



Estimativa de produtividade agroindustrial de cana-de-açúcar através de dados espectrais Etm+ /Landsat 7

Caio Fortes

Engenheiro Agrônomo, Coordenador de Qualidade Agrícola, Usina Itacema

José Alexandre M. Demattê

Professor do Dep. Ciência do Solo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

Aline Marques Genú

Doutoranda do Dep. Ciência do Solo, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com uma área plantada de 4,8 milhões de ha que geram em média 310 milhões de toneladas de cana, 12 milhões de m³ de álcool e 20 milhões de toneladas de açúcar/safra (FAO, 2005). O Estado de São Paulo é responsável por 57% desta produção e participa com 52% da área canavieira nacional e, levantamentos de área ocupada e produtividade da cultura têm grande importância para o planejamento e estimativa de safras. Os métodos vigentes de estimativa de produtividade são onerosos e exigem pessoal capacitado, neste aspecto o sensoriamento remoto orbital demonstra grande potencial em levantamentos das áreas da cultura, identificação de variedades e estimativas de produção. O objetivo deste trabalho foi testar metodologias para estimar a produtividade agroindustrial da cana-de-açúcar pelo sensor ETM+ do Landsat 7

A área de estudo localiza-se a oeste do estado de São Paulo e abrange os municípios de Paraguaçu Paulista, Iepê e Maracáí. Foram utilizados dados referentes a 70 talhões, numa área de 764 ha de cana-de-açúcar da variedade RB835486 e de mesmo estágio de corte (1º corte). Utilizaram-se as seis bandas da imagem do sensor ETM+ do Landsat 7 e foram criados seis índices de vegetação (IV's) à saber: NDVI, GVI, SAVI, RVI, RATIO e GNDVI (Thenkabail et al., 2002). Foram testados dois métodos para aquisição dos dados espectrais de cada talhão: No primeiro, o valor espectral médio de cada talhão foi obtido a partir da média aritmética do valor de reflectância dos pixels dos talhões em cada uma das seis bandas do sensor ETM+ /Landsat 7. No segundo, o valor espectral do

talhão foi representado pela média ponderada de sete classes espectrais distintas geradas através de uma classificação não supervisionada, com o intuito de mapear diferenças espectrais dos talhões e conseqüentemente do dossel.

Foram geradas equações de regressão múltipla dos dados espectrais para estimar a produtividade (Mg ha⁻¹) e características tecnológicas da matéria prima dos talhões (Brix^o, pol % caldo, pol % cana, fibra %, umidade %, pureza %, e impureza %), utilizando como variáveis independentes os valores médios de reflectância das bandas do sensor ETM+ Landsat 7 e dos índices de vegetação. Esta análise foi realizada a partir do procedimento REG do Statistical Analysis System (SAS, 1999) e a seleção de variáveis através do método *stepwise*.

Na tabela 1 encontram-se as equações de regressão múltipla, obtidas através dos dados orbitais ETM+ /Landsat 7 para estimar as características agroindustriais da cana-de-açúcar utilizando-se duas metodologias de amostragem de dados espectrais dos talhões, a de médias ponderadas (MP) e médias aritméticas (MA). Verificou-se que é possível estimar a produtividade agroindustrial da cana-de-açúcar através de dados orbitais do ETM+ /Landsat 7. As características agroindustriais da cana-de-açúcar foram estimadas com R² = 0,69 para a produtividade agrícola (TCH) e, para os atributos tecnológicos, as melhores estimativas foram para pol % caldo (POL) e umidade % (UMD) com R² = 0,74 e 0,64 respectivamente. Ao nível científico, R² de 0,69 são adequados e mostram potencial. Se compararmos com estimativas realizadas por pessoal à campo, onde o erro é no máximo 5%, então já não atingem o objetivo final

que seria de não precisar dos trabalhos de campo. Entretanto, os valores deste trabalho indicam que pode-se obter de maneira preliminar informações das imagens para depois se juntar as informações de campo. A combinação entre dados de satélite e experiência de pessoal de campo deve ser estimulada.

Agradecimentos

À usina Cocal Açúcar e Álcool pelos recursos para elaboração deste trabalho; à FAPESP pelo auxílio pesquisa concedido (Processo nº 2002/09050-6) e a CAPES pela bolsa de mestrado do primeiro autor.

Referências

- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. FAO Statistical Databases. Acesso em 8 nov. 2003. Online. Disponível na Internet: <http://faostat.fao.org/faostat/>.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM INSTITUTE. SAS, Software: User's guide version 8.2. Cary, 1999, 291p.
- THENKABAIL, P.S. et al. Evaluation of narrowband and broadband vegetation indices for determining optimal hyperspectral wavebands for agricultural crop characterization. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, v.68, p. 607-621, 2002.

Tabela 1. Equações dos atributos agroindustriais de cana-de-açúcar, através dos dados espectrais e índices de vegetação coletados através de médias ponderadas (MP) aritméticas (MA) das classes.

Atributo ¹	Equações múltiplas ²	R ²
TCH_MP	$-245,35533 + 370,66313 \cdot \text{GNDVI} + 627,43077 \cdot \text{B5} - 142,30912 \cdot \text{RVI}$	0,52
TCH_MA	$79,96932 + 175,68365 \cdot \text{B1} - 218,78857 \cdot \text{B7} + 99,58704 \cdot \text{B2} + 0,48401 \cdot \text{GVI}$	0,69
BRX_MP	$19,52677 - 54,54382 \cdot \text{B7} + 83,29049 \cdot \text{B2}$	0,57
BRX_MA	$24,77456 - 0,11615 \cdot \text{B3} - 25,25997 \cdot \text{GNDVI} + 19,11095 \cdot \text{NDVI}$	0,56
POL_MP	$22,05346 - 85,86643 \cdot \text{B5} + 160,50223 \cdot \text{B2} + 10,81231 \cdot \text{RVI}$	0,59
POL_MA	$-2,02245 + 33,36035 \cdot \text{B4} + 41,56161 \cdot \text{B7} + 0,07215 \cdot \text{GVI} - 4,42690 \cdot \text{B1} + 18,37531 \cdot \text{B5} - 0,05947 \cdot \text{B3}$	0,74
PZA_MP	$94,17545 - 81,15965 \cdot \text{B5} - 44,63047 \cdot \text{B4} - 664,53352 \cdot \text{B1} + 422,97239 \cdot \text{B2}$	0,22
PZA_MA	$52,07146 - 15,09134 \cdot \text{B1} + 98,97828 \cdot \text{B7} + 93,72225 \cdot \text{B4}$	0,63
PCC_MP	$31,20568 + 39,90926 \cdot \text{B4} - 68,90294 \cdot \text{B5} - 24,03979 \cdot \text{NDVI}$	0,51
PCC_MA	$0,27723 + 24,84059 \cdot \text{B4} + 27,69974 \cdot \text{B7} + 0,04235 \cdot \text{GVI} - 0,05233 \cdot \text{B3} + 15,33849 \cdot \text{B5}$	0,62
UMD_MP	$96,33026 - 33,81490 \cdot \text{B4} + 74,28796 \cdot \text{GNDVI} + 195,02849 \cdot \text{B7} - 134,46210 \cdot \text{RVI} - 60,08821 \cdot \text{SAVI} + 0,03705 \cdot \text{GVI}$	0,63
UMD_MA	$39,39699 + 10,74727 \cdot \text{B1} - 44,05996 \cdot \text{B7} - 35,23630 \cdot \text{B4} + 47,20234 \cdot \text{GNDVI} + 43,23985 \cdot \text{RVI} + 0,12464 \cdot \text{B3} + 9,23120 \cdot \text{B2}$	0,64
FBR_MP	$2,40823 - 392,24611 \cdot \text{B1} + 197,39906 \cdot \text{B2}$	0,30
FBR_MA	$22,08966 - 11,32234 \cdot \text{B1} + 11,59922 \cdot \text{B7} - 8,39995 \cdot \text{B2} - 29,70479 \cdot \text{GNDVI} + 17,47679 \cdot \text{NDVI}$	0,42
IMP_MP	$-0,37110 + 6,90434 \cdot \text{RVI}$	0,10
IMP_MA	$3,28267 - 0,04796 \cdot \text{GVI}$	0,09

⁽¹⁾ TCH: Mg de cana ha⁻¹; BRX: Brix°; POL: pol % caldo; PZA: pureza %; PCC: pol % cana; UMD: umidade %; FBR: fibra %; IMP: impureza %. MP: médias ponderadas das classes; MA: médias aritméticas dos pixels;

⁽²⁾ Bandas do Sensor ETM+: B1 (450-520 nm); B2 (520-600 nm); B3 (630-690 nm); B4 (770-900 nm); B5 (1550-1750 nm); B7 (2090-2350 nm) e índices de vegetação (Thenkabail et al., 2002): NDVI = $(B4 - B3) / (B4 + B3)$; RATIO = $B3/B4$; GVI = $-0,24717 \cdot B1 - 0,16263 \cdot B2 - 0,40639 \cdot B3 + 0,85468 \cdot B4 + 0,005493 \cdot B5 - 0,11749 \cdot B7$; SAVI = $(1 + L)(B4 - B3) / (B4 + B3 + L)$, L = 0,5; RVI = NIR/Red; GNDVI = $(B4 - B2) / (B4 + B2)$.