

Utilização de Sensoriamento remoto na previsão de área a ser plantada com culturas de verão em três municípios do Estado de São Paulo

Gabriela A. Ippoliti ¹
José.C.N. Epiphany ¹
Yosio E. Shimabukuro ¹

¹ INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
Divisão de Sensoriamento Remoto
Caixa Postal 515, 12201-970. São José dos Campos, SP, Brasil
{gabriela,epiphany,yosio}@ltd.inpe.br

Abstract. Crop acreage and yield are important parameters to be taken into account in economic policy making. In Brazil, there is a lack of objective techniques for those purposes. Remote sensing seems to be valuable for crop acreage estimations in a large scale. However, cloud cover has impaired the use of optical remote sensing images for evaluation of summer crops. The use of these data to evaluate objectively and in advance the area extension to be cultivated with summer crops is an interesting alternative. This paper presents part of the methodology for this purpose. It deals with the techniques of sequential masking classification using multitemporal images. It is shown that there is a very good score for the percentage of correct classification using this technique. It was possible to concentrate the classification almost over the annual crop areas with high probability of being cultivated in the summer season.

Keywords: crop acreage, remote sensing, sequential masking classification

1. Introdução

A obtenção de informações precisas, em tempo hábil e com baixo custo, sobre a extensão, as condições e o potencial de produção das culturas é de grande importância para a economia de um país (Chen, 1990). Essas informações permitem ao país um planejamento adequado da sua economia agrícola, no sentido de contornar o problema da escassez ou de excesso de um determinado produto.

A extensão da área ocupada com determinada cultura constitui uma das principais informações envolvidas no cálculo das estimativas de safras e o seu conhecimento é um objetivo das autoridades governamentais do Brasil. Atualmente, a estimativa da área plantada com determinada cultura em nível municipal é realizada em forma operacional utilizando informações obtidas por meio de métodos baseados em entrevistas feitas com agricultores ou entidades relacionadas ao setor agrícola (IBGE, 1998; IEA, 1998). Esses métodos proporcionam informação subjetiva que não pode ser tratada estatisticamente.

A procura de objetividade nos prognósticos agrícolas por meio de técnicas de sensoriamento remoto vem ganhando importância operacional em nível mundial, permitindo a realização de

estimativas com maior antecedência, com maior precisão e com menor custo quando comparadas com as técnicas tradicionais (Dutta et al., 1994; Coleman et al., 1995; Clevers et al., 1994; Clevers e van Leeuwen, 1996).

Embora a necessidade de objetividade nos prognósticos agrícolas seja reconhecida no Brasil, ainda não se conta com uma metodologia operacional neste sentido. Lauria e Collares (1991) indicaram que, apesar das várias tentativas realizadas pelo IBGE na procura de um procedimento mais objetivo para o levantamento da informação agrícola, o uso de tais pesquisas sempre tem esbarrado em restrições, como o sistema de referência, recursos humanos e financeiros. Tal é o caso do projeto PREVS (Pesquisa Objetiva de Previsão de Safras), que visa fornecer anualmente, entre outras informações, a área plantada por cultura em nível de Estado, combinando dados coletados diretamente no campo com informações obtidas por meio de sensoriamento remoto. Porém, os procedimentos operacionais disponíveis não permitem, ainda, a obtenção de resultados a curto prazo, imprescindíveis neste tipo de levantamento (IBGE, 1987). Atualmente as técnicas de sensoriamento remoto vêm sendo utilizadas neste projeto na fase inicial das estimativas, para a construção dos painéis amostrais, que se encontram baseados no uso das terras.

As maiores limitações à utilização de dados do satélite Landsat no Brasil para a previsão das safras de verão são a presença de nuvens durante o ciclo de crescimento das principais culturas anuais e a rigidez do cronograma, que se encontra limitado ao período de fevereiro-março (Chen, 1990).

O presente trabalho apresenta uma metodologia objetiva para a estimativa de áreas plantadas com culturas de verão por meio da integração de dados multitemporais do sensor TM/Landsat-5 da época de baixa ocorrência de nuvens (pré-plantio, junho-outubro) e um esquema probabilístico de amostragem de segmentos por município. Objetivou-se apresentar os resultados da avaliação de uma das fases desta metodologia sobre os dados de três municípios do estado de São Paulo. Esta fase abrange os procedimentos que permitiram a discriminação das áreas a serem plantadas com culturas de verão a partir das imagens TM/Landsat-5.

2. Área de estudo

A área de estudo corresponde aos municípios de Hortolândia, Nova Odessa e Sumaré, localizados no centro-leste do Estado de São Paulo, abrangendo uma superfície total de 28.011 ha (**Figura 1**). O retângulo envolvente da área está situado entre as coordenadas 22° 43' S a 22° 54' S e 47° 21' W a 47° 09' W. A ocupação da terra é principalmente agrícola e as culturas dominantes são as de cana-de-açúcar (*Saccharum* sp), batata (*Solanum tuberosum* L.), feijão (*Phaseolus vulgaris*), milho (*Zea mays*) e tomate (*Lycopersicon esculentum*) (IBGE, 1995). Também se encontram áreas de pastagens naturais e cultivadas fundamentalmente com “braquiaria” (*Brachiaria decumbens*), “capim colônia” (*Panicum maximum* cv. colônia), “napier” (*Pennisetum purpureum* Schum) e “capim gordura” (*Melinis minutiflora* Paul de Beauv) (Filho, 1987).

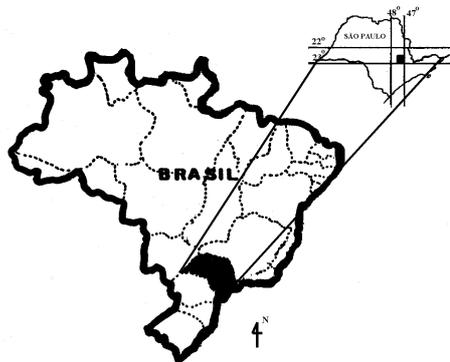


Figura1. Esquema de localização da área de estudo, no mapa do estado de São Paulo.

O clima da região é tropical de altitude, com inverno seco e verão quente e chuvoso. Neste regime, as temperaturas médias oscilam em torno de 20°C, sendo abaixo de 18°C no inverno, e acima de 22°C no verão. As distribuições totais mensais de chuva indicam que nos meses de novembro a março se concentra mais de 63 % da chuva total anual; estes meses coincidem com o período de crescimento das principais culturas de verão da área e com maior probabilidade de ocorrência de nuvens. O período com menor concentração de chuvas abrange os meses de abril até outubro; durante estes sete meses se distribui o restante 37 % de chuva anual. Em junho, julho e agosto, são obtidos os menores registros de chuva do ano (DAEE, 1993).

3. Material e métodos

A **Figura 2** apresenta a metodologia proposta para a estimativa de áreas plantadas com culturas de verão em nível Municipal.

Nesta metodologia se distinguem três grandes fases que são:

- A. Processamento de imagens multitemporais (junho-outubro) do sensor TM/Landsat para a geração de uma classificação digital que permita discriminar as áreas que se apresentam com potencial para serem plantadas com culturas de verão;
- B. Estabelecimento de esquema de amostragem probabilístico e coleta de dados de campo dos segmentos amostrados;
- C. Análise estatística dos dados para a geração de estimativas de área ocupada com culturas de verão em nível municipal por meio de estimadores de regressão e de expansão direta.

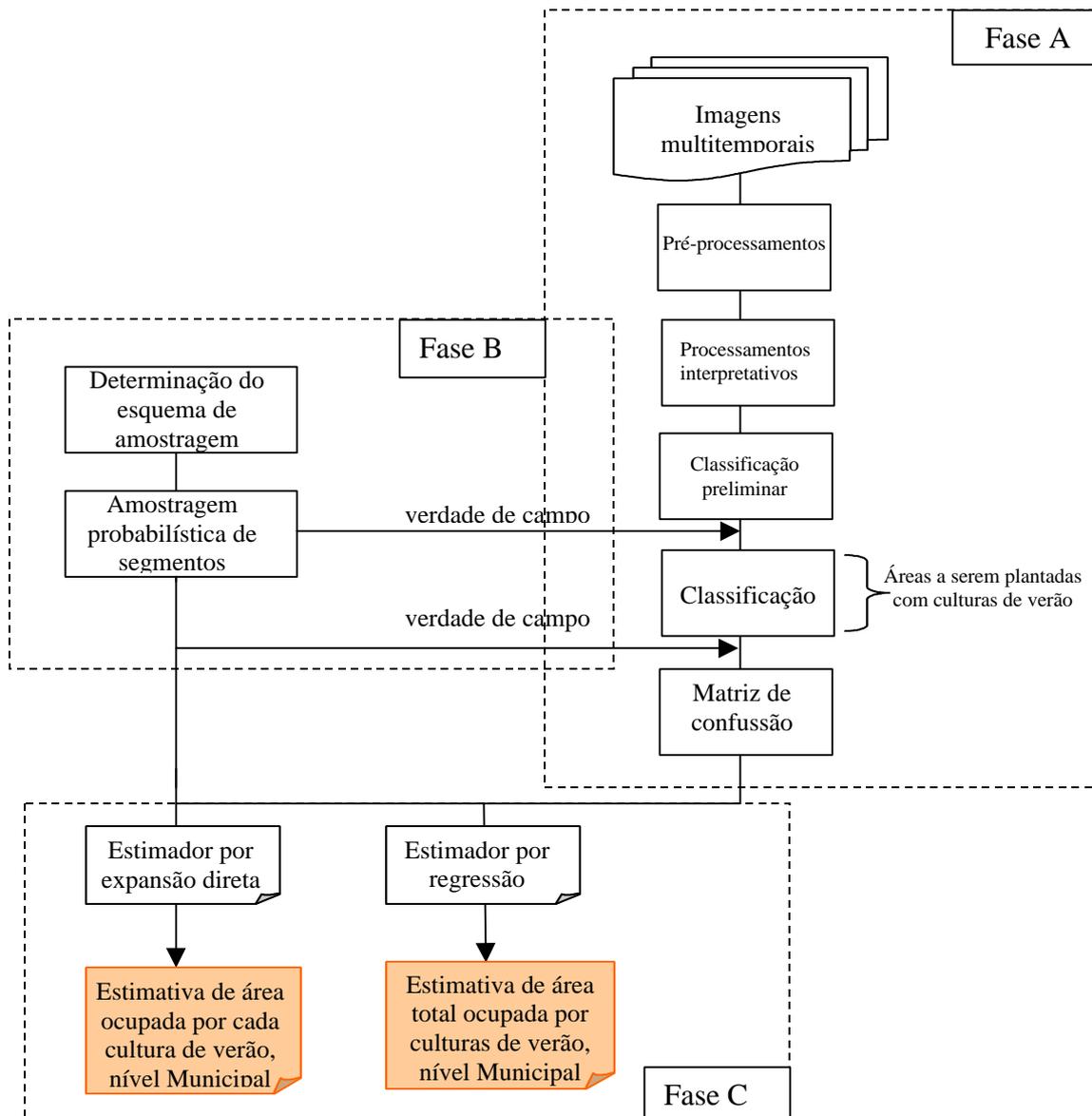


Figura 2. Fases da metodologia proposta para estimativa de áreas de culturas de verão.

A seguir são descritos os procedimentos utilizados na primeira fase da metodologia proposta (A), ou seja, aqueles que levaram ao estabelecimento da classificação que permitiu a discriminação das áreas a serem plantadas com culturas de verão, e a posterior avaliação desta classificação. As restantes fases serão avaliadas em trabalhos posteriores.

Foram utilizadas três imagens TM/Landsat-5 (bandas 1, 2, 3, 4, 5 e 7) com nível de correção 4 correspondentes às passagens de 8 de junho, 28 de setembro e 14 de outubro de 1997 da órbita-ponto-quadrante: 220-076-B (INPE, 1997a, b, c). As operações digitais nas imagens foram realizadas utilizando os *softwares* PCI v. 6.1 (1997) e ERDAS v. 8.3 (ESRI, 1997). As operações que requereram funções de um Sistema de Informação Geográfica (SIG), foram realizadas em ARC/INFO v. 7.02 (ESRI, 1994).

Os pré-processamentos das imagens abrangeram a conversão dos níveis digitais para reflectância e as retificações radiométrica e geométrica. Esses processamentos procuraram

permitir a comparação espectral e geométrica entre as cenas das distintas passagens. A conversão para valores de reflectância foi realizada segundo a técnica proposta por Markham e Barker (1986). Para a retificação radiométrica foi adotado o procedimento descrito por Hall et al. (1991) o qual permitiu relacionar quantitativamente os dados de reflectância das distintas datas. Este procedimento permitiu uma normalização de todos os dados de passagem para condições padrões. Desta maneira, as imagens retificadas tenderam a parecer como sendo adquiridas pelo mesmo sensor, nas mesmas condições de iluminação e atmosféricas da imagem de referência (passagem de junho).

A retificação geométrica multitemporal consistiu na correção geométrica da imagem da data de junho a partir da base cartográfica da área, e o posterior registro das imagens de setembro e outubro com esta primeira imagem. Foram utilizados polinômios de primeira ordem e o algoritmo de interpolação pelo vizinho mais próximo.

Para o processamento das imagens foi utilizada uma técnica de “mascaramento seqüencial” que permitiu discriminar o alvo de interesse, isto é, os solos que apresentaram potencial para serem plantados com culturas de verão, dos restantes alvos existentes na região. Este procedimento tem sido utilizado e avaliado de forma satisfatória para a classificação de alvos agrícolas (Erlach et al., 1994) e seu princípio se deriva das técnicas de fotointerpretação, onde os alvos mais distinguíveis são classificados em primeiro lugar. O método foi escolhido devido à grande quantidade de estados de cobertura que apresentam os solos a serem destinados às culturas de verão, no período junho-outubro, que inviabilizaria a utilização de métodos de classificação convencionais.

O processo foi análogo à interpretação visual no sentido que se partiu da classificação do geral ao específico. Porém, diferiu desta pois a análise foi conduzida usando intensamente a interação operador-computador. Além disso, os processamentos para a determinação das distintas máscaras exploraram a geração de classificações, imagens índice e operações entre imagens das três datas utilizando funções de um SIG. Desta forma, tentou-se classificar alvos de comportamento espectral conhecido ao longo do período observado, para determinar a distribuição geográfica dos solos a serem plantados com culturas de verão cujo comportamento espectral é de difícil interpretação e predição devido ao alto grau de mudanças no uso agrícola da terra.

Posteriormente, os dados da classificação foram avaliados por meio da construção de uma matriz de erro (Story e Congalton, 1986) utilizando os dados de pontos de teste selecionados aleatoriamente na área de estudo para os quais se obteve a verdade de campo do mês de março de 1998. A localização das unidades amostrais no campo foi feita com o auxílio de composições coloridas geradas a partir dos dados NDVI (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada) das três datas e dos dados de reflectância para cada passagem, na escala 1:50.000.

4. Resultados e Discussão

Os dados da retificação geométrica foram avaliados utilizando o quadrado médio das diferenças entre as posições dos pontos de controle na imagem e as posições preditas pela equação de transformação (RMS) como indicador de exatidão. Tanto a retificação geométrica da imagem de

junho quanto o registro das imagens de setembro e outubro, mostraram um RMS inferior a 0,4 *pixel* (12 m no terreno).

Os resultados do processo de retificação radiométrica (Hall et al.,1991) entre as imagens de junho (imagem de referência) e as imagens das passagens de setembro e outubro permitiram estabelecer diferenças menores que 1% entre os valores de reflectância de alvos claros e escuros das distintas passagens. Esses dados foram submetidos ao teste *t* para determinar se as médias dos pontos claros e escuros das imagens de setembro e outubro podiam ser consideradas estatisticamente iguais às médias dos pontos claros e escuros da imagem de junho. Os valores *t* para o teste destas hipóteses foram calculados para as seis bandas TM usando a média de três amostras (*n*) aleatórias de 25 *pixels* cada uma obtidas para cada conjunto de pontos de controle. O valor crítico *t* para $\alpha=0,01$ e 4 graus de liberdade ($[n_{referência} + n_{retificada}] - 2$), é 4,6. Os dados na **Tabela 1** indicaram que não existem diferenças significativas nos valores de reflectância média de alvos claros e escuros das imagens de setembro e outubro com respeito à imagem de junho. Portanto, os *pixels* escolhidos para referência pelo método de retificação proposto por Hall et al. (1991) obedeceram à premissa de apresentarem baixas variações entre datas. No caso da banda 4, os alvos claros apresentaram um valor de *t* que aproximou-se ao limiar estabelecido para um nível de confiança de 99%.

Tabela 1. Valores da estatística *t* para amostras ao acaso coletadas nos conjuntos de alvos claros e escuros das imagens retificadas e da imagem original. $\alpha=0,01$; g.l.=4; $t_{crítico}= 4,6$.

Banda TM	Setembro		Outubro	
	Alvos claros	Alvos escuros	Alvos claros	Alvos escuros
1 (0,45-0,52 μ m)	3,95	2,25	2,59	1,72
2 (0,52-0,60 μ m)	3,18	1,15	3,56	3,83
3 (0,63-0,69 μ m)	2,29	1,47	3,55	1,94
4 (0,76-0,90 μ m)	1,49	2,17	4,57	0,06
5 (1,55-1,95 μ m)	0,22	1,77	0,36	0,84
7 (2,08-2,35 μ m)	0,60	0,58	1,44	2,33

A **Figura 3** apresenta as imagens das três datas corrigidas geométrica e radiométricamente. A área das imagens foi recortada segundo o limite dos municípios.

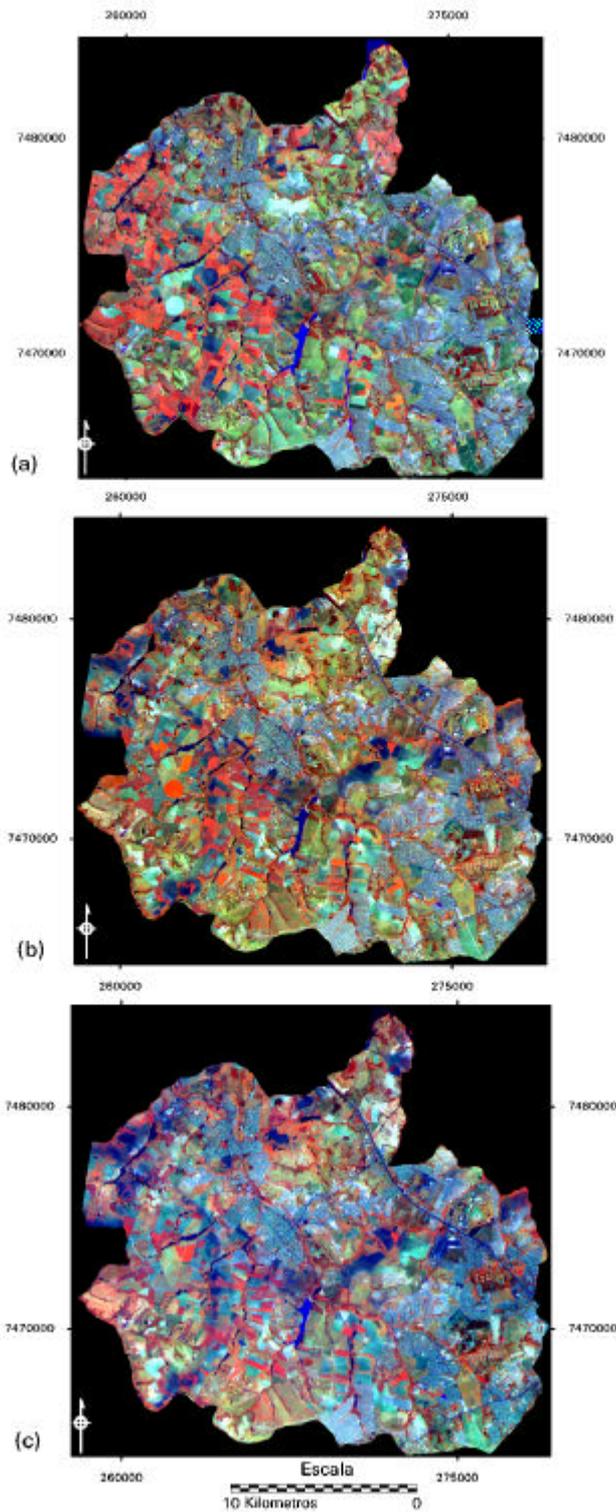


Figura 3. Imagens TM/Landsat-5 (composição colorida 5-4-3/RGB) com correção geométrica e radiométrica, recortadas segundo o limite dos municípios de estudo. (a) 8 de junho de 1997; (b) 28 de setembro de 1997; (c) 14 de outubro de 1997.

A **Figura 4** mostra a lógica da classificação por “mascaramento seqüencial” utilizada. O conjunto de regras seguidas para sua elaboração é descrito a seguir.

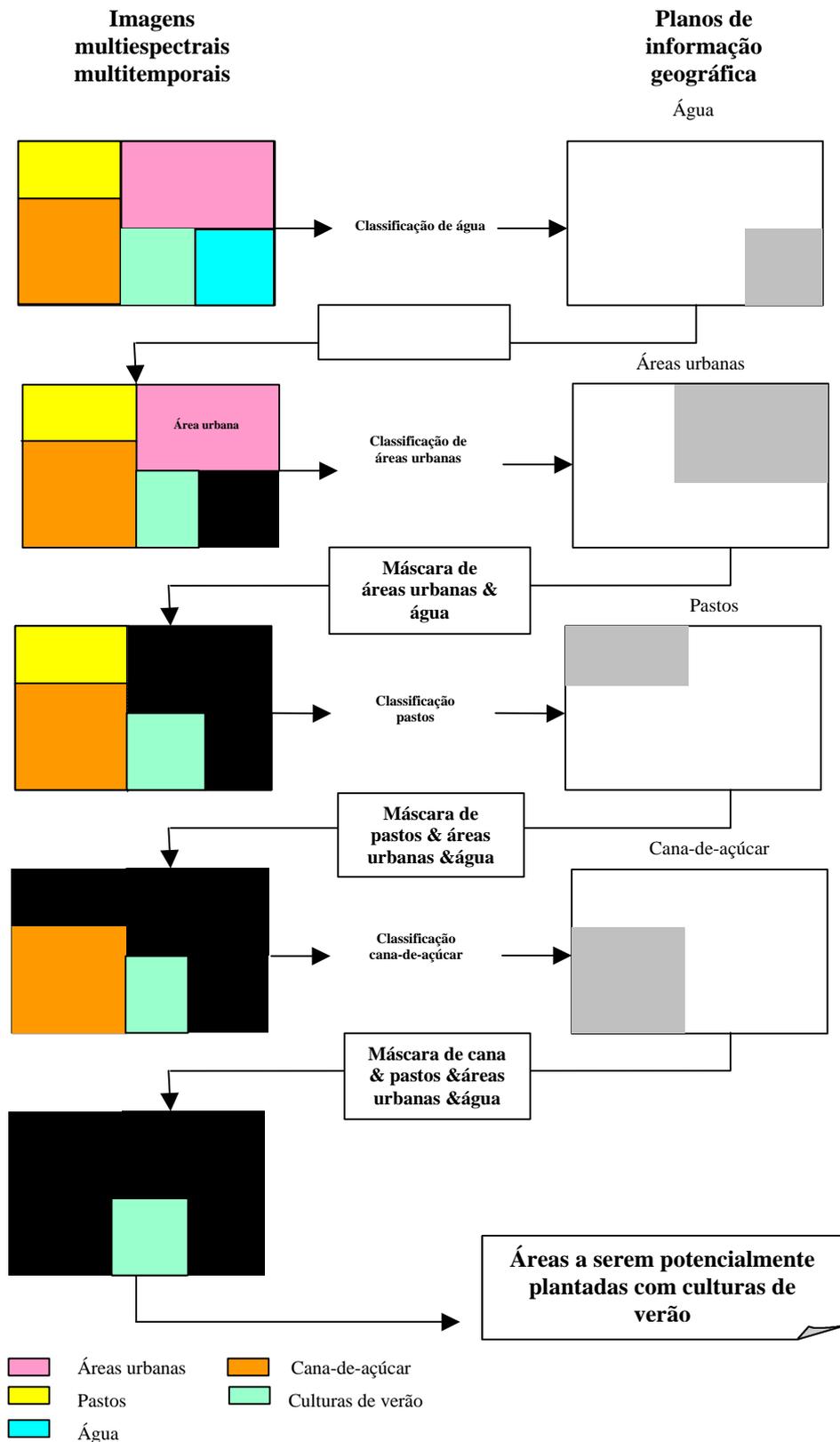


Figura 4. Esquema da classificação baseada no “mascaramento sequencial”.

A classificação dos corpos de água foi derivada da análise multitemporal das imagens *wetness* obtidas da transformação *Tasseled Cap* (Kauth e Thomas, 1976) com o uso dos coeficientes calculados por Crist e Cicone (1984). Para isto, foi criada uma composição colorida das imagens *wetness* das três datas. Aqueles *pixels* que mostraram os maiores valores

radiométricos em forma simultânea nas três datas, foram reclassificados como água. Da mesma maneira, as áreas urbanas foram delimitadas a partir da composição colorida das imagens *wetness* e *greenness* das três datas, onde se distinguiram por apresentarem os menores valores.

A classificação das pastagens foi obtida a partir das imagens NDVI de cada data. Para isto, gerou-se uma composição colorida com as imagens NDVI de outubro (vermelho, R), setembro (verde, G) e junho (azul, B). Utilizando a lógica de formação de cores (**Tabela 2**), nesta imagem conseguiu-se distinguir com detalhe a dinâmica de cada talhão na área de estudo com respeito às mudanças na quantidade de biomassa (**Figura 5**). Para o caso de pastagens, o perfil médio de NDVI nas três datas mostrou valores entre 0,2 e 0,4, sem grandes variações em nenhuma das datas, mas em geral apresentando valores máximos no mês de junho e valores mínimos no mês de outubro. Este comportamento foi explicado pelo ciclo de crescimento das pastagens que mostra uma perda de vigor ao final da estação seca, quando os solos apresentam baixos valores de umidade disponível (Pupo, 1985). Com base nesta informação, aplicou-se o procedimento descrito por Sader e Winne (1992) para a obtenção de uma imagem classificada em forma não supervisionada, que simulou a informação observada na composição colorida. Três destas classes apresentaram o comportamento descrito, as quais foram recodificadas e atribuídas à classe pastagem com apoio da verdade de campo.

Tabela 2. Chave para a interpretação da dinâmica de biomassa associada às cores resultantes da composição colorida NDVI multitemporal (outubro-setembro-junho/RGB, **Figura 5**).

	$NDVI_{junho}$	$NDVI_{setembro}$	$NDVI_{outubro}$
<i>Azul</i>	+	-	-
<i>Verde</i>	-	+	-
<i>Vermelho</i>	-	-	+
<i>Cyan</i>	+	+	-
<i>Amarelo</i>	-	+	+
<i>Magenta</i>	+	-	+

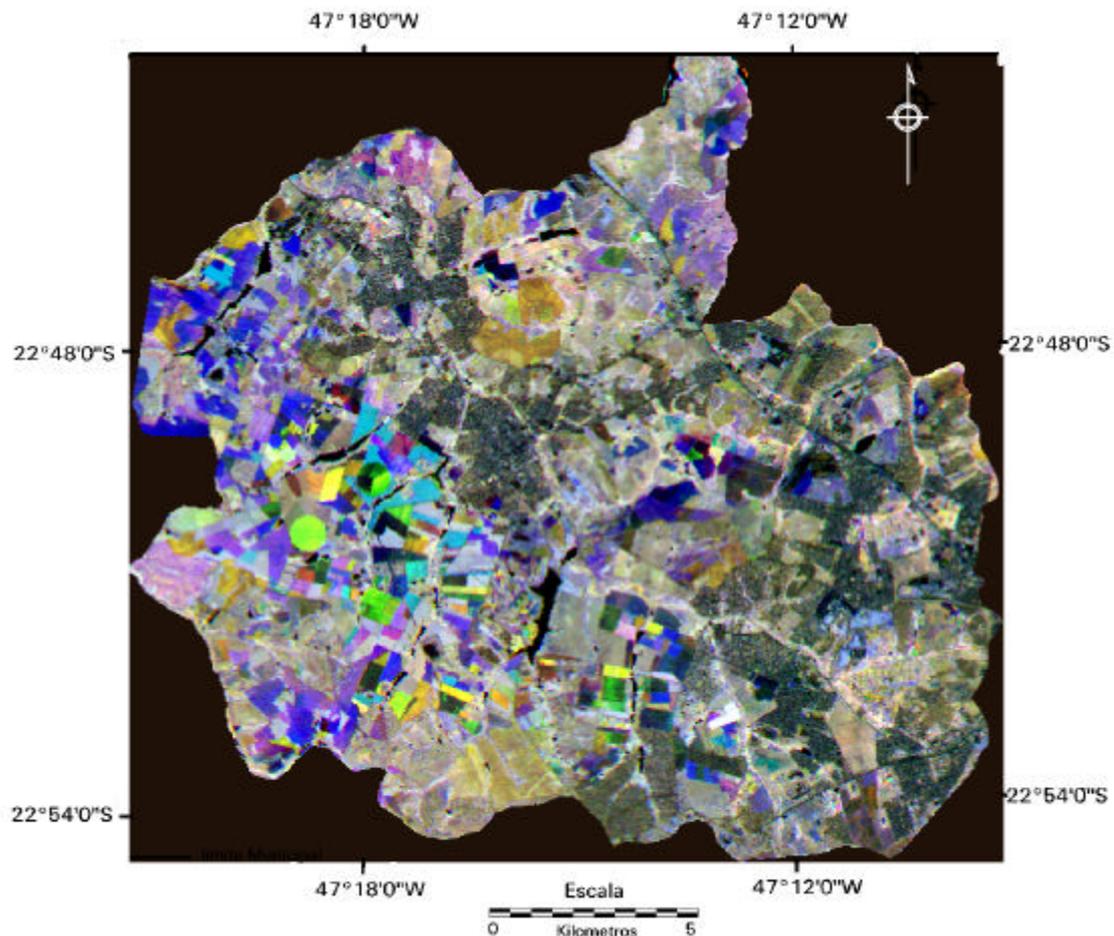


Figura 5. Composição colorida NDVI multitemporal (outubro-setembro-junho/RGB). A **Tabela 2** pode ser utilizada para a interpretação das distintas cores resultantes nesta composição.

As áreas de cana-de-açúcar foram discriminadas por meio de um procedimento que visou classificar as áreas que se apresentassem em estado adulto no mês de junho. Para realizar esta avaliação, foram utilizados os dados de campo disponíveis para a microbacia do Córrego Pinheirinho (centro-oeste da área de estudo) (Epiphanyo e Formaggio, 1997), os quais foram coletados dois dias antes da data da passagem do satélite no mês de junho e dados de campo obtidos no mês de março de 1998. Foi realizada uma classificação multiespectral utilizando o algoritmo de máxima verosimilhança (MAXVER) baseado nas bandas TM 3-4-5, as quais mostraram melhores desempenhos nos testes de separabilidade de Jeffries-Matusita e divergência (Richards, 1995). Desta maneira classificaram-se as áreas de cana-de-açúcar que apresentavam alta biomassa no mês de junho, isto é, cana-de-açúcar de ano e meio plantada nos meses de janeiro e fevereiro do ano corrente e do ano anterior ainda não cortada, e cana-de-açúcar de ano plantada em setembro e outubro do ano anterior ainda não cortada. Um procedimento análogo utilizado para a discriminação das pastagens não foi usado nesta ocasião, procurando evitar as confusões entre áreas de cana que apresentavam-se com alta biomassa no mês de junho e baixa biomassa em setembro e outubro (cana cortada no período junho-setembro)

com áreas de culturas de ciclo curto que mostraram este mesmo padrão de cobertura ao longo do período considerado (como feijão e batata da seca e tomate).

As áreas de cana-de-açúcar de baixa percentagem de biomassa no mês de junho não foram classificadas no procedimento anterior. Estas áreas corresponderam aos talhões de cana-de-açúcar que teriam sido cortados antes da data da passagem do satélite. O procedimento para discriminação destas áreas resultou complicado pelo fato que apresentaram uma trajetória espectral (junho-outubro) semelhante a áreas de culturas de ciclo curto que tinham sido cultivadas a partir de junho e que ainda não tinham sido colhidas no mês de outubro.

Os planos de informação gerados a partir destes procedimentos (**Figura 3**) foram integrados por meio de operações booleanas e subtraídos da imagem correspondente à data de outubro, para permitir a identificação das áreas com potencial para serem plantadas com culturas de verão. A verificação da classificação realizou-se por meio da comparação com os dados do levantamento de campo de março de 1998. Foram escolhidos ao acaso 138 *pixels* como informação de referência. A matriz de erro resultante se apresenta na **Tabela 3**.

Tabela 3 . Matriz de erro resultante da comparação dos dados de referência e os dados da classificação por mascaramento sequencial (*pixels*).

Dados da classificação	Dados de referência		
	cana-de-açúcar	pastagens	culturas de verão
cana-de-açúcar	53	4	0
pastagens	4	18	0
culturas de verão	8	0	51

A partir dos dados da **Tabela 3**, a percentagem de *pixels* corretamente classificados calculada é 88,4. As maiores confusões foram encontradas entre cana-de-açúcar e áreas ocupadas por culturas de verão. Trata-se de áreas de cana de açúcar que tinham sido cortadas antes da data da primeira passagem (junho) e que mostraram uma trajetória espectral semelhante à apresentada por culturas de ciclo curto plantadas após junho; estas últimas constituíram áreas consideradas como sendo potenciais para plantio com culturas de verão.

5. Conclusões

O procedimento de mascaramento sequencial para a classificação da área de estudo baseada em dados multitemporais TM/Landsat da época de pré-plantio (junho-outubro) foi desenvolvido com o objetivo particular de discriminação das áreas destinadas ao plantio de culturas de verão. O esquema geral da classificação mostrou-se válido e pode ser estendido a outras áreas com diferentes classes de uso/cobertura das terras; nestes casos, a seqüência de procedimentos pode diferir da apresentada no trabalho, dependendo das classes de uso/cobertura de interesse.

A geração de procedimentos interpretativos a partir das composições multitemporais NDVI, *wetness* e *greenness* mostraram ser de utilidade pois realçaram diferentes alvos de interesse nas distintas etapas da classificação. Porém, a existência de cana-de-açúcar na área, com algumas etapas do calendário agrícola sobrepostas às das culturas de ciclo curto, mostrou ser causa de confusão na identificação de áreas a serem cultivadas com culturas de verão. Tentando evitar este tipo de confusões, uma das possíveis alternativas seria a utilização de imagens anteriores ao começo da colheita da cana (abril-maio), que permitiriam a discriminação de áreas de cana em estado adulto, as quais no mês de junho já passariam a ter resíduos na sua superfície.

A matriz de erro construída com base em dados de *pixels* de referência escolhidos ao acaso, mostrou que a classificação, usando a técnica aqui descrita, é eficiente na discriminação das três classes de uso/coertura de maior significância agrícola na área estudada. Etapas posteriores do trabalho permitirão a integração desses dados com os resultados da amostragem por segmentos através do estimador de regressão (Cochran, 1977). Desta forma se procurará realizar estimativas das áreas ocupadas por culturas de verão para a safra 1997/1998 a nível de município, que integrem os dados de sensoriamento remoto aos dados de amostragem probabilística de segmentos visando melhorar a precisão nas estimativas agrícolas municipais.

Referências bibliográficas

- Chen, S.C. Contribuição de dados de satélite no sistema de previsão de safras. São José dos Campos: INPE, 1990. 7 p. (INPE-5087-PRE/1595).
- Clevers, J.G.; van Leeuwen, H. Combining use of optical and microwave remote sensing data for crop growth monitoring. *Remote Sensing of Environment*, v. 56, n. 1, p. 42-51, 1996.
- Clevers, J.; Bucker, C.; van Leeuwen, H; Bouman, B. A framework for monitoring crop growth by combining directional and spectral remote sensing information. **Remote Sensing of Environment**, v. 50, n. 2, p. 161-170, 1994.
- Cochran, W.G. **Sampling techniques**. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1977. 428 p.
- Coleman, V.; Souza, G.; Taylor, J. The use of NOAA-AVHRR in the development of a cereal yield prediction model for England and Wales. In: Annual Conference of the Remote Sensing Society, 21., Southampton, 1995. **Proceedings**. University of Southampton, 1995. p. 976-979.
- Crist, C.P.; Cicone, R.C. Application of the tasseled cap concept to simulate Thematic Mapper data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 50, n. 3, p. 343-352, 1984.
- Departamento de Águas e Energia Elétrica (DAEE). **Totais mensais de chuva do Estado de São Paulo: 1976-1991**. São Paulo, 1993. 360 p.
- Dutta, S.; Sharma, S.A.; Khera, A.P.; Ajai; Yadav, M.; Hooda, R. S.; Mothikumar, K. E.; Manchanda, M.E. Accuracy assessment in cotton acreage estimation using Indian remote sensing satellite data. **Journal of Photogrammetry and Remote Sensing**, v.49, n.6, p. 21-26, 1994.
- Epiphany, J.N.C.; Formaggio, A.R. **Trabalho de levantamento do uso da terra da microbacia do Córrego Pinheirinho nos meses de junho e dezembro de 1997**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, jan. 1998. Comunicação pessoal.
- Erlich, D.; Estes, J.; Scepan, J.; Mc Gwire, K. **Crop area monitoring within an advanced agricultural information system**. Geocarto International. v. 4, p. 31-41, 1994.
- ESRI. **ARC/INFO 7.0.2 Help on line**. Redlands, California. Environmental Systems Research Institute. 1994

- ESRI. **Field guide ERDAS v. 8.3**. Atlanta: ERDAS, 1997. 656 p.
- Filho, W.P.; Camargo, A.M.; Chalita, M.A.; Piva, L.H. **Área de pastagens regionais: composição e participação por variedade de gramínea no Estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola. Relatório de pesquisa 28/87, 1987.
- Hall, F.G.; Strebel, D.E.; Nickeson J.E; Goetz, S.J. Radiometric rectification: toward a common radiometric response among multirate, multisensor images. **Remote Sensing of Environment**, v. 35, n. 1, p. 11-27, 1991.
- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Produção Agrícola Municipal 1995: culturas temporárias. São Paulo. **Produção Agrícola Municipal**, 1995. No prelo.
- **Projeto de reavaliação metodológica e de construção de painéis de amostras de área para estimativas de safras agrícolas**. s. l., s. ed. Contrato IBGE-IPEA, de 31 de março de 1987. 1987. 27 p.
- Catálogo IBGE. [online]. <URL: <http://www.ibge.org>>. Jan. 1998.
- Instituto de Economia Agrícola (IEA). [online]. <URL: <http://eu.ansp.br/~iea>>. Jan 1998.
- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **Imagem de satélite Landsat TM -ORB 220 P 076 Q B**. [CD ROM]. Data Pass. 08-06-1997, Cachoeira Paulista: Divisão de Geração de Imagens (DGI), 1997.
- **Imagem de satélite Landsat TM -ORB 220 P 076 Q B**. [CD ROM]. Data Pass. 17-09-1997. Cachoeira Paulista: Divisão de Geração de Imagens (DGI), 1997.
- **Imagem de satélite Landsat TM -ORB 220 P 076 Q B**. CD ROM. Data Pass. 14-10-1997. Cachoeira Paulista: Divisão de Geração de Imagens (DGI), 1997.
- Kauth, R.J.; Thomas, G.S. The tasseled cap transformation – A graphic description of the spectral temporal development of agricultural crops as seen by Landsat. In: Symposium on the Machine Processing of Remotely Sensed Data, Purdue. **Proceedings**. Purdue: Purdue University, 1976. p. 4B41-4B51.
- Lauria, C.A.; Collares, J. **Previsão de safras: Novas tecnologias. Encontro Nacional de Produtores e Usuários de Informações Sociais, Econômicas e Territoriais**. In: Simpósio de Inovações Metodológicas e Tecnológicas. As inovações nas informações territoriais, Rio de Janeiro, 1991. **Anais**. Rio de Janeiro: IBGE, 1991. sessão 102, v. 9.
- Markham, B.L.; Barker, J.L. **Landsat MSS and TM postcalibration on dynamic ranges of exoatmospheric reflectances and at-satellite temperatures**. Lanham: EOSAT, 1986. 21 p. (Landsat Technical Notes n. 1).
- PCI. **Reference Manual PCI v. 6.1**. Ontario: PCI, 1997.
- Pupo, N.I. **Manual de pastagens e forrageiras**. 3ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1985. 343 p.
- Richards, J.A. **Remote sensing digital image analysis: an introduction**. 3ed. Berlin: Springer-Verlag, 1995. 340 p.
- Sader, S.A.; Winne, J.C. RGB-NDVI colour composites for visualizing forest change dynamics. *International Journal of Remote Sensing*, v. 13, n. 16, p. 3055-3067, 1992.
- Story M.; Congalton, R.G. Accuracy assessment: a user's perspective. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 52, n. 3, p. 379-399, 1986.