

IMAGENS DE SATÉLITE NO MAPEAMENTO E ESTIMATIVA DE ÁREA DE CANA-DE-AÇÚCAR EM SÃO PAULO: ano-safra 2003/04¹

Bernardo Friedrich Theodor Rudorff²

Luciana Miura Sugawara Berka³

Mauricio Alves Moreira²

Valdete Duarte²

Alexandre Cândido Xavier⁴

Viviane Gomes Cardoso Rosa⁵

Yosio Edemir Shimabukuro⁶

RESUMO: As imagens de sensoriamento remoto apresentam potencial para mapear e estimar a área de culturas agrícolas. Contudo, seu uso operacional é restrito devido à baixa disponibilidade de imagens livres de nuvens. O presente trabalho tem como objetivo mapear e estimar a área da cultura da cana no estado de São Paulo, por meio de imagens do Landsat e de técnicas de classificação e interpretação de imagens. Foram utilizadas imagens obtidas em quatro períodos ao longo de um ano para identificar a cana em variadas condições de crescimento e manejo. A área de cana cultivada em 2003 foi de 3,09 milhões de hectares. A área de cana para a safra 2003/04 foi de 2,57 milhões de hectares. Este trabalho deverá ser continuado nos próximos anos para testar a viabilidade do uso operacional dessas imagens no fornecimento de informações objetivas sobre a previsão da estimativa da área de cana em São Paulo.

Palavras-chave: sensoriamento remoto, sistema de informação geográfica, imagens Landsat, interpretação de imagem, estimativa municipal.

SATELLITE IMAGES TO MAP AND ESTIMATE SUGARCANE AREA IN THE STATE OF SAO PAULO: crop year 2003/2004

ABSTRACT: Remote sensing images present potential to map and estimate crop area. However, its operational use is limited due to the low availability of cloud-free images. The present work has the objective to map and estimate sugarcane crop area in the state of Sao Paulo, Brazil, using Landsat images and image classification and interpretation techniques. Images were acquired at four dates during one year in order to identify the various growth and management conditions of the sugarcane crop. Cultivated sugarcane area in 2003 was 3.09 million ha. Sugarcane area designated for harvesting in the crop year 2003/04 was 2.57 million ha. This work should continue in following years to test the feasibility of the operational use of these images in order to provide objective and predictive information on sugarcane area in the state of Sao Paulo.

Key-words: remote sensing, geographic information system, Landsat images, image interpretation, municipality estimation.

JEL Classification: Q13, Q15, Q24.

¹Projeto desenvolvido dentro de Cooperação Técnico-Científica entre o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), por intermédio do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA) e a União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (UNICA). Registrado no CCTC n. ASP-13/2004.

²Engenheiro Agrônomo, Doutor, Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR/INPE) (e-mail: bernardo@ltid.inpe.br, mauricio@ltid.inpe.br).

³Engenheiro Agrônomo, Mestre, Bolsista do Programa de Capacitação Institucional (MCT/INPE/PCI) na Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR/INPE) (e-mail: lmoura@ltid.inpe.br).

⁴Engenheiro Agrícola, Doutor, Professor Adjunto da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) (e-mail: xavier@cca.ufes.br).

⁵Especialista em Sensoriamento Remoto, Bolsista do Programa de Capacitação Institucional (MCT/PCI) na Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR/INPE) (e-mail: vivian@ltid.inpe.br).

⁶Engenheiro Florestal, Doutor, Divisão de Sensoriamento Remoto (DSR/INPE) (e-mail: yosio@ltid.inpe.br).

1 - INTRODUÇÃO

As estatísticas agrícolas geradas pelos órgãos oficiais brasileiros atualmente não se beneficiam plenamente dos avanços na área de sensoriamento remoto. Em geral, esses órgãos utilizam métodos subjetivos, os quais têm por base a opinião ou o parecer de pessoas supostamente qualificadas e mais ou menos bem informadas sobre fatores que influenciam a produção agrícola (PINO, 2001). Uma alternativa para suprir esta deficiência consiste no uso de imagens de satélites de observação da terra, também conhecidas por imagens de sensoriamento remoto. Os órgãos oficiais têm interesse em incorporar as novas tecnologias do sensoriamento remoto e do geoprocessamento em seus procedimentos para gerar previsão e estimativa de safra; contudo, ainda não dispõem de métodos operacionais que utilizem as imagens de sensoriamento remoto, a fim de estimar a área plantada em grandes regiões. No passado, foi transmitida a idéia de que essas imagens poderiam resolver um grande número de problemas ligados ao levantamento de informações para previsão de safra. Com o passar do tempo, essa expectativa foi frustrada, mas precisa ser resgatada através da demonstração da viabilidade de se utilizar novos métodos de análise, que efetivamente contribuam na melhoria das estimativas de safras agrícolas. Apesar da relevância do sensoriamento remoto num sistema de previsão de safras, ele é apenas um dos vários componentes deste sistema e, mesmo assim, pode ainda apresentar limitação com relação à disponibilidade de imagens livre de cobertura de nuvens. Contudo, a cultura da cana-de-açúcar possui características favoráveis para sua identificação nas imagens de satélites por ser uma cultura semi-perene plantada em grandes áreas (MENDONÇA et al., 1986). É incontestável que o levantamento da área plantada com cana-de-açúcar, por meio do seu mapeamento em imagens de satélite, traz diversos benefícios, quando comparado aos resultados de métodos subjetivos. Os mais relevantes são: a) obtenção de mapas temáticos, contendo a distribuição espacial da cultura, uma informação importante no planejamento e

monitoramento do meio ambiente; b) maior confiabilidade e rapidez na obtenção das informações; c) a informação de área é obtida de feições concretas, observadas na imagem pelo analista; d) o trabalho de campo para coleta de dados sobre a cultura é muito reduzido. Além disso, o mapa temático com a distribuição espacial da cana é uma fonte de informação imprescindível em estudos relacionados à estimativa de área por meio de técnica de amostragem, que pode ser uma alternativa viável para fornecer informação sobre área plantada em anos em que não se dispõe de imagens livres de cobertura de nuvens. Neste sentido, o presente trabalho tem por objetivo mapear as lavouras de cana-de-açúcar destinadas para a safra 2003/04 e as de cana planta para a safra 2004/05, por meio de imagens dos satélites Landsat, em nível municipal para todo o Estado de São Paulo.

2 - MATERIAL E MÉTODO

2.1 - Área de Estudo

A área de estudo abrange o Estado de São Paulo, que foi responsável por 60,3% da produção nacional de cana (em toneladas) na safra 2002/03 (UNICA, 2003). A colheita da cana em São Paulo ocorre predominantemente entre os meses de abril e novembro, sendo que para a safra 2003/04 ela foi antecipada para o final do mês de março de 2003, porque os estoques de álcool estavam reduzidos (UNICA, 2003). O plantio da cana em São Paulo ocorre, principalmente, entre os meses de agosto e outubro, para cana de ano, e entre os meses de outubro e abril, para a cana de ano e meio.

2.2 - Imagens de Sensoriamento Remoto

Foram utilizadas imagens obtidas pelos sensores TM (*Thematic Mapper*) e ETM+ (*Enhanced Thematic Mapper Plus*) a bordo dos satélites Landsat-5 e Landsat-7, respectivamente. As imagens destes sen-

sores possuem resolução espacial de 30m x 30m (0,09ha) e resolução temporal de dezesseis dias. Esses sensores obtêm as imagens em diferentes faixas de comprimento de onda nas regiões do visível e do infravermelho do espectro eletromagnético. A área no terreno, representada numa imagem desses sistemas sensores, é de 185km x 185km, cuja identificação para fins de localização se dá por meio do número da órbita e do número do ponto dentro de cada órbita. Sempre que a data e o horário da passagem do satélite, sobre uma determinada área, coincide com atmosfera livre da presença de nuvens obtém-se uma imagem passível de ser utilizada para a identificação e mapeamento de alvos da superfície terrestre. Foram selecionadas imagens livres de cobertura de nuvens obtidas entre os meses de janeiro e março de 2003 (aqui denominado de PERÍODO 2; Tabela 1) por ser o período que antecede o início da safra 2003/04; além disso, espera-se que a cana destinada à colheita já se encontre suficientemente desenvolvida para ser identificada nas imagens obtidas por ocasião desse período. Contudo, devido à grande variação na resposta espectral da cana-de-açúcar em função do amplo período de plantio, dos diversos cortes (soca) e tipos de manejo, foi necessário obter imagens em um segundo período, entre os meses de abril e maio de 2003 (PERÍODO 3; Tabela 1). Com o andamento das atividades de interpretação foi verificado que um terceiro período de obtenção de imagens, correspondente ao final da colheita do ano safra anterior (2002/03), seria relevante para aumentar a confiabilidade nos resultados do mapeamento das áreas de cana nas imagens (PERÍODO 1; Tabela 1). Adicionalmente foram selecionadas imagens do final da safra de 2003/04 (PERÍODO 4, Tabela 1) para mapear áreas de cana planta, ou seja, áreas de cana não colhidas em 2003 e destinadas para a safra 2004/05. Foi utilizado um total de 52 imagens, das quais 37 foram adquiridas pelo sensor ETM+ do Landsat-7 e quinze pelo sensor TM do Landsat-5, conforme apresentado na Tabela 1. O Landsat-7 deixou de operar a partir de junho de 2003 por causa de problemas no sistema sensor ETM+.

2.3 - Classificação das Imagens

O aplicativo computacional utilizado nas etapas do processo de classificação digital e visual das imagens foi o Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas (SPRING), versão 3.6.03 (INPE, 2003). Numa primeira etapa, as imagens foram inseridas num banco de dados por meio do módulo de importação do SPRING, o processo de importação engloba também o registro das imagens. Nesse processo foi utilizada uma base cartográfica do IBGE para o georreferenciamento das imagens e a classificação das imagens Landsat envolveu duas etapas distintas: classificação digital e interpretação visual na tela do computador.

2.3.1 - Classificação digital das imagens

A primeira fase da classificação digital envolveu a segmentação das imagens, em que foi utilizado um algoritmo denominado crescimento por regiões. O objetivo dessa segmentação foi agrupar regiões contínuas, similares radiometricamente, a partir de *pixels* individuais, até que todos fossem processados (NASCIMENTO e ALMEIDA FILHO, 1996). O processo de segmentação exige a definição dos limiares de similaridade e área. O primeiro define se duas regiões são espectralmente similares, quando o valor da distância euclidiana mínima entre as médias das regiões for inferior ao limiar estipulado, e o segundo representa a área mínima, em *pixels*, para que uma região seja individualizada. Os limiares utilizados na segmentação das imagens foram de cinco níveis de cinza para a similaridade e de 50 *pixels* (aproximadamente 4,5ha) para a área. Esta técnica foi aplicada nas imagens do PERÍODO-2 (Tabela 1), para as bandas 3, 4 e 5 dos sensores TM e ETM+.

Após a segmentação, foi realizada a extração das regiões para determinar alguns parâmetros do polígono, como: posicionamento, média de níveis de cinza, matriz de covariância, para serem utilizados na classificação. Em seguida, as imagens foram classificadas através de um algoritmo não supervisionado,

Tabela 1 - Data de Obtenção das Imagens Landsat dos Sensores ETM+ e TM dentro de cada um dos Quatro Períodos Estabelecidos para Identificação da Cana-de-açúcar

Órbita/ponto	PERÍODO-1	PERÍODO-2	PERÍODO-3	PERÍODO-4
219/75	13/10/02 ETM+	06/03/03 ETM+	23/04/03 ETM+	24/10/03 TM
219/76	25/07/02 ETM+	02/02/03 ETM+	25/05/03 ETM+	24/10/03 TM
220/74	20/10/02 ETM+	25/02/03 ETM+	30/04/03 ETM+	15/10/03 TM
220/75	17/08/02 ETM+	25/02/03 ETM+	30/04/03 ETM+	15/10/03 TM
220/76	17/08/02 ETM+	25/02/03 ETM+	16/05/03 ETM+	15/10/03 TM
221/74	11/10/02 ETM+	04/03/03 ETM+	07/05/03 ETM+	20/09/03 TM
221/75	25/09/02 ETM+	04/03/03 ETM+	07/05/03 ETM+	20/09/03 TM
221/76	11/10/02 ETM+	04/03/03 ETM+	07/05/03 ETM+	20/09/03 TM
222/74	02/10/02 ETM+	23/02/03 ETM+	14/05/03 ETM+	13/10/03 TM
222/75	02/10/02 ETM+	23/02/03 ETM+	14/05/03 ETM+	13/10/03 TM
222/76	03/11/02 ETM+	27/03/03 ETM+	28/04/03 ETM+	13/10/03 TM
223/74	06/08/02 ETM+	02/03/03* ETM+	14/06/03*TM	04/10/03*TM
223/75	06/08/02 ETM+	18/03/03* ETM+	14/06/03*TM	04/10/03*TM

*Imagens com deslocamento de +3 segundos sul.

Fonte: Dados da pesquisa.

denominado ISOSEG, que agrupa as regiões em classes espectralmente homogêneas. As classes espectrais foram superpostas às imagens e analisadas individualmente, sendo então associadas às classes temáticas de uso do solo. O critério para definir uma classe espectral como pertencente a um determinado tema de uso do solo é particularmente importante no processo de classificação, pois irá definir as classes temáticas que representarão a realidade existente no campo. Nessa fase é, então, estipulado um novo limiar, denominado de “limiar de aceitação”, fundamentado em probabilidade estatística. De acordo com o limiar de aceitação utilizado, haverá maior ou menor separabilidade de alvos nas imagens e, conseqüentemente, maior ou menor número de classes temáticas. Esta fase do trabalho foi muito importante e precisou ser realizada variando esse limiar e analisando os resultados obtidos, a fim de reduzir ao máximo a fase de interpretação visual. Todavia, por mais cautelosa que seja a escolha desses limiares é inevitável a ocorrência de erro de classificação (acima de 20%) por omissão (cana classificada como não-cana) ou inclusão (não-cana classificada como cana), por causa da semelhança no comportamento espectral de alvos distintos, que são agrupados como uma única classe espectral. Esse erro de classificação pode ser minimizado por meio da interpretação vi-

sual, na qual o intérprete corrige a classificação digital, utilizando a ferramenta de edição matricial do SPRING.

2.3.2 - Interpretação visual das imagens

A interpretação visual das imagens na tela do computador teve como objetivo corrigir os erros de classificação. Esse procedimento foi realizado por meio de um *link* dinâmico entre o analista e o computador, que permite visualizar vários planos de informação de forma simultânea e interativa. Através desse procedimento foi possível aumentar a exatidão do mapa temático final. A interpretação visual foi realizada sobrepondo o mapa classificado às imagens dos quatro períodos (Tabela 1), para definir se o polígono classificado era de fato cana-de-açúcar. Esse procedimento foi realizado de forma interativa até que o intérprete estivesse convencido de que a classe rotulada num dado polígono representasse a realidade no campo. Essa fase foi a mais demorada no processo de obtenção dos resultados, porque exigiu uma análise visual de cada polígono resultante da classificação. O trabalho de interpretação visual foi feito por uma equipe de intérpretes experientes e todos os resultados da classificação foram revisados

por um dos intérpretes.

Uma tabela obtida a partir de dados do IBGE (IBGE, 2003), com informações sobre área plantada com as diferentes culturas agrícolas em cada município também estava disponível aos intérpretes através do módulo de consulta "informação" do SPRING.

2.4 - Definição da Cana como Tema

O tema foi subdividido em: cana safra 2003/04, ou seja, toda cana colhida ao longo do período de corte do ano de 2003; cana expansão, ou seja, a cana plantada em área onde não havia cana e prevista para ser colhida na safra 2004/05; e cana reforma, ou seja, a cana plantada em área onde havia cana na safra 2002/03 e prevista para ser colhida na safra 2004/05.

2.5 - Trabalho de Campo

Inicialmente havia sido previsto um trabalho de campo a ser realizado para dirimir as dúvidas com relação ao tema nos casos em que a informação disponível nas imagens do satélite não fosse suficiente para uma clara definição da área em questão. Contudo, o uso de imagens adquiridas em quatro períodos distintos e específicos reduziu drasticamente o trabalho de campo, que ficou restrito à visita em algumas áreas da região canavieira da imagem da órbita 219 ponto 76, com a finalidade de treinar os intérpretes.

2.6 - Estimativa da Área Plantada

Ao final do processo de classificação foi obtido um Plano de Informação (PI) temático contendo as classes cana safra 2003/04, cana expansão e cana reforma. Através do cruzamento desse PI com o mapa político-geográfico contendo os limites municipais foi estimada a área plantada com cana em cada município. No aplicativo SPRING já existe uma fer-

ramenta denominada "Estatística de Imagem por Polígono" que realiza esse cruzamento automaticamente e armazena o resultado em uma tabela. Contudo, essa tabela não traz o nome dos municípios, apenas seus identificadores (GeoID). Desta forma, foi feita uma ligação entre essa tabela e uma tabela que continha a lista de municípios com os respectivos GeoIDs para se obter os dados desejados de forma concisa.

3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado preliminar da classificação digital das imagens feito apenas com base nas imagens do PERÍODO-2 (Tabela 1) deixou muito a desejar. Foi verificado qualitativamente que os erros de omissão e inclusão eram elevados, com isso o trabalho de interpretação para correção desses erros se tornaria muito laborioso. Assim, optou-se por utilizar apenas o resultado da segmentação e realizar a interpretação visual em duas etapas. Na primeira etapa, os polígonos resultantes da segmentação, que apresentavam todas as características de área plantada com cana no PERÍODO-2, foram classificados de forma interativa pelo analista como sendo cana. Na segunda etapa, o mapa temático resultante foi sobreposto (acoplado) às imagens das demais datas para o refinamento da classificação, por meio de uma interpretação visual criteriosa. As imagens do PERÍODO-2 foram muito boas para identificar a maioria da cana disponível para a safra 2003/04. Entretanto, em regiões com plantio de milho houve semelhança de comportamento espectral da cana com alguns talhões do milho. Nesse caso, as imagens do PERÍODO-3 mostraram-se muito boas na separação espectral desses dois temas, por causa do comportamento espectral diferenciado, em função do estágio fenológico das duas culturas. Imagens do PERÍODO-3 também foram muito importantes para mapear áreas de cana colhidas no final da safra 2002/03 ou áreas de cana de ano plantadas de outubro a dezembro de 2002, que não apresentaram padrão espectral bem definido nas imagens do PERÍODO-2.

Como o objetivo principal do trabalho é mapear áreas de cana destinadas para a safra 2003/04, foi necessário separar a cana-de-ano-e-meio, destinada para a safra 2004/05. Nesse sentido, foi difícil definir se uma área de cana com padrão de solo exposto nas imagens do PERÍODO-2 e com padrão de cana no PERÍODO-3 seria colhida em 2003 ou em 2004. Assim, foi necessário verificar o padrão espectral dessa área na imagem do PERÍODO-4, correspondente ao período final da colheita da safra 2003/04. Se na imagem do PERÍODO-4 essa área continuou com padrão típico de cana, então a área foi mapeada como cana para ser colhida na safra 2004/05. Se o padrão dessa área na imagem do PERÍODO-4 voltou a ter um padrão de solo exposto, supôs-se que a cana fora colhida na safra 2003/04.

Desta forma, obteve-se o mapa temático das áreas de cana para a safra 2003/04 e cana planta em áreas de reforma (cana reforma) para a safra 2004/05. Além disso, foi possível mapear a cana plantada em áreas de expansão (cana expansão) de acordo com o seguinte critério de interpretação: se a área de cana plantada apresentava aspecto de área de cana na imagem do PERÍODO-1 (final de 2002), então ela foi classificada como cana reforma, caso contrário ela foi classificada como cana expansão. As imagens do PERÍODO-1 também foram muito úteis para separar eventual confusão da classe cana com vegetação natural, que nessa data é bem realçada por causa do contraste espectral entre esses dois alvos.

É interessante ressaltar que foram observados diferentes comportamentos espectrais para a cana, devido a fatores como: idade, cultivares, manejo, influência do solo etc. Entretanto, isso não foi prejudicial na identificação e mapeamento da cana nas imagens, devido ao uso do critério temporal. Pelo menos em uma das imagens analisadas, pode-se observar o padrão espectral típico da cana, mesmo em áreas onde ocorreram diferenças no comportamento espectral numa data específica. O método de identificação da cultura da cana por meio de imagens multitemporais também se mostrou muito sensível para identificar não apenas a área cultivada com cana, mas também a área de cana disponível

para colheita, além das áreas de cana em reforma e de cana em expansão. Por exemplo, para o município de Guaraci, o IBGE estimou uma área colhida de 6.000ha enquanto que neste trabalho foi estimada uma área de 5.473ha, mas foram mapeados 1.307ha de cana em reforma e 3.959ha de cana em área de expansão num total de 10.739ha (Tabela 2).

O resultado geral da classificação mostrou que o Estado de São Paulo tem 3,09 milhões de ha de cana, o que equivale a cerca de 12,5% da área total do estado (Tabela 3). Do total da área de cana, 2,57 milhões de ha foram colhidos na safra 2003/04 e o restante da área mapeada (523 mil ha) era de cana planta para a safra 2004/05, o que correspondeu a 17%. Desse valor, ou seja, 431 mil ha são cana planta em reforma (14%) e 92 mil ha são cana planta em área de expansão (3%), isto é, área nova de cana (Tabela 3). A figura 1 apresenta a distribuição espacial da cana safra 2003/04, cana reforma e cana expansão nos municípios do Estado de São Paulo.

As estatísticas oficiais do IBGE e do Instituto de Economia Agrícola (IEA), para 2003, apresentam os valores de 2.817.604ha e 3.312.790ha, respectivamente. A diferença de 495.186ha entre essas estimativas se refere tanto às áreas de cana em reforma quanto às áreas de cana em expansão, pois o IBGE apresenta a área colhida enquanto o IEA apresenta a área cultivada com cana. Comparando a estimativa do IBGE com o resultado deste trabalho, observamos que o IBGE superestimou em 9,58% a área de cana colhida, já o IEA subestimou em 5,4% a soma das áreas de cana reforma e cana expansão que no presente trabalho foi de 523.326ha. A UNICA (UNICA, 2004) divulgou uma área colhida de 2,45 milhões de ha, ou seja, 4,72% inferior ao resultado deste trabalho.

Tanto o IBGE quanto o IEA fornecem os mesmos valores de produção (227.980.860t) e de produtividade (80,91t ha⁻¹). Já a UNICA apresenta uma produção de 207.572.538t e uma produtividade de 84,72t ha⁻¹. Supondo que a cana produzida foi colhida em uma área de 2.571.337ha, conforme estimativa deste trabalho, concluímos que a produtividade mé-

Tabela 2 - Área de Cana-de-açúcar, Reforma, Expansão e Total, por Município Produtor, Estado de São Paulo, Safra 2003/04

Município	(em ha)			Total
	Safra 2003/04	Reforma	Expansão	
Adamantina	8.131	2.191	488	10.810
Adolfo	0	0	462	462
Aguai	6.081	1.164	0	7.245
Agudos	3.802	1.201	66	5.069
Altair	6.358	1.335	221	7.914
Altinópolis	13.166	1.464	301	14.931
Alto Alegre	2.549	618	1.248	4.415
Americana	2.228	93	62	2.383
Américo Brasiliense	7.336	578	15	7.929
Amparo	901	188	0	1.089
Analândia	1.015	380	80	1.475
Andradina	11.428	1.508	443	13.379
Angatuba	187	0	0	187
Anhembi	2.553	1.045	211	3.809
Anhumas	26	124	0	150
Aparecida d'Oeste	68	0	0	68
Araçatuba	14.471	2.800	2.420	19.691
Araçoiaba da Serra	136	0	23	159
Aramina	11.263	1.573	19	12.855
Arandu	219	18	0	237
Araraquara	31.093	7.853	320	39.266
Araras	26.127	2.765	45	28.937
Arco-Íris	1.204	99	296	1.599
Arealva	951	66	18	1.035
Areiópolis	5.319	737	0	6.056
Ariranha	7.298	1.711	211	9.220
Artur Nogueira	1.630	153	12	1.795
Assis	8.148	2.363	36	10.547
Auriflama	161	53	0	214
Avai	1.446	236	0	1.682
Avanhandava	12.023	1.437	985	14.445
Avaré	5.533	586	16	6.135
Bálsamo	71	51	132	254
Barbosa	2.524	37	388	2.949
Bariri	12.761	1.210	1.242	15.213
Barra Bonita	8.772	768	0	9.540
Barretos	18.695	6.170	2.764	27.629
Barrinha	10.427	527	0	10.954
Bastos	356	28	39	423
Batatais	29.406	4.864	448	34.718
Bauru	9	11	0	20
Bebedouro	17.874	4.458	386	22.718
Bento de Abreu	9.309	1.048	1.299	11.656
Bernardino de Campos	4.310	595	66	4.971

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2 - Área de Cana-de-açúcar, Reforma, Expansão e Total, por Município Produtor, Estado de São Paulo, Safra 2003/04

Município	(em ha)			Total
	Safra 2003/04	Reforma	Expansão	
Bilac	1.380	48	17	1.445
Birigüi	762	290	200	1.252
Boa Esperança do Sul	17.768	4.033	71	21.872
Bocaina	10.364	1.670	785	12.819
Boituva	3.497	44	0	3.541
Borá	330	137	238	705
Boracéia	5.581	718	0	6.299
Borborema	9.648	1.919	720	12.287
Borebi	4.211	727	83	5.021
Botucatu	8.079	912	0	8.991
Braúna	4.531	287	204	5.022
Brodowski	9.482	2.088	76	11.646
Brotas	13.987	2.223	364	16.574
Buritama	288	49	0	337
Buritizal	6.891	662	6	7.559
Caconde	189	0	0	189
Cafelândia	3.242	752	171	4.165
Caiaabu	4.122	1.190	23	5.335
Caiuá	58	0	149	207
Cajobi	3.677	589	431	4.697
Cajuru	10.910	1.317	841	13.068
Campinas	558	601	21	1.180
Campos Novos Paulista	533	86	40	659
Cândido Mota	11.544	2.705	32	14.281
Cândido Rodrigues	1.386	300	0	1.686
Canitar	3.074	514	0	3.588
Capela do Alto	215	0	0	215
Capivari	17.107	2.138	6	19.251
Casa Branca	9.731	532	9	10.272
Cássia dos Coqueiros	15	48	0	63
Castilho	1.705	1	100	1.806
Catanduva	11.690	2.768	32	14.490
Catiguá	9.311	1.189	0	10.500
Cedral	674	149	616	1.439
Cerqueira César	1.043	186	294	1.523
Cerquillo	2.267	140	4	2.411
Cesário Lange	3.864	54	0	3.918
Charqueada	7.641	93	10	7.744
Chavantes	8.921	1.546	19	10.486
Clementina	2.680	366	150	3.196
Colina	15.213	2.615	438	18.266
Conchal	506	99	0	605
Conchas	308	90	13	411
Cordeirópolis	5.872	811	38	6.721

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2 - Área de Cana-de-açúcar, Reforma, Expansão e Total, por Município Produtor, Estado de São Paulo, Safra 2003/04

Município	(em ha)			Total
	Safra 2003/04	Reforma	Expansão	
Coroados	1.459	350	67	1.876
Corumbataí	1.176	648	39	1.863
Cosmópolis	5.197	445	0	5.642
Cosmorama	312	155	298	765
Cravinhos	16.248	3.291	0	19.539
Cristais Paulista	15	14	0	29
Cruzália	446	212	0	658
Descalvado	14.401	2.784	680	17.865
Dobrada	10.771	1.429	0	12.200
Dois Córregos	29.159	2.430	442	32.031
Dourado	4.204	601	73	4.878
Dracena	473	201	380	1.054
Dumont	6.484	2.333	0	8.817
Echaporã	3.650	848	0	4.498
Elias Fausto	6.776	290	9	7.075
Elisiário	4.073	682	0	4.755
Embaúba	1.612	258	90	1.960
Emilianópolis	1.245	52	442	1.739
Engenheiro Coelho	1.229	206	0	1.435
Espírito Santo do Pinhal	1.055	920	0	1.975
Espírito Santo do Turvo	1.962	104	0	2.066
Estiva Gerbi	26	134	43	203
Estrela d'Oeste	1.985	449	239	2.673
Euclides da Cunha Paulista	965	248	0	1.213
Fernando Prestes	3.346	1.548	0	4.894
Fernandópolis	5.311	779	393	6.483
Flora Rica	1.373	8	223	1.604
Floreal	0	0	103	103
Flórida Paulista	14.456	1.762	200	16.418
Florínia	5.783	600	0	6.383
Franca	2.793	216	196	3.205
Gabriel Monteiro	1.558	35	185	1.778
Gastão Vidigal	181	151	0	332
Gavião Peixoto	5.134	713	23	5.870
General Salgado	5.168	509	86	5.763
Getulina	3.066	526	271	3.863
Glicério	3.338	178	609	4.125
Guaiçara	3.172	934	302	4.408
Guaíra	31.969	4.587	182	36.738
Guapiaçu	7.312	1.421	614	9.347
Guará	16.072	1.409	0	17.481
Guaraçai	1.020	6	358	1.384
Guaraci	5.473	1.307	3.959	10.739
Guarani d'Oeste	156	0	0	156

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2 - Área de Cana-de-açúcar, Reforma, Expansão e Total, por Município Produtor, Estado de São Paulo, Safra 2003/04

Município	(em ha)			Total
	Safra 2003/04	Reforma	Expansão	
Guararapes	21.395	1.842	594	23.831
Guareí	1.677	171	747	2.595
Guariba	19.115	3.041	0	22.156
Guataparã	17.743	4.124	0	21.867
Guzolândia	491	112	0	603
Holambra	24	0	0	24
Hortolândia	18	0	0	18
Iacanga	3.820	436	391	4.647
Iacri	664	0	0	664
Ibaté	9.177	2.350	231	11.758
Ibirá	3.872	1.212	250	5.334
Ibirarema	5.783	665	41	6.489
Ibitinga	5.509	733	521	6.763
Icém	7.055	4.100	521	11.676
Iepê	5.263	1.237	1.157	7.657
Igaraçu do Tietê	6.304	924	0	7.228
Igarapava	15.017	2.222	329	17.568
Ilha Solteira	0	0	39	39
Indaiatuba	1.863	0	0	1.863
Inúbia Paulista	1.306	53	7	1.366
Ipauçu	9.632	1.157	0	10.789
Iperó	409	0	0	409
Ipeúna	4.467	301	69	4.837
Ipiruá	17	0	327	344
Ipuã	16.505	4.356	17	20.878
Iracemápolis	7.004	295	27	7.326
Irapuã	2.577	858	386	3.821
Irapuru	226	0	20	246
Itaí	9.903	1.100	636	11.639
Itajobi	14.551	3.652	179	18.382
Itaju	3.023	521	375	3.919
Itapetininga	3.163	67	0	3.230
Itapeva	1.109	0	0	1.109
Itapira	5.124	273	0	5.397
Itápolis	18.035	2.142	0	20.177
Itapuí	8.547	593	26	9.166
Itapura	0	0	785	785
Itirapina	4.459	275	30	4.764
Itobi	969	0	0	969
Itu	1.066	0	0	1.066
Ituverava	17.622	2.656	36	20.314
Jaborandi	14.368	2.086	0	16.454
Jaboticabal	45.805	7.970	58	53.833
Jacé	11	190	256	457

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2 - Área de Cana-de-açúcar, Reforma, Expansão e Total, por Município Produtor, Estado de São Paulo, Safra 2003/04

Município	(em ha)			Total
	Safra 2003/04	Reforma	Expansão	
Jaguariúna	1.967	0	0	1.967
Jales	46	0	0	46
Jardinópolis	26.595	4.862	0	31.457
Jaú	39.581	4.440	82	44.103
Jeriquara	2.275	186	81	2.542
João Ramalho	1.913	477	322	2.712
José Bonifácio	1.645	73	409	2.127
Jumirim	410	0	0	410
Junqueirópolis	3.201	183	937	4.321
Laranjal Paulista	4.763	369	200	5.332
Lavínia	5.407	1.656	458	7.521
Leme	11.803	2.593	3	14.399
Lençóis Paulista	33.930	6.029	134	40.093
Limeira	11.660	859	48	12.567
Lins	7.318	2.483	1.555	11.356
Lourdes	1.690	206	53	1.949
Lucélia	5.303	1.548	140	6.991
Luís Antônio	19.927	5.299	146	25.372
Luiziânia	1.170	425	228	1.823
Lutécia	755	1.835	332	2.922
Macatuba	13.960	2.479	4	16.443
Macaubal	404	111	304	819
Magda	1.171	112	0	1.283
Manduri	597	201	81	879
Marabá Paulista	920	41	1.376	2.337
Maracá	12.987	2.686	67	15.740
Marapoama	4.088	661	201	4.950
Martinópolis	5.733	1.193	422	7.348
Matão	11.435	2.242	0	13.677
Mendonça	782	226	203	1.211
Meridiano	601	0	0	601
Miguelópolis	15.030	1.661	261	16.952
Mineiros do Tietê	10.628	913	126	11.667
Mirandópolis	4.961	1.139	619	6.719
Mirassol	609	75	0	684
Mirassolândia	0	0	680	680
Mococa	10.164	1.931	843	12.938
Mogi-Guaçu	4.818	1.316	185	6.319
Mogi-Mirim	5.478	601	15	6.094
Mombuca	7.564	427	30	8.021
Monte Alto	6.091	1.540	143	7.774
Monte Aprazível	6.462	1.076	734	8.272
Monte Azul Paulista	3.474	748	54	4.276
Monte-Mor	4.122	697	32	4.851

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2 - Área de Cana-de-açúcar, Reforma, Expansão e Total, por Município Produtor, Estado de São Paulo, Safra 2003/04

Município	(em ha)			Total
	Safra 2003/04	Reforma	Expansão	
Morro Agudo	83.488	12.397	22	95.907
Motuca	13.609	1.211	0	14.820
Nantes	4.541	267	226	5.034
Narandiba	574	15	148	737
Neves Paulista	1.863	223	689	2.775
Nhandeara	73	29	2.228	2.330
Nipoã	1.687	435	716	2.838
Nova Aliança	0	60	0	60
Nova Castilho	1.119	236	15	1.370
Nova Europa	4.703	1.002	0	5.705
Nova Granada	2.536	46	407	2.989
Nova Luzitânia	496	52	0	548
Nova Odessa	1.415	0	0	1.415
Novais	4.324	1.618	149	6.091
Novo Horizonte	24.728	4.515	553	29.796
Nuporanga	15.494	2.635	8	18.137
Óleo	324	23	60	407
Olímpia	19.163	2.831	875	22.869
Onda Verde	5.809	1.712	181	7.702
Orindiúva	10.588	1.482	250	12.320
Orlândia	14.404	3.541	24	17.969
Osvaldo Cruz	1.264	4	610	1.878
Ourinhos	10.147	1.017	10	11.174
Ouro Verde	0	0	953	953
Ouroeste	399	58	1.005	1.462
Pacaembu	1.820	0	784	2.604
Palestina	917	420	977	2.314
Palmares Paulista	4.583	1.328	0	5.911
Palmital	10.413	1.861	197	12.471
Paraguaçu Paulista	36.522	8.412	567	45.501
Paraíso	4.554	1.293	190	6.037
Paranapanema	900	413	230	1.543
Parapuã	5.429	239	318	5.986
Patrocínio Paulista	3.722	723	0	4.445
Paulínia	1.677	298	191	2.166
Paulo de Faria	13.595	2.496	770	16.861
Pederneiras	29.523	3.912	742	34.177
Pedranópolis	428	109	0	537
Pedregulho	2.092	123	17	2.232
Pedrinhas Paulista	59	200	0	259
Penápolis	17.568	2.844	1.169	21.581
Pereira Barreto	1.067	0	275	1.342
Pereiras	141	41	0	182
Piacatu	3.564	0	0	3.564

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2 - Área de Cana-de-açúcar, Reforma, Expansão e Total, por Município Produtor, Estado de São Paulo, Safra 2003/04

Município	(em ha)			Total
	Safra 2003/04	Reforma	Expansão	
Pindorama	7.996	2.046	95	10.137
Piquerobi	187	0	0	187
Piracicaba	37.457	2.922	981	41.360
Piraju	980	0	40	1.020
Pirajuí	4.104	1.062	507	5.673
Pirangi	5.784	1.435	71	7.290
Pirapozinho	1.438	1.011	0	2.449
Pirassununga	15.311	2.965	127	18.403
Pitangueiras	26.309	4.703	103	31.115
Planalto	2.648	343	563	3.554
Platina	3.816	532	437	4.785
Poloni	1.297	440	337	2.074
Pontal	23.020	4.059	0	27.079
Pontalinda	414	60	321	795
Populina	762	0	0	762
Porto Feliz	16.291	525	198	17.014
Porto Ferreira	4.597	1.274	91	5.962
Potirendaba	1.176	120	644	1.940
Pracinha	283	21	100	404
Pradópolis	9.963	531	0	10.494
Pratânia	3.383	480	632	4.495
Presidente Alves	1.049	455	12	1.516
Presidente Bernardes	461	120	0	581
Presidente Prudente	6.077	1.653	0	7.730
Presidente Venceslau	23	0	1.088	1.111
Promissão	12.365	856	971	14.192
Quadra	1.198	34	0	1.232
Quatá	16.813	4.717	310	21.840
Queiroz	0	122	43	165
Rafard	7.057	496	0	7.553
Rancharia	8.404	571	134	9.109
Regente Feijó	255	0	0	255
Reginópolis	501	0	1.064	1.565
Restinga	7.656	852	157	8.665
Ribeirão Bonito	9.006	1.953	356	11.315
Ribeirão Corrente	51	194	0	245
Ribeirão do Sul	602	103	10	715
Ribeirão dos Índios	0	0	72	72
Ribeirão Preto	25.314	5.267	5	30.586
Rifaina	151	0	0	151
Rincão	12.972	3.673	47	16.692
Rinópolis	1.156	73	58	1.287
Rio Claro	8.499	455	80	9.034

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2 - Área de Cana-de-açúcar, Reforma, Expansão e Total, por Município Produtor, Estado de São Paulo, Safra 2003/04

Município	(em ha)			Total
	Safra 2003/04	Reforma	Expansão	
Rio das Pedras	13.358	350	53	13.761
Riolândia	997	165	104	1.266
Rosana	17	0	0	17
Rubiácea	4.657	243	78	4.978
Sabino	2.073	155	78	2.306
Sagres	1.156	127	96	1.379
Sales	1.469	661	223	2.353
Sales Oliveira	15.844	2.788	34	18.666
Salmourão	2.313	547	151	3.011
Saltinho	3.010	292	14	3.316
Salto	790	43	95	928
Salto Grande	2.086	236	0	2.322
Santa Adélia	13.125	6.012	0	19.137
Santa Bárbara d'Oeste	14.861	1.287	53	16.201
Santa Cruz da Conceição	953	189	111	1.253
Santa Cruz da Esperança	3.074	916	196	4.186
Santa Cruz das Palmeiras	12.525	1.398	212	14.135
Santa Cruz do Rio Pardo	14.436	2.013	246	16.695
Santa Ernestina	9.427	1.121	24	10.572
Santa Gertrudes	5.303	622	0	5.925
Santa Lúcia	8.745	995	39	9.779
Santa Maria da Serra	4.596	367	52	5.015
Santa Rita do Passa Quatro	9.606	1.780	692	12.078
Santa Rosa de Viterbo	6.169	515	312	6.996
Santo Anastácio	1.240	72	87	1.399
Santo Antônio da Alegria	154	0	0	154
Santo Antônio de Posse	2.186	96	0	2.282
Santo Antônio do Aracanguá	17.308	1.989	557	19.854
Santo Expedito	212	157	176	545
Santópolis do Aguapeí	3.379	284	283	3.946
São Carlos	19.280	4.161	1.302	24.743
São João da Boa Vista	5.031	393	87	5.511
São João de Iracema	3.668	1.098	191	4.957
São Joaquim da Barra	19.108	6.448	0	25.556
São José da Bela Vista	8.995	1.752	133	10.880
São José do Rio Pardo	436	30	0	466
São José do Rio Preto	318	17	119	454
São Manuel	25.183	4.519	124	29.826
São Pedro	6.032	488	294	6.814
São Pedro do Turvo	1.953	419	116	2.488
São Simão	12.760	3.673	612	17.045
Sarutaiá	192	0	0	192
Sebastianópolis do Sul	238	1.355	625	2.218

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 2 - Área de Cana-de-açúcar, Reforma, Expansão e Total, por Município Produtor, Estado de São Paulo, Safra 2003/04

Município	(em ha)			(conclusão)
	Safra 2003/04	Reforma	Expansão	Total
Serra Azul	10.836	2.372	309	13.517
Serra Negra	585	0	0	585
Serrana	6.765	1.100	14	7.879
Sertãozinho	25.217	3.011	0	28.228
Severínia	2.148	504	180	2.832
Sorocaba	357	0	0	357
Sud Mennucci	6.474	1.201	408	8.083
Sumaré	2.363	11	4	2.378
Suzanápolis	3.156	87	677	3.920
Tabapuã	10.564	2.472	207	13.243
Tabatinga	4.186	622	79	4.887
Taciba	3.967	1.090	0	5.057
Taiaçu	2.408	473	66	2.947
Taiúva	5.697	1.259	34	6.990
Tambaú	9.682	1.257	823	11.762
Tanabi	494	53	262	809
Tapiratiba	2.142	392	33	2.567
Taquaral	972	123	0	1.095
Taquaritinga	19.056	5.236	53	24.345
Taquarituba	496	67	0	563
Tarumã	15.830	3.079	110	19.019
Tatuí	5.374	381	60	5.815
Teodoro Sampaio	11.178	2.774	297	14.249
Terra Roxa	13.580	2.012	0	15.592
Tietê	9.285	520	68	9.873
Timburi	38	0	0	38
Torrinha	5.215	1.011	634	6.860
Trabiju	3.160	534	31	3.725
Turiúba	28	0	0	28
Turmalina	178	0	0	178
Ubarana	3.084	0	41	3.125
Uchoa	4.371	1.713	324	6.408
União Paulista	1.654	113	382	2.149
Uru	47	0	0	47
Urupês	7.232	910	860	9.002
Valparaíso	23.463	3.642	1.508	28.613
Vargem Grande do Sul	4.836	68	0	4.904
Viradouro	12.956	2.575	0	15.531
Vista Alegre do Alto	3.630	531	0	4.161
Vitória Brasil	63	24	0	87
Votuporanga	198	163	520	881
Zacarias	0	0	191	191
Total no Estado	2.571.337	431.276	91.986	3.094.599

Fonte: Dados da pesquisa.

Tabela 3 - Estimativa de Área de Cana-de-açúcar, por Região Administrativa (RA) do Estado de São Paulo, Reforma, Expansão e Total, Safra 2003/04
(em ha)

RA ¹	Safra 2003/04	Reforma	Expansão	Total
Araçatuba	197.596	26.827	16.696	241.119
Barretos	184.079	35.773	9.751	229.603
Bauru	263.310	36.507	9.447	309.264
Campinas	355.067	38.838	5.769	399.674
Central	267.590	52.787	5.368	325.745
Franca	303.894	51.272	1.788	356.954
Marília	201.619	39.703	4.010	245.332
Presidente Prudente	98.211	18.460	10.886	127.557
Ribeirão Preto	352.561	64.174	3.116	419.851
São José do Rio Preto	226.517	54.192	21.483	302.192
Sorocaba	120.893	12.743	3.672	137.308
Total	2.571.337	431.276	91.986	3.094.599

¹Não foi identificado cultivo de cana nas seguintes RAs: Baixada Santista, Registro, São José dos Campos e São Paulo.
Fonte: Dados da pesquisa.

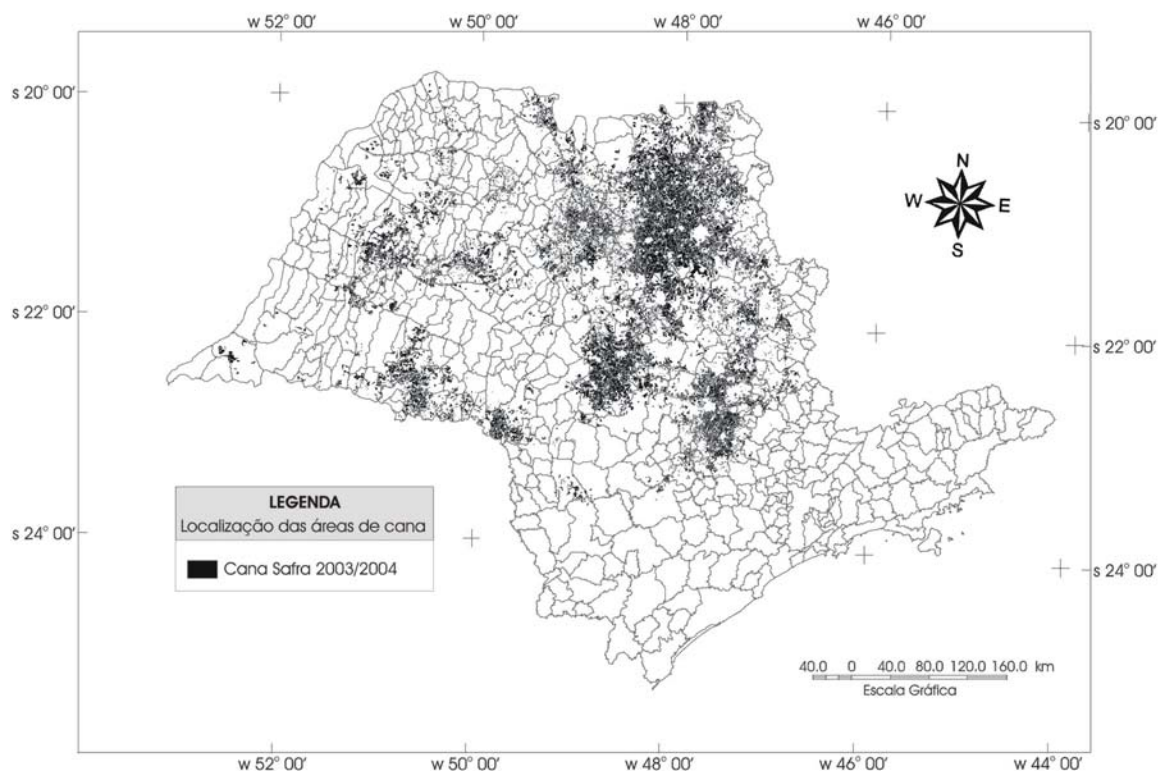


Figura 1 - Localização das Áreas de Cana nos Municípios do Estado de São Paulo, Safra 2003/04.
Fonte: Dados da pesquisa.

dia para o Estado de São Paulo foi de 88,66t ha⁻¹ pela produção do IBGE e de 80,73t ha⁻¹ pela produção da UNICA. Estas discrepâncias indicam que existe necessidade de aprimorar as estatísticas agrícolas da cana para o Estado de São Paulo.

A Tabela 3 apresenta os valores de área (ha) da cana safra 2003/04, cana reforma, cana expansão e cana (total) por Região Administrativa (RA) do Estado de São Paulo. A Tabela 4 apresenta esses mesmos valores por Escritório de Desenvolvimento Regional (EDR) do Estado de São Paulo. As duas Regiões Administrativas com maior área de cana são Ribeirão Preto (419.851ha) e Campinas (399.674ha). O maior valor de área de cana reforma foi observado na Região Administrativa de Ribeirão Preto (15,3% do total de cana desta RA). As maiores áreas de expansão de cana foram observadas nas Regiões Administrativas de São José do Rio Preto, Araçatuba e Presidente Prudente que juntas correspondem a 54% da expansão de área de cana no Estado de São Paulo.

A Tabela 2 apresenta os valores de área (ha) de cana safra 2003/04, cana reforma, cana expansão e cana (total) por município do Estado de São Paulo.

Apresentados os valores de área por município e por região, além do mapa com a distribuição das áreas canavieiras, fica a dúvida sobre a qualidade do resultado tanto da estimativa da área plantada quanto da exatidão do mapeamento. Os mapas temáticos gerados a partir da classificação multiespectral de imagens de sensoriamento remoto muitas vezes fornecem resultados de qualidade duvidosa e que não podem ser utilizados para aplicações operacionais (FOODY, 2002). Daí a importância de se realizar uma cuidadosa interpretação visual em que o intérprete lança mão de uma série de critérios para corrigir os erros da classificação automática. A disponibilidade de um amplo conjunto de imagens obtidas em diferentes fases do crescimento da cana foi o principal fator que permitiu o intérprete tomar a decisão correta sobre a inclusão ou remoção de uma determinada área de cana no mapeamento. Ao final do trabalho de interpretação foi feita uma revisão geral do resultado por um dos intérpretes. Por meio desse procedimento acredita-se que os erros fo-

ram minimizados e que o resultado tem boa confiabilidade. Entretanto, isto deverá ser confirmado no futuro por meio da repetição deste trabalho em anos subseqüentes.

O método de identificação da cultura da cana por meio de imagens do satélite, obtidas em diferentes datas, se mostrou muito sensível para identificar não apenas a área total cultivada com cana, mas também a área de cana disponível para colheita. A observação das áreas canavieiras em diferentes datas, praticamente, eliminou a necessidade de verificação de campo.

No presente trabalho não foi possível fornecer uma previsão da estimativa da área plantada com cana, pois foi necessário utilizar uma imagem do final da época de colheita para a correta identificação da cana de ano e meio, a qual só deve ser colhida no ano safra seguinte. Contudo, uma vez realizado o mapeamento da cana para todo Estado de São Paulo na safra 2003/04, conforme apresentado neste trabalho, foi possível fornecer a previsão da estimativa da área plantada com cana para a safra 2004/05 por meio da atualização do mapeamento com as imagens dos meses de fevereiro a abril de 2004 (RUDORFF et al., 2004).

4 - CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho mostrou que as imagens de sensoriamento remoto, obtidas pelos satélites da série Landsat, em quatro diferentes e específicas épocas, ao longo de um período de doze meses, permitiu realizar com boa confiabilidade o mapeamento das áreas ocupadas com a cultura da cana-de-açúcar e subdividi-las em: 1) área de cana disponível para colheita; 2) área de cana em reforma e; 3) área de cana em expansão. A partir deste trabalho será possível atualizar o mapeamento em anos subseqüentes por meio de uma ou duas datas de imagens obtidas próximo ao início da safra a fim de fornecer previsão da estimativa de área de cana. A área de cana colhida, estimada pelo IBGE na safra 2003/04, foi de 2.817.604ha,

Tabela 4 - Estimativa de Área de Cana-de-açúcar, por Escritório de Desenvolvimento Regional (EDR) do Estado de São Paulo, Reforma, Expansão e Total, Safra 2003/04 (em ha)

EDR ¹	Safra 2003/04	Reforma	Expansão	Total
Andradina	61.516	9.087	6.561	77.164
Araçatuba	99.008	12.084	8.825	119.917
Araraquara	176.209	35.305	3.267	214.781
Assis	133.412	30.938	2.407	166.757
Avaré	18.691	2.571	1.257	22.519
Barretos	199.625	38.336	9.754	247.715
Bauru	45.312	7.044	2.376	54.732
Botucatu	49.735	8.193	1.180	59.108
Bragança Paulista	1.486	188	0	1.674
Campinas	17.377	1.897	257	19.531
Catanduva	140.406	35.301	3.860	179.567
Dracena	29.680	4.345	3.985	38.010
Fernandópolis	9.823	1.395	1.637	12.855
Franca	70.476	10.388	1.333	82.197
General Salgado	43.260	7.719	5.706	56.685
Itapetininga	15.463	707	807	16.977
Itapeva	1.109	0	0	1.109
Jaboticabal	159.924	29.242	1.619	190.785
Jales	591	84	321	996
Jaú	201.812	25.929	4.214	231.955
Limeira	108.246	14.432	788	123.466
Lins	35.388	6.768	3.855	46.011
Mogi-Mirim	28.185	3.323	255	31.763
Orlândia	246.738	42.348	756	289.842
Ourinhos	58.657	7.727	567	66.951
Piracicaba	134.288	9.613	1.627	145.528
Presidente Prudente	44.231	9.157	3.050	56.438
Presidente Venceslau	14.588	3.135	3.069	20.792
Ribeirão Preto	250.555	47.113	3.203	300.871
São João da Boa Vista	62.842	8.085	2.007	72.934
São José do Rio Preto	43.819	10.887	9.327	64.033
Sorocaba	22.761	612	316	23.689
Tupã	20.434	2.861	1.858	25.153
Votuporanga	25.690	4.462	1.942	32.094
Total no Estado	2.571.337	431.276	91.986	3.094.599

¹Não foi identificado cultivo de cana nos seguintes EDRs: Guaratinguetá, Marília, Mogi das Cruzes, Pindamonhangaba, Registro e São Paulo.

Fonte: Dados da pesquisa.

ou seja, 9,58% superior ao estimado neste trabalho (2.571.337ha). Já a UNICA divulgou uma área colhida de 2,45 milhões de ha, ou seja, 4,72% inferior ao deste trabalho. Também foi observada uma diferença significativa (9,8%) entre o valor de produção do IBGE e da UNICA. Isto indica que existe a necessidade de se buscar alternativas que forneçam estimativas corretas sobre a produção da cana no Estado de São Paulo. O presente trabalho apresenta uma me-

todologia objetiva que visa estimar de forma correta a área de cana destinada à colheita, além de quantificar áreas de cana em expansão e em reforma.

Recomenda-se que este trabalho seja continuado em anos subsequentes para testar a viabilidade do uso operacional das imagens de sensoriamento remoto no fornecimento de estimativas objetivas e com previsão da área cultivada com cana e disponível para colheita.

LITERATURA CITADA

FOODY, G. M. Status of land cover classification accuracy assessment. **Remote Sensing of Environment**, n. 80, p. 185-201, 2002.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Disponível em: <<http://www1.ibge.gov.br/cidadesat/default.php>>. Acesso em: maio 2003.

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS - INPE. **Spring**. Disponível em: <www.dpi.inpe.br/spring>. Acesso em: maio 2003.

MENDONÇA, F. J. et al. **CANASATE - Mapeamento da cana-de-açúcar por satélite**. São José dos Campos, INPE, 1986. 69 p. (INPE 3843-RPE/503).

NASCIMENTO, P. S. R.; ALMEIDA FILHO, R. Utilização da técnica de segmentação em imagens TM/Landsat visan-

do otimizar a técnica de interpretação visual. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8., 1996, Salvador. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 1996. p. 1-4.

PINO, F.A. Estimativa subjetiva de safras agrícolas. **Informações Econômicas**, São Paulo, v. 31, n. 6, p. 55-58, jun. 2001.

RUDORFF, B. F. T. et al. **Estimativa de área plantada com cana-de-açúcar em municípios do estado de São Paulo por meio de imagens de satélites e técnicas de geoprocessamento: ano safra 2004/2005**. São José dos Campos, INPE, 2004. 54 p. (11421-RPE/762).

UNIÃO DA AGROINDÚSTRIA CANAVIEIRA DE SÃO PAULO - UNICA. **Informação UNICA**, São Paulo, v. 6, n. 52, mar/abr., 2003.

_____. _____. São Paulo, v. 7, n. 57, jan./fev., 2004.

Recebido em 20/08/2004. Liberado para publicação em 31/01/2005.