

Monitoramento do modo de colheita da cana-de-açúcar no Estado de São Paulo - Brasil por meio de imagens de sensores orbitais em dois anos-safra

Daniel Alves de Aguiar¹; Bernardo Friedrich Theodor Rudorff¹; Wagner Fernando da Silva¹

¹ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, Divisão de Sensoriamento Remoto – DSR - Av. dos Astronautas, 1758 - Jardim da Granja São José dos Campos, São Paulo - 12.227- 010 - Brasil

{daniel, bernardo, wagner}@dsr.inpe.br

Palavras chave: sensoriamento remoto; protocolo agro-ambiental; queima da palha da cana; variação intra-anual.

A prática agrícola da queima da palha da cana-de-açúcar tem como finalidade facilitar a colheita manual. Entretanto, esta prática é nociva ao meio ambiente e à saúde humana. No Estado de São Paulo a queima da palha da cana é regulamentada por legislação ambiental e por um protocolo agroambiental, assinado no ano de 2008, que determina a extinção gradativa da prática da queima até 2017. Este trabalho avaliou o total de área colhida com e sem a prática da queima no Estado de São Paulo em dois anos-safra, bem como determinou as áreas em que houve mudança no modo de colheita a fim de atender a legislação. Foram utilizadas imagens de diversos sensores adquiridas de março a dezembro, período correspondente à colheita da cana, para os anos de 2006 e 2007. Imagens SRTM foram utilizadas para determinar áreas com declividade abaixo de 12%, propícias à colheita mecânica. As imagens foram analisadas por meio de técnicas de geoprocessamento e interpretação visual. Os resultados foram discutidos a nível estadual e municipal. Houve um acréscimo de 16,9% de área total colhida com cana entre os dois anos analisados. Para a área colhida sem queima houve um acréscimo de aproximadamente 657 mil hectares, além disso, 5,1% das áreas que foram colhidas com a prática da queima na safra 2006/07 foram colhidas sem o uso do fogo na safra posterior. Foram delimitados 3.104.358ha e 3.669.369ha cultivados com cana em regiões com declividade menor que 12% nas safras 2006/07 e 2007/08, respectivamente. Concluiu-se que, apesar do aumento da área cultivada com cana, houve redução considerável das áreas colhidas com a prática da queima nos dois anos avaliados. A metodologia apresentada é uma eficiente ferramenta de fiscalização para a legislação ambiental e possibilita avaliar e monitorar o avanço da colheita da cana sem o uso do fogo.

INTRODUÇÃO

A prática da queima da palha da cana-de-açúcar para facilitar a colheita manual tem causado danos ambientais e à saúde pública em municípios do Estado de São Paulo. A extinção da queima da palha está prevista na legislação estadual e é um tema complexo que envolve, além das questões ambientais (ALLEN et al., 2004; LARA et al., 2005), questões trabalhistas (SCOPINHO et al., 1999) e econômicas (RAMOS, 2007).

A Lei estadual N^o 11.241 de 19 de setembro de 2002 regulamenta o fim da prática da queima até 2021 para áreas com declividade menor que 12% (mecanizáveis) e até 2031 para áreas com declividade maior que 12% (não mecanizáveis) e áreas menores que 150ha. Entretanto, em junho de 2007, a União da Indústria de Cana-de-açúcar (UNICA) e a Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo assinaram um protocolo agroambiental que antecipa os prazos para extinção da queima da palha da cana nos canaviais paulistas (Secretaria do Meio Ambiente, 2007). Os prazos estabelecidos foram: 2014 para áreas mecanizáveis e 2017 para áreas não mecanizáveis, sendo que 85% das usinas do Estado aderiram ao protocolo. No mesmo sentido, em março de 2008, a Organização de Plantadores de Cana da Região Centro-Sul do Brasil (ORPLANA) também aderiu ao protocolo. Ao aderir ao protocolo, o Governo do Estado concede um certificado de Conformidade agroambiental aos produtores de cana.

O conhecimento do modo de colheita da cana é primordial para a fiscalização das diretrizes técnicas do protocolo agroambiental. Na safra 2007/2008 a área total cultivada com cana e disponível para colheita foi de 3.946.370ha, distribuídas em 457 municípios (Canasat, 2008). Além disso, a colheita da cana-de-açúcar se estende entre os meses de abril a dezembro. Dessa forma, imagens obtidas por sensores orbitais aliadas às técnicas

de geoprocessamento apresentam grande potencial para o monitoramento e definição do modo da colheita durante a safra (AGUIAR et al., 2007).

Desde 2003, o projeto Canasat (www.dsr.inpe.br/canasat), desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) em conjunto com a UNICA, com o Centro de Tecnologia Canaveira (CTC) e com Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada (CEPEA), vem mapeando, por meio de técnicas de sensoriamento remoto, as áreas cultivadas com cana de açúcar no Estado de São Paulo e desde 2007 está monitorando o modo de colheita dessas áreas.

O objetivo do presente trabalho é avaliar o modo de colheita da cana-de-açúcar nos anos-safra de 2006 e 2007, determinando a porcentagem de áreas cultivadas com cana que atendem ao protocolo agroambiental, bem como determinar se a evolução do plantio entre os dois anos está indo ao encontro dos interesses do protocolo. Pretende-se ainda apresentar a metodologia que permite o monitoramento do modo de colheita durante a safra.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de estudo

O Estado de São Paulo localiza-se na região sudeste do Brasil, entre os paralelos 19° 50'S e 24° 30'S e os meridianos 44° 00'O e 53° 30'O , e ocupa uma área de 248.209,4km². O plantio da cana-de-açúcar concentra-se principalmente nas regiões oeste e centro-norte do Estado. A Figura 1 ilustra a localização do Estado no Brasil, bem como as áreas de cultivadas com cana em São Paulo.

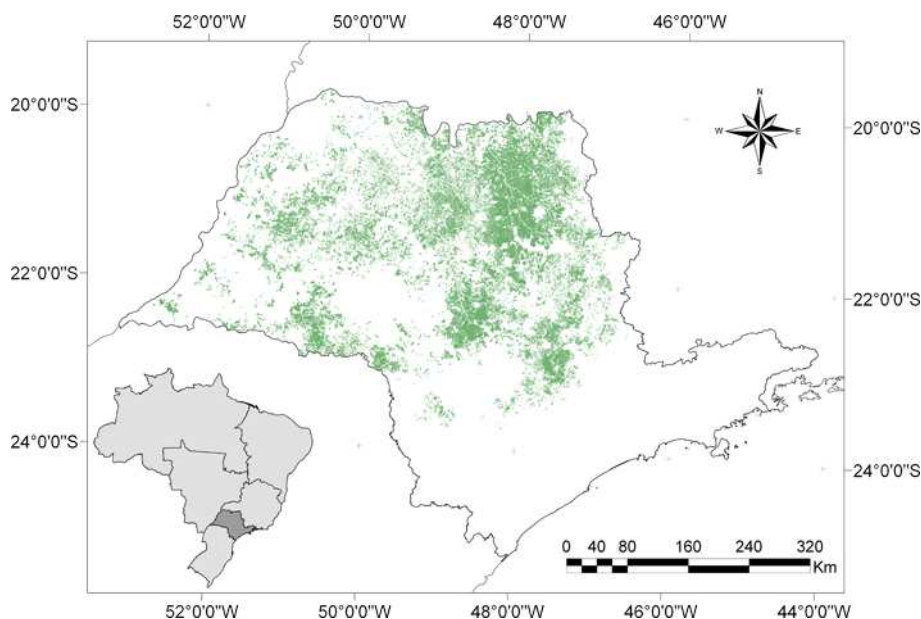


Figura 1. Mapa de São Paulo e áreas de cana - ano safra 2006/2007.

Imagens de sensores remotos e dados auxiliares

Para cobrir toda a área cultivada com cana no Estado de São Paulo são necessárias 13 cenas do sensor TM/Landsat-5. Foram selecionadas imagens livres de nuvens ou com pouca cobertura de nuvens entre os meses de abril (início da colheita) e dezembro de cada ano. Imagens CCD/CBERS e DMC foram utilizadas complementarmente quando imagens TM foram desconsideradas por cobertura de nuvens e no período em que o sensor TM não adquiriu imagens (setembro a dezembro de 2007).

Imagens do projeto *Shuttle Radar Topography Mission* – SRTM (RABUS et al., 2003) foram utilizadas para obter dados de declividade. Estas imagens foram processadas para remoção das falhas, redução de artefatos e distribuição da aleatoriedade por meio de *krigagem*, conforme VALERIANO et al. (2006). Durante o processamento os dados foram reamostrados para a resolução espacial de 30 x 30m.

O mapa das áreas cultivadas com cana-de-açúcar para os anos safra 2006/2007 e 2007/2008 foram obtidos do Projeto Canasat. A metodologia para geração destes mapas está descrita em RUDORFF et al. (2005) e é baseada na classificação digital e na interpretação visual de imagens de sensores remotos. Além de identificar as áreas cultivadas com cana estes mapas permitem isolar as áreas de cana de áreas com outros usos e ocupação do solo.

Todas as imagens foram referenciadas ao datum planimétrico SAD-69 e ao sistema de projeção Policônica. O registro foi realizado com base nos mosaicos disponibilizados pela NASA, confeccionados com imagens ortorretificadas do sensor ETM+ do Landsat-7 (TUCKER et al., 2004).

Mapeamento do modo de colheita da cana

Os mapas de cana foram utilizados para restringir o monitoramento apenas às áreas de interesse, ou seja, áreas cultivadas com cana. Dessa forma as imagens ficam restritas à apenas dois temas: a) cana disponível para colheita em cada um dos anos-safra e b) outros.

A metodologia teve como base o Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) e técnicas de geoprocessamento. O MLME é uma técnica de análise sub-pixel e parte do princípio que o valor, na escala de cinza, assumido pelo pixel é uma combinação linear da refletância, em um determinado comprimento de onda, de diferentes alvos. Assim, cada pixel contém informação sobre a proporção e a resposta espectral de cada componente dentro do elemento de resolução espacial do sensor (Shimabukuro e Smith, 1991; Lobell e Asner, 2004). O resultado do MLME são três imagens fração, nas quais o valor de cada pixel representa a proporção de três alvos previamente definidos pelo operador.

Para aplicação do MLME é necessário a determinação de pixels referência ou *endmembers*, que servem de parâmetro para gerar as imagens fração. A escolha criteriosa dos *endmembers* é fundamental para a estimativa correta das proporções dos alvos em cada *pixel* (PASTOR, 2002; QUINTANO et al., 2006). Por ter o conhecimento prévio das respostas espectrais dos alvos de interesse, sejam eles: cana colhida crua, cana colhida com o uso do fogo e cana não colhida, neste trabalho, optou-se pela seleção dos *endmembers* diretamente nas imagens do sensor TM em composição colorida 3B4R5G (Figura 2).

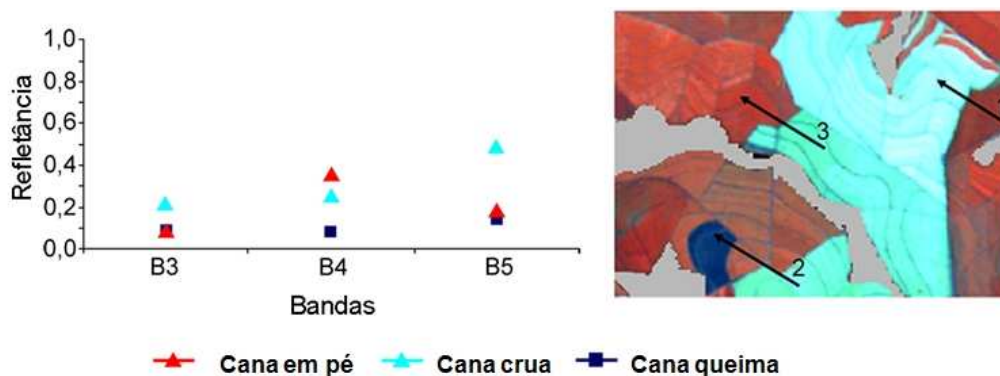


Figura 2. Resposta espectral da cana colhida sem uso do fogo (1), com uso do fogo (2) e cana em pé (3) em imagem TM/Landsat de 01/06/2006, órbita/ponto 220/74 na composição colorida 3B4R5G.

Para cada cana, representada por uma órbita e um ponto, foi criado um banco de dados geográfico no qual foram armazenadas as três bandas espectrais do sensor TM para as datas selecionadas. O MLME foi aplicado à cada imagem livre de nuvens contida no banco de dados. Nesta etapa, as imagens com presença de nuvens e as imagens dos sensores CCD/CBERS e DMC não foram utilizadas. A exclusão das imagens com nuvens justifica-se pela confusão entre a resposta espectral das áreas de cana colhida sem o uso do fogo e a resposta espectral das nuvens, já que ambas têm alta refletância nas imagens das três bandas utilizadas.

A partir das imagens fração referentes a cada uma das datas livres de nuvens, foi gerada uma imagem de máximo valor para o *endmember* cana colhida crua e outra imagem de máximo para o *endmember* cana colhida com o uso do fogo, renomeadas para cana crua e cana queima. Em outras palavras, cada pixel destas imagens representa o valor máximo do *endmember*, encontrado nas datas analisadas. Foi gerada também uma imagem de mínimo valor do *endmember* cana não colhida. As imagens de máximo permitem identificar o modo de colheita e na imagem de mínimo identifica-se as áreas de cana bisada (*endmember* cana não colhida).

Dado que os valores dos *pixels* de cada uma das imagens fração são relacionados à proporção do *endmember* contido nos mesmos, as imagens de máximo dos *endmembers* cana crua e cana queima indicam a quantidade máxima destes *endmembers* no tempo e possibilita o mapeamento destas classes. Por outro lado, um *pixel* com um valor elevado de cana bisada na imagem de mínimo indica que aquela área de cana não foi colhida em nenhuma imagem.

As imagens de máximo de cana crua, máximo de cana queima e mínimo de cana bisada foram fatiadas por um limiar estabelecido por meio da comparação entre as áreas de interesse nas imagens TM e os valores dos pixels correspondentes, uma vez que a escolha dos *endmembers* variou para cada data e para cada órbita/ponto. Nesta etapa o valor de cada *pixel* é comparado com o valor do limiar estabelecido e quando este valor é maior que o limiar o *pixel* é classificado de acordo com o tema de interesse. O passo seguinte foi reunir cada um dos temas fatiados em um único mapa (mosaico) contendo as três classes. A regra de decisão estabelecida para realizar o fatiamento e o mosaico está ilustrado na Figura 3. Os *pixels* que não atenderam a nenhum critério estabelecido foram classificados como dúvida. Este procedimento evita a sobreposição das classes.

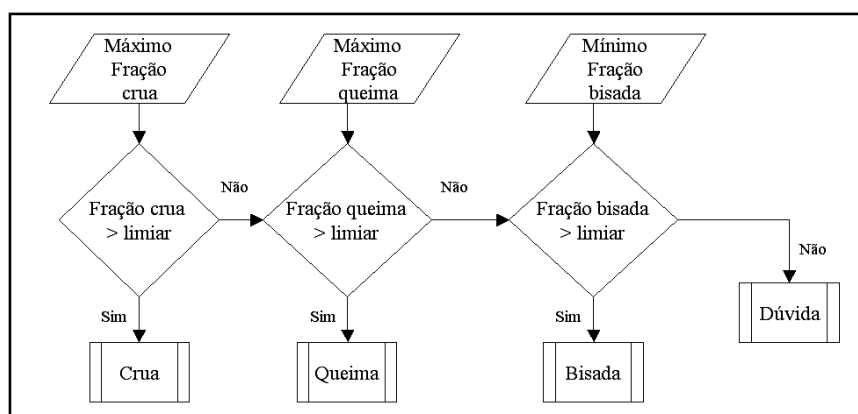


Figura 3. Esquema de regra de decisão para a formação do mosaico dos temas.

Sobre o mosaico resultante foi aplicado um algoritmo para remoção de pixels isolados. Este algoritmo foi desenvolvido por Berka et al. (2005) e leva em consideração a vizinhança de cada pixel para remoção de áreas menores que 20ha e de pixels isolados.

A fim de minimizar os erros de omissão e de inclusão gerados durante o processo de fatiamento e de geração do mosaico, corrigir os possíveis erros de borda e também verificar se o polígono classificado é de fato pertencente ao tema atribuído, realizou-se a interpretação visual das imagens na tela do computador. Para isto o mapa classificado automaticamente foi sobreposto às imagens digitais disponíveis, incluindo as imagens com presença de nuvens e dos sensores CCD/CBERS e DMC. Nesta etapa seguiram-se os seguintes critérios:

- A interpretação das imagens foi feita utilizando a composição colorida 3B4R5G;
- As imagens com nuvens, que não foram utilizadas na geração das imagens fração, foram utilizadas para fornecer informação em áreas parcialmente nubladas;
- As imagens foram avaliadas em ordem cronológica e ao identificar o modo de colheita ele não foi mais alterado;

▪ As áreas mapeadas como dúvida, de acordo com a regra de decisão supracitada, foram dirimidas na interpretação visual por meio da edição matricial.

Após a interpretação visual, feita por diversos intérpretes, os mapas resultantes foram revisados por um único intérprete (revisor) para garantir a homogeneidade das interpretações. Em seguida, para cada ano-safra, foi gerado um mosaico que representa o mapa final do modo de colheita de toda área de cana do Estado de São Paulo. A intersecção entre estes mapas e o mapa político-administrativo do Estado permitiu gerar informações sobre aos modos de colheita para cada município.

Identificação das áreas com potencial para a colheita mecanizada

O potencial de áreas mecanizáveis foi analisado com base na legislação vigente no Estado (Lei Nº 11.241/2002) e dados de declividade. Os dados de declividade foram obtidos de modelos digitais de elevação gerados a partir das imagens SRTM.

A legislação vigente prevê, levando em consideração determinações de engenharia, que áreas com declividade maior que 12% são impróprias para colheita mecânica. Este limiar foi utilizado para determinar duas classes na grade de declividade: áreas mecanizáveis e áreas não mecanizáveis. Realizou-se a intersecção da grade resultante com o mapa final do modo de colheita de cada ano-safra, resultando em seis diferentes classes: a) cana colhida sem uso do fogo em área com declividade menor que 12% (Cana crua <12%), b) cana colhida sem uso do fogo em área com declividade maior que 12% (Cana crua >12%), c) cana colhida com uso do fogo em área com declividade menor que 12% (Cana queima <12%), d) cana colhida com uso do fogo em área com declividade maior que 12% (Cana queima >12%), e) cana bisada em área com declividade menor que 12% (Cana bisada <12%) e cana bisada em área com declividade maior que 12% (Cana bisada >12%). A partir destes dados realizaram-se análises e comparações para os anos-safras 2006/2007 e 2007/2008.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A estimativa de área sob diferentes modos de colheita para os dois anos safra avaliados permitiu identificar a evolução do cultivo de cana-de-açúcar no Estado, bem como o aumento da área de cana colhida sem o uso do fogo entre as duas safras (Tabela 1). É válido destacar que apesar do significativo aumento da área total colhida (16,9% em relação a 2006), 108.864ha (5,1% em relação a 2006) deixaram de ser queimados em 2007. Observa-se ainda que o acréscimo no total colhido em 2007 poderia ser maior, pois o total de cana bisada na safra 2007/08 foi 70,3% maior que na safra 2006/07.

Tabela 1. Área de cana colhida com e sem o uso do fogo, de cana bisada, total colhido e área total de cana plantada nas safras 2006/07 e 2007/08. As porcentagens de cana crua e cana queima são em relação ao total de cana colhida.

Ano Safra	Cana Crua		Cana Queima		Cana Bisada		Total Colhido		Área de cana	
	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%	ha	%
2006/07	1.110.124	34,2	2.132.079	65,8	101.879	3,0	3.242.203	97,0	3.344.082	100,0
2007/08	1.767.049	46,6	2.023.215	53,4	173.534	4,2	3.790.264	95,6	3.963.798	100,0
Diferença	656.925	59,2	-108.864	-5,1	71.655	70,3	548.061	16,9	619.716	18,5

As Figuras 4a e 4b ilustram o percentual de cana colhida crua em relação ao total de cana colhida em cada município do Estado de São Paulo. Mesmo visualmente, percebe-se uma redução, na safra 2007/08, do número de municípios pertencentes às duas classes com menor percentual de cana colhida crua, enquanto as classes com maior percentual tem um aumento no número de municípios. Esse fato indica que os produtores de cana estão atentando às leis ambientais e buscando reduzir a colheita sem o uso do fogo. Os municípios na cor branca não produzem cana-de-açúcar.

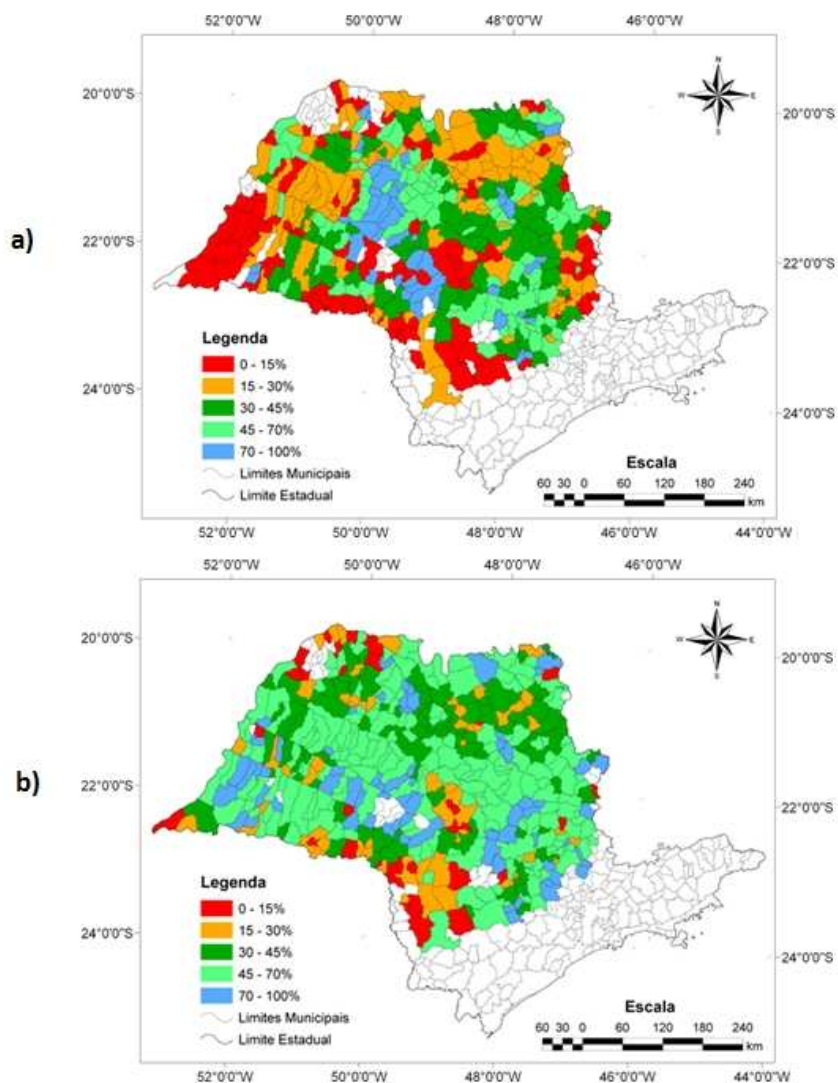


Figura 4. Espacialização do porcentual de área colhida sem o uso do fogo em relação ao total de cana colhida em cada município do Estado de São Paulo, nas safras: a) 2006/07 e b) 2007/08.

A Fig. 5 ilustra o total de municípios pertencentes a cada classe de porcentagem de cana colhida sem uso do fogo em relação ao total de cana colhida nas safras 2006/07 e 2007/08. Percebe-se, entre as duas safras, uma redução no número de municípios para as duas primeiras classes e um aumento nas três últimas classes. Na safra 2006/07, 109 municípios colheram até 15% da área sem o uso do fogo. Esse número reduziu para 37 na safra 2007/08. A classe de maior mudança foi a de 45-70%, que aumentou em 106 municípios de uma safra para outra. Na safra 2006/07 esta classe continha apenas 84 municípios e na safra 2007/08 esse número aumentou para 190, o que representa 41% dos municípios produtores de cana na referida safra.

A Tabela 2 contém informações sobre os 10 municípios com maior área cultivada com cana-de-açúcar no Estado de São Paulo nos dois anos-safra avaliados. Esses municípios representaram, respectivamente, 14%, 15% e 13,56% de toda área cultivada com cana no Estado nos anos safra 2006/07 e 2007/08. Essa redução pode ser explicada pela expansão estadual de área de cana e ao surgimento de 26 novos municípios produtores de cana na safra 2007/08.

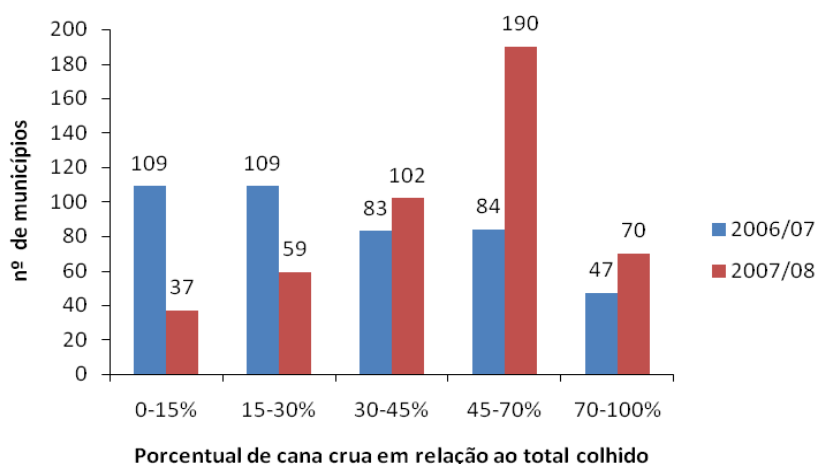


Figura 5. Número de municípios produtores de cana do Estado de São Paulo divididos em classes de porcentual de colheita sem o uso do fogo nos anos-safra avaliados.

Os mesmos municípios aparecem nos dois anos-safra, entretanto o ordenamento é diferente em cada ano, em decorrência da expansão das áreas de cana em cada município, exceto para as três primeiras posições que permaneceram inalteradas nos dois anos. O município de Barretos, que tinha a 6ª maior área de cana na safra 2006/07, ocupou a 4ª posição na safra posterior. A mesma tendência foi seguida pelo município de Guairá que ganhou duas posições e passou a ser o 7º município com maior área de cana na safra 2007/08. Mesmo aumentando a área plantada em 1315ha, o município de Araraquara perdeu duas posições e passou a ter a 9ª maior área de cana do Estado na safra 2007/08.

Tabela 2. Ordem decrescente dos 10 municípios com maior área cultivada com cana no Estado de São Paulo nas safras 2006/07 e 2007/08. Área total cultivada com cana (AT); representatividade da AT em relação ao estado de São Paulo (%SP), área de cana colhida sem uso do fogo (CC), representatividade da CC em relação a AT.

Posição	Municípios	Safra 2006/07				Safra 2007/08				
		AT (ha)	% SP	CC (ha)	%CC	Municípios	AT (ha)	% SP	CC (ha)	%CC
1	Morro Agudo	94.094	2,90	23.396	24,86	Morro Agudo	96.400	2,69	32.282	33,49
2	Jaboticabal	48.680	1,50	19.494	40,05	Jaboticabal	47.670	1,33	21.996	46,14
3	Piracicaba	43.761	1,35	21.270	48,61	Piracicaba	46.840	1,31	27.769	59,29
4	Paraguaçu Pta.	42.349	1,31	17.332	40,93	Barretos	46.512	1,30	22.057	47,42
5	Jaú	41.191	1,27	3.038	7,37	Paraguaçu Pta.	46.079	1,29	20.851	45,25
6	Barretos	39.594	1,22	7.865	19,87	Jaú	43.221	1,21	7.703	17,82
7	Araraquara	37.977	1,17	15.910	41,89	Guairá	41.539	1,16	29.184	70,26
8	Batatais	37.695	1,16	8.077	21,43	Batatais	41.215	1,15	16.445	39,90
9	Guairá	37.278	1,15	15.170	40,70	Araraquara	39.292	1,10	20.438	52,01
10	Lençóis Pta.	35.712	1,10	11.507	32,22	Lençóis Pta.	36.790	1,03	14.040	38,16
Total		458.330	14,15	143.061		Total	485.558	13,56	212.765	

Entre os dez municípios com maior área de cana na safra 2006/07, o município de Piracicaba foi o que mais colheu cana sem o uso do fogo (48,61%), seguido pelo município de Araraquara (41,89%). Na safra 2007/08, três municípios ultrapassaram a faixa dos 50% de cana colhida sem o uso do fogo: Guairá (70,26%), Piracicaba (59,29%) e Araraquara (52,01%). O município de Morro Agudo, primeiro da lista nas duas safras avaliadas, colheu, sem o uso do fogo, apenas 24,86% e 33,49% de sua área de cana nas safras 2006/07 e 2007/08, respectivamente. Este município representou 2,90% e 2,69% de toda a área de cana colhida no Estado nestes dois anos-safra. O município de Jaú obteve o menor porcentual de cana colhida crua nos dois anos-safra avaliados, não atingindo 8% no primeiro ano, e em 2007 colheu apenas 17,82%.

A intersecção entre o mapa de colheita resultante para cada ano-safra e o mapa de declividade oriundo dos dados SRTM possibilitou identificar as áreas de cana em diferentes classes de declividade para cada município. A Figura 6 ilustra, para o município de Batatais, o mapeamento da colheita de acordo com as classes de

declividade. Percebe-se que a maior parte da cana colhida encontra-se em declividade menor que 12%, entretanto, há muita área de cana com declividade favorável à mecanização (<12%) que foi colhida com o uso do fogo.

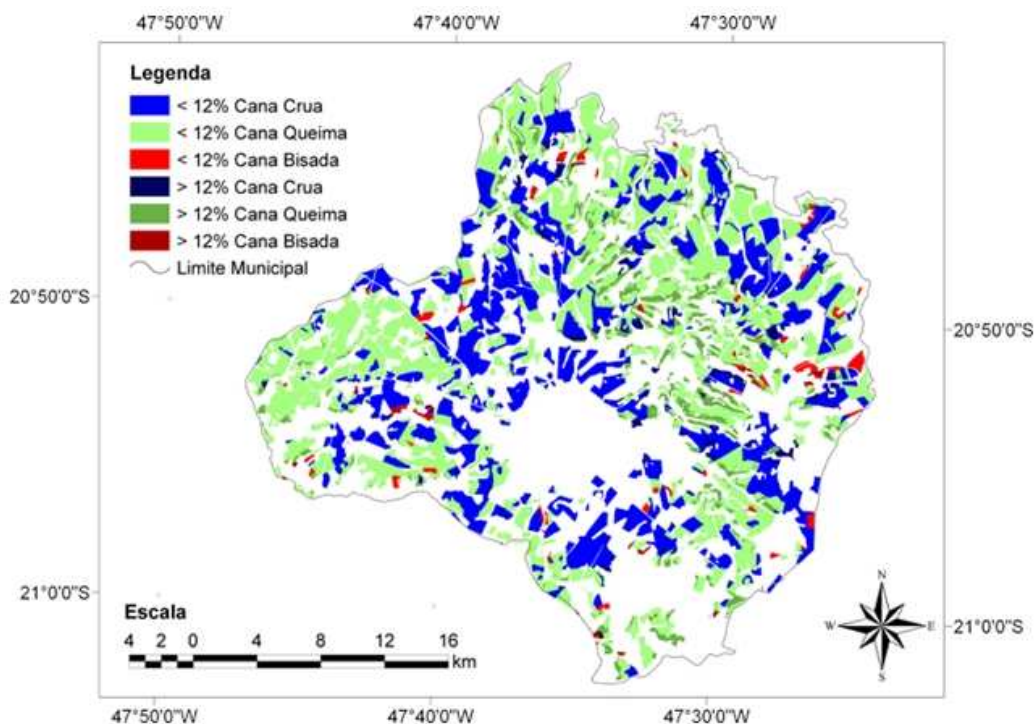


Figura 6. Mapa temático com a identificação das áreas de cana-de-açúcar colhidas com e sem uso do fogo, em áreas com declividade >12% e <12%, no município de Batatais.

No ano safra 2007/08, foram cultivados 3.837.039ha em áreas com declividade <12% e colhidos 1.725.888ha (45%) sem o uso do fogo e 1.942.925ha (51%) com o uso do fogo. Para áreas com declividade >12% foram cultivados 127.325ha, e colhidos 41.018ha (32%) sem o uso do fogo e 80.378ha (63%) com o uso do fogo. Desconsiderando a série de variáveis das quais dependem a colheita mecânica e levando em consideração apenas a declividade, 96,8% da área cultivada com cana no Estado pode ser colhida com máquinas e sem o uso do fogo.

A Tabela 3 descreve, para os 10 municípios com maior área cultivada com cana no Estado de São Paulo, a área de cana cultivada em declividades >12% e <12%, bem como a porcentagem de cana colhida sem uso do fogo para cada uma dessas classes de declividade. No geral, percebe-se que a maior parte das áreas, para todos os municípios, encontra-se em declividade favorável à mecanização (<12%) e, portanto, passíveis de serem colhidas sem o uso do fogo. O município de Piracicaba apresentou a maior porcentagem de cana colhida sem uso do fogo para as duas classes de declividade na safra 2006/07. Para a safra 2007/08, Guairá obteve a maior porcentagem (70,27%) de cana colhida sem uso do fogo para áreas em declividade <12%, e para áreas em declividade >12%, Piracicaba obteve a maior porcentagem (54,19%). O município de Morro Agudo, que possui a maior área cultivada de cana do Estado, teve em média 99,8% da área colhida nas duas safras em áreas localizadas em declividade <12%. Entretanto, colheu apenas 24,90% e 33,52% sem o uso do fogo nas safras 2006/07 e 2007/08, respectivamente.

Entre os dez maiores produtores de cana do Estado, o município de Jaú apresentou, para os dois anos-safra e para as duas classes de declividade, a menor porcentagem de cana colhida sem uso do fogo. O município tem a 3ª maior área de cana em declividade superior a 12% (Tabela 3). Entretanto, estas áreas representaram apenas 4,9% e 5,3% do total de área colhida por este município, o que indica que não é a principal limitação para que o município colha maior área sem o uso do fogo.

Tabela 3. Identificação do modo de colheita em áreas com declividade >12% e <12%, nos 10 municípios com maior área cultivada de cana no Estado de São Paulo para as safras 2006/07 e 2007/08. Área total cultivada com cana na classe de declividade (AT); porcentagem da AT colhida sem uso do fogo na classe de declividade (%CC).

Posição	Municípios	Safrá 2006/07				Safrá 2007/08				
		<12%		>12%		<12%		>12%		
		AT (ha)	%CC	AT (ha)	%CC	AT (ha)	%CC	AT (ha)	%CC	
1	Morro Agudo	93.957	24,90	137	1,90	Morro Agudo	96.286	33,52	115	8,40
2	Jaboticabal	48.310	40,23	370	16,61	Jaboticabal	47.306	46,28	364	28,35
3	Piracicaba	40.875	48,59	2.886	48,79	Piracicaba	43.618	59,46	3.214	54,19
4	Parag. Pta.	42.202	41,05	147	6,85	Barretos	46.077	47,42	435	47,71
5	Jaú	39.171	7,55	2.020	3,93	Parag. Pta.	45.920	45,22	159	18,90
6	Barretos	39.206	19,96	387	10,39	Jaú	40.921	18,47	2.300	6,48
7	Araraquara	36.462	43,17	1.515	11,17	Guaira	41.530	70,27	9	24,00
8	Batatais	33.552	22,68	4.143	11,27	Batatais	36.730	42,19	4.477	21,19
9	Guaira	37.270	40,70	8	6,74	Araraquara	37.489	53,31	1.803	24,84
10	Lençois Pta.	34.483	32,77	1.229	16,99	Lençois Pta.	35.634	38,71	1.156	15,95
	Total	445.487		12.842		Total	471.511		14.033	

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia apresentada permitiu o mapeamento da colheita da cana no Estado de São Paulo nos anos-safra 2006/07 e 2007/08. Neste período pôde-se identificar um acréscimo de 18,5% na área cultivada com cana no Estado, concomitantemente a um acréscimo de 59,2% de colheita sem o uso do fogo e a um decréscimo na área colhida com fogo de 5,1%. Apesar do aumento da área cultivada com cana, houve redução considerável das áreas colhidas com a prática da queima nos dois anos avaliados. Entretanto, a porcentagem de cana colhida sem uso do fogo no Estado pode aumentar, pois a declividade não é o principal empecilho para esta prática, 96,8% da área cultivada com cana na safra 2007/08 encontrava-se em regiões com declividade menor que 12%, o que favorece a mecanização. A avaliação da colheita nas duas safras aponta para o atendimento ao protocolo agroambiental e para a extinção futura da queima da cana. Tal fato está atrelado, entre outras variáveis, à disponibilidade de máquinas para colheita da cana crua, políticas trabalhistas e fatores econômicos.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, D. A.; ADAMI, M; RUDORFF, B. F. T.; SÁNCHEZ, G. A.; BARROS, M. A.; SUGAWARA, L. M.; SHIMABUKURO, Y. E.; MOREIRA, M. A. **Mapeamento da cana colhida no Estado de São Paulo – ano safra 2006/2007**. São José dos Campos. INPE, 2007. 51 p.
- ALLEN, A. G., CARDOSO, A. A., ROCHA, G. O. Influence of sugar cane burning on aerosol soluble ion composition in Southeastern Brazil. **Atmospheric Environment**, v.38, n 30, p. 5025 - 5038. Sept. 2004.
- BERKA, L. M. S.; RUDORFF, B. F. T.; FREITAS, R. M. Reclassificação controlada de pixels isolados em mapas de cana-de-açúcar. In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12., Goiânia, 2005. **Anais...** São José dos Campos: INPE, 2005. p. 33-40.
- LARA, L.L.; ARTAXO, P.; MARTINELLI, L.A.; CAMARGO, P.B.; VICTORIA, R.L.; FERRAZ, E.S.B. Properties of aerosols from sugar-cane burning emissions in Southeastern Brazil. **Atmospheric Environment**, v. 39, p. 4627-4637. Aug. 2005.
- LOBELL, D. B.; ASNER, G. P. Cropland distributions from temporal unmixing of MODIS data. **Remote Sensing of Environment**, v. 93, n 3, p. 412 – 422. Nov. 2004.
- PASTOR, C. Q. **Aplicación del modelo de mezclas espectrales en la teledetección forestal**. 2002. Tese (Doutorado em Física Aplicada) - Universidad de Valladolid.

- QUINTANO, C.; SHIMABUKURO, Y. E.; FERNANDEZ, A.; DELGADO, J. A. A spectral unmixing approach for mapping burned areas in Mediterranean countries. **International Journal of Remote Sensing**, v. 26, n 7, p. 1493-1498. Apr. 2006.
- RABUS, B. M.; EINEDER, A. R.; BAMLER, R. The shuttle radar topography mission- a new class of digital elevation models acquired by spaceborne radar. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 57, p. 241-262. 2003.
- RAMOS, P. O futuro da ocupação agrocanavieira no Brasil. **Informações Econômicas**, SP, v.37, n.11, nov. 2007.
- RUDORFF, B. F. T.; BERKA, L. M. S.; MOREIRA, M. A.; DUARTE, V.; XAVIER, A. C.; ROSA, V. G. C.; SHIMABUKURO, Y. E. Imagens de satélite no mapeamento e estimativa de área de cana-de-açúcar em São Paulo: ano-safra 2003/04. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, SP, v. 52, n. 1, p. 21-39, jan./jun. 2005.
- SCOPINHO, R. A.; EID, F.; VIAN, C. E. F.; SILVA, P. R. C. Novas tecnologias e saúde do trabalhador: a mecanização do corte da cana-de-açúcar. **Caderno Saúde Pública**, Rio de Janeiro, 15(1):147-161, jan-mar, 1999.
- Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMASP). **Protocolo agroambiental**. São Paulo, 2008. Disponível em: <http://www.ambiente.sp.gov.br/cana/protocolo.pdf> Acesso em: 15 de maio de 2008.
- SHIMABUKURO, Y. E.; SMITH, J. A. The least-squares mixing models to generate fraction images derived from remote sensing multispectral data. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing**, v. 29, n. 1, p. 16 – 20. Jan. 1991.
- TUCKER, C. J.; GRANT, D. M.; DYKSTRA, J. D. NASA's global orthorectified Landsat data set. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**, v. 70, n. 3, p. 313-322, 2004.
- VALERIANO, M. M.; KUPLICH, T M.; STORINO, M.; AMARAL, B. D.; MENDES JR., J. N.; LIMA, D. J. Modeling small watersheds in Brazilian Amazônia with shuttle radar topographic mission-90 m data. **Computers & Geosciences**, v. 32, p. 1169 – 1181. 2006.
- União da Agroindústria Canavieira de São Paulo (UNICA). **Estatísticas agrícolas**. São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.portalunica.com.br>. Acesso em: 25 de jan. de 2008.