

Discriminação de variedades de citros em imagens CCD CBERS-2

Ieda Del'Arco Sanches¹
Salette Gürtler²
Antonio Roberto Formaggio¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE
Caixa Postal 515 - 12201-970 - São José dos Campos - SP, Brasil
{ieda, formag}@dsr.inpe.br

² Universidade de São Paulo - USP/ESALQ
Caixa Postal 9 - 13418-900 - Piracicaba - SP, Brasil
sgurtler@esalq.usp.br

Abstract. The objective of this paper was to evaluate the possibility to discriminate citrus varieties from CCD/CBERS-2 imagery. The study area is located at Itirapina, São Paulo. For the study proposed, we acquired three CCD images, dated of 30 of may 2004, 16 of august 2004, and 11 of september 2004. The images were automatically classified by Iseog and MaxVer classifiers. According to kappa statistics, the maps obtained were considered from "bad" to "very good". The best results were obtained with the images from the dry season.

Palavras-chave: remote sensing, image processing, citrus variety, image satellite, sensoriamento remoto, processamento de imagens, variedades de citros, imagem de satélite.

1. Introdução

O Brasil é um dos maiores produtores de citros e lidera o mercado mundial de suco de laranja. Em 2003, as exportações de suco atingiram US\$ 1,2 bilhão. A laranja é a fruta mais produzida no território nacional, e ocupa hoje uma área superior a 800 mil hectares (ASN, 2004). Porém, a citricultura brasileira tem de lidar com uma série de questões, entre elas, o *greening* ou amarelão, que está contaminando os pomares de laranja e tangerina no Estado de São Paulo. Esta doença é causada pela bactéria *Candidatus liberibacter asiaticus* que se instala no sistema vascular da planta, impedindo a circulação da seiva (Vivecitrus, 2004).

Assim, verifica-se que há a necessidade de um monitoramento constante das áreas citrícolas, permitindo a tomada de decisões rápidas e abrangentes, visando a manutenção desta exploração em níveis internacionalmente competitivos.

Neste contexto, o sensoriamento remoto apresenta atualmente um desenvolvimento tecnológico expressivo, com a disponibilidade de sensores de resolução (espectral, espacial, temporal e radiométrica) cada vez melhores. O lançamento do CBERS-2, em 21 de outubro de 2003, representa um fato marcante, uma vez que os sensores a bordo deste satélite (CCD, IRMSS e WFI) são de categorias comparáveis aos sensores do Landsat e do SPOT (INPE, 2004a).

Desta forma, o objetivo da presente pesquisa foi avaliar a possibilidade de discriminar variedades de citros a partir de imagens obtidas pela câmara CCD/CBERS-2.

2. Culturas perenes em imagens orbitais

O estudo de culturas perenes a partir de imagens orbitais é bastante complexo. Gordon et al. (1986) estudaram pomares de maçã, cereja, pêra e pêssego em Nova York, com dados TM/Landsat. Os autores constataram que a resposta dos pomares dependeu mais do tamanho das árvores e da cobertura do substrato, do que do tipo ou espécie de árvore frutífera.

Segundo Naert (1985), considerando uma resolução espacial de 20 metros, as informações de um pixel sobre uma área vinícola caracterizam-se por uma mistura de respostas da vegetação das parreiras, que varia em função do estágio vegetativo e conteúdo de água nas plantas, da cobertura das entrelinhas e das sombras. Para este autor, a assinatura espectral de culturas com estrutura ordenada (pomares) varia mais em função das estruturas agrárias e dos tratamentos culturais que em função das mudanças vegetativas na cultura.

De acordo com Covre (1989), o estudo de pomares de citros a partir de sensores de resolução espacial equivalente ao TM/Landsat exige o entendimento de diversos fatores. Isto porque ocorrem variações na resposta espectral destes alvos em função de alterações no substrato, altura e cobertura do terreno pelas árvores e características geométrica da disposição das plantas e das condições de observação do sensor.

3. Materiais e métodos

Área de estudo

A área de estudo corresponde a uma fazenda produtora de citros localizada no município de Itirapina, SP. A propriedade possui área superior a 1.400 ha cultivados com diversas variedades de citros: Baía, Lima, Lima Verde, Murcote, Natal, Pera, Valência, entre outras. O solo em toda a extensão da fazenda é classificado como neossolo quartzarênico.

Imagens de satélite

A órbita/ponto do CBERS que abrange a região de estudo é a 156/125. Neste estudo foram utilizadas as bandas espectrais 2, 3 e 4 de três imagens CCD CBERS-2, com data de passagem nos dias 11 de setembro, 16 de agosto e 30 de maio de 2004.

Metodologia

As imagens de satélite foram adquiridas no nível L1, na página do Catálogo de Imagens CBERS (INPE-DGI, 2004). Em seguida, foram registradas e importadas para o SPRING. Foi feito um recorte das imagens na dimensão e forma da propriedade rural escolhida como área de estudo (**Figura 1**); com esse procedimento o tamanho das imagens foi bastante reduzido o que possibilitou agilizar os processamentos digitais.

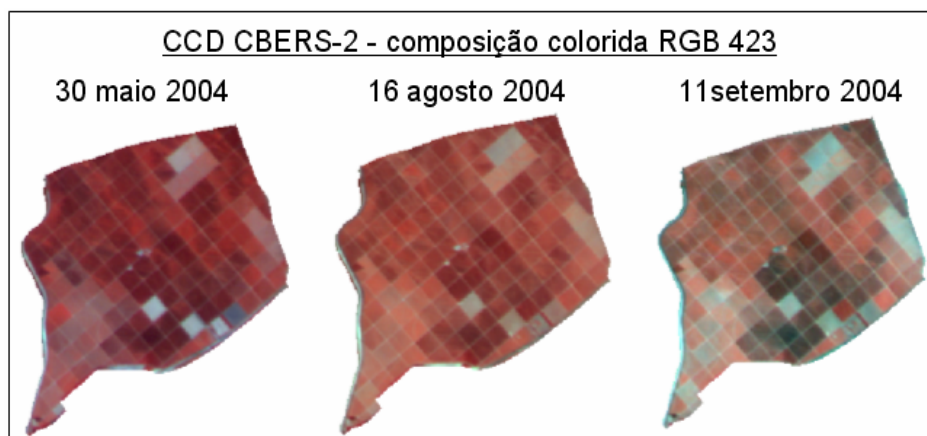


FIGURA 1. Recortes de imagens CCD CBERS-2 em composição colorida RGB 423, de três datas de passagem do satélite: 30 de maio, 16 de agosto e 11 de setembro de 2004.

Um trabalho de campo foi realizado no dia 25 de setembro para coletar dados sobre as variedades de citros cultivadas na propriedade, época de plantio dos talhões, tipo de solo, documentação fotográfica da área de estudo, e condições gerais das parcelas estudadas.

No software SPRING 4.1, as imagens CCD recortadas, das três datas escolhidas, foram segmentadas e classificadas. A segmentação foi realizada por crescimento de regiões, que é uma técnica de agrupamento de dados na qual somente as regiões espacialmente adjacentes podem ser agrupadas. Após a realização de alguns testes, foi identificada visualmente a melhor segmentação, obtida com os limiares de similaridade e área de 20 e 50, respectivamente.

Foi utilizado o classificador não supervisionado Ioseg, que agrupa regiões a partir da distância de Mahalanobis entre a classe e as regiões candidatas à relação de pertinência com esta classe. Este classificador utiliza a matriz de covariância e o vetor de média para estimar o valor central de cada classe (INPE, 2004b). O limiar de aceitação usado foi de 75%.

O classificador supervisionado utilizado foi o MaxVer (Máxima Verossimilhança), que requer estimativas de algumas características estatísticas das classes as quais os pixels serão alocados. Estas estimativas são obtidas de amostras de treinamento que servirão de base para a classificação da imagem (Mather, 1999). Os conjuntos de treinamento definem o diagrama de dispersão das classes e suas distribuições de probabilidade (INPE, 2004b). Nesse caso, o limiar de aceitação utilizado foi de 100%.

Segundo Story e Congalton (1986), o meio mais comum de expressar a precisão de mapas é obter a porcentagem da área mapeada que foi corretamente classificada quando comparada com dados de referência ou verdade terrestre. Assim, foi criada uma referência a partir de dados obtidos no trabalho de campo. Primeiramente foi criado um mapa com base nas diferentes idades dos talhões de citros, e outro baseado nas diferentes variedades, e a partir desses dois mapas foi gerado um mapa de referência.

Foram feitas tabulações cruzadas (a partir de ferramenta disponível no SPRING) entre os mapas classificados e a referência, para gerar as matrizes de confusão. Em seguida, foi obtida a exatidão geral (EG), que é a estatística mais simples derivada da matriz de confusão, e o índice *Kappa*. De acordo com Bishop et al. (1975), a análise *Kappa* é uma técnica multivariada discreta usada em avaliações de precisão para se determinar estatisticamente se uma matriz de erro é significativamente diferente de outra.

4. Resultados e discussão

A imagem CCD (recortada) que motivou o presente trabalho pode ser visualizada na **Figura 2**. Nesta figura estão representados alguns talhões identificados com as variedades plantadas: Valência, Pera, Murcote, Lima Verde, e não plantado; no campo e na imagem de satélite.

No trabalho de campo constatou-se que os talhões de tonalidade mais escura na composição colorida RGB 423 correspondem às variedades Lima Verde e Murcote. Os talhões de cor azulada são áreas que serão futuramente plantadas com citros, e que atualmente estão cobertas por gramíneas. Os talhões plantados em 2002 e 2003 (os mais novos da propriedade) aparecem em cores que variam de azul claro a rosa claro, assim como outros talhões mais antigos que não foram adequadamente adubados nas fases iniciais de desenvolvimento.

O espaçamento entre as plantas pode ser um dos fatores que causam a diferença entre Lima Verde e Murcote em relação às demais variedades de citros estudadas. Quanto mais adensadas as plantas, menor é a influência do substrato na composição espectral dos pixels. Além disso, o espaçamento adensado das árvores dentro das linhas de plantio exerce importante influência espectral. Isto porque, como é mostrado na Figura 2, para as variedades Lima Verde (LV) e Murcote (UM), ocorre um entrelaçamento entre os ramos de árvores adjacentes, e, assim, cada linha de plantio produz um sombreamento significativo nas entrelinhas. Desta forma, o elemento “sombra” aumenta sua participação na composição espectral de cada pixel, escurecendo-o.

Outro fator que pode contribuir na diferenciação espectral de variedades de citros é a estrutura das plantas. De acordo com Donadio et al. (1995) a laranja Bahia tem porte grande, copa arredondada e folhagem abundante. A Natal tem porte grande e vigoroso. A Lima possui porte médio a grande, alongado. No caso das variedades Lima Verde e Pêra, as árvores possuem porte médio e galhos mais ou menos eretos. No entanto, o porte das plantas pode variar dependendo do porta-enxerto utilizado.

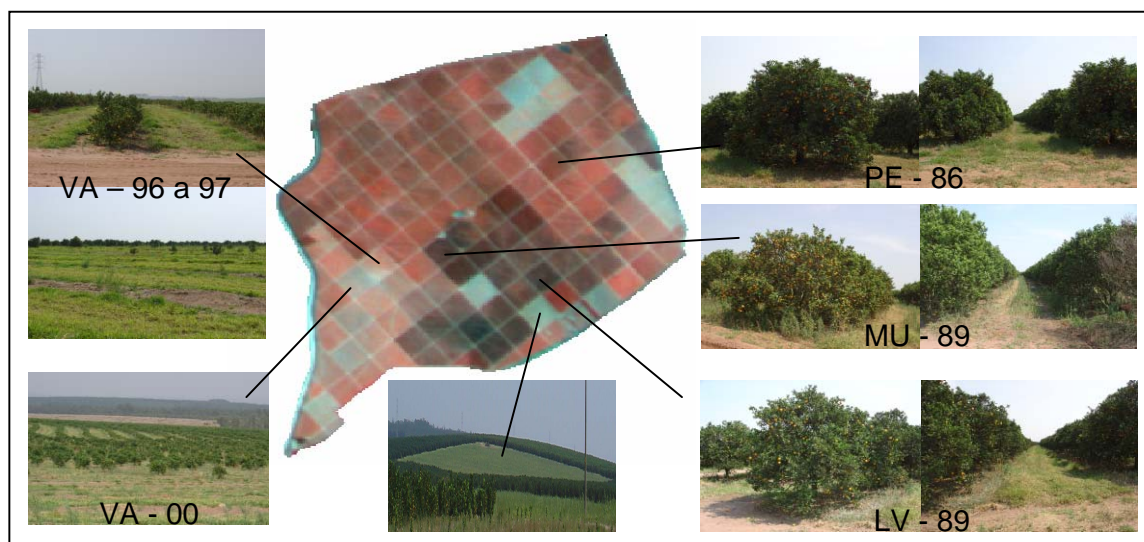


FIGURA 2. Recorte da imagem CCD CBERS-2 do dia 11 de setembro de 2004 na composição colorida RGB 423; e fotos digitais obtidas no campo de talhões de citros das variedades: Lima Verde (LV), Murcote (MU), Pera (PE) e Valência (VA), e os anos em que os talhões foram plantados: em 1986 (86), em 1989 (89), de 1996 a 1997 (96 a 97), e em 2000 (00).

Quando se deseja avaliar o desempenho de classificações digitais, é necessário dispor de um mapa de referência, que, no presente caso, foi gerado a partir de banco de dados disponibilizado pelo proprietário da fazenda utilizada como área de estudo. Por este bando de dados foi possível obter dois mapas de referência: um para idade e outro para variedades (**Figura 3a e 3b**). Porém, essa divisão não foi adequada. O grau de detalhamento dos dados foi bem maior do que os classificadores conseguiram discriminar, e por isso, decidiu-se formar uma referência levando em consideração apenas algumas classes do mapa de idade e de variedade, e também agrupando algumas classes.

A referência final ficou com cinco classes de uso (**Figura 3c**): *lima verde ou murcote* (talhões plantados com as variedade Lima Verde ou Murcote), *valencia ou natal ou pera* (talhões plantados com as variedades Valência, ou Natal, ou Pera), *diversas* (talhões plantados com variedades que não eram Lima Verde, Murcote, Valência, Natal e Pera), *não plantado* (talhões que não estão plantados com nenhuma variedade de citros) e *plântio novo* (talhões que foram plantados em 2002 ou 2003, independentemente da variedade).

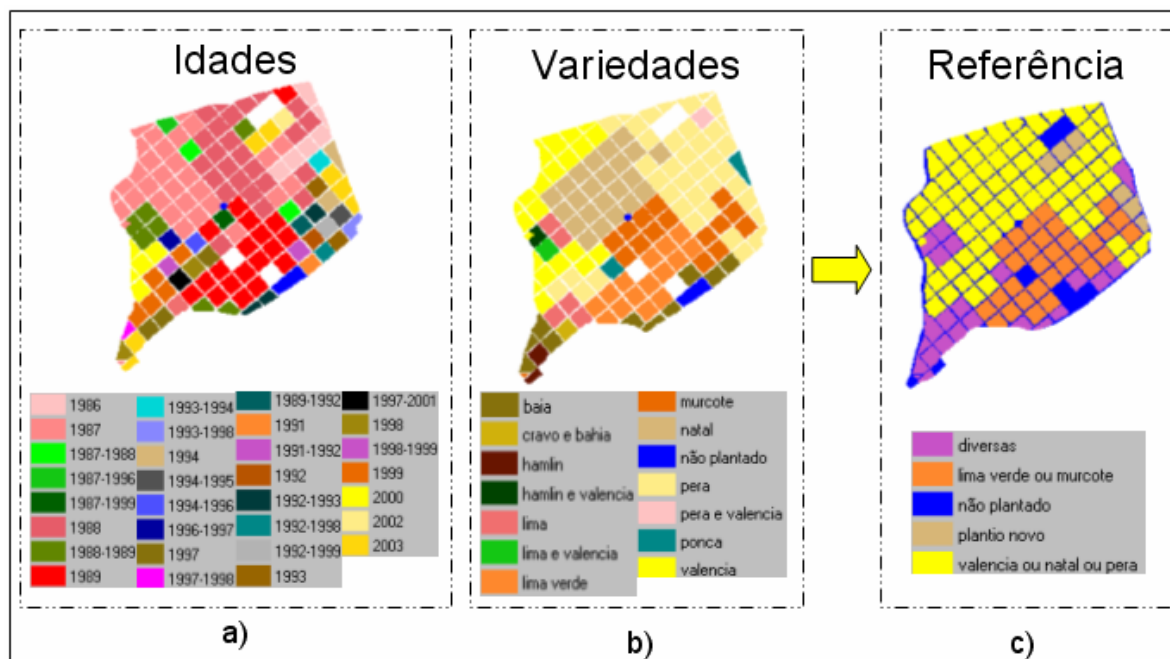


FIGURA 3. Mapas de referência obtidos com base em: diferentes idades dos talhões de citros (a), diferentes variedades de citros (b), e integrado em cinco classes (c).

Os resultados da classificação Ioseg e MaxVer podem ser observados nas Figuras 4 e 5, respectivamente. As duas classificações da imagem do dia 11 de setembro de 2004 foram consideradas na categoria “boa” pela estatística *kappa*, e apresentaram valores de EG semelhantes entre si e superiores a 50%. Os mapas gerados a partir da imagem do dia 30 de maio de 2004 apresentaram os piores resultados, tendo sido classificados como “ruim”, e com EG inferiores a 30%. O melhor desempenho foi obtido com a imagem do dia 16 de agosto de 2004 e o classificador Ioseg, o mapa gerado foi classificado como “muito bom” de acordo com a estatística *kappa*, e teve valor de EG igual a 71%. O mapa gerado com o classificador MaxVer e a imagem do dia 16 de agosto de 2004 foi classificado como “razoável”, com EG igual a 51%.

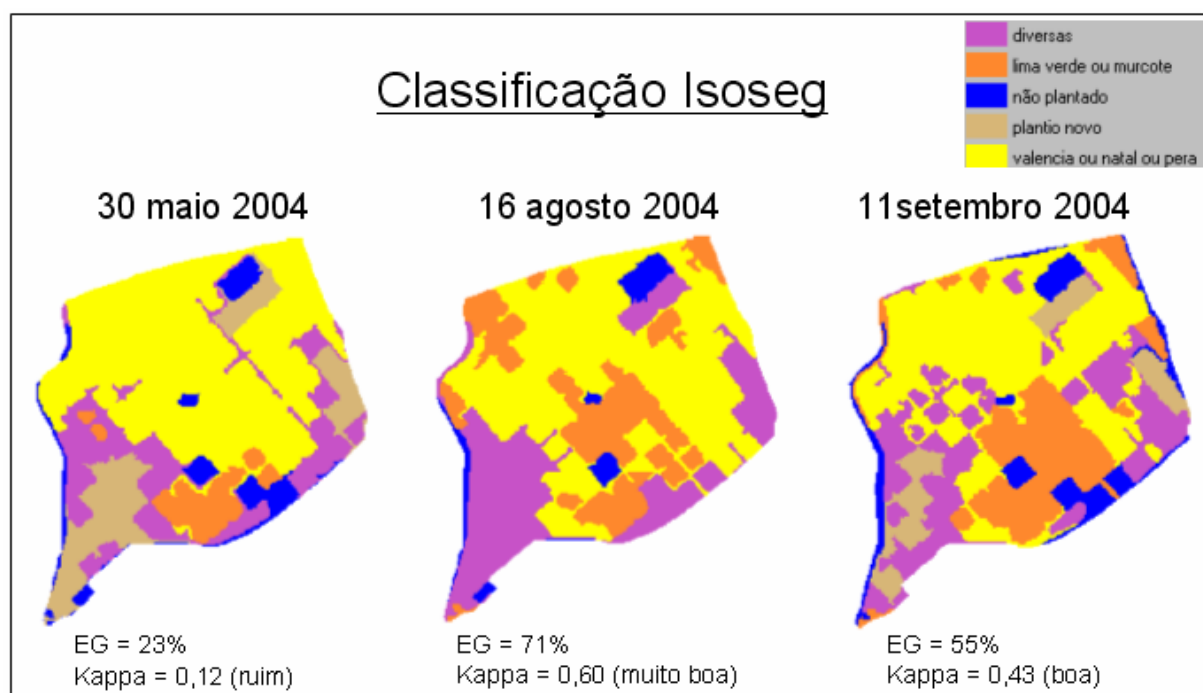


FIGURA 4. Mapas gerados com o classificador Isoseg para as três datas estudadas, e respectivas exatidões gerais (EG) e valor do índice Kappa.

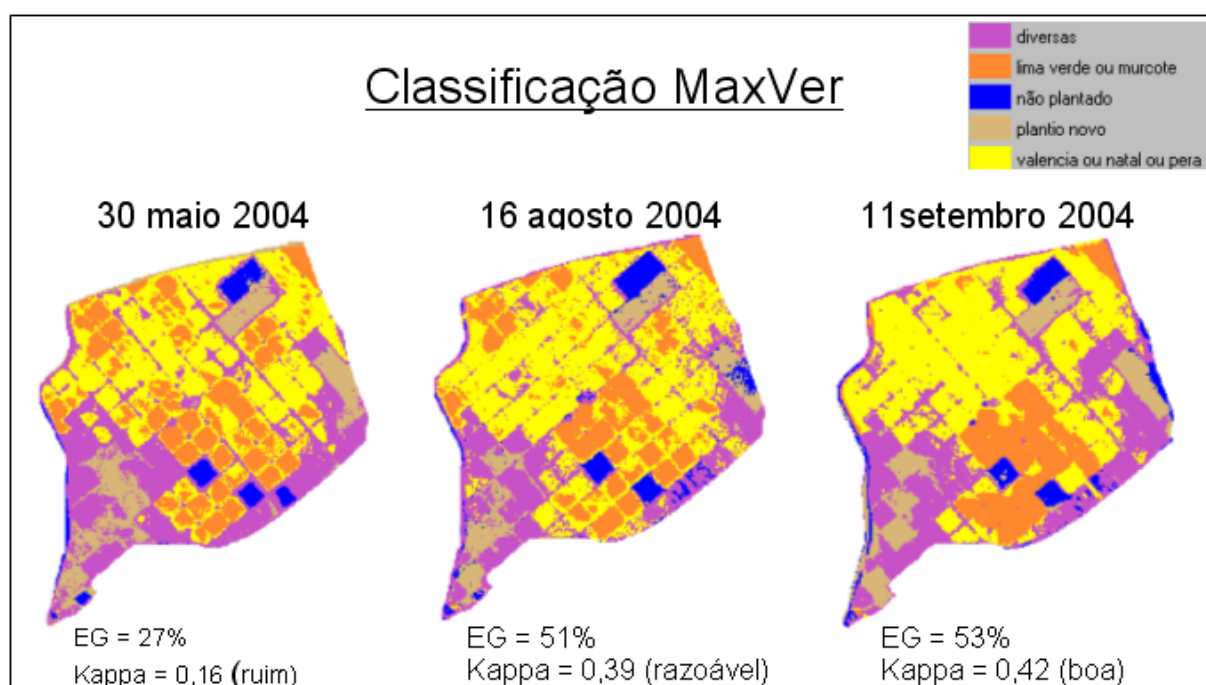


FIGURA 5. Mapas gerados com o classificador MaxVer para as três datas estudadas, e respectivas exatidões gerais (EG) e valor do índice Kappa.

De forma geral, houve uma confusão entre a classe *plantio novo* com *diversas* e *valencia ou natal ou pera*. Na propriedade estudada, existem alguns talhões que sofreram estresse nutricional e por isso as plantas não se desenvolveram adequadamente, o que fez com que o tamanho das árvores ficasse reduzido em relação ao de outras árvores de mesma variedade e idade. Assim, as plantas que sofreram estresse nutricional (que correspondem a diversos tipos de variedades de citros) possuem dimensão de copa semelhante ao das plantas jovens, e proporcionam quantidade de sombreamento parecido, o que reflete no comportamento espectral destes talhões, tornando-os espectralmente semelhantes.

A classificação Isoseg da imagem do dia 16 de agosto de 2004 apresentou o melhor desempenho. Observa-se na **Figura 4** que o mapa classificado em questão só possui quatro das cinco classes de uso. As áreas de plantio novo não foram identificadas. No entanto, pelo fato da classe *plantio novo* não ter sido identificada, a confusão entre esta classe e as classes *diversas* e *valencia ou natal ou pera* não ocorreu. E como a classe *plantio novo* representava apenas uma pequena área da propriedade estudada, todos esses fatores fizeram com que o mapa desta classificação ficasse melhor que os demais.

Para auxiliar na identificação dos fatores que contribuíram para a discordância dos resultados em relação às diferentes datas, foi pesquisada a quantidade de precipitação no período de obtenção das imagens de satélite (IAC-CIIAGRO, 2004). Em maio, época de obtenção da primeira imagem, a precipitação total do mês foi superior a 100 mm. Em agosto e setembro, a precipitação caiu para menos de 10 mm. Com a observação dos dados levantados e os resultados percebe-se que em períodos mais secos é melhor a separação de variedades de citros.

Nas entrelinhas dos pés de citros normalmente crescem algumas gramíneas (**Figura 2**), que na época chuvosa possuem maior vigor que na época seca. Em função do espaçamento dos citros ser grande, há, em geral, uma significativa exposição das entrelinhas. Considerando um modelo simplificado de elementos componentes do pixel que interferem na sua resposta espectral, pode-se apresentar o seguinte:

$$R_{\lambda} = f \{DI + DS + SI + SS\}$$

onde:

R_{λ} = resposta espectral de um pixel, na banda λ ;

DI = porcentagem de um pixel (no terreno) recoberto por dossel iluminado;

DS = porcentagem de um pixel (no terreno) recoberto por dossel sombreado;

SI = porcentagem de um pixel (no terreno) recoberto por substrato iluminado;

SS = porcentagem de um pixel (no terreno) recoberto por substrato sombreado.

Levando em conta os componentes SI e SS, a composição do substrato pode ser de gramíneas, ou de palha, ou de solo exposto. Assim, nos meses de maior pluviosidade, pode haver maior quantidade de gramíneas que, dado o amplo espaçamento, dificulta a separabilidade entre diferentes variedades. De acordo com Covre (1989), nos pomares cítricos no Estado de São Paulo, na época seca é normalmente feita a gradagem nas entrelinhas, para evitar a competição por água e nutrientes entre as plantas daninhas e as de citros. Na época chuvosa, a vegetação nas entrelinhas não é retirada, para evitar a erosão, que tende a se tornar mais presente com o aumento da pluviosidade.

5. Considerações finais

Embora vários fatores necessitem ser mais bem compreendidos, com este estudo preliminar foi averiguado que é possível discriminar algumas variedades de citros, e que a época seca é mais

indicada para esse tipo de estudo.

A separação das variedades de citros só foi possível após agrupá-las em classes. A variedade Lima Verde foi agrupada com a Murcote; Valencia, Natal e Pera ficaram juntas em uma outra classe; as demais variedades foram colocadas em um mesmo grupo.

Dos seis mapas gerados pelas classificações realizadas (dois classificadores utilizados e três imagens CCD/CBERS-2 de datas distintas), segundo o índice kappa, um mapa foi considerado “muito bom”, dois como “bom”, um como “razoável”, e dois como “ruim”. O melhor resultado foi obtido com o classificador Isoseg e a imagem do dia 16 de agosto de 2004.

Seria interessante refazer as classificações realizadas, mas considerando apenas quatro das cinco classes do mapa de referência. Visto que a classe *plantio novo* representa uma pequena área da propriedade estudada, talvez a exclusão desta classe possibilite a obtenção de melhores resultados na diferenciação das variedades de citros.

Referências

Agência Sebrae de Notícias (ASN). **Produção integrada chega à citricultura**. set. 2004. Disponível em: <<http://asn.interjornal.com.br/site/noticia.kmf?noticia=2300401&canal=199&total=57&indice=10>>. Acesso em: out. 2004.

Bishop, S.G.; Strom, U.; Taylor, P.C. Optically Induced Localized Paramagnetic States in Chalcogenide Glasses. **Physical Review Letters**, v. 34, n. 21, p. 1346-1350, 1975.

Covre, M. **Influencia de parâmetros culturais de citros sobre os dados TM/Landsat**. jul. 1989. 241 p. (INPE-4856-TDL/367). Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) - Instituto de Pesquisas Espaciais, São Jose dos Campos. 1989.

Donadio, L.C.; Figueiredo J.O.; Pio R.M. **Variedades cítricas brasileiras**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 228 p.

Gordon, D.K.; Philipson, W.R.; Philpot, W.D. Fruit tree inventory with landsat thematic mapper data. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. V. 52, n. 12, p. 1871-1876, 1986.

Instituto Agrônomo de Campinas - Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas – IAC - CIIAGRO. **CIIAGRO ONLINE: Resenha Agrometeorológica**. [online]. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/New/ciiagro/>>. Acesso em: Janeiro, 2004.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). **CBERS-2**. Disponível em: < <http://www.inpe.br/>>. Acesso em nov. 2004a.

_____. **Sistema de Processamento de Informações Georeferenciadas – SPRING 4.1 – Tutoriais**. São José dos Campos, SP, 2004b.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - Divisão de Geração de Imagens do (INPE -DGI). **Catálogo de Imagens CBERS**. Disponível em: <<http://www.dgi.inpe.br/CDSR/>>. Acesso em set. 2004.

Mather, P.M. **Computer Processing of Remotely-Sensed Images: An Introduction**. John Wiley & Sons, 292p, 1999.

Naert, B. Carcterisation de la signature spectrale, spatiale et temporele de vignes et vergers – aplication a la teledetection du sol et de la culture. In: International Colloquium on Spectral Signatures of Objects in Remote Sensing. Les Arcs, France, 1985. **Proceedings**, Montfaver, INRA, 1985. p. 467-474. (ESA SP-247)

Story, M.; Congalton, R.G. Accuracy assessment: a user’s perspective. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 52, n. 3, p. 397-399, 1986.

Vivecitrus. Muda certificada é recomendada para o controle do “greening”. **Informativo Vivecitrus** (Associação dos Viveiros Certificados de Citros). v. 2, n. 15, p. 3-4, set. 2004.