

Normalização radiométrica para detecção de mudanças da cobertura da terra em IBAs situadas no Departamento Boquerón, Paraguai

Nadia Romina Cardozo Escobar

Universidade de Brasília - UnB

Campus Universitário Darcy Ribeiro, Brasília - CEP 70910-900 – Brasília, Brasil.

nadiaromin@gmail.com

Abstract. The fundamental assumption of the use of remote sensing data for the detection of land cover change is based on the significant differences in the spectral characteristics of the affected area between two or more time frames. The images analyzed may have different radiometric responses due to weather conditions, lighting geometry, variability of phenology, and sensor calibration. The normalization procedure that uses the intrinsic radiometric information of the images can be seen as an alternative to correct these variations based on constant reflectance. This reflectance can be approximated by linear functions using reference targets whose reflectance does not change significantly with time, i.e. pseudo-invariant features (PIFs). The analyses were performed in the software ABILIO, described in Carvalho Junior et al. (2013), using the pixel per pixel method - that compares two spectra of different times of one pixel (Z dimension of the image), and produces density-scatter plots and linear and robust regression models. The analyses of image correction provided the basic data for assessing changes in land cover of the two IBAs, Boqueron Department, Paraguay. The analysis that considered the least amount of PIFs was the Euclidean Distance (ED). For the Gran Siete Farm, 52,618 (5%) points were analyzed in linear and robust regression models. Radiometric normalization is an automated and reliable method, where the use of invariant points can eliminate the need for manual detection, and this method is shown to be effective in providing corrected images for the detection of land cover changes.

Palavras-chave: remote sensing, multitemporal imagens, spectral classification, sensoriamento remoto, imagens multitemporais, classificação espectral.

1. Introdução

A suposição fundamental da utilização de dados de sensoriamento remoto para detecção de mudanças dá-se em relação às mudanças de cobertura da terra, que podem ser registradas como diferenças significativas nas características espectrais da área afetada entre duas ou mais datas. Além disso, tais diferenças devem ser maiores ou de alguma forma distinguível de outras mudanças nas imagens, tais como: as condições atmosféricas, a geometria de iluminação, a variabilidade da fenologia e o sensor de calibração. Quando as imagens utilizadas na análise de detecção de mudança são de duas ou mais datas, uma pode ter respostas radiométricas de um sensor diferente ao longo do tempo, devido a vários fatores, entre os quais, os que se seguem: i) diferenças na resposta radiométrica relativa entre os sensores; ii) mudanças na calibração do sensor de satélite ao longo do tempo (envelhecimento); iii) diferenças nos ângulos de iluminação e de observação; iv) variação de efeitos atmosféricos; v) refletância; vi) topografia; e, vii) mudanças reais na refletância alvo (Paolini et al, 2006).

A determinação da refletância do terreno de imagens de satélite exige, entre outros aspectos, um algoritmo de correção atmosférica e as propriedades atmosféricas associadas no momento da aquisição da imagem. Para a maioria das cenas históricas de satélite, aqueles dados não estão disponíveis, e até mesmo para aquelas aquisições planejadas podem ser difíceis de obter. A normalização que faz uso da informação radiométrica intrínseca das imagens mostra-se como uma alternativa sempre que a refletância absoluta da superfície não seja necessária. Ao realizar a normalização radiométrica relativa, tem-se a suposição de que a relação entre a radiância do sensor gravada em dois momentos diferentes de regiões de refletância constante pode ser aproximada por funções lineares. O aspecto crítico é a determinação de características adequadas invariantes no tempo sobre os quais se baseia a normalização (Canty & Nielsen, 2008)

A prioridade de locais para a conservação é essencial devido às taxas atuais de população e perda de habitat, o crescimento populacional e as demandas sobre os recursos naturais. Muitos métodos de prioridade foram sugeridos em diferentes escalas espaciais, incluindo aquelas baseadas em critérios de um único táxon. Tal sistema é o da *BirdLife International*, de Áreas Importantes para Aves (IBAs). Embora os critérios de qualificação local IBA sejam totalmente baseados em aves, a intenção é que os referidos *sites* devem conservar a biodiversidade mais ampla (Pain et al., 2005).

Diante do exposto, o presente estudo teve por objetivo avaliar os métodos de correção radiométrica para detectar mudanças da cobertura da terra em duas IBAs situadas no Departamento Boquerón, Chaco paraguaio – um dos Departamentos com as taxas mais altas de desmatamento (Cardozo et al., 2013).

2. Metodologia

2.1. Área de Estudo

As Fazendas Gran Siete (60° 30.00' W 22° 38.00' S), de área de 64,847 ha, e Pirizal (60° 19.00' W 22° 56.00' S), de área de 150,645 ha, estão situadas na antiga planície de inundação do Chaco, Departamento Boquerón, Paraguai (Figura 1). São consideradas áreas de importância para a conservação das aves (IBAs) (Guyra Paraguay, 2008). Possuem grande diversidade de flora e fauna, incluindo algumas espécies nativas endêmicas da região (TNC et. al., 2005).

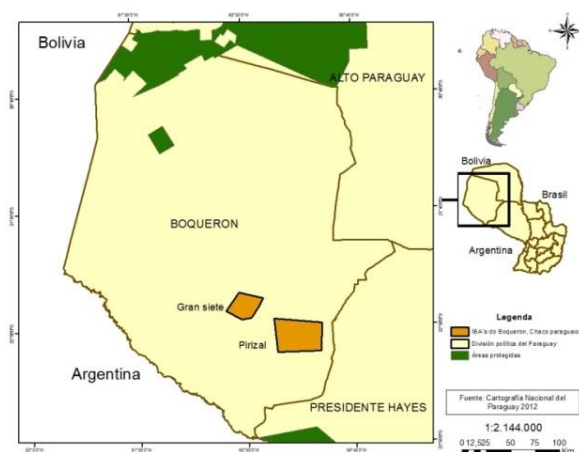


Figura 1. Área de estudo

2.2. Análises de Séries Temporais

2.2.1. Pré-processamento

O método considera duas imagens temporárias coregistradas em suas três dimensões: X, Y e Z (perfil espectral) adquiridas na mesma área geográfica em dois momentos (T1 e T2).

Para a avaliação da área de estudo, fez-se uso do Arc Gis 10.0, bem como a geração dos mapas finais. Para o pré-processamento foi utilizado o *software* ENVI 4.7.

Os cortes das imagens tiveram por base os limites das IBAs, que correspondem a dados vectoriais obtidos da publicação do livro *Áreas de Importancia para la Conservación de Aves de Paraguay*, de 2008.

2.2.1.1. Imagens de satélite

As duas imagens analisadas foram sem nuvens, já georreferenciadas, que correspondem ao sensor *Landsat Thematic Mapper* (TM) do satélite *Landsat 5*, do sítio virtual do USGS (<http://glovis.usgs.gov/>):

T1= LT5_228_076_1995_11_02

T2= LT5_228_076_2005_09_26

2.2.1.2. Conversão de número digital para refletância

As cinco bandas espectrais da imagem *Landsat 5* foram transformadas para refletância colocando o valor do ângulo de reflexão para cada banda, realizando-se posteriormente a combinação de bandas. Segundo Nelson et al. (2005), as comparações de imagens de datas diferentes apresentam interferências provenientes das condições vigentes da aquisição da cena, tais como: o efeito das condições de iluminação, a irradiância solar no topo da atmosfera e o ângulo de incidência da radiação sobre o alvo. Já a conversão dos referidos valores de radiação em valores de refletância compensa as diferenças em relação à irradiância solar no topo da atmosfera e o ângulo de incidência da radiação sobre o alvo, no momento da aquisição da imagem. Assim, a transformação para dados de refletância aparente é mais eficiente para reduzir a variabilidade da resposta espectral.

2.2.1.3. Normalização radiométrica

Uma variedade de técnicas de correção radiométrica relativa foi desenvolvida para a correção ou retificação das imagens de uma mesma área, através da utilização de alvos de referência cuja refletância não muda significativamente com o tempo, ou seja, feições pseudo-invariante (PIFs). As análises foram feitas no *software* ABILIO, descrito em Carvalho Junior et al. (2013), fazendo uso do método de pixel por pixel – que compara dois espectros de tempos diferentes de um pixel (dimensão Z da imagem). Nesta abordagem, a detecção dos PIFs é independente de seus vizinhos que, ao contrário de outros métodos, somente se dão a partir de um conjunto de pixels (banda por banda, *densidade scatter-plot*). Assim, os erros temporais na detecção de pontos fracamente correlacionadas a partir de imagens são eliminados. Em suma, têm-se as seguintes classificações: *Spectral Angle Mapper* (SAM), correlação do coeficiente de Pearson's *Spectral Correlation Mapper* (SCM), *Euclidean Distance* (ED) – fazendo uso da mínima distância, a técnica de *Multivariate Alteration Detection* (MAD) e *Normalized Euclidean Distance* (NED).

Para a normalização, fez-se uso da imagem T2 (2005) como referência para o ajuste da imagem T1 (1995).

2.2.2. Análises de mudanças da cobertura da Terra

2.2.2.1. Firmas espectrais

Cada pixel de uma imagem multi-espectral é caracterizado por uma assinatura espectral, que contém o nível digital associado com aquele pixel em cada uma das bandas da imagem de bandas múltiplas, dependendo da resolução espectral (Rodríguez, 2013). Foram detectados os diferentes espectros na dimensão Z (perfil espectral) que corresponderam aos itens Floresta e Desmatamento. Alguns pixels não avaliados são colocados como não classificados.

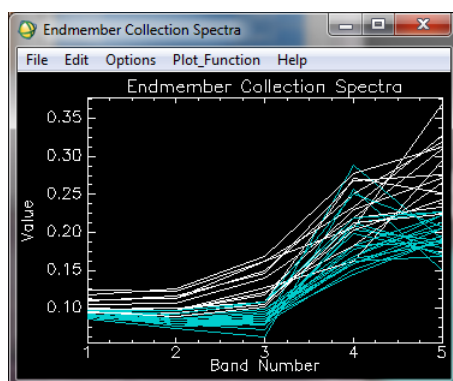


Figura 2. Firmas espectrais. Branco: Desmatamento. Celeste: Floresta

2.2.2.2. Classificação Supervisada

A classificação supervisada foi realizada no *software* ENVI 4.7 – classificação *Spectral Angle Mapper*, com base nas firmas espectrais descritas na seção anterior (Figura 2).

3. Resultados e Discussões

3.1. Normalização radiométrica

3.1.1. Detecção dos PIFs:

Fazenda Gran Siete. A detecção dos PIFs deu-se de modo pixel por pixel, fazendo uso das diferentes medidas da imagem original avaliada. A Figura 3, a seguir, destaca as imagens espectrais em formato de escala de cinza e formato binário. A imagem espectral ED Figura 3(b) apresenta a maior probabilidade de pontos invariantes na cor branca, e SCM, NED-MAD, MAD-MD na Figura 3 (c,d,d) são apresentados na cor preta.

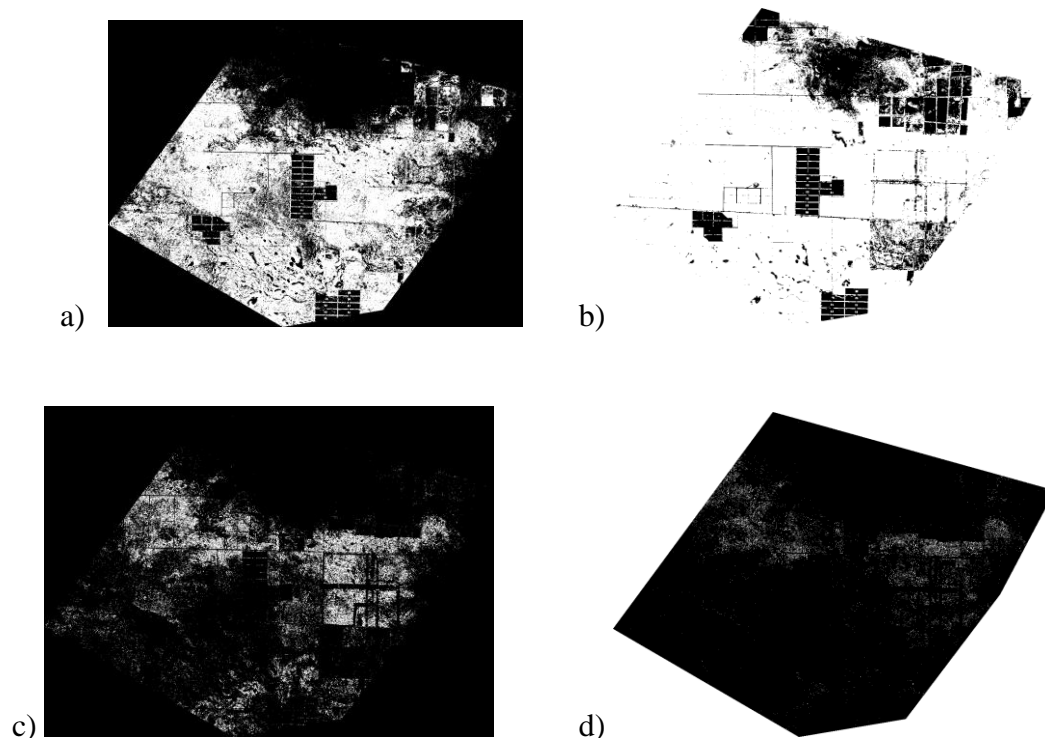


Figura3. a) SCM, b) ED, c) NED-MAD e d) MAD-MD

Fazenda Pirizal. Aqui se tem o mesmo padrão, mas os dois sítios correspondem à mesma imagem, apresentando a mesma resposta. A Figura 4, a seguir, aponta as imagens espectrais em formato de escala de cinza e formato binário. A imagem espectral ED Figura 4(c) mostra a maior probabilidade de pontos invariantes na cor branca, sendo que SCM e SAM Figura 4(a,b) são apresentados na cor preta.

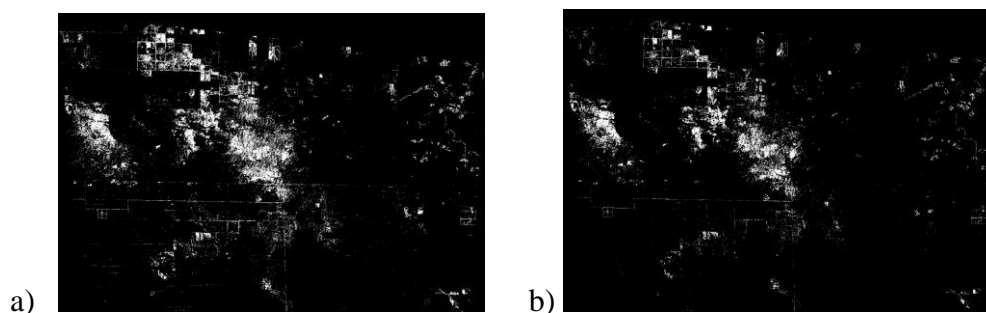




Figura 4. a) SCM, b) SAM e c) ED

3.1.2. Densidade *scatter-plot*

A densidade *scatter-plot* entre os anos 1995 e 2005 para as duas fazendas apontam os resultados das análises banda por banda dos sítios. Mas, o uso do método dos PIFs previamente selecionados permitiu uma redução suplementar dos pixels.

Um problema nos limiares de densidade é a eliminação de pontos de baixa densidade que são posicionados ao longo da linha. Neste sentido, esta etapa de processamento precisa ser feita cuidadosamente para evitar a perda de informações relevantes. Os pixels eliminados em uma banda particular podem ser eliminados em todas as outras cinco bandas (Carvalho Junior, 2013).

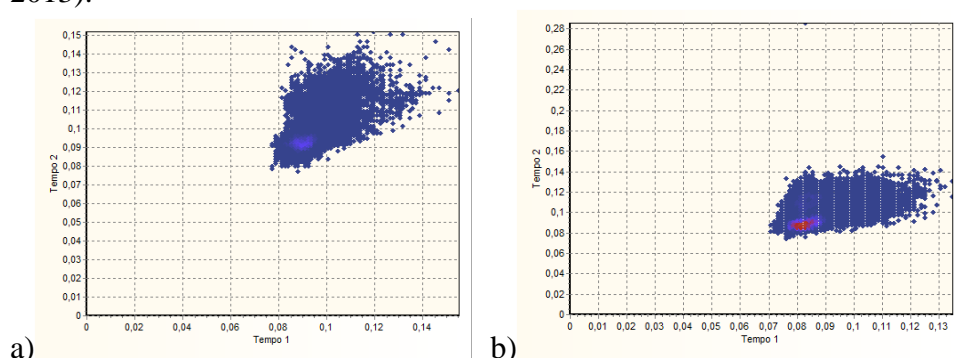
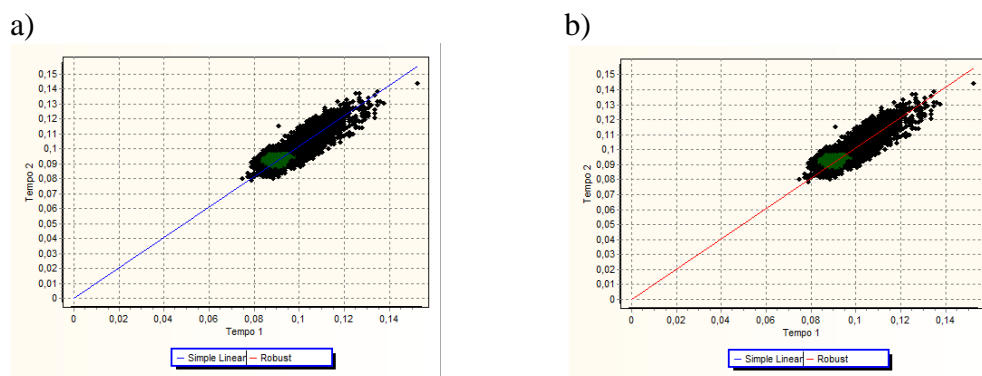


Figura 5. Densidade *scatter-plot* para a Banda 1, a) Fazenda Gran Siete e b) Fazenda Pirizal

3.1.3. Regressões

Para a Fazenda Gran Siete foram avaliados 52.618 (5%) pontos na regressão lineal (vide Figura 6 (a), a seguir), e na regressão robusta (Figura 6 (b)). A regressão robusta determina a linha de melhor ajuste para os dados da imagem de referência e imagem corrigida para cada faixa. O procedimento de regressão robusta omite automaticamente os valores atípicos dos cálculos considerando um desvio de valor absoluto. Tem-se na Figura 7, a seguir, os resultados da Fazenda Pirizal.



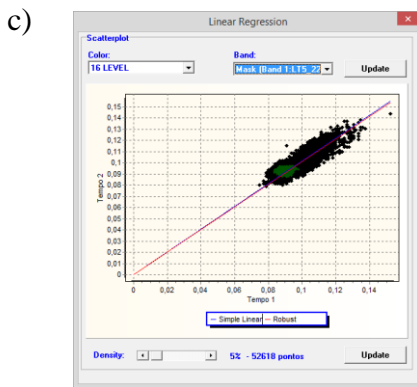


Figura 6. Fazenda Gran siete (a) regressão linear, (b) regressão robusta (c) pontos avaliados

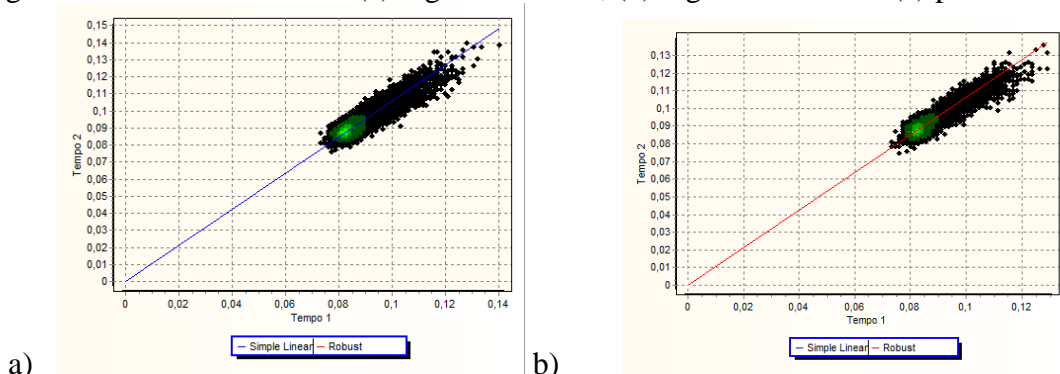


Figura 7. Fazenda Pirizal (a) regressão linear, (b) regressão robusta

3.2. Mudanças na cobertura da terra

As análises de correção de imagens proporcionaram os dados base para avaliar as mudanças de cobertura da terra das duas IBAs (Figuras 8 e 9). E mesmo que não existam dados numéricos de variação de superfície, é possível observar um aumento do desmatamento entre os anos 1995 e 2005 para os dois sítios, principalmente na Fazenda Pirizal (Figura 9 (b)).

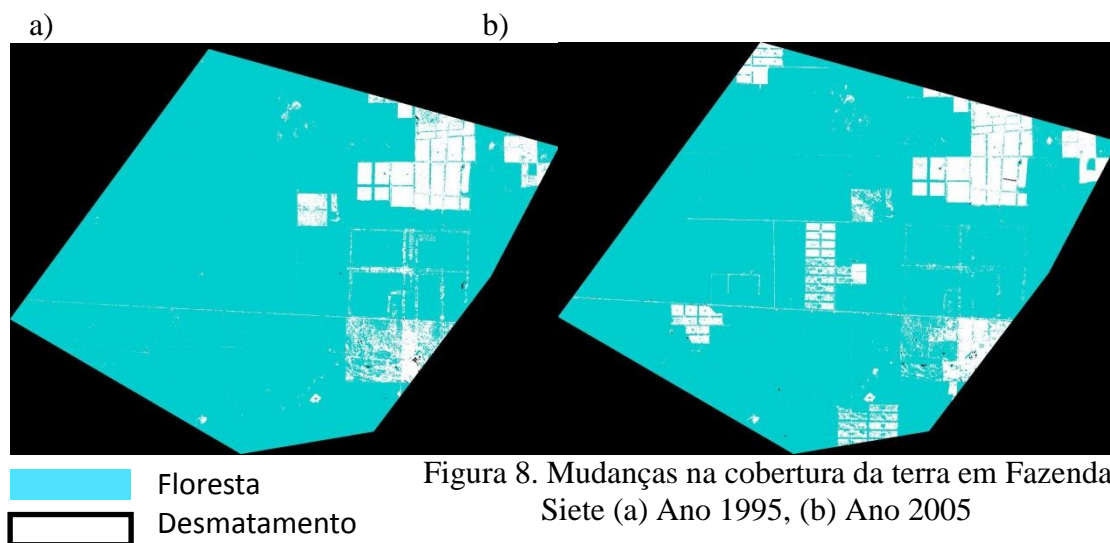
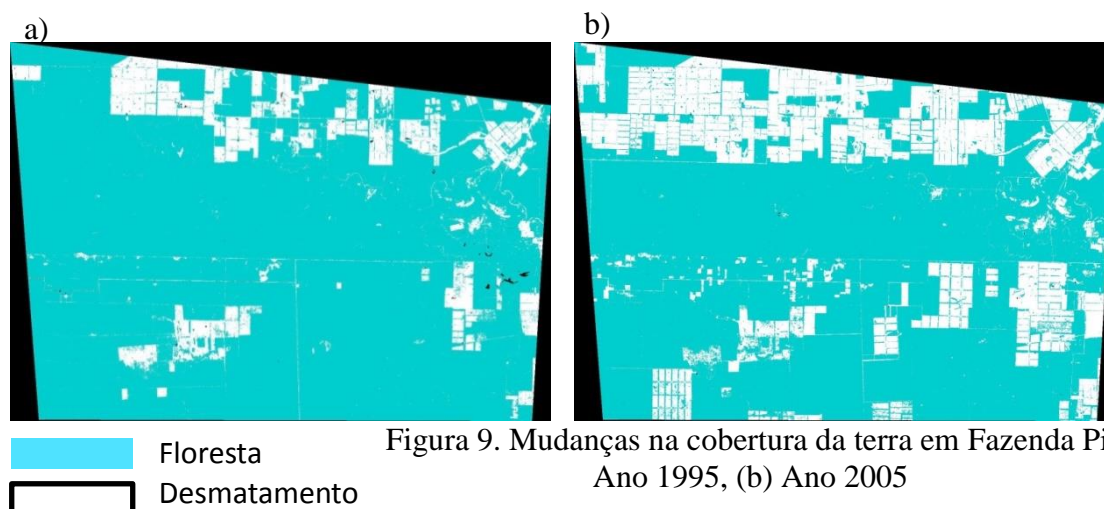


Figura 8. Mudanças na cobertura da terra em Fazenda Gran Siete (a) Ano 1995, (b) Ano 2005



O desmatamento é uma das principais causas de perda de habitat. As mudanças da cobertura da terra no Chaco paraguaio têm sido identificadas em razão do aumento dos últimos anos (Cardozo, *et al.*, 2013). Tal conversão de uso ocorre principalmente para pastagens, com cultivos agrícolas centrados nas *Colonias Menonitas*, mas em algumas zonas com cultivos experimentais de soja. As ameaças para a perda de habitat acrescentam a proteção de zonas consideradas importantes, como as IBAs, que não só preservam as aves, mas também outras espécies de outros grupos taxonômicos. As IBAs avaliadas não estão contempladas na categoria de Área Protegida. Assim, é possível observar que, conforme o tempo, os proprietários das fazendas vão utilizando mais terras para produção, porém, faz-se importante uma análise das IBAs que não estão protegidas.

4. Conclusão

A normalização radiométrica possibilitou a correção radiométrica de duas imagens de datas diferentes. Tem-se, portanto, um método automatizado e confiável onde pontos invariáveis podem suprimir a necessidade da detecção manual detalhada. Os diferentes métodos utilizados para a correção fornecem uma visão geral da eficácia de cada um deles e permite estabelecer parâmetros para sua escolha. No entanto, as análises estatísticas na sequência de pixel por pixel fornece o melhor ajuste linear, uma vez que elimina os pontos discrepantes. Tal metodologia mostra-se eficaz para fornecer imagens corrigidas para detecção de mudanças na cobertura da terra – no presente caso, para a detecção de duas IBAs no Departamento Boquerón, Paraguai.

Agradecimentos

Agradeço ao professor Osmar Abilio Carvalho Junior por ter me orientado nesse trabalho e Bárbara Zimbres pela correção do resumo em inglês.

Referências Bibliográficas

Canty, M. J. & Nielsen, A. A. **Automatic radiometric normalization of multitemporal satellite imagery with the iteratively re-weighted MAD transformation.** Remote Sensing of Environment v. 112 (2008) p. 1025-1036. 2008

Cardozo, R., Palacios, F., Caballero, J., Rodas, O. **Monitoreo de Cambio de Uso del Suelo en el Gran Chaco Americano.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 2013, Foz do Iguaçu, PR. XVI SBSR - Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. São José dos Campos, SP: SELPER Brasil/INPE, 2013. 7710 – 7716. 2013

Carvalho Junior, O.A., Guimarães, R. F., Silva, N.C., Gulespie, A.R., Trancoso, R.A. Silva, C.R., Ferreira, A.P. **Radiometric Normalization of Temporal Images Combining Automatic Detection of Pseudo-Invariant Features from the Distance and Similarity Spectral Measures Density Scatterplot**. Remote Sensing, v 5 (2013) p. 2763-2794. 2013

Guyra Paraguay (Ed.). **Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves en Paraguay**. 1º Edición. Guyra Paraguay/Bird Life Internacional. Asunción 2008, 386 p .

Imágenes Landsat 5TM y Landsat 7 ETM+ disponibles en USGS: <http://glovis.usgs.gov/>

Nelson, T., Wilson, H. G., Bootsa, B., Wulder, M. A. **Use of ordinal conversion for radiometric normalization and change detection**. International Journal of Remote Sensing v. 26, n. 3, 2005, p. 535 – 541. 2005

Pain, D.J., Fishpool, L., Byaruhanga, A., Arinaitwe, J., & Balmford, A. **Biodiversity representation in Uganda's forest IBAs**. Biological Conservation, v. 125 n. 1 p. 133-138. 2005.

Paolini, L., Grings, F., Sobrino, J. A., Jimenez Munoz, J. C., & Karszenbaum, H. **Radiometric correction effects in Landsat multi-date/multi-sensor change detection studies**. International Journal of Remote Sensing, v. 27 n. 4 p. 685–704. 2006.

Rodriguez, E. **Herramienta para la Generación y Caracterización de Objetos en Imágenes de Satélite**. 2013. 146 p. (http://oa.upm.es/16201/1/Elena_Rodriguez_Zazo.pdf). Dissertação de Grado. Universidad Politécnica de Madrid. Facultad de Informática.

The Nature Conservancy (TNC). Fundación Vida Silvestre Argentina (FVSA), Fundación para el Desarrollo Sustentable del Chaco (desde el Chaco) y Wildlife Conservation Society Bolivia (WCS). 2005. **Evaluación Ecorregional del Gran Chaco Americano/ Gran Chaco Americano Ecological Assessment**. (1ª ed.). Buenos Aires. Fundación Vida Silvestre Argentina.