

Riscos à saúde devido à queima prévia da palha de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo, Brasil

Health risks due to pre-harvesting sugarcane burning in São Paulo State, Brazil

Maria Leticia de Souza Paraiso^I, Nelson Gouveia^{II}

RESUMO: Após 2003, teve início um novo período de expansão da cultura da cana-de-açúcar no Brasil. A queima prévia da palha de cana é uma prática agrícola, que, apesar dos incômodos à população e da poluição gerada, ainda persistia em mais de 70% dos municípios do Estado de São Paulo, em 2010. A fim de estudar a distribuição desse fator de risco, realizou-se um estudo epidemiológico ecológico associando as taxas de óbitos e as internações por doenças respiratórias, para cada município do Estado, com a exposição à queima prévia da palha de cana. Foi aplicado um modelo Bayesiano de regressão multivariada, sendo controlado para os possíveis efeitos das variações socioeconômicas e climáticas (temperatura, umidade e precipitação). O efeito sobre a saúde foi medido por meio da razão de mortalidade e morbidade padronizada. Como medidas de exposição à queima prévia foram usadas o percentual da área de cana colhida com queima, os níveis médios de aerossol e a quantidade de focos de queima. A autocorrelação entre os dados foi controlada pelo emprego de uma matriz de vizinhança. Observou-se que o aumento no número de focos de queima esteve associado significativamente com o aumento das internações por doenças respiratórias na faixa etária de menores de cinco anos. A queima prévia da palha da cana-de-açúcar oferece efetivamente risco à saúde da população, portanto sua eliminação deve ser promovida.

Palavras-chave: Fatores de risco. Impacto ambiental/análise. Sistemas de informação geográfica. Doenças respiratórias/epidemiologia. Poluição do ar/efeitos adversos. Indicadores de morbidade e mortalidade.

^IPrograma de Pós-Graduação em Medicina Preventiva da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – São Paulo (SP), Brasil.

^{II}Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – São Paulo (SP), Brasil.

Autor correspondente: Maria Leticia de Souza Paraiso. Programa de Pós-Graduação em Medicina Preventiva da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. Avenida Doutor Arnaldo, 455, 2º andar, CEP: 01246-903, São Paulo, SP, Brasil. E-mail: mlsparaiso@gmail.com

Conflito de interesses: nada a declarar – **Fonte de financiamento:** nenhuma.

ABSTRACT: After 2003, a new period of expansion of the sugarcane culture began in Brazil. Pre-harvesting burning of sugarcane straw is an agricultural practice that, despite the nuisance for the population and pollution generated, still persisted in over 70% of the municipalities of São Paulo State in 2010. In order to study the distribution of this risk factor, an ecological epidemiological study was conducted associating the rates of deaths and hospital admissions for respiratory diseases, for each municipality in the State, with the exposure to the pre-harvesting burning of sugarcane straw. A Bayesian multivariate regression model, controlled for the possible effects of socioeconomic and climate (temperature, humidity, and rainfall) variations, has been used. The effect on health was measured by the standardized mortality and morbidity ratio. The measures of exposure to the pre-harvesting burning used were: percentage of the area of sugarcane harvested with burning, average levels of aerosol, and number of outbreaks of burning. The autocorrelation between data was controlled using a neighborhood matrix. It was observed that the increase in the number of outbreaks of burning was significantly associated with higher rates of hospital admissions for respiratory disease in children under five years old. Pre-harvesting burning of sugarcane effectively imposes risk to population health and therefore it should be eliminated.

Keywords: Risk factors. Environmental impact/analysis. Geographical information systems. Respiratory tract diseases/epidemiology. Air pollution/adverse effects. Indicators of morbidity and mortality.

INTRODUÇÃO

A partir de 2003, com a introdução dos veículos *flex* (funcionam a álcool ou à gasolina) no Brasil, teve início um novo período de expansão da cultura de cana-de-açúcar. Isso foi aliado às questões de conjuntura internacional que promovem a aplicação dos biocombustíveis, devido à necessidade do uso de etanol em substituição aos combustíveis fósseis para reduzir a emissão de gases que provocam o efeito estufa (GHG)¹. O Estado de São Paulo é o maior produtor de cana-de-açúcar do Brasil e respondia, em 2010, respectivamente, por 54 e 20% das produções nacional e mundial de etanol, segundo estimativa da Companhia Nacional de Abastecimento (Conab)^{2,3}. Assim, entre 2006 e 2010, houve uma expansão de mais de 1,5 milhão de hectares de cana-de-açúcar, sendo que foi constatado que em 74% dos municípios do Estado havia prática da queima prévia da palha de cana-de-açúcar⁴. Até o começo da década de 1950, os canaviais eram colhidos manualmente e sem queima prévia. Somente após a introdução das máquinas carregadoras de cana, esta foi introduzida para aumentar a produtividade do corte manual. A palha, então, deixou de ser usada para fazer os feixes de cana e passou a ser queimada antes do corte⁵. Com essa inovação e a adoção do pagamento do cortador por produção, a produtividade do trabalho cresceu de 2,5 para algo em torno de 12 toneladas de cana cortada por dia.

A queima prévia da palha da cana-de-açúcar gera uma enorme quantidade de poluentes atmosféricos, tais como aerossóis, material particulado fino (PM_{2,5}) e grosso (PM₁₀), gases como monóxido (CO) e dióxido de carbono (CO₂), aldeídos (acroleína, formaldeído), metano (CH₄), óxidos de nitrogênio (NOx), óxido nitroso (N₂O), outros hidrocarbonetos

e hidrocarbonetos aromáticos policíclicos (PAHs)⁶. Uma vez na atmosfera, alguns desses gases — como o metano, NO₂ e hidrocarbonetos — podem produzir poluentes secundários como o ozônio (O₃), por meio de reação fotoquímica⁷.

A maioria dos poluentes tóxicos ambientais penetra no organismo humano por meio do ar inalado. Considerando que uma pessoa adulta em repouso tem ventilação pulmonar de aproximadamente 8.640 L por dia, a poluição do ar apresenta importante efeito cumulativo, devendo-se levar em conta o tempo de exposição, o padrão respiratório e a solubilidade do agente químico envolvido. O nariz ‘filtra’ as impurezas do ar, porém sua capacidade de remover material particulado depende do tamanho e de outras propriedades físicas das partículas. Assim, as partículas maiores de 10 µm ficam eficientemente retidas nas narinas, enquanto que as menores de 2,5 µm atingem as porções mais profundas do sistema respiratório⁸. Elas transpõem a barreira epitelial, atingem o interstício pulmonar e são responsáveis pelo desencadeamento do processo inflamatório. A inflamação crônica da árvore brônquica e a destruição do parênquima podem levar aos quadros de doença pulmonar obstrutiva crônica (DPOC). O acúmulo de muco na árvore brônquica predispõe aos episódios de infecção do trato respiratório.

A associação entre a queima prévia da cana-de-açúcar e seus efeitos sobre a saúde já foi demonstrada por vários autores⁷⁻¹⁴ e por diferentes métodos, mas tal prática agrícola ainda persiste. Há aproximadamente 60 anos, esta poluição impacta a saúde da população do Estado. No presente estudo, focou-se na população das centenas de municípios canavieiros paulistas, os quais, durante a maior parte do ano, sofrem seus efeitos. Nesses, as queimadas se tornaram tão presentes que são consideradas apenas mais um componente da paisagem de tais cidades.

Graças à pressão popular, em 2002, aprovou-se, no Estado, a Lei 11.241, que dispõe sobre a eliminação da queima da palha da cana-de-açúcar e estabelece um cronograma de 2002 a 2031, com as porcentagens das áreas plantadas em que a queima deve ser eliminada, 20% no primeiro ano à 100% em 2021, para áreas mecanizáveis, e até 2031 para não mecanizáveis^{4,12}. Em 2007, usineiros, representados pela União da Indústria de Cana-de-açúcar (Única), e fornecedores de cana-de-açúcar, representados pela Orplana, assinaram um acordo de adesão voluntária para eliminação da queima prévia de palha da cana, o “Protocolo Agroambiental”. A Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo (SMA) informou que, em 2010, mais de 94% do total de cana-de-açúcar produzida já obedecia às diretivas estabelecidas pelo Protocolo. Entretanto, sabe-se que essa queima da palha de cana-de-açúcar e sua consequente emissão de poluentes ainda vão impactar a saúde das regiões canavieiras do Estado até pelo menos 2017, sendo que ainda pode haver um atraso previsto em sua implementação⁴.

Com vistas a trazer uma contribuição nova foi proposto, assim como nas investigações de Lopes e Uriarte^{10,13}, um estudo ecológico usando o município como unidade de análise e controlado para os fatores de confusão, climáticos e socioeconômicos. O objetivo deste trabalho foi demonstrar que existe uma associação entre a queima prévia e o risco à saúde, independentemente desses fatores, e mostrar a sua distribuição nos municípios do Estado de São Paulo. Dessa forma, busca-se dar uma contribuição para a eliminação da queima prévia e/ou adoção de medidas preventivas em relação aos danos à saúde, enquanto persistir essa prática agrícola.

MÉTODOS

Foi realizado um estudo epidemiológico ecológico, relacionando indicadores de exposição à queima da palha de cana-de-açúcar e efeitos na saúde, tendo como unidade de análise os 645 municípios do Estado de São Paulo, em 2010. Considerou-se como população exposta à queima da palha de cana-de-açúcar aquela dos municípios paulistas, nos quais, em 2010, ocorreu colheita de cana-de-açúcar com queima prévia. Os efeitos à saúde foram medidos por meio da razão de mortalidade e morbidade padronizada (RMP), construída a partir das variáveis óbitos por doenças respiratórias (Capítulo X da 10ª Revisão da Classificação Internacional de Doenças – CID 10), nas faixas etárias acima de 65 anos; e internações por doença respiratória, nas faixas etárias menores de cinco anos e acima de 65 anos em cada município do Estado. Ambas extraídas do Departamento de Informática do SUS (DATASUS)¹⁰, do Ministério da Saúde. Optou-se por utilizar dados completos sobre as doenças do aparelho respiratório devido à preocupação com a confiabilidade dos diagnósticos de bancos de dados secundários.

A taxa de referência empregada para padronização indireta foi o total de internações e óbitos no estado. No entanto, tais valores das razões padronizadas não constituem estimativas independentes, ou seja, possuem dependência espacial (município com os demais vizinhos), também conhecida como autocorrelação espacial¹⁵. Para lidar com a mencionada instabilidade nas estimativas da RMP e sua autocorrelação, utilizou-se uma matriz de vizinhança, de primeira ordem, e adotou-se um modelo Bayesiano hierárquico completo¹⁶.

Ainda para diminuir o ruído da análise, os meses que não tinham registro de focos foram retirados, uma vez que não há exposição à queima previa da cana neles. Para isso, analisou-se do número mensal dos focos de queima obtidos por meio das imagens de satélite do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), obtidas no *site* <http://sigma.cptec.inpe.br/queimadas/>. De 2006 a 2010, os focos variaram de 55 a 2.255 e se concentraram de abril a outubro, segundo a Tabela 1, por isso este foi o período escolhido para o estudo. Além disso, optou-se por usar medidas indiretas de exposição à queima da palha de cana-de-açúcar. Com a facilidade de acesso aos dados do INPE, foram testadas três medidas: Somatória do Total Mensal dos Focos de Queima (Focos); Somatória da Média Mensal da Profundidade Óptica dos Aerossóis (Aerossóis) e Percentual (%) de Queima por Município (PQM), área de cana colhida com queima, obtida do Projeto CANASAT (disponível em: <http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/index.html>). Essa foi dividida pela área oficial do município. Isto foi feito para cada um dos 645 municípios paulistas, cujos limites são definidos pelo Instituto Brasileiro de Geografia Estatística (IBGE), por meio do *site* <http://www.ibge.gov.br/home/default>.

Com base nos dados climáticos retirados do Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde (SISAM), parceria do Ministério da Saúde com o INPE, Portal INPE-SISAM (disponível em: <http://sisam.cptec.inpe.br/sisam>), que fornece dados diários e mensais, obtidos por sensoriamento remoto ou modelagem, para todos os municípios brasileiros, e das análises de correlação entre essas variáveis climáticas e os desfechos, foram selecionadas as variáveis umidade mínima (%) e temperatura máxima (°C), as quais juntamente com a

média mensal de precipitação acumulada (mm/m²) foram incluídas no modelo. As variáveis socioeconômicas relativas às condições de educação, saneamento e renda, extraídas da publicação “Indicadores Sociais Municipais”¹⁷, baseadas no CENSO 2010, completaram a equação de regressão.

O modelo proposto considerou que o número de casos de óbitos ou internações por doenças respiratórias observadas por município (O_i) segue uma função exponencial com a distribuição de Poisson. Aproveitando-se das vantagens matemáticas e computacionais que a transformação logarítmica proporciona, testou-se o modelo descrito pela Equação 1:

$$\begin{aligned} \ln(O_i) / (E_i) = & \alpha_1 + \beta_1 \text{ Fator exp.} + \beta_2 \text{ precipitação} \\ & + \beta_3 \text{ temperatura máxima} + \beta_4 \text{ umidade mínima} \\ & + \beta_5 (\%) \text{ saneamento} + \beta_6 (\%) \text{ analfabetismo} + \beta_7 (\%) \text{ renda (1/2 salário-mínimo)} \\ I = & 1, 2, \dots, 645. \end{aligned} \quad (1)$$

Em que:

O_i = número de casos de óbitos ou internações por doenças respiratórias, observado em indivíduos com menos de cinco anos ou mais de 65 anos, no município i;

E_t = número de eventos esperados no município i;

α_1 = logaritmo natural do risco relativo do município i;

α_k = efeito dos parâmetros ajustados no município i;

Fator exp. = (PMQ, Aerossol, Focos) medida indireta de exposição à queima.

Tabela 1. Focos de queima no Estado de São Paulo, no período de abril a outubro de 2006 a 2010.

Focos/Ano Mês	2006	2007	2008	2009	2010	Total Focos/Mês
Janeiro	256	55	77	233	104	725
Fevereiro	236	185	67	123	443	1054
Março	385	494	147	201	518	1745
Abril	1167	669	270	1230	879	4215
Mai	2335	994	733	1480	1108	6650
Junho	3232	1315	500	942	1853	7842
Julho	3893	993	1801	986	3393	11066
Agosto	5785	2786	1947	1822	5785	18125
Setembro	5236	3564	2775	993	6074	18642
Outubro	2020	2130	1128	972	2255	8505
Novembro	1357	783	1576	796	1449	5961
Dezembro	145	467	1430	273	317	2632
Σ 7 Meses (abr. a out)	23.668	12.451	9.154	8.425	21.347	

Fonte: Dados do INPE para todos os satélites.

A análise foi realizada utilizando-se o método de estimação MCMC (Markov Chain – Monte Carlo), por meio do *software* livre WinBUGS 1.4.0.¹⁸ (*Win Bayesian inference Using Gibbs Sampling*), próprio para análise Bayesiana de modelos complexos. Para cada desfecho e município, foram realizadas aproximadamente 10.000 interações até se obter o ajuste que melhor ‘suavizava’ as estimativas da RMP para cada modelagem. Para isto, empregou-se apenas uma cadeia de Markov e foi adotado o nível $\alpha = 5\%$ de significância.

Este estudo recebeu aprovação da Comissão de Ética para Análise de Projetos de Pesquisa do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (HCFMUSP).

RESULTADOS

O banco de dados foi composto pelos 645 municípios do Estado de São Paulo. Os dados fornecidos pelo Projeto CANASAT/INPE mostravam 483 municípios sendo monitorados para se verificar a queima prévia de palha de cana em 2010, mas como em sete deles a área queimada foi praticamente zerada, sobraram 476 para serem analisados. Pela análise descritiva das variáveis nos municípios do Estado apresentadas na Tabela 2, observou-se que o percentual de área de cana com queima (PQM) de cada município variou de 4,7 a 47,6%; os focos de queima variaram de 6 a 950 pontos e o aerossol, de 0,19 a 0,49, com média de 0,33. A RMP para o desfecho ‘óbitos’ dos maiores de 65 anos variou de 0,61 a 4,64 com média de 0,96; para o desfecho ‘internações em maiores de 65 anos’, a RMP variou de 0,86 a 8,63 com média de 1,58 e, nos menores de cinco anos, de 1,52 a 7,61 com média de 1,18. Nota-se que as RMPs apresentavam grande instabilidade para expressar o risco, uma vez que estes desfechos são relativamente raros ou, muitas vezes, calculados sobre uma população pequena, o que poderia indicar apenas uma ocorrência casual de um ou dois casos — a mais ou a menos — em determinada localidade. Consequentemente, se a análise fosse produzida com esses dados brutos não representaria propriamente o processo que se quer estudar¹⁵.

Desse modo, com a análise Bayesiana, recalculou-se uma razão de mortalidade ou morbidade padronizada e ajustada para cada município do estado. Cada medida ou fator de exposição foi analisado separadamente e os resultados estão descritos na Tabela 3. Foi observada associação estatisticamente significativa ($p = 0,008$) entre o aumento do número dos focos de queima e as internações por doenças respiratórias, para crianças com menos de cinco anos. Os outros desfechos e as medidas de exposição analisados não foram significativos.

DISCUSSÃO

Este estudo, bem como outros realizados no Estado de São Paulo^{8-11,13,14}, demonstrou que existe associação entre a queima prévia da palha de cana-de-açúcar e a ocorrência de doenças respiratórias, especialmente em crianças menores de cinco anos. A análise geoespacial da distribuição da RMP e ajustada indicou que, para cada incremento de um foco

Tabela 2. Análise descritiva das variáveis do modelo para doenças respiratórias e queima prévia da palha de cana, em municípios paulistas, no período de abril a outubro de 2010.

Variável	Média	DP	Mínimo	P25	Mediana	P75	Máximo
RMP (Óbitos > 65 anos)	0,96	0,58	0	0,60	0,93	1,24	4,64
RMP (Internações < 5 anos)	1,18	0,96	0	0,56	0,92	1,52	7,60
RMP (Internações > 65 anos)	1,58	1,07	0	0,85	1,39	2,08	8,63
Focos de queima	33,71	70,20	0	0	6	38	950
Precipitação	51,32	8,08	31,47	45,36	51,41	56,76	82,10
Aerossol	2,91	0,50	1,5	2,6	2,9	3,2	5,20
PQM	7,80	9,15	0	0	4,69	11,57	47,59
Temperatura máxima	23,70	2,05	18,06	22,35	23,9	25,47	27,19
Temperatura média	19,86	1,75	15,39	18,5	20,06	21,31	22,79
Temperatura mínima	16,37	1,23	13,35	15,37	16,3	17,37	18,86
Umidade máxima	88,06	3,21	81,4	85,24	88,95	90,50	94,45
Umidade média	73,60	5,45	65,61	68,42	73,52	78,91	84,51
Umidade mínima	57,49	6,38	48,82	51,31	56,74	62,42	71,35
Precipitação	51,32	8,08	31,47	45,36	51,41	56,76	82,10
% saneamento	80,28	15,42	20,86	73,83	84,43	91,27	99,93
% analfabetismo	7,62	2,68	1,45	5,58	7,49	9,35	17,10
% renda até ½ salário-mínimo	24,70	9,58	5,64	18,13	23,22	29,10	65,74

RMP: razão de mortalidade ou morbidade padronizada; PQM: percentual de área de cana colhida com queima; DP: desvio padrão; Humidade (%), Temperatura (°C), Precipitação (mm/m²).

Fontes: SIM/SVS/MS, SIH/SUS/MS, SISAM/INPE IBGE.

Tabela 3. Razão de morbidade e mortalidade padronizada e ajustada para queima prévia de palha de cana, em municípios paulistas, no período de abril a outubro de 2010.

Desfecho Fator	Média	DP	P25	Mediana	P75	Valor p
RMP Óbitos > 65 anos						
PQM	0,00353	0,00254	-0,00135	0,00350	0,00857	0,165
Aerossol	0,01491	0,04705	-0,06641	0,01460	0,11260	0,751
Focos de queima	0,00013	0,00019	-0,00023	0,00013	0,00050	0,477
RMP Internações < 5 anos						
PQM	0,00131	0,00518	-0,00769	0,00113	0,01214	0,800
Aerossol	-0,10380	0,06417	-0,24550	-0,11310	-0,00804	0,106
Focos de queima	0,00080	0,00030	0,00017	0,00081	0,00135	0,008
RMP Internações > 65 anos						
PQM	0,00708	0,00450	-0,00188	0,00694	0,01624	0,116
Aerossol	0,01487	0,05267	-0,05834	-0,00409	0,10980	0,788
Focos de queima	-0,00004	0,00028	-0,00061	-0,00004	0,00049	0,872

PQM: percentual de área de cana colhida com queima; RMP: razão de mortalidade ou morbidade padronizada; DP: desvio padrão.

de queima, a RMP para internações por doenças respiratórias em menores de cinco anos aumenta em média 0,0008%.

Estes estudos citados, por utilizarem metodologias diferentes da empregada no presente, impossibilitaram comparar diretamente seus resultados, apesar do objeto de estudo comum. Entretanto^{12,14}, seus resultados concordam com o do presente trabalho, indicando associação entre queima da palha de cana-de-açúcar e doenças respiratórias em crianças.

Os estudos ecológicos, em geral, sofrem limitações devido ao uso de dados agregados, pois não oferecem a possibilidade de se aplicar os resultados obtidos diretamente para o nível individual. No entanto, considerando-se que “as causas das doenças nos indivíduos são diferentes das causas de incidência na população”, foi examinada a diferença (excesso) nas taxas de adoecimento nos 645 municípios do Estado de São Paulo, visando verificar o efeito da ‘queima prévia’ da palha da cana-de-açúcar. Portanto, notou-se a condição de saúde da população de cada município e não do indivíduo, por isso este estudo pode oferecer resultados efetivos e aplicáveis na definição das políticas públicas de saúde. Assim, mesmo não sendo possível afirmar categoricamente que as internações observadas tiveram a prática da queima prévia da palha da cana-de-açúcar como a causa do adoecimento, pode-se, por meio deste tipo de estudo, obter mapas que mostrem o excesso do risco de adoecimento por doenças respiratórias distribuídas territorialmente no Estado de São Paulo.

As ferramentas de análise espacial utilizadas para controle da autocorrelação permitiram estudar, ao mesmo tempo, a influência de muitas variáveis que poderiam ter participação no processo de adoecimento. Desse modo, a questão da saúde foi analisada por uma perspectiva completamente ecológica, ou seja, todas as variáveis (exposição, doença e covariáveis) foram medidas ecológicas, pois foram extraídas a partir do agregado considerado (município), tomando a saúde e a doença nos contextos ambiental e socioeconômico. A abordagem matricial utilizada permitiu também verificar a influência dos municípios com seus vizinhos.

A não eliminação dos casos de doenças respiratórias devido ao cigarro/tabaco é outra limitação a ser considerada. No entanto, como a análise foi estratificada por faixa etária, sendo que o resultado significativo obtido foi para a faixa dos menores de cinco anos, o problema se reduziu ao eventual fumo passivo. Além disso, considera-se que o mesmo tipo de questão poderia ocorrer em todos os municípios, independentemente da queima prévia, ou não, da palha. Portanto, isso pode ter ocasionado apenas um erro de classificação não diferencial.

Quanto aos dados climáticos usados, o acesso ao Portal SISAM/INPE possibilitou a obtenção de dados climáticos individualizados para cada município, o que aumenta a qualidade desta análise, a qual poderia ser ainda mais acurada caso fossem utilizadas, ao invés de dados anualizados, informações climáticas mensais¹⁴.

Outra mudança que poderia melhorar as estimativas seria a troca das medidas de exposição. O fato de não terem sido diretamente utilizadas as áreas de colheita com queima nos municípios, mas sim o percentual de queima (PQM), pode ter prejudicado a investigação, pois uma área grande de queima pode representar proporcionalmente pouco

no caso de se localizar em um município com área territorial grande. Esta variável, portanto, deveria ser substituída pela área bruta de colheita com queima no município, ou pelo valor das emissões do setor canavieiro, calculadas a partir do novo fator de emissão da queima estimado pelo INPE¹⁹.

O conhecimento científico atual demonstra que a poluição do ar gera diversos danos à saúde, além das doenças respiratórias, tais como doenças cardiovasculares²⁰ e câncer^{22,23}. Apesar disso, neste estudo, optou-se por usar somente o desfecho doenças respiratórias. Portanto, o impacto na saúde devido à queima prévia de cana-de-açúcar está provavelmente subestimado.

Quanto às variáveis socioeconômicas, foram empregadas ‘educação’, ‘saneamento’ e ‘renda’, publicadas na série “Indicadores Sociais Municipais”¹⁷. Tal publicação foi desenvolvida com base nos dados sociodemográficos do CENSO 2010, mesmo ano das informações coletadas, garantindo, desse modo, boa acurácia nas análises.

Como simplificação da realidade, uma modelagem tem sempre como ser aprimorada e nunca está completamente certa²⁴. De qualquer modo, ainda que as limitações levantadas sejam pertinentes, isso não invalida os resultados encontrados.

Este estudo pode contribuir para a adoção de políticas públicas claras no sentido da eliminação da queima como prática agrícola, assim como garantir o direito à saúde e ao meio ambiente equilibrado para toda a população, como disposto na Constituição Federal de 1988. Ressalta-se que, apesar da adoção, pelo setor sucroenergético paulista, da proposta de eliminação da queima prévia da palha de cana-de-açúcar, podendo servir como exemplo de responsabilidade social e ambiental para outros estados do Brasil em que se pratica a queima prévia da palha de cana-de-açúcar, ela não é obrigatória. No entanto, como essa iniciativa ainda não se tornou lei¹⁸, sendo apenas um acordo, portanto, é importante acompanhar seus desdobramentos e verificar os avanços ou não nesta área. Essa atenção é válida também para outros setores da agricultura, nos quais as queimadas são prática comum e os esforços do governo para sua eliminação têm tido pouco sucesso²⁵.

A Secretaria de Vigilância em Saúde do Ministério da Saúde implantou o “Programa Vigiar” para mensurar, avaliar e prevenir os riscos à saúde da população exposta aos fatores ambientais relacionados à poluição atmosférica. Os resultados mostram que a queima prévia da palha da cana-de-açúcar oferece efetivamente risco à saúde da população mesmo em pequenos municípios²¹, nos quais não há medição regular de poluição do ar pela Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB). Além disso, as conclusões também podem oferecer subsídios para ação da vigilância epidemiológica e para o estabelecimento de políticas de controle da poluição do ar que contemplem estes municípios, além dos grandes centros urbanos.

Observa-se também que as ações judiciais movidas nas ‘cidades canavieiras’ para eliminação da queima são julgadas improcedentes, porque se alega falta de evidências para justificar sua proibição^{26,27}. As poucas ações consideradas procedentes foram julgadas no âmbito do ‘princípio da precaução’^{27,28}, que visa a garantir a defesa contra potenciais riscos que ainda não foram cientificamente comprovados no estado atual do conhecimento.

CONCLUSÕES

A decisão de queimar, ou não, a palha da cana-de-açúcar deveria ser tratada não somente como uma questão de ordem econômica, política, social e ambiental, mas também como um problema de saúde. Essa discussão traz à baila o atual e recorrente tema do desenvolvimento atrelado à preservação do meio ambiente e da qualidade de vida. Ao abordar a atividade da queima de cana-de-açúcar sobre a saúde da população do Estado de São Paulo, estudaram-se a distribuição de um fator econômico, a colheita de cana-de-açúcar com 'queima de palha' e seu impacto na saúde da população. A incidência de doenças é uma consequência do comportamento da sociedade e dos impactos sociais e econômicos das forças do mercado.

Deve-se, portanto, reconhecer o mal gerado pela queima prévia da palha de cana-de-açúcar na saúde da população dos municípios canavieiros. Os dados de colheita com queima nos municípios e os indicadores de morbidade e mortalidade por doenças respiratórias analisadas subsidiam a defesa da eliminação da queima prévia da cana-de-açúcar e sua substituição pelo seu corte sem queima (GH). Em vista dos resultados obtidos, a eliminação da queima prévia da palha da cana-de-açúcar demonstrou ser uma medida necessária para a melhoria da saúde da população do Estado de São Paulo.

Diante das evidências de que a exposição aos poluentes atmosféricos apresenta um impacto mensurável sobre as populações humanas, torna-se necessária a execução de vigilância epidemiológica sobre as populações expostas à queima. A eliminação deste fator de risco deveria fazer parte das medidas primordiais de prevenção à saúde a serem adotadas no Estado.

REFERÊNCIAS

1. Martinelli LA, Filoso S. Expansion of sugarcane ethanol production in Brazil environmental and social challenges. *Ecol Appl* 2008; 18(4): 885-98.
2. Companhia Nacional de Abastecimento – Conab. Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, terceiro levantamento, janeiro/2011. Brasília: Conab; 2011.
3. Rudorff BF, Aguiar DA, Silva WF, Sugawara LM, Adami M, Moreira MA. Studies on the rapid expansion of sugarcane for ethanol production in São Paulo State (Brazil) using Landsat data. *Remote Sens* 2010; 2(4): 1057-76.
4. Aguiar DA, Rudorff BF, Silva WF, Adami M, Mello MP. Remote sensing images in Support of Environmental Protocol: monitoring the sugarcane harvest in São Paulo State, Brazil. *Remote Sens* 2011; 3(12): 2682-703.
5. Ripoli TC, Ripoli ML. Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente. Piracicaba: Edição dos autores; 2009.
6. Arbex MA, Cançado JE, Pereira LA, Braga AL, Saldiva PH. Queima de biomassas e efeito sobre a saúde. *J Bras Pneumol* 2004; 30(2): 158-75.
7. Ribeiro H, Assunção JV. Efeitos das queimadas na saúde humana. *Rev Estud Avançados* 2002; 16(44): 125-48.
8. Arbex MA, Martins LC, de Oliveira RC, Pereira LA, Arbex FF, Cançado JE, et al. Air pollution from biomass burning and asthma hospital admissions in a sugar cane plantation area in Brazil. *J Epidemiol Community Health* 2007; 61(5): 395-400.
9. Cançado JE. A poluição atmosférica e sua relação com a saúde humana na região canavieira de Piracicaba – SP [tese]. São Paulo: Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo; 2003.
10. DATASUS. Processamento de Dados do SUS. Procedimentos hospitalares do SUS. Disponível em: <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/deftohtm.exe?sih/cnv/prsp.def> (Acessado em 8 de janeiro de 2012).

11. Lopes FS, Ribeiro H. Mapeamento de internações hospitalares por problemas respiratórios e possíveis associações à exposição humana aos produtos da queima da palha de cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. *Rev Bras Epidemiol* 2006; 9(2): 215-25.
12. Ribeiro H, Pesquero C. Queimadas de cana-de-açúcar: Avaliação de efeitos na qualidade do ar e na saúde respiratória de crianças. *Estudos Avançados* 2010; 24(68): 255-71.
13. Arbex MA, Martins LC, Oliveira RC, Pereira LA, Arbex FF, Cançado JE. Impact of outdoor biomass air pollution on hypertension hospital. *J Epidemiol Comm Health* 2010; 64(7): 573-9.
14. Uriarte M, Yackulic CB, Cooper T, Flynn D, Cortes M, Crk T, et al. Expansion of sugarcane production in São Paulo, Brazil: implications for fire occurrence and respiratory health. *Agro Ecosyst Environ* 2009; 132(1-2): 48-56.
15. Kato SK, Vieira DM, Fachel JM. Utilização da modelagem inteiramente bayesiana na detecção de padrões de variação de risco relativo de mortalidade infantil no Rio Grande do Sul, Brasil. *Cad Saúde Pública* 2009; 25(7): 1501-10.
16. Bernardinelli L, Montomoli C. Empirical Bayes versus fully Bayesian analysis of geographical variation in disease risk. *Stat Med* 1992; 11(8): 983-1007.
17. Brasil. Ministério do Planejamento, Orçamento e Gestão. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores Sociais Municipais: uma análise dos resultados do universo do Censo Demográfico 2010. Rio de Janeiro: FIBGE; 2011.
18. Lunn DJ, Thomas A, Best N, Spiegelhalter D. WinBUGS – a Bayesian modelling framework: concepts, structure, and extensibility. *Stat Computing*. 2000; 10: 325-37.
19. Cançado JE, Braga A, Pereira LA, Arbex MA, Saldiva PH, Santos UP. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. *J Bras Pneumol* 2006; 32 (Supl. 2): S5-11.
20. Roseiro MN, Takayanagui AM. Morbidade por problemas respiratórios em Ribeirão Preto (SP) de 1995 a 2001, segundo indicadores ambientais, sociais e econômicos. *Rev Paul Pediatría* 2006; 24(2): 163-70.
21. França DA, Longo KM, Neto TG, Santos JC, Freitas SR, Rudorff BF, et al. Pre-Harvest sugarcane burning: determination of emission factors through laboratory measurements. *Atmosphere* 2012; 3(1): 164-80.
22. Pope III CA, Burnett RT, Thun MJ, Calle EE, Krewski D, Ito K, et al. Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002; 287(9): 1132-41.
23. Fajersztajn L, Veras M, Barrozo LV, Saldiva P. Air pollution: a potentially modifiable risk factor for lung cancer. *Nat Rev Cancer* 2013; 13(9): 674-8.
24. Box GE, Leonard T, Wu CF (Eds.) *Scientific inference, data analysis, and robustness*. New York: Academic Press; 1983.
25. Sá TD, Kato OR, Carvalho CJ, Figueiredo RO. Queimar ou não queimar? De como produzir na Amazônia sem queimar. *Rev USP* 2007; 72: 90-7.
26. Gonçalves DB. Sob as cinzas dos canaviais: o perigoso impasse das queimadas no Estado de São Paulo. *Informações Econ*. 2005; 35(8): 32-43.
27. Avólio EG. Da (i)licitude das queimadas da palha da cana-de-açúcar [dissertação]. São Carlos, São Paulo: Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo; 2002.
28. Goldim JR. O princípio da precaução. Núcleo Interdisciplinar de Bioética da UFRGS. 2002. Disponível em: <http://www.bioetica.ufrgs.br/precau.htm> (Acessado em 06 de junho de 2013).

Recebido em: 22/07/2014

Aceito em: 07/11/2014