

COEFICIENTES DA TRANSFORMAÇÃO ESPECTRAL TASSELED CAP PARA UMA CENA COM PREDOMÍNIO DE LATOSSOLO ROXO

JOSÉ MARINALDO GLERIANI^{1,3}
MAURO ANTONIO HOMEM ANTUNES²
JOSÉ CARLOS NEVES EPIPHANIO³

^{1,3}UFV - Universidade Federal de Viçosa
Depto Eng. Florestal – 36571-000 - Viçosa - MG, Brasil
gleriani@ufv.br

²UFRRJ – Universidade Rural do Federal do Rio de Janeiro
IT/Dep. de Engenharia, BR 465, Km 7, 23890-000 – Seropédica – RJ, Brasil
mantunes@ufrj.br

³INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Caixa Postal 515 – 12201-970 – São José dos Campos – SP, Brasil
epiphani@ltid.inpe.br

Abstract. Tasseled cap transformations of remotely sensed data are important tools for radiometric normalization, for analyzing specific ground covers like vegetation and to reduce data storage needs. However, the largely used coefficients for these transformations come from satellite scenes from North America, where soils, illumination conditions and atmospheric effects are different from those conditions in Brazil. The objective of this paper is to determine the coefficients of the components Brightness and Greenness for a region of São Paulo State, where Latossolo Roxo is the main soil class. The results show that coefficients for the Brightness are different from those obtained from North America surfaces. They were lower for band 1 through band 4 and higher for bands 5 and 7 due to moisture differences. However, Greenness coefficients showed little differences and this comes from the fact that this component is more sensitive to vegetation. It is recommended that the tasseled cap coefficients should be specifically when being used for a particular region.

Keywords: image transformation, tasseled cap, radiometric normalization.

1. Introdução

Entre os métodos de normalização radiométrica existentes, um dos mais executados é o método proposto por Hall et al. (1991). Este método utiliza, para a seleção de alvos pseudo-invariantes, as componentes “greenness” e “brightness”. Os coeficientes dessa transformação espectral têm sido publicados para o sensor MSS, TM, ETM+, sempre a partir de cenas agrícolas da América do Norte. No entanto, estes solos apresentam reflectância que não corresponde à realidade dos nossos solos e isso se agrava quando os solos de uma determinada cena são muito particulares. Além disso, as condições de iluminação e atmosfera diferem bastante das condições aqui encontradas. O objetivo desse trabalho é gerar os coeficientes de “greenness” e “brightness” para a imagem da órbita ponto 220/74, onde existe uma predominância de Latossolos Roxos (ou Argissolos segundo Embrapa, 1999).

2. Fundamentação Teórica

A utilização de transformações espectrais é muito comum e bastante útil no cotidiano dos usuários do sensoriamento remoto. Têm como principal objetivo realçar alguma feição não evidente nos dados originais. As transformações podem tornar o produto final mais

apropriado para um uso particular, ao mesmo tempo que reduzem a dimensão espectral, o que facilita o armazenamento dos dados.

Muitos autores, como Mather (1999) e Richards e Jia (2000), descrevem transformações que vão desde a simples operação aritmética para geração dos índices de vegetação, até transformações mais complexas como vetor de médias e matriz de covariância, na análise de componentes principais.

Uma das mais clássicas transformações existentes é a transformação “Tasseled Cap”, também conhecida como transformação “KT”, iniciais dos autores Kauth e Thomas (1976). Esta transformação descreve a trajetória espectral-temporal dos pixels de uma cena agrícola resultando num desenho semelhante a um chapéu, daí o nome.

Os coeficientes de transformação são calculados inicialmente pela variabilidade espectral de solos que compõem uma cena; os eixos seguintes são resultantes de ortogonalizações sucessivas do “plano do solo”. O termo “plano de solo” surgiu em consequência da maneira ilustrativa de representar a trajetória dos pixels em apenas três das quatro bandas (eixos) do sensor MSS, uma vez que a representação em quatro eixos é impossível. Jackson (1983), ao ilustrar a generalização do conceito para índices num espaço n-dimensional, utiliza a forma básica e bidimensional conhecida como Índice de Vegetação Perpendicular (PVI), proposto por Richardson e Wiegand (1977); neste índice 2-D, a variação de brilho dos solos de uma cena é conhecida com o conceito de “linha do solo”. A **Figura 1** ilustra o formato bidimensional típico da transformação espectral KT.

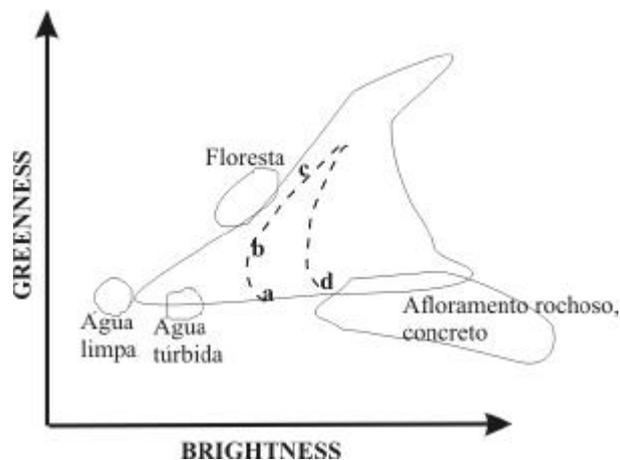


Figura 1. Formato típico do gráfico “tasseled cap” com a localização espectral de algumas classes de alvos. Os pontos (a) solo exposto, (b) desenvolvimento do dossel, (c) ápice do dossel e (d) senescência, descrevem a trajetória temporal dos pixels de uma cena agrícola.

Fonte: Adaptada de Crist e Cicone (1984, p.259).

A primeira transformação gerada por Kauth e Thomas (1976) utilizava dados do sensor MSS, que tinha uma banda na região do verde, uma na região do vermelho e duas bandas na região do infravermelho próximo. As componentes geradas foram denominadas de “brightness”, “greenness”, “yellowness” e “non-such”. Com o lançamento do Landsat-4 e a inclusão do sensor TM (“Thematic Mapper”) com 6 bandas refletivas, Crist e Cicone (1984b) relataram novas componentes no espaço hexadimensional, das quais as três primeiras, “brightness” (BR), “greenness” (GR) e “wetness” (WT) tinham significado prático, enquanto que as três componentes restantes, denominadas simplesmente de quarta, quinta e sexta, não. As equações das três primeiras componentes são descritas abaixo:

$$BR = 0,3037*tm1+0,2793*tm2+0,4743*tm3+0,5585*tm4+0,5082*tm5+0,1863*tm7$$

$$GR = -0,2848*tm1 -0,2435*tm2 -0,5436*tm3+0,7243*tm4+0,0840*tm5 -0,1800*tm7$$

$$WT = 0,1509*tm1+0,1973*tm2+0,3279*tm3+0,3406*tm4-0,7112*tm5-0,4572*tm7$$

A interpretação dos valores e sinais dos coeficientes das equações acima mostra que o índice “brightness”, relacionado à variação espectral dos solos, é a soma ponderada de todas as bandas. O “greenness”, relacionado ao vigor da vegetação, é a diferença entre o canal do infravermelho próximo e os canais do espectro visível e infravermelho médio¹. Já a componente “wetness” é o contraste entre o infravermelho médio e os demais canais.

Embora a transformação KT seja, efetivamente, uma transformação de coordenadas pela mudança de eixos, Crist e Cicone (1984a), assim como Mather (1999), lembram que a transformação KT não é equivalente à transformação de componentes principais. Na transformação de componentes principais, os parâmetros de transformação são definidos por relações estatísticas entre as bandas; conseqüentemente, os parâmetros podem variar de um conjunto de imagens espectrais para outro, assim como com a variação da distribuição estatística dos pixels em uma determinada banda. Na transformação KT os coeficientes são obtidos de dados independentes através de ortogonalizações sucessivas dos eixos, com o processo de Gram-Schmidt. Esse algoritmo é detalhadamente descrito por Jackson (1983).

Entre as utilidades da transformação, Mather (1999) afirma que ela provê um sistema de coordenadas com base física para interpretação de imagens agrícolas obtidas em diferentes estágios do ciclo agrícola.

Cohen et al. (1995), trabalhando com as florestas da região noroeste dos Estados Unidos, próxima ao Pacífico, observaram que a transformação tem potencial aplicação no mapeamento de espécies, idade e estrutura. Os índices “Greenness” e “Brightness”, segundo os autores, foram altamente sensíveis às variações espectrais dos tipos de cobertura, apesar da indesejável sensibilidade à topografia.

Outra aplicação bastante útil da transformação KT é no procedimento de normalização radiométrica de imagens. Para certas aplicações multitemporais é desejável eliminar o efeito variável da atmosfera e dos ângulos solares, assim como da degradação de detectores. Feições de refletância pseudo-invariantes, como rochas expostas e águas profundas, são ideais para tal procedimento. Pensando nisso, Hall et al. (1991) utilizaram as componentes “greenness” e “brightness” na localização de tais regiões com duas vantagens: (1) a transformação espectral proporciona a análise de n bandas num único produto, (2) o princípio da ortogonalidade entre as componentes garante que feições situadas em determinadas regiões do gráfico tenham pouca variação espectral (pseudo-invariantes). Como se pode observar na **Figura 2** os alvos claros e escuros da componente “brightness” estão situados em valores extremos de níveis de cinza. Na componente “greenness” os alvos claros estão ligeiramente acima dos escuros, já que os altos valores de “greenness” são de pixels vegetados, que são muito variantes temporalmente.

¹ Pequenos valores positivos podem ser encontrados na banda 5 (Crist e Cicone 1984a,1984b).

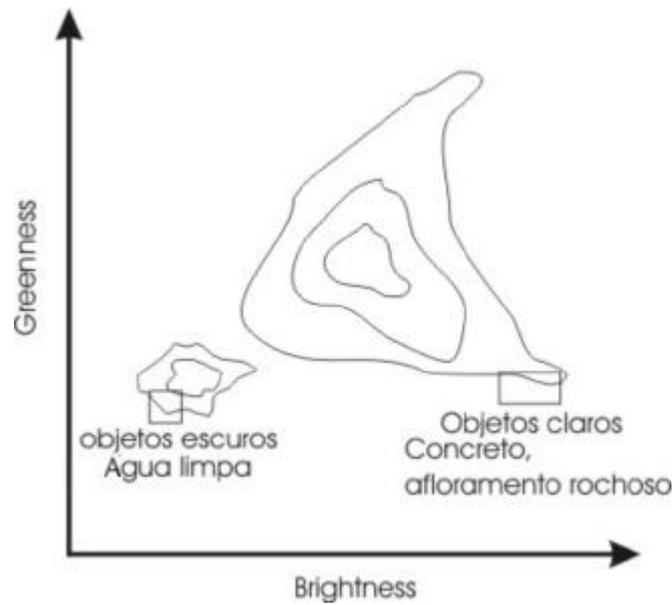


Figura 2. Dispersão “brightness” vs “greenness” ilustrando a localização típica dos objetos pseudo-invariantes (de controle radiométrico).

FONTE: Adaptada de Hall et al. (1991, p.14).

Para a geração dos coeficientes da transformação KT, observa-se na literatura uma grande variedade de procedimentos. Crist e Cicone (1984a), simularam as 6 bandas refletivas do sensor TM (com adição de atmosfera) a partir de dados de espectroradiometria utilizando 636 amostras de solo, sendo algumas do Brasil. No mesmo ano, Crist e Cicone (1984b) estimaram esses coeficientes com dados orbitais TM usando uma amostragem de três sub-cenas dos Estados de Iowa, Arkansas e Carolina do Norte em três diferentes datas, com um total aproximado de 13000 pixels. Huang et al. (2002) coletaram 2000 amostras aleatórias de cada uma das 10 diferentes imagens ETM+ dos Estados da Virginia, Nebraska, Oregon e Utah, adquiridas entre os meses de julho e dezembro de 1999. No entanto, Mather (1999) afirma que: “A componente “brightness” (do TM) foi definida para amostras de solos da América do Norte, logo a aplicação da transformação, em cenas agrícolas de outras partes do mundo, poderá não ser bem sucedida se a posição do eixo “brightness” não corresponder às características de refletância do solo local”. Além disso, as condições de iluminação são diferentes daquelas encontradas aqui assim como o efeito atmosférico é diferente. Como a atmosfera afeta diferentemente as bandas do sensor, é esperado que condições atmosféricas diferentes afetem diferentemente os coeficientes obtidos. O objetivo desse trabalho é gerar os coeficientes para as transformações “greenness” e “brightness” para uma região com predominância de solos escuros, principalmente Latossolos Roxos, localizada no Norte do Estado de São Paulo.

3. Material e Métodos

Calibraram-se as imagens do sensor ETM+ da safra de verão 2001/2002 da órbita/ponto 220/74 de acordo com os parâmetros de alto ou baixo ganho de radiância sugeridos na página eletrônica http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_htmls/chapter11/chapter11.html, obtendo-se as imagens de reflectância aparente de acordo com a equação:

$$\mathbf{r}_{ap} = \frac{L^* \mathbf{p}^* d^2}{E^* \cos \theta_z}, \text{ onde } \rho_{ap} \text{ é a reflectância aparente, } L \text{ a radiância, } d \text{ é a distância Terra-}$$

Sol em unidades astronômicas, E a irradiância solar, e θ_z o ângulo zenital solar.

O procedimento permitiu gerar, no ambiente Spring, uma grade numérica de reflectância. Foi criado um modelo cadastral para posterior extração de atributos estatísticos por polígono. Com a imagem de agosto de 2001, na composição 3B4R5G carregada ao fundo, construíram polígonos vetoriais 3x3 pixels. Nesta imagem foram coletadas amostras de pixels em áreas de solo seco, enquanto que as amostras de solo úmido foram coletas na imagem de março de 2002, numa composição 4R5B7G principalmente sob os sistemas de pivô central, facilmente identificáveis. As amostras de vegetação vigorosa foram obtidas na imagem de fevereiro de 2002, com uma composição 3B4R5G, sobre culturas de soja, cana e milho. Foram amostrados 581 polígonos (objetos espaciais) de cada uma das classes: solo úmido, solo seco, vegetação vigorosa.

O objeto não espacial (tabela de valores) foi exportado para o ambiente da planilha eletrônica - Excel - e a média (3x3 pixels) de cada cobertura: solo seco, solo úmido e vegetação vigorosa, foi obtida para as 6 bandas refletivas.

Após a multiplicação de cada média por 100, o procedimento de ortogonalização de Gram-Schmidt foi executado e os coeficientes para as componentes "greenness" e "brightness" geradas. Ao final da ortogonalização os coeficientes de "greenness" e "brightness" foram multiplicados banda a banda e somados conforme descrito em Jackson (1983) para a conferir a ortogonalidade entre os vetores, ou seja, somatório igual a zero.

4. Resultados e Discussão

Conforme mencionado por Crist e Cicone (1984b), a transformação KT permite entender as contribuições banda a banda para a cena de interesse, além de comprimir os dados e extrair um significado físico a partir delas. Para uma cena agrícola com predominância de solos claros, a adição de vegetação traz pouco acréscimo na região do infravermelho próximo, mas traz bastante decréscimo na região do visível, resultante da absorção desses comprimentos de onda por pigmentos fotossintéticos. Para solos de baixa reflectância o incremento de vegetação alterará menos a refletância no visível, mas o espalhamento múltiplo resultante dos tecidos vegetais traz um aumento substancial na região do infravermelho próximo. Na **Tabela 1** temos os valores para os coeficientes obtidos na literatura como os coeficientes gerados para a cena 220/74 em estudo. Estes dados são ilustrados graficamente na **Figura 3**.

A grande diferença nos coeficientes de "Brightness" mostra que, realmente, as condições de solo do Brasil para as quais foram obtidos os dados da cena 220/74 são diferentes daquelas obtidas para solos da América do Norte. Embora nem Crist e Cicone (1984b) nem Huang et al. (2002) descrevam a variabilidade de solos nas respectivas cenas de estudo, as 636 amostras utilizadas por Crist e Cicone (1984a) apresentam um comportamento semelhante.

A cena 220/74 em estudo é bastante homogênea quanto ao tipo de solo e variabilidade de reflectância e, por conseguinte, os coeficientes, são muito influenciados pela variação de umidade.

Para os coeficientes de "Greenness" os valores obtidos neste trabalho são semelhantes aos obtidos da literatura, com uma pequena diferença nas bandas 1, 2 e 3. A semelhança nos coeficientes faz sentido porque a componente "Greenness" deve conter informações da vegetação, com pouca influência do tipo ou condição de solo. Daí é de esperar que os valores dos coeficientes sejam semelhantes para quaisquer condições em que estes forem obtidos.

Tabela 1 – Valores dos coeficientes para as componentes “greenness” e “brightness” de três trabalhos da literatura em comparação com os resultados obtidos para a cena 220/74, do Brasil.

Trabalho	Sensor	“Brightness”					
		Banda					
		1	2	3	4	5	7
Crist e Cicone (1984a)	TM(simulado)	0,3318	0,3312	0,5518	0,4251	0,4809	0,2525
Crist e Cicone (1984b)	TM	0,3037	0,2793	0,4743	0,5585	0,5082	0,1863
Huang et al. (2002)	ETM+	0,3561	0,3972	0,3904	0,6966	0,2286	0,1596
Cena 220/74	ETM+	0,0143	0,0657	0,2150	0,1805	0,5388	0,7914
Trabalho	Sensor	“Greenness”					
		Banda					
		1	2	3	4	5	7
Crist e Cicone (1984a)	TM(simulado)	-0,2472	-0,1626	-0,4064	0,8549	0,0549	-0,1175
Crist e Cicone (1984b)	TM	-0,2848	-0,2435	-0,5436	0,7243	0,0840	-0,1800
Huang et al. (2002)	ETM+	-0,3344	-0,3544	-0,4556	0,6966	-0,0242	-0,2630
Cena 220/74	ETM+	-0,0176	-0,0270	-0,1965	0,9374	0,1365	-0,2508

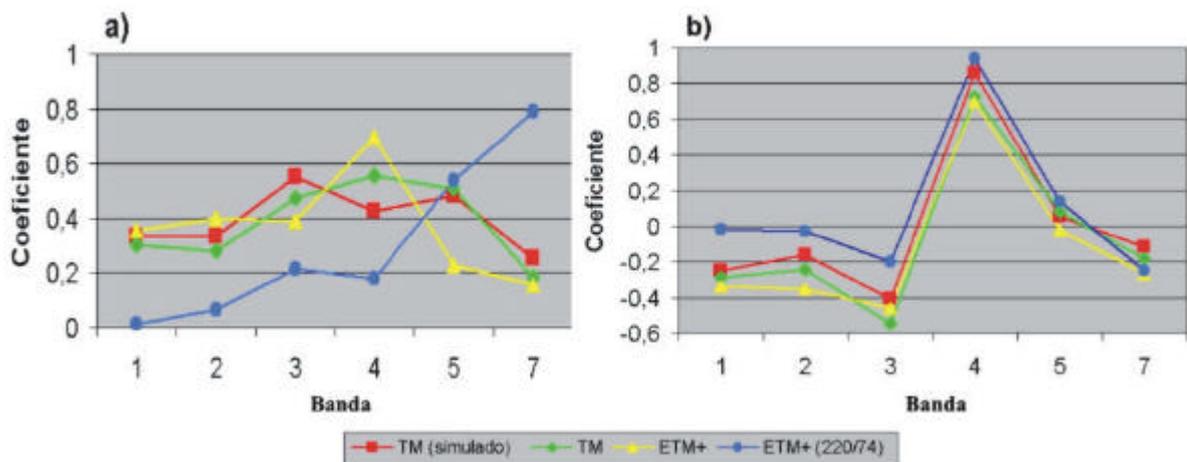


Figura 3. Valores dos coeficientes para as componentes "Brightness"(a) e "Greenness" (b) obtidos para a cena 220/74 (ETM+ atual) com valores obtidos na literatura.

5. Conclusões

Neste artigo ficou demonstrado que os valores dos coeficientes de "Brightness" obtidos para uma região com Latossolo Roxo são diferentes daqueles obtidos para solos da América do Norte, embora os coeficientes publicados para esta região vêm sendo largamente utilizados. Os coeficientes para a componente "Greenness" não tiveram grandes diferenças com relação àqueles obtidos para as culturas em boa parte semelhantes quanto ao seu desenvolvimento.

Os resultados aqui encontrados ilustram que deve existir precaução na utilização dos coeficientes, principalmente se existir um único tipo de solo, particular a uma certa região. Portanto, é necessário que estes coeficientes sejam determinados para a região onde se pretende aplicar estas transformações.

Sugere-se um maior aprofundamento no entendimento dos fatores que levam a uma alteração dos coeficientes em função dos diferentes tipos e condições de solos ou substratos.

Referências

- Cohen, W. B.; Spies, T. A.; Fiorella, M. Estimating the age and struture of forests in a multi-ownership landscape of western Oregon, U.S.A. *International Journal of Remote Sensing*. v.16, n.4, p.721-746, 1995.
- Crist, E. P.; Cicone, R. C. A physically-based transformation of Thematic Mapper data – the TM tasseled cap, *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. GE-22, n.3, p. 256-263, 1984b.
- Crist, E. P.; Cicone, R. C. Application of the tasseled cap concept to simulated Thematic Mapper data, *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v.50, n.3, p. 343-352, 1984a.
- EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação dos solos*. CNPS, Rio de Janeiro, 1999, 412p.
- Hall, F. G.; Strebel, D. E.; Nickeson, J. E.; Goetz, S. J. Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multidade, multisensor images. *Remote Sensing of Environment*, v. 35, n.1, p. 11- 27, 1991.
- Huang, C.; Wylie, B.; Yang, L.; Homer, C.; Zylstra, C. *Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance*. USGS. Disponível em: < <http://landcover.usgs.gov/pdf/tasseled.pdf> >. Acesso em: 10 mar. 2002.
- Jackson, R. D. Spectral indices in n-space. *Remote Sensing of Environment*, v.13, n.5, p.409-421, 1983.
- Kauth, R. J.; Thomas, G. S. The tasseled cap – a graphic description of the spectral-temporal development of agricultural crops as seen in Landsat. In: *Symposium on Machine Processing of Remotely Sensed Data*. West Lafayette, jun, 1976. Proceedings. West Lafayette, Indiana, 1976, p.41-51.
- Mather, P.M. *Computer processing of remotely-sensed images – an introduction*. Midsomer Norton, Wiley, 1999, 292p.
- Richards, J. A.; Jia, X. *Remote sensing digital image analysis – an introduction*. Germany, Springer, 2000, 363p.