

UTILIZAÇÃO DE IMAGENS PANCROMÁTICAS DO SATÉLITE IKONOS-II NA IDENTIFICAÇÃO DE PLANTIOS DE CAFÉ

GLÁUCIA MIRANDA RAMIREZ¹
JURANDIR ZULLO JUNIOR²
EDUARDO DELGADO ASSAD³
HILTON SILVEIRA PINTO²
JANSLE VIEIRA DA ROCHA¹
RUBENS CAMARGO LAMPARELLI²

¹FEAGRI – Universidade Estadual de Campinas
Caixa Postal 6011 - 13083-970 - Campinas - SP
glauucia@cpa.unicamp.br; jansle@agr.unicamp.br

²CEPAGRI/UNICAMP – Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas à Agricultura
CEP 13083-886 - Campinas - SP, Brasil
(jurandir; hilton; rubens)@cpa.unicamp.br

CNPTIA/EMBRAPA - Embrapa Informática Agropecuária
Caixa Postal 6041 - 13083-886 – Campinas - SP
assad@cnptia.embrapa.br

Abstract The work objectified the study of the increase of the space and radiometric resolutions of IKONOS-II panchromatic image in the identification of coffee plantations (*Coffea arabica*) in comparison with LANDSAT/ETM+ image. The analyzed images were efficient in coffee areas identification with different characteristics in field, and the image of IKONOS-II with reflectance value was who presented better result. The analyzed images were not efficient, independently of the used satellite for the coffee areas that presented same characteristics in the field. The atmospheric and radiometric corrections in the IKONOS-II image didn't provide gain in the accomplished analyses. More than the half of the identified coffee areas in the IKONOS-II image could be located in the LANDSAT/ETM+ image (68%). The significant correlation between band 3, 4 and 5 of LANDSAT/ETM+ and panchromatic IKONOS-II channel indicate a connection form between the images of the two satellites.

Keywords: coffee, IKONOS-II, LANDSAT/ETM+, remote sensing image.

1 Introdução

O Brasil contribui com cerca de 25% da produção mundial de café, o que corresponde aproximadamente a 5,1% do valor total das exportações brasileiras. O Estado de São Paulo, por exemplo, é um dos principais produtores de café do país, desempenhando papel fundamental no agronegócio cafeeiro devido à sua infra-estrutura portuária e também por possuir o maior parque industrial de café do país (EMBRAPA, 2000).

Inúmeros fatores podem intervir no preço de mercado do café, entre eles: níveis de produção, níveis de estoque e adversidade climática. Por isso, a obtenção de informações precisas, em tempo hábil e com baixo custo, sobre a extensão e o rendimento da cultura do café, são de grande importância para a economia do país.

Embora a necessidade de objetividade na determinação da área cultivada e dos níveis de produção na agricultura seja conhecida no Brasil, ainda não se dispõe de uma metodologia operacional nesse sentido e por isso a uma grande necessidade de ampliação das pesquisas visando a determinação objetiva das áreas de plantio e rendimento das culturas.

O uso de recursos de sensoriamento remoto orbital e geoprocessamento, representa significativo avanço para a obtenção de informações sobre dados da agricultura, dado o seu

caráter multiespectral, sua repetitividade, seu custo e por ser menos sujeito a erros de análise humana (EPIPHANIO et al, 1994; DALLEMAND et al, 1988). Sua aplicação no monitoramento da cultura do café torna-se cada vez mais importante, principalmente com a possibilidade do uso de sensores de melhor resolução espacial, espectral, temporal e radiométrica. Com o lançamento do satélite IKONOS-II, em 1999, surgiu uma nova perspectiva para a determinação da área plantada de culturas agrícolas com apoio de sensores remotos, devido à sua melhor resolução espacial (1m no modo pancromático) e radiométrica (11 bits), em comparação com os sistemas orbitais até então disponíveis.

A melhoria das resoluções espacial e radiométrica nas imagens de sensoriamento remoto proporcionará benefícios na identificação de plantios de café, visando a determinação da área plantada a ser utilizada em procedimentos de previsão de safra. O objetivo do trabalho foi avaliar o impacto do aumento da resolução espacial e radiométrica de imagens do IKONOS-II na identificação de plantios de café (*Coffea arabica*) em comparação com as imagens do LANDSAT/ETM+.

2 Material e Métodos

A área de estudo localiza-se no município de Pedregulho (coordenadas S 47,39° e W 20,20°). Esse município está localizado em uma das mais tradicionais regiões produtoras de café do Brasil: a Mogiana. A região possui altitudes que variam de 900m a 1000m, solos arenosos e produz café somente da espécie arábica, sendo que as variedades mais cultivadas são Mundo Novo e Catuaí.

Selecionou-se, dentro do município de Pedregulho, uma propriedade agrícola (Fazenda Taquari) que possui plantios de café com várias características. A Fazenda Taquari está localizada entre as seguintes coordenadas: (20°10'3.29"/20°12'36.41")S e (47°24'23.34"/47°22'31.12")W. Esta propriedade possui tradição na produção de grãos de café e representa adequadamente os plantios existentes na região, tendo sido escolhida através de consulta ao escritório da CATI (Coordenadoria de Assistência Técnica Integral) localizado na cidade de Franca. Dentro desta propriedade, foram selecionados 50 talhões com plantios de café, sendo levantados em campo dados referentes à altura, idade, espaçamento e variedade de cada talhão.

A altura foi agrupada em quatro classes, com diferença de 1m entre classes, sendo que os limites inferior e superior foram obtidos de acordo com a menor e maior altura de plantas encontradas nos talhões analisados. A idade também foi agrupada em quatro classes, com diferença de 1 ano entre as classes e os espaçamentos foram agrupados em duas classes, considerando, para tanto, somente o espaçamento entre linhas. As variedades existentes nos talhões avaliados são Mundo Novo, Catuaí, Icatu, Iapar, Obatã e Acaiá.

Foram utilizadas imagens dos satélites IKONOS-II e LANDSAT/ETM+ para obtenção das informações espectrais desses talhões. A imagem do IKONOS-II utilizada foi a do canal pancromático, com resolução radiométrica de 11 bits e 1m de resolução espacial, tendo como datum de referência o WGS-84, zona 23S. A imagem foi adquirida no dia 29/9/2000 às 12:55h sendo que o ângulo azimutal solar e do satélite foi de 64,32° e 86,6° respectivamente. O ângulo de elevação solar e do satélite foi de 54,85° e 50,6°, respectivamente.

A imagem do satélite LANDSAT/ETM+ foi obtida no dia 28/9/2000 às 12:48h, correspondente à órbita/ponto 220/074, com resolução radiométrica de 8 bits e 30m de resolução espacial. Foram utilizadas três bandas do espectro eletromagnético (bandas 3, 4 e 5). A data de aquisição das duas imagens corresponde à época em que os cafezais estão na fase de florescimento.

Para a correção radiométrica e atmosférica, foi utilizado o sistema computacional SCORADIS (Sistema de Correção Radiométrica de Imagens de Satélite) desenvolvido por

ZULLO JR (1994), que se baseia na teoria e os parâmetros atmosféricos calculados pelo Modelo 5S (TANRÉ et al., 1990). Posteriormente, foi realizada a coleta dos valores digitais da imagem pancromática do satélite IKONOS-II. Os valores de reflectância real foram coletados tanto para o canal pancromático do IKONOS-II como para as bandas 3, 4 e 5 do LANDSAT/ETM+. Os sistemas de tratamento de imagens digitais ENVI 3.4 e 3.5 (ENVI, 2000) foram utilizados para a extração desses valores.

Os 50 talhões levantados em campo foram identificados e selecionados primeiramente na imagem do IKONOS-II. A seleção dos talhões foi realizada deixando-se um pixel como borda para evitar a influência dos pixels vizinhos. Não ocorreu amostragem de pixels, mas sim a seleção de todos os pixels que compunham cada talhão, excluindo-se somente os pixels da borda.

Para selecionar de maneira automática os talhões na imagem do LANDSAT/ETM+, foi necessário o georreferenciamento desta imagem baseado na imagem do IKONOS-II. O georreferenciamento foi realizado a partir da escolha da imagem base (imagem que fornece as informações geográficas, ou seja, a do IKONOS-II) e da imagem a ser corrigida (LANDSAT/ETM+). Com a localização exata dos talhões na imagem LANDSAT/ETM+ foi realizada a exclusão dos pixels mais externos (1 pixel de toda a borda), evitando assim a influência dos pixels vizinhos. Foram considerados para análise os talhões que após a eliminação da borda continham no mínimo 10 pixels.

A análise estatística utilizada para avaliar os dados das imagens dos dois satélites foi o teste-t (teste de Tukey) para variáveis independentes. Cada talhão foi considerado como uma variável independente havendo portanto a comparação entre as médias de pares de talhões, com intervalo de confiança de 95% de probabilidade. Após a análise das médias em pares de talhões, foram realizados alguns cálculos para avaliar as imagens do IKONOS-II e do LANDSAT/ETM+, entre eles a determinação das similaridades e diferenças entre plantios de café, definidos através das propriedades levantadas em campo, e sua confirmação, ou não, nas imagens. A determinação da influência das propriedades levantadas em campo nas diferenças e similaridades espectrais registradas pelas imagens. Cálculo da porcentagem de talhões iguais em campo e diferentes nas imagens, iguais nas imagens e diferentes no campo e iguais no campo e nas imagens. E, posteriormente, foi realizada a avaliação da correlação existente entre os parâmetros culturais e a resposta espectral do cafeeiro, tendo como objetivo o entendimento da relação entre os parâmetros levantados em campo e as respostas espectrais da cultura.

3. Resultados e Discussão

Todos os 50 talhões existentes na propriedade foram identificados na imagem do IKONOS-II. Destes, 34 foram localizados de maneira automática na imagem do LANDSAT/ETM+, o que corresponde a 68% dos talhões existentes. Além do tamanho dos talhões, outra característica que não permitiu a identificação de alguns talhões na imagem do LANDSAT/ETM+ foi a forma geométrica deles.

Os talhões não identificados na imagem LANDSAT/ETM+ e suas respectivas áreas encontram-se especificados na **tabela 1**.

Tabela 1: Talhões não identificados na imagem do LANDSAT/ETM+ e suas respectivas áreas.

	Talhão															
	19	30	32	33D	43	51	1	3	22	28	48	53	6	52	25	27
Área(ha)	2,0	0,6	3,5	0,6	0,5	2,6	3,1	2,1	2,0	0,5	2,0	2,5	1,4	4,4	1,1	0,9

Dos talhões sem diferença estatística significativa entre suas médias, nas imagens, foram calculadas as porcentagens em que cada uma das propriedades levantada possuía a mesma característica para os pares de talhões, conforme pode ser observado na **tabela 2**.

Tabela 2: Porcentagem de talhões, sem diferença estatística entre suas médias, que estão na mesma classe em cada uma das quatro variáveis levantadas em campo.

Imagem	Variedade	Espaçamento	Altura	Idade
	%			
IKONOS-II – reflectância	38,8	83,3	33,3	61,1
IKONOS-II - valor de nível de cinza	33,3	83,3	38,8	66,6
LANDSAT - Banda 3	45,6	80,4	46,7	53,2
LANDSAT - Banda 4	37,5	91,6	42,7	58,3
LANDSAT - Banda 5	38,2	65,4	51,8	38,3

De acordo com estes resultados, tem-se que o espaçamento é o parâmetro que mais influenciou na não-diferenciação estatística dos talhões, sendo que a banda 4 foi a mais influenciada por esta propriedade.

Nas tabelas que se seguem símbolos representados por (= c), representam pares de talhões que possui todas as características levantadas em campo iguais; símbolos (\neq c), representam pares de talhões que possui, pelo menos, uma das características levantadas em campo diferentes; símbolos (= i) representam pares de talhões cujas médias não diferem entre si ao nível de 95% de probabilidade e símbolos (\neq i) representam pares de talhões cujas médias diferem entre si ao nível de 95% de probabilidade.

Na **tabela 3** encontram-se os resultados da análise da porcentagem de pares talhões diferentes ou similares em campo, e que nas que nas imagens suas médias possuem ou não diferença estatística significativas ao nível de 95% de probabilidade.

Tabela 3: Porcentagem de pares de talhões, similares no campo (=c) ou diferentes (\neq c), que apresentaram diferença estatística significativa entre suas médias na imagem (\neq i) ou não (=i).

Imagem	\neq c =i	=c \neq i	=c =i	\neq c \neq i
	(%)			
IKONOS-II - reflectância	1,6	100,0	0,0	98,0
IKONOS-II - valor de nível de cinza	1,5	98,8	1,1	98,0
LANDSAT - Banda 3	16,0	80,4	19,5	84,0
LANDSAT - Banda 4	17,0	82,9	17,0	84,4
LANDSAT - Banda 5	14,0	87,8	12,2	86,3

De acordo com os resultados da Tabela 3 tem-se que as porcentagens pares de talhões diferentes no campo e que são similares na imagem é 10 vezes maior nas bandas do LANDSAT do que no canal pancromático do IKONOS-II. E a porcentagem de pares de talhões diferentes no campo e diferentes na imagem é da ordem de 14 a 15 pontos superior na imagem do IKONOS-II em relação ao LANDSAT/ETM+. Estes resultados, certamente, estão diretamente relacionados com a melhoria da resolução espacial e radiométrica do IKONOS-II em relação ao LANDSAT/ETM+.

Na **tabela 4** encontram-se os resultados da análise da porcentagem de pares talhões em que suas médias possuem ou não diferença estatística significativa ao nível de 95% de probabilidade e que possuem características diferentes ou similares em campo de acordo com agrupamento realizado.

Tabela 4: Porcentagem de pares de talhões que apresentaram diferença estatística significativa entre suas médias na imagem ($\neq i$), ou não ($=i$), e que são similares no campo ($=c$), ou diferentes ($\neq c$).

Imagem	$=i \neq c$	$\neq i =c$	$=i =c$	$\neq i \neq c$
	(%)			
IKONOS-II - reflectância	100,0	7,2	0,0	92,8
IKONOS-II - valor de nível de cinza	94,4	7,1	5,6	92,9
LANDSAT - Banda 3	91,3	7,0	8,7	93,0
LANDSAT - Banda 4	92,7	7,3	7,3	92,7
LANDSAT - Banda 5	93,8	7,5	6,2	92,5

De acordo com os valores da Tabela 4, as porcentagens de pares de talhões cujas médias apresentaram diferença estatística significativa ($\neq i$) e que são iguais ($=c$) ou diferentes no campo ($\neq c$) são muito próximas, independentemente do satélite, da banda e do processamento realizado. No caso de porcentagens de pares de talhões cujas médias não apresentaram diferença estatística significativa ($=i$), os valores variaram um pouco mais, mas ainda ficaram bastante próximos um dos outros.

Na **tabela 5** encontram-se os resultados da correlação entre as características dos talhões analisados e a porcentagem de reflectância em cada banda espectral considerada.

Tabela 5: Correlação entre os parâmetros da cultura e a porcentagem de reflectância para as imagens.

	Espaçamento (m ²)	Altura (m)	Idade (anos)	B3 (%)	B4 (%)	B5 (%)	Ikonos(%)
Espaçamento (m ²)	1						
Altura (m)	0,26	1					
Idade (anos)	0,80*	0,61*	1				
B3(%)	-0,17	-0,56*	-0,32	1			
B4(%)	-0,13	-0,15	-0,18	-0,48*	1		
B5(%)	0,03	-0,26	0,07	0,62*	-0,06	1	
Ikonos (%)	-0,14	0,03	-0,15	-0,73*	0,81*	-0,48*	1

(*) nível de significância de 5%

Analisando os resultados da **tabela 5** é possível observar uma alta correlação entre os parâmetros espaçamento e idade. Esta alta correlação, positiva, já era esperada uma vez que plantios mais antigos ocupam uma área maior no campo devido a espaçamentos maiores.

A correlação positiva entre a altura e idade da planta também mostra que geralmente plantas mais altas são mais velhas. Isto, no entanto, não é regra na cultura do café devido ao número de podas realizadas nas lavouras.

A altura foi o único parâmetro que mostrou correlação significativa com uma das imagens analisadas. A correlação negativa da altura com a banda 3 do LANDSAT/ETM+ pode estar relacionada com a maior quantidade de fitomassa e com o sombreamento da cultura, acarretando uma menor reflectância da cultura nesta banda. Esta correlação assemelha-se à encontrada por LEONARDI (1990).

Um resultado importante que deve ser ressaltado na **tabela 5** é a correlação entre as bandas 3, 4 e 5 do LANDSAT/ETM+ e o canal pancromático do IKONOS-II que pode servir de ligação entre as duas imagens.

4. Conclusões

As imagens analisadas mostraram-se eficientes na identificação de talhões com características diferentes em campo, sendo que a imagem do canal pancromático do IKONOS-II, com valor de reflectância, foi a que teve melhor desempenho. Para os talhões com as quatro características (variedade, espaçamento, idade e altura) iguais em campo, as imagens analisadas não se mostraram eficientes, independentemente da banda temática considerada. Certamente, outros fatores que não foram considerados nas comparações, tais como o tipo de solo, a declividade média dos talhões e a orientação do declive, entre outros, deverão ser considerados em um processo de identificação de padrões a partir de amostras realizadas em campo ou na própria imagem. Dentre os talhões sem diferença estatística significativa entre suas médias, o espaçamento foi a propriedade que mais influenciou a não-diferenciação dos talhões em todas as imagens utilizadas.

As correções atmosférica e radiométrica na imagem do canal pancromático do IKONOS-II não proporcionaram ganho substancial nas análises realizadas, embora a imagem com valor de reflectância tenha apresentado um desempenho melhor na identificação de talhões com características diferentes em campo. Mesmo assim, recomenda-se, sempre que possível, a realização das correções atmosférica e radiométrica, pois os parâmetros atmosféricos utilizados na correção corresponderam a uma atmosfera não muito turva, o satélite tinha apenas um ano de uso na época de aquisição da imagem e o canal pancromático do IKONOS-II é bastante largo, quando comparado com as bandas espectrais do LANDSAT/ETM+.

O número de talhões identificados pela imagem do canal pancromático do IKONOS-II foi 1,5 vezes superior ao do LANDSAT/ETM+, sendo que a maior área não identificada por este último foi de 4,4ha. Este resultado está diretamente relacionado com a melhor resolução espacial do IKONOS-II que também auxiliou bastante os processos visuais realizados.

Os resultados obtidos indicam que as imagens do canal pancromático do IKONOS-II podem ser úteis na melhoria da identificação de plantios distintos de café, principalmente em áreas com plantios menores (próximo a 4,4ha), proporcionando um aumento na precisão da determinação da área plantada de café. Estes resultados são válidos, principalmente, para as condições da cafeicultura dos Estados de São Paulo, Minas Gerais e Paraná devido às características da propriedade utilizada nos experimentos. A correlação significativa da reflectância nas bandas 3, 4 e 5 do LANDSAT/ETM+ com a reflectância no canal pancromático do IKONOS-II indica que é possível estabelecer uma relação entre as imagens dos dois satélites. Desse modo, pode-se explorar as vantagens que as imagens de cada um deles apresentam para a determinação de plantios de café visando a estimativa de área plantada. Recomenda-se a repetição deste trabalho considerando o tipo de cafeicultura realizada nas regiões mais centrais do Brasil. Sugere-se, também, a utilização das bandas multiespectrais do IKONOS-II e o canal pancromático do LANDSAT/ETM+.

5. Referência Bibliográfica

DALLEMAND, J.F., et al.. Sensoriamento remoto e agricultura. **Ciência Hoje**, São Paulo, v.8, n.43, 1988.

EMBRAPA. **O café no Brasil**. Disponível em: <<http://www.embrapa.br/cafe>>. Acesso em: 20 de maio de 2000.

ENVI 3.2 The Environment for visualising images ©copyright 1992-2000 better solutions consulting L L C. Trademark of BSC.

EIPHANIO, J. C. N.; LEONARDI, L.; FORMAGGIO, A.R. Relações entre parâmetros culturais e resposta espectral de cafezais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.3, p.379-386, 1994.

- LEONARDI L. Influência de parâmetros culturais de cafezais sobre o dados TM/LANDSAT-5. 1990. 171f. **Dissertação** (Mestrado em Sensoriamento Remoto) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos.
- TANRÉ, D.; DEROO, C.; HERMAN, M.; MORCLETTE, J.J.; PERBOS, J.; DESCHAMPS, P.Y. Description of a Computer Code to Simulate the Satellite Signal in the Solar Spectrum: The 5S Code. **International Journal of Remote Sensing**, 11(4):659-668, 1990.
- ZULLO JR., J. **Correção Atmosférica de Imagens de Satélite e Aplicações**. 1994. 190f.. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – Faculdade de Engenharia Elétrica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.