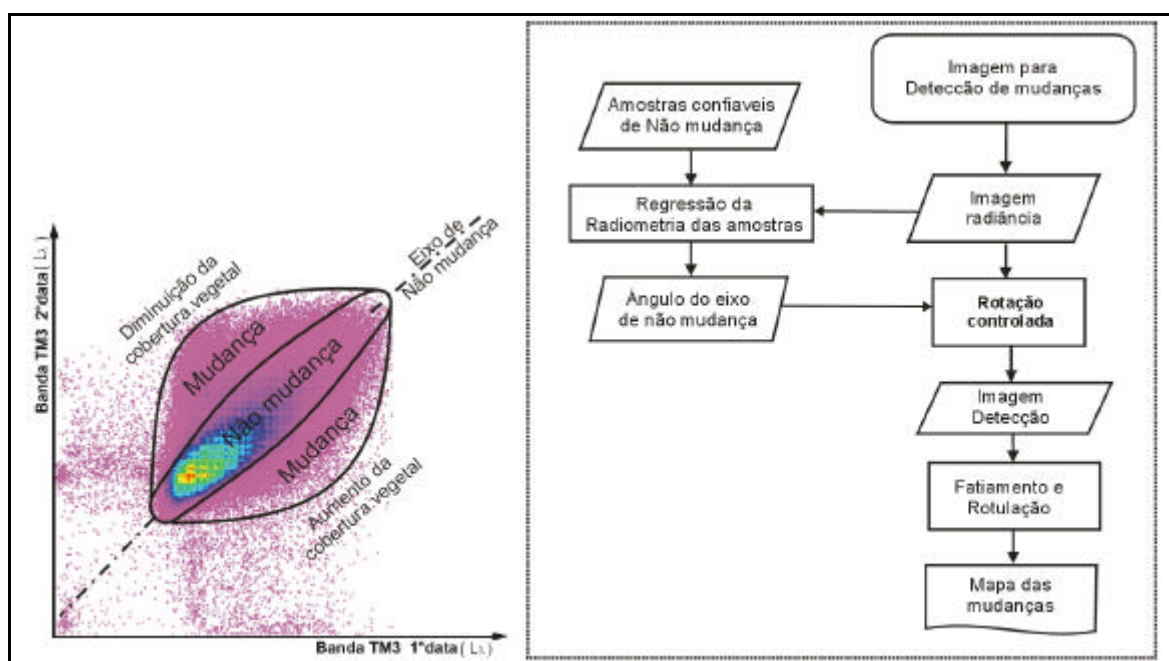


Fig. 1. Dispersograma da imagem multitemporal e fluxograma da técnica RCEN.

3 Resultados e considerações finais.

As imagens originais foram rotadas pela Análise por Componentes Principais em um ângulo de 42°. A nova técnica obteve melhor índice de precisão rotando radiometricamente as imagens multitemporais 39,11°. Depois de obter-se a imagem detecção, foram analisadas duas classes de degradação, duas de recuperação e uma outra de não-mudança, as quais foram investigadas de acordo com critérios de forma, padrão e relações de contexto. O uso conjunto de observações pontuais e aquelas de descrições fitossociológicas, permitiram construir uma matriz de confusão, para determinar o desempenho para a estratificação das mudanças geradas na imagem detecção.

Utilizando a distância estatística ao eixo de não mudança do dispersograma, obtivemos um indicador de degradação resistente ao efeito das diferenças nas condições atmosféricas na data do imageamento. Estas variações na região semiárida são produto da nuvosidade e poeira (produto dos ventos ou das correntes de ar ascendentes). A variedade de fontes dos aerossóis no semi-árido, dificulta as correções das imagens, em razão disto, é importante o desenvolvimento de técnicas simples que minimizem as diferenças entre as datas sem complexas correções atmosféricas.

A seguir na Figura 2, se comparam os resultados obtidos com a ACP, com os obtidos com a RCIP e com a nova técnica RCEN, a que utiliza o Indicador da distância ao eixo de não mudança. Pode-se observar uma melhora na precisão em relação à ACP, e uma menor precisão que a RCIP. Este melhor resultado da RCIP, é o esperado para a Detecção de mudanças entre imagens com diferença de 12 anos entre elas. Sendo que a RCEN utiliza somente amostras de campo de não mudança e a RCIP utiliza amostras de Degradação, Não mudança e Recuperação.

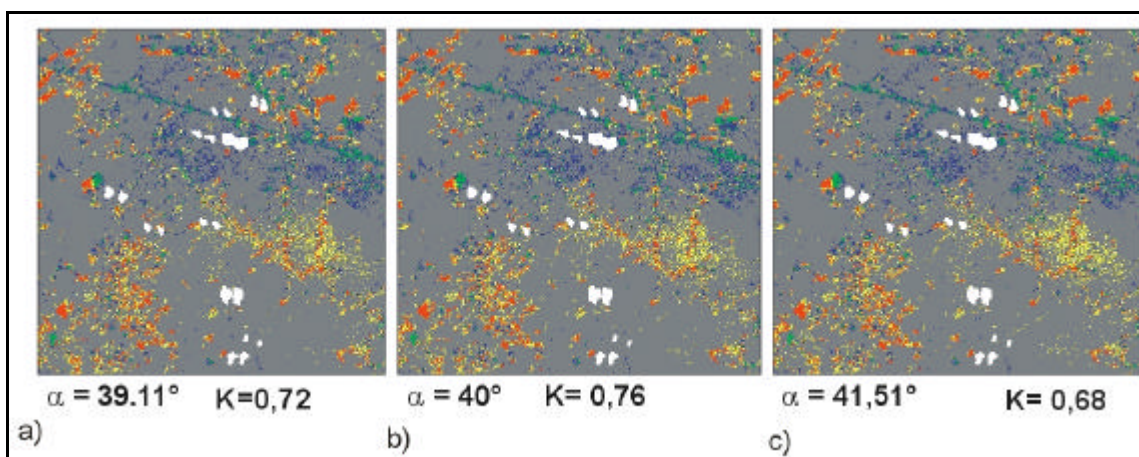


Fig. 2. Resultados obtidos por três Técnicas de Detecção de Mudanças. RCEN em (a), RCIP em (b), e ACP em (c). Onde são α : ângulo de rotação; K: Índice Kappa.

A simplicidade e agilidade dos procedimentos de rotação controlada oferecem a possibilidade de otimizar os resultados interagindo com os dados obtido em campo. Partindo dos resultados obtidos pode-se concluir que este método minimiza a relação custo benefício dos processamentos digitais. Isto, melhora a detecção de mudanças em grandes áreas, diminuindo o tempo computacional. A distância estatística ao eixo de não mudança, mostrou-se um indicador de degradação eficiente para as diferentes condições ambientais da região do semi-árido. O próximo passo nesta abordagem metodológica será a quantificação deste indicador.

Agradecimentos

Este trabalho forma parte do Projeto FAPESP nº 02/0322-3. O autor Francisco D. Maldonado é Bolsista da CAPES-Brasil, Doutorando em Sensoriamento Remoto no INPE.

Referências

- Maldonado, F.D.. **Análise por componentes principais (ACP) na caracterização da dinâmica do uso da terra em área do semi-árido brasileiro: Quixaba – PE. Brasil.** São José dos Campos, INPE. (Tese de mestrado em Sensoriamento Remoto -INPE). PI(INPE-7180-TD/680).116 p. , 1999. [URLib](#)
- ____¹; Santos, J.R.; Carvalho, V.C. Controlled spectral rotation as alternative to Principal Components Analysis for change detection in área of semi-arid. [CD-ROM]. Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 10. **Anais.**, São José dos Campos: Fabrica da Imagem, 2001.
- ____²; Carvalho, V.C.; Santos, J.R. "Change Detection in land use and land cover with remote sensing: degradation indicators at sub-regional level." 3 International Conference on Land Degradation. **Anais.** Symposium V-1. Innovations (new methodologies). Ríó de Janeiro, Brasil: 2001.
- ____; Santos, J.R.; Carvalho, V.C. Land Use Dynamics in The Semi-arid region of Brazil (Quixaba-PE): Characterization by Principal Components Analysis (PCA). **International Journal of Remote Sensing.** 2002 (*in press*).