

## Coeficientes das componentes *greenness*, *brighness* e *wetness* da transformação Tasseled Cap para chernossolos da província de Buenos Aires, Argentina.

Gerardo Kuntschik<sup>1</sup>  
José Marinaldo Gleriani<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade de São Paulo - EACH  
Av. Arlindo Bettio, 1000, Ermelino Matarazzo  
03828-000 000 – São Paulo - SP, Brasil  
gkuntschik@usp.br

<sup>2</sup> Universidade Federal de Viçosa - UFV  
36571-000 - Viçosa - MG Brasil  
gleriani@ufv.br

**Abstract.** This paper presents the research which objective is the determination of the values of brightness, greenness and wetness coefficients for Tasseled Cap transformation for Landsat TM and ETM+ images of the North of Buenos Aires Province, Argentina. The results indicate that the coefficient values determined for USA conditions, which are widely used around the world, are not appropriated for the study area. The values found were also compared with the ones determined for Brazil and they also showed to be different.

**Palavras-chave:** Tasseled Cap, Chernossolos, Chernosoils.

### 1. Introdução

As transformações espectrais têm sido freqüentemente empregadas pelos usuários de imagens obtidas por sensores orbitais, tanto para reduzir a dimensão dos dados armazenados, como para realçar espectralmente as feições de interesse representadas na imagem (Richards e Jia, 1998). Dentre as transformações utilizadas, a transformação *Tasseled Cap*), apresenta como resultado “n” componentes os quais são ponderações das bandas espectrais dos sensores utilizados. Os coeficientes para essas ponderações são específicos para cada sensor, para a grandeza radiométrica utilizada e para o tipo de solo da região. No entanto, os coeficientes calculados para os Estados Unidos de Norte América, EUA, vêm sendo utilizados para realizar estas transformações em outros países. O objetivo do presente trabalho é obter os coeficientes das componentes *greenness* e *brighness* para os dados de refletância planetária para as cenas 225/84 e 226/84 dos sensores TM e ETM+ dos satélites Landsat 5 e 7 respectivamente e identificar se os valores assim determinados diferem dos calculados para os EUA. As imagens utilizadas no presente trabalho abrangem o Norte da Província de Buenos Aires, principal região produtora de grãos da Argentina. Os solos dessa região são férteis e se classificam como molisols (Codagnone e Salazar Lea Plaza, 1993), Chernossolos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2006), tendo se desenvolvido a partir de sedimentos de origem eólica que formaram o loess pampeano (Pereyra, 2004). Sua textura é siltosa e são ricos em nutrientes e matéria orgânica. Além dessas características físicoquímicas, a região apresenta um relevo plano o que torna os solos facilmente mecanizáveis.

### 3. Fundamentação Teórica

Dentre as transformações espectrais existentes, a transformação *Tasseled Cap*, também conhecida como transformação “KT” em homenagem aos autores Kauth e Thomas (1976), é bastante utilizada pelos usuários de dados de sensores orbitais. A transformação é obtida com a rotação dos eixos dos atributos espectrais e a translação da origem. O resultado desta transformação é um conjunto de imagens, na primeira das quais está maximizada a resposta do solo, na segunda a da vegetação e na terceira a vegetação senescente. Inicialmente proposta para o espaço tetra-dimensional a partir de imagens geradas pelo sensor MSS (*Multispectral Scanner*) dos satélites da série Landsat, os coeficientes correspondentes também já foram propostos para os sensores TM (Crist e Cicone, 1984b) e MODIS (Zhang *et al.*, 2002).

Além das particularidades devidas ao sensor (número e largura das bandas), a transformação já foi proposta com os coeficientes específicos para diferentes formas de dados com vários significados físicos diferentes como número digital (DN) (Crist e Cicone, 1984b), fator de refletância (Crist, 1983) e reflectância planetária (Huang *et al.*, 2002). Embora o fator de refletância e a reflectância aparente sejam equivalentes, Huang *et al.* (2002) sugerem a utilização da reflectância aparente uma vez que os dados de fator de reflectância, coletados mediante determinações no campo, têm efeito atmosférico quase nulo e a utilização desses coeficientes exigiria correções atmosféricas confiáveis, sendo que os dados para realizá-las nem sempre estão disponíveis. Além disso, a transformação dos dados para reflectância aparente, minimizaria os efeitos direcionais da geometria de iluminação.

Outro fator que altera os valores dos coeficientes da ponderação é o comportamento espectral dos diferentes tipos de solos. Mather (1999), menciona que os coeficientes das componentes têm sido publicados para algumas regiões específicas do Globo, principalmente para solos da América do Norte e, a posição do eixo *brightness* pode não representar adequadamente a refletância característica de uma área em particular. Como as outras componentes (*brighthness*, *wetness*, etc) são ortogonalizações sucessivas a partir da primeira, os valores dos coeficientes das componentes também não seriam adequados para uma determinada região em particular. Baret *et al.* (1993) mostram que, devido à variação dos tipos de solos, a diferença de inclinação das “linhas”, no espaço bi-dimensional *vermelho x infravermelho próximo* para diferentes tipos de solos, ilustram a impossibilidade de existir uma linha de solo única. Vários autores (Jackson *et al.*, 1980; Huete *et al.*, 1984) ao descreverem a influência dos solos na separação da resposta espectral da vegetação, recomendam determinar os valores dos parâmetros espectrais específicos para as regiões de estudo. Gleriani *et al.* (2003) publicaram os coeficientes das componentes *greeneess* e *brighthness* para a cena 220/74 com predomínio de Latossolo Roxo. O objetivo do presente trabalho é calcular os coeficientes de ponderação para solos da região Norte da Província de Buenos Aires, Argentina, a principal área produtora de grãos do país e identificar se os valores assim determinados diferem dos calculados para os EUA.

### 3. Material e Métodos

Quatro cenas, duas do sensor TM Landsat-5 e duas do sensor ETM+ Landsat-7 das órbitas/ponto 225/84 e 226/84 foram utilizadas nesse estudo. As cenas abrangem a principal região produtora de grãos da Argentina, cujo solo predominante é da ordem Chernossol. Na área cultiva-se, principalmente, girassol, soja, e milho em verão e trigo no inverno. A atividade pecuária também é importante na região, principalmente para produção de leite que abastece as grandes cidades presentes lá. A área de estudo está compreendida dentro do

retângulo envolvente delimitado pelas coordenadas: 33°39'16"S; 61°06'00"W e 35°33'43"S; 57°59'37"W.

Foram calculados os valores de refletância planetária ( $\rho$ ) para cenas do sensor ETM+ 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](http://ltpwww.gsfc.nasa.gov/IAS/handbook/handbook_htmls/chapter11/chapter11.html). Para as cenas TM utilizaram-se os valores de reflectância aparente publicados por Chander e Markhan (2003) de acordo com a equação:

$$\rho_{ap} = \frac{L * \pi * d^2}{E * \cos \theta_z}$$

onde  $\rho_{ap}$  é a reflectância planetária, L a radiância (W/m<sup>2</sup>.sr), d é a distância Terra-Sol em unidades astronômicas, E a irradiância solar (W/m<sup>2</sup>), e  $\theta_z$  o ângulo zenital solar.

O trabalho foi realizado em ambiente SPRING 4.2. Aproximadamente 38.000 pixels foram selecionados em um plano de informação cadastral tendo ao fundo a composição 3B4R5G com realce de contraste, uma grade numérica de reflectância aparente. Todos os valores obtidos para a reflectância aparente de alvos escolhidos (vegetação vigorosa, vegetação sensecente, solo seco e úmido) foram extraídos do gerenciador de banco de dados Access e exportados para uma planilha de cálculos Excel onde foi realizada a transformação de Gramm-Schmidt descrita por Jackson (1983). Ao final da ortogonalização os coeficientes obtidos de *greenness*, *brightness* e *wetness* foram multiplicados e somados para verificação da condição de ortogonalidade dos eixos (Jackson, 1983).

#### 4. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos no presente trabalho indicam que os valores dos coeficientes de *brightness* calculados para a região Norte da Província de Buenos Aires, Argentina, apresentam um comportamento similar daqueles obtidos para solos da América do Norte por Huang *et al.* (2002), para as cinco primeiras bandas refletivas dos sensores TM e ETM+, não sendo assim para a banda 7. Nesta última, o valor determinado para a área de estudo do presente trabalho, é menor que o da banda 5, enquanto que Huang *et al.* (2002) encontraram que o valor maior de *brightness* está associado à banda 7. Embora o comportamento nas cinco primeiras bandas mostra uma tendência similar em ambos trabalhos, como pode se observar na **Figura 1**, os valores para cada banda, não entanto, são diferentes. Quando comparados com os valores calculados para o Norte do Estado de São Paulo e Sul de Minas Gerais por Gleriani *et al.* (2003), os resultados encontrados para o Norte da Província de Buenos Aires apresentam diferenças tanto na tendência quanto dos valores. Os valores dos coeficientes encontrados para solos dos Estados de SP e MG são mais altos que os encontrados tanto por Huang *et al.* (2002) quanto no presente trabalho, provavelmente devido a que os solos nessa região do Brasil são mais claros que os das regiões de estudo dos outros dois trabalhos.

Na **Tabela 1** são apresentados os valores dos coeficientes de *brightness* calculados no presente trabalho. Também são apresentados os valores determinados para EUA (Huang *et al.* 2002) e para Brasil (Gleriani *et al.* 2003).

Tabela 1 – Valores dos coeficientes para a componente *brightness* determinado para a zona Norte da Província de Buenos Aires, Argentina. Também se apresentam os valores para uma área do Brasil (Gleriani *et al.* 2003) e de várias áreas nos EUA (Huang *et al.* 2002).

<i>Autor</i>	<i>Área</i>	<i>Valores de brightness</i>					
		Banda					
		1	2	3	4	5	7
Presente trabalho	Argentina	0,1646	0,1675	0,1709	0,3489	0,6915	0,5618
Gleriani <i>et al.</i> (2003)	Brasil	0.3561	0.3972	0.3904	0.6966	0.2286	0.1596
Huang <i>et al.</i> (2002)	EUA	0,0143	0,0657	0,2150	0,1805	0,5388	0,7914

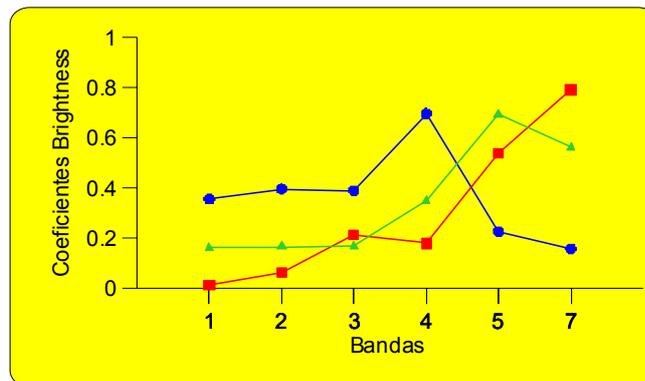


Figura 1. Valores dos coeficientes para a componente *brightness* para o presente trabalho (em verde), para Brasil (Gleriani *et al.*, 2003) em azul, e para os EUA (Huang *et al.*, 2002) em vermelho.

Os coeficientes determinados no presente trabalho para o componente *greenness* apresentaram comportamento similar aos calculados por Huang *et al.* (2002) e por Gleriani *et al.* (2003), segundo ilustra a **Figura 2**. Possivelmente isto seja devido a que as culturas presentes nas regiões onde foram desenvolvidos os três trabalhos sejam similares e por isto apresentem respostas semelhantes durante o seu ciclo de desenvolvimento. Os valores, não entanto, foram maiores para todas as bandas no trabalho desenvolvido por Huang *et al.* (2003) e menores no de Gleriani *et al.* (2003), enquanto que os valores dos coeficientes determinados no presente trabalho para as seis bandas refletivas dos sensores TM e ETM+ apresentaram valores intermédios entre os dos dois trabalhos citados anteriormente.

Tabela 2 – Valores dos coeficientes para o componente *greenness* determinado para a zona Norte da Província de Buenos Aires, Argentina. Também se apresentam os valores para uma área do Brasil (Gleriani *et al.* 2003) e de várias áreas nos EUA (Huang *et al.* 2002)

<i>Autor</i>	<i>Área</i>	<i>Valores de greenness</i>					
		Banda					
		1	2	3	4	5	7
Presente trabalho	Argentina	-0,1948	-0,1842	-0,3502	0,8237	0,0488	-0,3529
Gleriani <i>et al.</i> (2003)	Brasil	- 0.3344	-0.3544	- 0.4556	0.6966	- 0.0242	-0.2630
Huang <i>et al.</i> (2002)	EUA	-0,0176	-0,0270	-0,1965	0,9374	0,1365	-0,2508

Na **Tabela 2** são apresentados os valores dos coeficientes de *greenness* calculados no presente trabalho. Também são apresentados os valores determinados para EUA (Huang *et al.* 2002) e para Brasil (Gleriani *et al.* 2003).

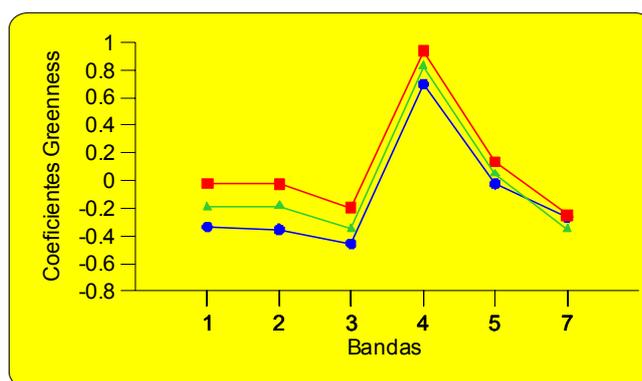


Figura 2. Valores dos coeficientes para a componente *greenness* para o presente trabalho (em verde), para Brasil (Gleriani *et al.*, 2003) em azul, e para os EUA (Huang *et al.*, 2002) em vermelho

Embora os valores dos coeficientes determinados no presente trabalho para a componente *wetness* difiram numericamente dos calculados por Huang *et al.* (2002), eles apresentaram comportamento com tendência similar, como estão listados na **Tabela 3**. Os valores dos coeficientes aumentam da banda 1 à 3, enquanto que decrescem da banda 3 à 5. A tendência de decréscimo dos valores do coeficiente neste trabalho continua para a banda 5, enquanto que os valores determinados por Huang *et al.* (2002) apresentam um ponto de inflexão na banda 4, aumentando levemente a partir daí. Quando comparados os valores do presente trabalho com os determinados por Gleriani *et al.* (2003), os dois conjuntos de coeficientes mostram um comportamento notadamente diferente, sendo que os valores determinados por estes autores para Brasil apresentam uma tendência decrescente desde a banda 1 até a banda 4, a que apresenta o menor valor, e aumenta a partir desse ponto mostrando valores mais altos para a banda 5, como pode ser observado na **Figura 3**.

Tabela 3 – Valores dos coeficientes para a componente wetness determinado para a zona Norte da Província de Buenos Aires, Argentina. Também se apresentam os valores para uma área do Brasil (Gleriani et al. 2003) e de várias áreas nos EUA (Huang et al. 2002)

<i>Autor</i>	<i>Área</i>	<i>Valores de wetness</i>					
		Banda					
		1	2	3	4	5	7
Presente trabalho	Argentina	0,0302	0,4868	0,7289	0,2942	-0,1833	-0,3327
Gleriani <i>et al.</i> (2003)	Brasil	0.2626	0.2141	0.0926	0.0656	-0.7629	-0.5388
Huang <i>et al.</i> (2002)	EUA	0,1971	0,2676	0,8883	0,1786	-0,1935	-0,1761

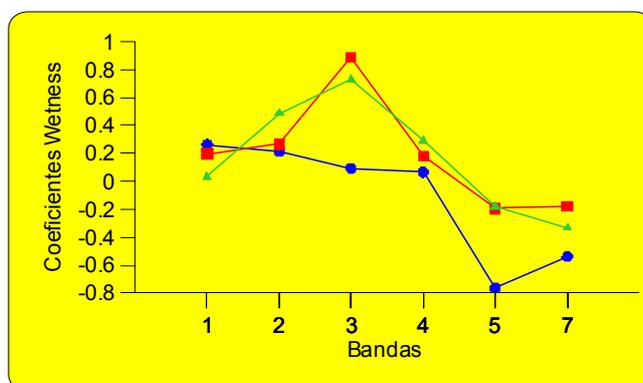


Figura 3. Valores dos coeficientes para a componente wetness para o presente trabalho (em verde), para Brasil (Gleriani et al., 2003) em azul, e para os EUA (Huang et al., 2002) em vermelho

Estes resultados indicam a necessidade de utilizar coeficientes adequados para cada região de estudo, principalmente para a componente *brightness*, pois apresenta variabilidade importante e devido a que os valores dos coeficientes dos outros componentes são calculados em função desta, já que devem ser sucessivamente ortogonais. Assim salienta-se a não conveniência do emprego generalizado dos valores calculados para os solos e condições dos EUA, os quais, embora às vezes apresentem uma tendência similar, diferem nos valores numéricos.

## 5. Referências

- Baret, F.; Jacquemoud, S.; Hanocq, J.F. The soil line concept in remote sensing. *Remote Sensing Reviews*, v.7, n.1, p.65-82. 1993.
- Chander, G.; e Markham, B. Revised Landsat-5 TM radiometric calibration procedures and postcalibration dynamic range. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, v. 41, n.11, p. 2674-2677. 2003.
- Codagnone, R.E.; Salazar Lea Plaza, J.C. *Mapa de Suelos de la República Argentina*. Escala 1: 2.500.000. Instituto de Suelos, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. Bs. As. Argentina. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. 1993.
- Cohen, W. B.; Spies, T. A.; Fiorella, M. Estimating the age and structure 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.
- Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. *Sistema Brasileiro de classificação de solos*, SiBCS. EMBRAPA Solos. <http://www.cnps.embrapa.br/sibcs/>. Consulta em 13 de novembro de 2006.
- Gleriani, J.M.; Antunes, M.A.H.; Epiphanyo, J.C.N. Coeficientes da transformação espectral Tasseled Cap para uma cena com predomínio de latossolo roxo. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 11., 2003, Belo Horizonte. *Anais*. São José dos Campos: INPE, 2003. Artigos, p. 101-107. CD-ROM. Disponível em: [http://mar.te.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.17.23.25.56/doc/01\\_353.pdf](http://mar.te.inpe.br/col/ltid.inpe.br/sbsr/2002/11.17.23.25.56/doc/01_353.pdf)
- Huang, C.; Wylie, B.; Yang, L.; Homer, C.; Zylstra, G. Derivation of a tasseled cap transformation based on Landsat 7 at-satellite reflectance. *International Journal of Remote Sensing*, v. 23, n. 8, p.1741–1748, 2002.
- Huete, A.R.; Post, D.F.; Jackson, R.D. Soil spectral effects on 4-space vegetation discrimination. *Remote Sensing of Environment*, v.15, n.2, p.155-165, 1984.
- Jackson, R. D. Spectral indices in n-space. *Remote Sensing of Environment*, v.13, n.5, p.409-421, 1983.
- Jackson, R.D.; Pinter Jr, P.R.; Reginato, R. J.; Idso, S.B. *Hand-Held Radiometry – a set of notes developed for use at the workshop on hand-held radiometry*. Phoenix, Ariz, Fev 25-26, 1980, 66p.
- 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.
- Pereyra, F.X. Geología urbana del área metropolitana bonaerense y su influencia en la problemática ambiental. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. v. 59, n. 3, p. 394-410. 2004.
- Richards, J. A.; Jia, X. *Remote sensing digital image analysis – an introduction*. Germany, Springer, 2000, 363p.
- Zhang, S.; Schaaf, C.B.; Friedl, M.A.; Strahler, A.H.; Gao, F.; Hodges, J.C.F. MODIS Tasseled Cap transformation and its utility. In: Geoscience and Remote Sensing Symposium - IGARSS 2002, Toronto, Canadá. *Artigos*, p.1063-1065. CD-ROM, On-line. ISBN: 0-7803-7536-X. Disponível em: <[http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs\\_all.jsp?arnumber=1025776](http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=1025776)>. Acesso em 12 out. 2006.