

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E CONTABILIDADE DE
RIBEIRÃO PRETO
DEPARTAMENTO DE ECONOMIA

VALORAÇÃO DAS EXTERNALIDADES NEGATIVAS SOBRE A SAÚDE
GERADAS A PARTIR DA QUEIMA DA CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DE
RIBEIRÃO PRETO

BRUNO GALETE CAETANO DE PAULA

RIBEIRÃO PRETO - SP
2008

BRUNO GALETE CAETANO DE PAULA

**VALORAÇÃO DAS EXTERNALIDADES NEGATIVAS SOBRE A SAÚDE
GERADAS A PARTIR DA QUEIMA DA CANA-DE-AÇÚCAR NA REGIÃO DE
RIBEIRÃO PRETO**

Monografia de conclusão de curso de
Economia da Faculdade de Economia,
Administração e Contabilidade de Ribeirão
Preto da Universidade de São Paulo.

Orientadora: Profa. Dra. Máisa de Souza
Ribeiro.

RIBEIRÃO PRETO

2008

FICHA CATALOGRÁFICA

de Paula, Bruno Galete Caetano

Valoração das Externalidades Negativas Sobre a Saúde Geradas a Partir da Queima da Cana-de-Açúcar na Região de Ribeirão Preto. Ribeirão Preto, Ribeirão Preto, 2008.

83 p. : il. ; 30 cm

Monografia apresentada à Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto/USP. Área de Concentração: Economia Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Maísa de Souza Ribeiro.

1. Valoração econômica. 2. Queimadas. 3. Método dose resposta. 4. Cana-de-açúcar. 5. Externalidade. 6. Poluição atmosférica

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1 Caracterização das queimadas de cana-de-açúcar	11
1.2 Definição de Material Particulado	16
1.3 Objetivos do estudo.....	17
1.4 Etapas da Pesquisa.....	17
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	19
2.1 O caso da externalidade	19
2.2 Técnicas de Valoração Ambiental	22
2.3 Estudo Estatístico ou Modelo Econométrico do Método Dose Resposta	30
3. MARCO TEÓRICO.....	35
4. METODOLOGIA	39
4.1 Apresentação dos dados	39
4.2 Estimativas para o nível de poluição gerado pelas queimadas.....	51
4.3 O Modelo de Séries Temporais do Método Dose Resposta para o presente estudo	53
5. RESULTADOS	68
6. DISCUSSÃO	74
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	79

LISTA DE FIGURAS

1. Figura 1 – Mapa Queimadas – Agosto 2004	42
2. Figura 2 – Mapa Queimadas – Setembro 2004.....	43
3. Figura 3 – Mapa Queimadas – Outubro 2004.....	43
4. Figura 4 – Mapa Queimadas – Novembro 2004.....	43
5. Figura 5 – Mapa Queimadas – Dezembro 2004	44
6. Figura 6 – Mapa Queimadas – Janeiro 2005	44
7. Figura 7 – Mapa Queimadas – Fevereiro 2005.....	44
8. Figura 8 – Mapa Queimadas – Março 2005	45
9. Figura 9 – Mapa Queimadas – Abril 2005	45
10. Figura 10 – Mapa Queimadas – Junho 2005	45
11. Figura 11 – Mapa Queimadas – Julho 2005	46
12. Figura 12 – Mapa Queimadas – Agosto 2005	46
13. Figura 13 – Mapa Queimadas – Setembro 2005.....	46
14. Figura 14 – Mapa Queimadas – Outubro 2005.....	47
15. Figura 15 – Mapa Queimadas – Novembro 2005.....	47
16. Figura 16 – Mapa Queimadas – Dezembro 2005.....	47
17. Figura 17 – Mapa Queimadas – Janeiro 2006	48
18. Figura 18 – Mapa Queimadas – Fevereiro 2006.....	48
19. Figura 19 – Mapa Queimadas – Março 2006	48

LISTA DE TABELAS

1. Tabela 1 – Número de internações mensais por problemas respiratórios por município entre agosto de 2004 e março de 2006	49
2. Tabela 2 – Produção Quinzenal de cana-de-açúcar no EDR de Ribeirão Preto	53
3. Tabela 3 – Resultados da regressão do modelo 1	56
4. Tabela 4 – Resultados da regressão do modelo 1 somente com variáveis significativas....	58
5. Tabela 5 – Resultados do teste de multicolinearidade do modelo 1	59
6. Tabela 6 – Resultados do teste de Cochran-Orcutt para o modelo 1.....	61
7. Tabela 7 – Resultados para a regressão do modelo 2.....	64
8. Tabela 8 Resultados para a regressão do modelo 2 apenas com variáveis significativas	65
9. Tabela 9 – Resultados para o teste de Cochran-Orcutt para o modelo 2.....	66
10. Tabela 10 – Resultados estimados para o número de internações relacionadas à queimada	69
11. Tabela 11 Rendimento médio em reais da população ocupada em 2006 por município	71
12. Tabela 12 – Internações por faixa etária por município no período entre agosto de 2004 e março de 2006.....	71
13. Tabela 13 – Número médio de dias por pessoa internada por problemas respiratórios entre agosto e dezembro de 2004 e abril de 2005.....	72

LISTA DE GRÁFICOS

1. Gráfico 1 – Curva de Demanda e de Oferta Social e Oferta Privada	20
2. Gráfico 2 – Índice diário de concentração de material particulada na cidade de Ribeirão Preto em microgramas por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) no ano de 2006	41
3. Gráfico 3 – Internações mensais por problemas respiratórios nas cidades da região de Ribeirão Preto entre agosto de 2004 e março de 2006.....	50
4. Gráfico 4 – Internações mensais nas cidades da região de Ribeirão Preto entre agosto de 2004 e março de 2006	50
5. Gráfico 5 – Distribuição dos resíduos do modelo 1 e distribuição Normal	60

RESUMO

A preocupação ambiental tem ganhado cada vez mais relevância em pesquisas acadêmicas, no meio jornalístico, no ambiente empresarial e entre a sociedade em geral. Um setor que opera produzindo poluição excessiva não gera um produto eficiente do ponto de vista social, gerando externalidades negativas para a sociedade. Esta pesquisa tem por objetivo avaliar as externalidades ambientais geradas pela queima da palha da cana-de-açúcar pré-colheita na região de Ribeirão Preto. O modelo de séries temporais do método dose resposta conseguiu mostrar que no período de agosto de 2004 a março de 2006, aproximadamente 8,5% das internações causadas por problemas respiratórios no Sistema Único de Saúde são devidas à queda da qualidade do ar produzida pela queima da cana, gerando um custo de quase um milhão de reais para o período.

Palavras-chave: Valoração econômica. Queimadas. Método dose resposta. Cana-de-açúcar. Externalidade. Poluição atmosférica.

ABSTRACT

The ambient concern has gained each time more relevance in academic research, the journalistic environment, the enterprise environment and along the society. A sector that operates producing extreme pollution does not generate an efficient product of the social point of view, generating negative externalities to the society. This research objectives to evaluate the ambient externalities generated by the burning of the straw of the sugar cane in the harvest in the region of Ribeirão Preto. The method dose response's model of time series could show that in the period from August 2004 to March 2006, almost 8.5% of the hospital admissions caused for respiratory problems in the Sistema Único de Saúde must to the fall of the quality of the air produced for the burning of the sugar cane, generating a cost about one million reais for that period.

Key-words: Economic valuation. Forest fires. Method dose response. Sugar cane. Externality. Atmospheric pollution.

1 INTRODUÇÃO

1.1 Caracterização das queimadas de cana-de-açúcar

A importância da cana-de-açúcar no sistema agrícola brasileiro é muito grande, pois além de ser o mais antigo produto cultivado no Brasil, sempre teve lugar de destaque na produção agrícola nacional. Sua produção confunde-se com a história do descobrimento brasileiro, já que a partir de 1530 a planta já começa a ser cultivada em solo nacional, principalmente na região nordeste, onde se adaptou bem ao clima e ao solo daquela região. Mais tarde, ao longo dos séculos, sua expansão atinge diversas regiões do Brasil, principalmente no Estado de São Paulo.

Durante a década de 1970, a cana começa a despontar como grande fonte produtora de energia, pois a partir dessa época, o álcool começa a ganhar força como fonte de alternativa de combustível. Isso ocorreu devido ao Primeiro Cartel do Petróleo da OPEP (Organização dos Produtores e Exportadores de Petróleo), pois o preço do petróleo e seus derivados dispararam no mundo inteiro. Com isso, alternativas de energia deveriam ser descobertas. É nesse contexto que a cana-de-açúcar e sua eficiência em produzir álcool (etanol) surgem como resposta alternativa ao aumento do preço dos combustíveis. (Magalhães *et al.*, 1991).

O Pró-álcool (Programa Nacional do Álcool) teve um papel decisivo na expansão da indústria canavieira. Contudo, diferentemente do que ocorreu com a produção do século XVI, agora os canaviais se concentram no interior do Estado de São Paulo, os engenhos se transformam em usinas, a mão-de-obra é feita principalmente por migrantes nordestinos e o principal produto explorado da cana passa a ser o álcool. Mesmo antes do Pró-Álcool, o Estado de São Paulo já era o maior produtor nacional de cana-de-açúcar, mas depois do Programa, a importância econômica do setor canavieiro paulista veio se consolidar. Em 1979 surgiram os primeiros veículos movidos exclusivamente por álcool, o que viria a reforçar ainda mais o papel do referido Programa e do etanol na matriz energética brasileira a partir dessa data. (Gonçalves, 2005).

O álcool ganha status de combustível puro perante a gasolina. E a questão ambiental, mais precisamente a poluição atmosférica, surge também como um bom argumento para a expansão do seu consumo, além do preço que ao longo do tempo foi apresentado queda. No que diz respeito à poluição ambiental, o etanol foi classificado como combustível alternativo limpo, em 1990, pela legislação ambiental norte-americana. (Silva, 1995).

Porém, é importante dizer que essa melhoria causada nos índices de poluição ambiental provocada pela substituição de veículos a gasolina por veículos a álcool tem como “efeito colateral” uma queda na qualidade do ar nas regiões produtoras de álcool, uma vez que o processo de produção gera poluição atmosférica por meio das constantes queimadas na época da colheita da cana. Então, embora haja uma melhoria ambiental percebida principalmente nas grandes cidades, devido a grande quantidade de veículos a gasolina que vem sendo substituídos pelos movidos a álcool, o contrário ocorre em cidades pequenas e médias do interior.

Com a grande expansão dos canaviais para o interior do Estado de São Paulo, problemas de poluição atmosférica começam a ser percebidos pela população desses locais. Diferentemente do que ocorre com as grandes cidades brasileiras, um dos principais responsáveis pelo agravamento da poluição não era a emissão por veículos automotores. Claro que a expansão automotiva contribui para uma piora na qualidade do ar nas cidades do interior paulista, mas a queima dos canaviais também tem um importante papel.

Outros problemas emergiram conjuntamente com a expansão da cana nas cidades interioranas, entre eles: a periódica destruição e degradação de ecossistemas inteiros, a poluição hídrica, dos cursos d'água e dos lençóis freáticos, bem como uma progressiva salinização dos solos.

Zancul (1998) em um estudo realizado na cidade de Araraquara, importante pólo canavieiro, na época de safra da cana diz que

“O cálculo teórico da emissão de material particulado e de monóxido de carbono das queimadas de cana-de-açúcar indica a presença de uma quantidade muito grande desses poluentes na atmosfera somente em decorrência de queimadas. Mesmo considerando a grande área em que essas emissões ocorrem, elas podem piorar a qualidade do ar no interior do Estado”.

Pode-se ver então que a violenta expansão da cana-de-açúcar no interior paulista provocou uma alteração da qualidade do ar nessa região.

Cerca de cinquenta anos atrás não era utilizada a técnica de queima da cana-de-açúcar quando essa era colhida. Porém, à medida que ocorre expansão das áreas cultivadas e aumento da produtividade agrícola, a prática de atear fogo nos canaviais começa a ser bastante difundida, pois em áreas grandes, a queima da cana-de-açúcar aumenta a produtividade do setor.

A queima dos canaviais tem como principal objetivo facilitar o corte, seja manual ou mecanizado. De acordo com informações divulgadas pela Companhia de Tecnologia de

Saneamento Ambiental (CETESB, 1993) as principais justificativas para a queima da cana-de-açúcar são:

1 – Diminuição do esforço físico despendido pelo trabalhador braçal, adequando-se melhor (mas ainda não suficiente) ao seu baixo consumo de calorias ingeridas pela alimentação insuficiente.

2 – Aumento na capacidade diária de corte por parte do trabalhador. Aumento da produtividade por trabalhador.

3 – Redução drástica do número de acidentes ocupacionais (olhos, membros inferiores e superiores do corpo) referentes ao corte manual, com o uso do facão.

4 – Redução sensível no número de trabalhadores atacados por animais peçonhentos, os quais são eliminados durante a queima.

5 – Diminuição significativa da quantidade de matéria estranha vegetal (folhas, pontas, palhas, ervas-daninhas) que acompanham os colmos cortados, carregados e transportados, com reflexos positivos na indústria.

6 – Aumento da densidade de transporte da matéria-prima, com reflexos na redução de custos da tonelada transportada por quilometro rodado, e na quantidade de unidades de cada frota.

7 – Diminuição do desgaste de moendas por operarem com matéria-prima com menores teores de fibras, além do aumento no volume esmagado/unidade de tempo. E, mais, diminuição das perdas de sacarose na extração.

A colheita da cana crua, sem queima prévia, deixando palha no campo, tem vantagens e desvantagens, descritas por Delgado (1985) e Ripoli (2002).

Entre as “vantagens” da colheita da cana crua, merecem destaque:

- manutenção da umidade do solo;
- controle de ervas daninhas, diminuindo ou abolindo o uso de herbicidas;
- melhor controle da erosão, com proteção do solo contra o impacto das gotas de chuva;
- aumento da matéria orgânica no solo, enriquecendo-o;
- redução da população de nematóides nocivos à cultura, pelo acréscimo de nematóides predadores e microorganismos resultantes do aumento da matéria orgânica no solo;
- possibilidade de melhor aproveitamento dos restos da cana-de-açúcar, do ponto de vista energético;
- melhoria da qualidade da matéria-prima entregue para industrialização;

- redução da poluição atmosférica provocada pela queima da palha da cana-de-açúcar.

As “desvantagens” de se colher a cana crua seriam:

- dificuldade de mão-de-obra disponível para adoção da técnica e resistência do próprio cortador em executá-la;
- menor rendimento do corte, tanto manual como mecanizado, implicando em menor ganho do trabalhador e maiores custos para o produtor;
- aumento das impurezas vegetais e minerais da matéria-prima;
- tendência em se cortar a cana em um nível mais elevado, provocando perdas de matéria-prima e prejudicando a brotação da soqueira;
- maior foco de infestação para alojamento de pragas;
- aumento na necessidade de transporte da cana pela empresa;
- aumento do teor de fibras e conseqüente redução na extração de caldo pelas moendas;
- diminuição da velocidade de trabalho das colhedadeiras, em relação à cana queimada, com maior consumo operacional e custo final;
- aumento da incidência de animais peçonhentos (cobra, aranha) e acidentes de trabalho.

As queimadas em canaviais são caracterizadas por ocorrer nos meses entre abril e novembro (meses de safra no interior de São Paulo), ocorre mais ao entardecer ou à noite, a duração do fogo é de cerca de 20 a 30 minutos com fogo muito intenso, podendo ser visto de uma distância muito longe. (Zancul, 1998).

Outros aspectos negativos relacionados à queima da cana se referem à queda da qualidade do ar. Nesse ponto, Arbex (2002) diz que a queima da cana gera uma grande quantidade de elemento particulado negro denominado “fuligem da cana”. Esse material particulado modifica as características do ambiente nas regiões onde a cana-de-açúcar é cultivada, colhida e industrializada. A população local fica exposta, por aproximadamente oito meses ao ano, aos poluentes provenientes da queima de biomassa.

Já Zancul (1998) diz que a prática de queimar a palha da cana-de-açúcar antes do corte, assim como a queima de qualquer tipo de biomassa, causa um tipo de poluição atmosférica diferente do que ocorre com a queima de combustíveis fósseis. Enquanto a emissão veicular de material particulado pode chegar a 62 toneladas/dia na Região Metropolitana de São Paulo, o material particulado proveniente da queima de palha, pode chegar a 285 toneladas/dia. (Zancul, 1998). Segundo esse mesmo autor, dados do Instituto

Nacional de Pesquisas Espaciais indicam que o volume de ozônio (um gás que também é gerado por queima da biomassa) chega a duplicar na época das queimadas.

De acordo com Arbex (2002) a queima de biomassa lança no ambiente, como resíduo ou poluição, partículas inaláveis (PM₁₀), partículas respiráveis, partículas finas (PM_{2,5}), acroleína, formaldeído, monóxido de carbono (CO), ozônio, dióxido de nitrogênio (NO₂), benzeno e benzopireno. A combustão de biomassa produz também gás carbônico (CO₂), porém esse gás não é considerado poluente, uma vez que faz parte da atmosfera terrestre, porém sua quantidade em excesso causa o agravamento do Efeito-Estufa. Contudo, Langowski (2007) explica que alguns especialistas em defesa às queimadas, dizem que embora haja uma forte liberação de CO₂ pelas queimadas de cana-de-açúcar, este gás não contribui no médio prazo para o dito efeito estufa, pois uma quantidade equivalente do mesmo é retirada da atmosfera, via fotossíntese, durante o crescimento do canavial no ano seguinte. Esta argumentação é válida e correta, mas apresenta um senão: o canavial realmente absorve e incorpora CO₂ em grande quantidade, ao longo do seu período de crescimento que dura de doze a dezoito meses em média, mas a queimada libera tudo quase que instantaneamente, ou seja, no período que dura uma queimada, ao redor de trinta ou sessenta minutos.

Segundo Nabais (1981) uma tonelada de cana queimada emite: 0,0005 toneladas de óxido de nitrogênio (NO₂); 0,004 toneladas de material particulado; 0,006 toneladas de hidrocarbonetos e 0,028 toneladas de monóxido de carbono.

Além dos impactos à atmosfera, a queima dos canaviais causa danos à fauna e flora em áreas ao redor dos canaviais. E também aumentam a temperatura e diminuem a umidade natural dos solos, levando a uma maior compactação e a uma perda de porosidade dos mesmos, além de gerar uma polimerização de suas substâncias húmicas, bem como perdas de nutrientes, seja para a atmosfera (via combustão) seja para as águas (por posterior lavagem e lixiviação). (Novais, 1971).

Atualmente, cada vez menos a técnica de queimada tem sido usada nos canaviais paulistas. Vários fatores podem estar relacionados com essa redução, entre eles 1) o aumento da consciência ambiental que vem sendo adquirida por toda a população brasileira de forma gradativa, 2) o constante progresso tecnológico no setor agrícola, no qual máquinas vem substituindo a técnica da queima, 3) instrumentos legais, como a Lei Paulista 11.241/2002, que estabelece que até o ano de 2021 a erradicação das queimadas nas áreas mecanizáveis e até 2031 a erradicação nas áreas não-mecanizáveis. Porém, a Secretaria de Meio Ambiente, Agricultura e Abastecimento e a União da Indústria da Cana-de-Açúcar (UNICA) firmaram o Protocolo Agroambiental que reduziu esses prazos para 2014 e 2017, respectivamente.

Outras leis e decretos referentes à diminuição das queimadas foram feitos anteriormente. Em 1998 foi instituído o Decreto Federal nº 2.661, que regulamenta proibições e permissões do emprego do fogo. O Decreto Estadual Paulista nº 42.056 de 06 de agosto de 1997 estabelecia o prazo máximo de oito anos para o fim das queimadas nos canaviais nas áreas mecanizáveis e quinze anos para o fim nas áreas não-mecanizáveis. Já a Lei Estadual nº 10.547, de 02 de maio de 2000, estabelecia critérios para o ateamento de fogo com vistas à redução dessa prática. Como essas leis e decretos tiveram poucos efeitos práticos, com destaque ao Decreto Estadual Paulista nº 42.056 de 06 de agosto de 1997, não é possível dizer ao certo qual será o efeito prático da última Lei regulamentadora sobre as queimadas nos canaviais e, se o prazo para erradicação dessa prática será cumprido.

A necessidade de levantar um estudo a respeito da queima da cana sobre a qualidade de vida das pessoas se deve ao fato do aumento da consciência ambiental da população, que cada vez mais cobra medidas para atenuar qualquer forma de poluição. Nesse sentido, quanto mais informações a população tiver sobre o impacto que a degradação ambiental pode causar nas suas vidas, mais argumentos terão para cobrar melhorias de órgãos competentes. E, como na região de Ribeirão Preto, um dos casos mais preocupantes de poluição ambiental é a prática das queimadas, esse estudo se propõe a analisar essa fonte tão importante de poluição sobre o nível de bem-estar dos cidadãos.

1.2 Definição de Material Particulado

Um dos poluentes mais característicos da queima de biomassa é o material particulado e, esse será o poluente a ser estudado no presente trabalho. Então, faz necessário mostrar algumas características desse poluente.

Cançado (2003) define material particulado como uma série de partículas sólidas e líquidas suspensas no ar. O tamanho, a composição química e outras propriedades físicas e biológicas dependem da fonte de emissão e das transformações atmosféricas sofridas pelas partículas. O tamanho definido para caracterizar o material particulado é seu diâmetro aerodinâmico, que pode variar entre 0,002 μm a 100 μm , em que μm é a unidade de medida denominada micrômetro. As partículas de maior importância para os aspectos físico-químicos da atmosfera e para a saúde humana são as de diâmetro compreendido entre 0,002 e 10 μm . As partículas com diâmetro menor que 0,1 μm são classificadas como ultra-finas, as que têm diâmetro entre 0,1 e 2,5 μm são chamadas de partículas finas e as partículas grandes ou

grossas são aquelas com diâmetro maior que 2,5 μm . As partículas menores que 10 μm também tem a denominação de MP10, já as partículas menores que 2,5 μm tem a denominação MP2,5.

Os processos de combustão são os maiores responsáveis pelas partículas finas e ultrafinas, que são geralmente compostas por material carbonáceo, metais, compostos orgânicos e íons sulfatos, nitratos, e amoníacos. (Cançado, 2003).

Essas partículas caracterizam-se por penetrar nas vias respiratórias (quanto menor, mais profundamente penetram) e, quando instaladas nos pulmões, diminuem a capacidade respiratória. Podem agravar quadros alérgicos e de bronquite, além de gerar mal-estar, asma, irritação nos olhos, pele, dor de cabeça e câncer pulmonar. Numa atmosfera urbana, parte dessas partículas é emitida por veículos automotores, parte por processos de queima de biomassa e parte durante a operação de processos industriais. CETESB (2006).

Considerando que o maior número e a maior massa do material particulado proveniente da queima de biomassa são de partículas finas (menores que 2,5 μm), sugere-se que, sempre que possível, quantificar a fração de MP2,5, em estudos que envolvam a exposição da população à queima da biomassa e riscos de saúde (World Health Organization - WHO, 1999).

1.3 Objetivo do estudo

O objetivo do presente estudo consiste em identificar o impacto exercido pelas queimadas nos canaviais da região de Ribeirão Preto sobre a saúde e bem-estar da população dessa região.

Como o impacto causado pelas queimadas sobre o bem-estar social é uma externalidade negativa causada pelo produtor de cana que irá atingir a população, também é possível dizer que o objetivo consiste em estimar tal externalidade.

1.4 Etapas da pesquisa

O presente trabalho irá estimar e valorar monetariamente os danos provocados somente à saúde humana por meio da poluição atmosférica. Outros malefícios causados pelas queimadas não fazem parte do escopo da pesquisa.

Para que o objetivo da pesquisa seja alcançado, será necessário levantar informações acerca das queimadas na região de Ribeirão Preto, verificar a influência das queimadas sobre a saúde humana, verificar o impacto da queima dos canaviais na qualidade do ar e estimar economicamente o impacto das queimadas na população afetada. Esse valor estimado corresponde ao tamanho da externalidade gerada pelo setor sobre a saúde da população.

Os dados utilizados para o desenvolvimento do presente trabalho provêm de fontes seguras e de fácil acesso. Dados sobre a quantidade de queimadas serão obtidos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Informações sobre a qualidade do ar e concentração de determinados poluentes na atmosfera serão obtidas junto à CETESB (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental) do estado de São Paulo. Dados meteorológicos como temperatura, umidade e índice de precipitação serão fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET). O número de veículos em circulação será fornecido pela base de dados do DENATRAN. A quantidade de trabalhadores empregados no setor canavieiro é uma informação que será fornecida pela Relação Anual de Informações Sociais (RAIS) do Ministério do Trabalho e Emprego. Já dados sobre a saúde da população, como internações em hospitais, taxa de mortalidade, tempo de permanência por internação, custo médio por internação, etc. serão fornecidos pelo Sistema Único de Saúde – SUS. Informações relacionadas à cultura canavieira como produção, área plantada, meses de safra serão fornecidas pelo Ministério da Agricultura, CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), Instituto de Economia Agrícola (IEA), UDOP e pela Embrapa. E, finalmente, as informações econômico-sociais serão retiradas de órgãos especializados como o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística), DIEESE (Departamento Intersindical de Estudos Socioeconômicos) e Fundação SEADE (Sistema Estadual de Análise de Dados).

A pesquisa será desenvolvida utilizando dados referentes à região de Ribeirão Preto, interior do estado de São Paulo no período de agosto de 2004 a março de 2006. Foi escolhido tal período para o estudo porque os dados diários referentes à concentração de poluentes na atmosfera na cidade de Ribeirão Preto só existem para tal período. As cidades analisadas serão aquelas que fazem parte do Escritório de Desenvolvimento Rural de Ribeirão Preto e que possuem dados atualizados no Sistema DATASUS. Portanto, serão utilizados dados provenientes dos seguintes municípios: Cajuru, Cravinhos, Jardinópolis, Pontal, Ribeirão Preto, Santa Rita do Passa Quatro, Santa Rosa de Viterbo, São Simão, Serrana e Sertãozinho.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O caso da externalidade

O processo de obtenção de produtos para a necessidade humana gera resíduos e no caso do processo de produção de açúcar e álcool por meio da queima da cana-de-açúcar gera subprodutos muitas vezes nocivos à saúde humana que são expelidos para a atmosfera.

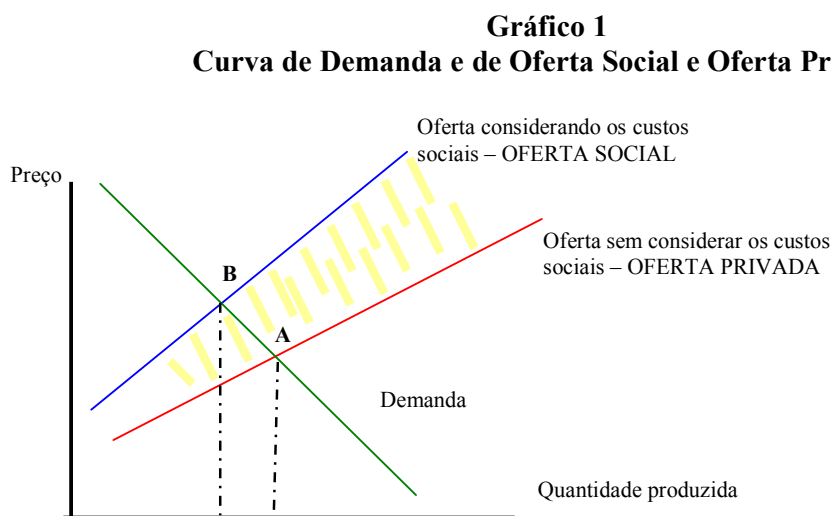
Se um processo agrícola ou industrial gera malefícios para a sociedade, ele está gerando externalidades. O conceito de externalidade é muito conhecido e difundido nas Ciências Econômicas. As externalidades podem causar ineficiência nos mercados, e conseqüentemente o excedente total do mercado pode não ser maximizado. Existem dois tipos de externalidades: as positivas e as negativas. Externalidade negativa é aquela que um agente econômico produz quando ele prejudica outras pessoas da sociedade e não sofre punição por isso. Analogamente, externalidade positiva é “a ação pela qual um produtor ou um consumidor beneficia outros produtores ou consumidores, mas não sofre as conseqüências disso sobre o preço de mercado e nem recebe uma quantia monetária em troca”. (Pindyck e Rubinfeld, 2002, p. 632).

Um exemplo de externalidade positiva é quando uma pessoa vai se vacinar. Quando ele se vacina, ele está contribuindo para a sua saúde e para a saúde das pessoas em sua volta, pois ele não será um vetor de tal doença para outras pessoas. Um exemplo de externalidade negativa é quando uma fábrica produtora de celulose joga seus dejetos em um rio que é usado para irrigação de hortas ou como fonte de peixes para pesca. Nesse caso, o aumento da utilidade do produtor de celulose gera um custo para a sociedade, que passa a ter água poluída para suas atividades.

Uma empresa, um agricultor, uma usina ou outro qualquer responsável por um processo produtivo se encontra em um dilema quando tem que decidir quanto usar de seus insumos para maximizar seus lucros. Esse dilema ocorre porque muitos processos produtivos geram externalidades negativas que serão sofridas pela sociedade, ocasionando um aumento do custo social. Benefícios econômicos sentidos somente pelo produtor podem estar ligados a um custo social elevado e, nessa situação, pode-se dizer que há ineficiência de mercado, pois no nível eficiente de Pareto, os custos sociais devem ser minimizados. Portanto, é preciso encontrar a alocação ótima que gere o menor custo social dada a maximização de lucro do produtor.

Um ponto de alocação para determinado produto é conhecido como ponto ótimo de Pareto quando não existe uma reordenação diferente que possa melhorar a situação de qualquer pessoa (ou agente econômico) sem piorar a situação de qualquer outra. Em um mercado competitivo, sem externalidades, ou mais conhecido como mercado de bens puramente privados, esse ponto ótimo é alcançado simplesmente pelas forças de mercado, sem intervenção nenhuma de qualquer outra instituição. Varian (1994). Porém, quando essa situação de mercado não é encontrada, outras forças, que não só a de mercado, devem agir para que se alçasse o ótimo de Pareto.

Exemplos mais comuns de externalidades negativas estão relacionados justamente aos efeitos gerados ao meio ambiente por algum tipo de processo produtivo, como uma indústria que expele fumaça no ar, ou outras que depositam seus resíduos em rios, etc. O gráfico abaixo ilustra o caso da quantidade ofertada considerando os custos sociais e o custo privado para o produtor, se não fosse considerado o impacto negativo para a sociedade.



Fonte: Elaboração própria

O ponto A corresponde a intersecção da curva de demanda com a curva de oferta privada, e o ponto B corresponde ao cruzamento da demanda com a curva de oferta social. O ponto B é o equilíbrio de mercado, quando os custos sociais ou externalidades são computados. Percebe-se que quando os custos sociais são considerados, a oferta total de tal produto diminui, pois fica mais caro produzi-lo.

A área compreendida entre as duas curvas de oferta corresponde exatamente à externalidade que, como pode ser visto, quanto mais unidades são produzidas, maior será o

valor da externalidade. Essa situação é aplicável ao objeto de estudo do trabalho, pois uma vez que se leve em consideração os custos incorridos com a perda de bem-estar gerada pelas queimadas, esses custos deveriam ser internalizados pelos usineiros, ou seja, os produtores de cana deveriam pagar uma quantia monetária por estar piorando a situação de todos. Isso aumentaria seus custos de produção e conseqüentemente diminuiria seus lucros e a quantidade de cana ofertada.

Quando não se compensa a externalidade, os custos sociais não são levados em consideração e, sim somente os custos privados. Nessa situação, a produção de mercado seria o ponto em que a curva de oferta privada cruza com a curva de demanda, gerando um excesso de produção, já que a custo indireto não foi considerado pelo mercado privado.

Como dito anteriormente, a presença de externalidade na produção pode gerar ineficiência econômica no sentido de Pareto, porém existem alguns modos de se corrigir essa ineficiência. Essa correção é conhecida como internalização das externalidades.

A internalização pode ser feita também por meio de convenções sociais ou intervenção pública. Quando o poder público age no mercado, a externalidade passa então a ser regulada, ou simplesmente taxada, de modo a internalizar sua produção. Lucena (2004).

Explorando mais a questão da internalização, primeiramente, é necessário saber os direitos de propriedade, ou seja, qual a cota ou quantidade de externalidade negativa que o produtor pode gerar. No caso específico do objeto do presente estudo, seria interessante saber qual a quantidade máxima de poluição que cada produtor tem direito de gerar ao colher a cana-de-açúcar. Essa quantidade irá depender do sistema legislativo e direito de propriedade de cada lugar especificamente.

Se os direitos de propriedade são bem especificados e conhecidos por todos, é possível por meio da negociação obter eficiência no sentido de Pareto na presença de externalidade por meio de troca entre os agentes econômicos. O processo de troca irá depender das dotações iniciais de cada agente. Por exemplo, em uma situação extrema em que fossem proibidas totalmente as queimadas da palha da cana no Estado de São Paulo, porém se os usineiros e a sociedade entrarem em acordo e a população de algum modo “vendessem” suas cotas aos produtores de cana, seria possível chegar a um valor negociado para a poluição que seria o ponto ótimo no sentido de Pareto. Nesse caso, a relação poderia ser o aumento da poluição em troca da redução do preço do álcool, até o ponto em que a sociedade achasse que o benefício gerado por essa redução do combustível fosse igual a perda de bem-estar gerada pelas queimadas, que é o ponto onde o benefício marginal é igual ao custo marginal da poluição.

Ainda existe o caso em que os direitos de propriedade são bem definidos, mas a alocação ótima de Pareto não vai depender da distribuição desses direitos. Varian (2006) diz que quando os direitos são bem definidos e as preferências dos agentes forem quase-lineares, a solução para esse problema é encontrada no Teorema de Coase. Nessa solução, a quantidade de externalidade será a mesma em toda a alocação eficiente no sentido de Pareto. No exemplo da queimada dos canaviais, a solução para o problema da poluição seria a mesma, independentemente se o produtor tem direito a produzir o tanto de poluição quanto quiser, ou se não pode poluir nada, ou ainda uma quantidade de poluição intermediária. A solução seria sempre a mesma.

2.2 Técnicas de valoração ambiental

O desenvolvimento sustentável deve gerar riquezas e ao mesmo tempo não pode exaurir ou danificar o sistema ambiental que consome. Deve produzir hoje, mas fazendo de uma forma que não comprometa sua produção no futuro. A partir do momento em que o sistema econômico vigente começa a explorar a natureza mais do que ela pode suportar, torna-se necessário uma readaptação nas relações entre homem e natureza. Para que essa relação seja mais harmoniosa, seria conveniente conhecer os impactos gerados pelas atividades econômicas na natureza, portanto métodos de valoração ambiental têm um impacto significativo nesse tema. Segundo Figueroa (1996) a avaliação econômica do meio-ambiente não tem como objetivo estabelecer um determinado preço a certo tipo de meio-ambiente e sim mostrar o valor econômico que ele pode oferecer e o prejuízo irrecuperável que pode haver caso seja destruído. Por exemplo, a valoração econômica da água não tem por objetivo estipular um preço para o recurso ambiental água e sim mostrar qual o prejuízo econômico para a sociedade causado pela poluição da água. Esse prejuízo pode ser mensurado como os custos incorridos para o tratamento da água ou os custos de logística para se poder buscar água limpa em lugar mais distante.

Não existe uma classificação universalmente aceita sobre as técnicas de valoração econômica ambiental. Bateman; Turner (1992) propõem uma classificação dos métodos de valoração econômica utilizando curvas de demanda marshalliana ou hicksiana. Hufschmidt *et al.* (1983) fazem suas divisões de acordo com o fato da técnica utilizar preços provenientes de mercados reais, de mercados substitutos ou de mercados hipotéticos. Nessa classificação, as variações na qualidade de um recurso ambiental são mensuradas pelo lado dos benefícios ou dos custos resultantes dessas mesmas variações.

Na literatura é bastante comum analisar o valor econômico do recurso ambiental como sendo o Valor de Uso mais o valor de não-uso.

Segundo Motta (1998), Valor de Uso (VU) é “o valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental pelo seu uso”, que pode ser subdividido em três categorias, de acordo com o mesmo autor:

- “Valor de Uso Direto (VUD) – valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental em função do bem-estar que ele proporciona através do uso direto”. O valor de uso direto é obtido pela utilização direta do recurso. É o valor obtido com o consumo do ar: a respiração humana, por exemplo.

- “Valor de Uso Indireto (VUI) – valor que os indivíduos atribuem a um recurso ambiental quando o benefício do seu uso deriva de funções ecossistêmicas”. Por exemplo, a contenção de erosão, o estoque de carbono retido nas florestas tropicais. Caso o atributo ambiental seja o ar, pode-se dizer que o valor de uso indireto para os seres humanos é o fato de o ar limpo ter a capacidade de permitir que os raios de luz cheguem à esfera terrestre e sejam refletidos novamente sem interferir nas condições de temperatura na qual se encontra a terra inicialmente.

- “Valor de Opção (VO) – valor que os indivíduos estão dispostos a pagar para manterem a opção de um dia fazer uso, de forma direta ou indireta, do recurso ambiental”. Por exemplo, o benefício advindo de fármacos desenvolvidos com base em propriedades medicinais, ainda não descobertas, de plantas de florestas tropicais. No caso do ar, esse valor está associado ao montante que as pessoas estariam dispostas a pagar para preservar o ar para o futuro.

- “Valor de não uso (VNU), ou valor de existência está associado ao fato de o ser humano dar valor a um recurso simplesmente por saber que ele existe. O indivíduo não utiliza o recurso direta nem indiretamente, mas o simples fato de ele existir já lhe proporciona satisfação”. Um exemplo claro desse valor é a grande mobilização da opinião pública para salvamento dos ursos panda ou das baleias mesmo em regiões em que a maioria das pessoas nunca poderá estar ou fazer qualquer uso de sua existência. No caso do atributo ambiental ser o ar, diz-se que um indivíduo pode até não respirar um ar límpido e puro, mas o simples fato de saber que existe algum lugar onde isso é possível, já lhe dá satisfação.

Nesse mesmo trabalho, Motta (1998) objetivava valorar economicamente o impacto da poluição na saúde dos habitantes de São Paulo e, considerou que os custos relativos à morbidade associados à poluição atmosférica podem ser classificados em quatro categorias:

“1) Gastos médicos associados com tratamento de doenças induzidas pela poluição;

- 2) Dias de trabalho perdidos resultantes da enfermidade;
- 3) Gastos para evitar ou prevenir (gastos preventivos) e atividades associadas com tentativas de mitigar a doença;
- 4) Desutilidade associada com os sintomas e oportunidades de lazer perdidas devido à doença”.

Porém, há grandes dificuldades de estimar as parcelas referentes aos dois últimos itens. Além disso, existem diversos métodos de valoração econômica ambiental que conseguem encontrar o valor associado aos dois primeiros de gastos ou custos.

Seguindo a linha adotada por Motta (1998), o presente trabalho, utilizando como recurso ambiental o ar, irá atribuir valor econômico do recurso ambiental por meio dos gastos médicos adicionais relacionados à poluição provocada pela queima da palha da cana-de-açúcar (nesse caso gastos com internações) e por dias de trabalho perdido, que são os gastos a que se referem os itens um e dois descritos anteriormente.

Hanley; Spash (1993) fazem uma distinção dos métodos de valoração econômica ambiental em apenas dois grupos:

“i) forma direta, como o método de valoração contingente (MVC), em que consiste em uma técnica de entrevistas na qual os entrevistados dizem qual a sua disposição a pagar por um dado bem ambiental; ii) forma indireta, que utiliza funções que relacionam as variáveis econômicas e ambientais em um mercado, como exemplo dessa forma existem o método de preços hedônicos (MPH), o método dos custos de viagem (MCV) e as abordagens da função de produção, como o método dos custos evitados (MCE) e o método dose-resposta (MDR)”.

O método de valoração de contingente é um método direto porque os resultados encontrados por esse modelo são os próprios valores econômico-ambientais, utilizando mercados substitutos ou hipotéticos. Esse método se baseia na aplicação de questionários, onde se pergunta de forma diretamente à pessoa entrevistada qual a sua disposição máxima a pagar por benefícios e/ou quanto deveriam receber para ser compensados por um custo ambiental. Essa abordagem é mais utilizada quando os mercados para bens ou serviços ambientais não funcionam adequadamente, sendo necessária a criação de um mercado hipotético. (Moreira, 1999).

Porém os resultados obtidos pelo Método de Valoração de Contingente podem sofrer distorções se o indivíduo entrevistado não tem informações completas a respeito do bem ambiental investigado, podendo responder um valor máximo disposto a pagar bem diferente do que se efetivamente tivesse que pagar (Esteves, 2007).

Já os métodos indiretos, são assim chamados porque para encontrar o valor econômico desejado deve primeiro estimar o impacto do bem ambiental sobre a qualidade de vida da população de estudo e, depois encontrar economicamente tal valor.

O método de preços hedônicos é geralmente utilizado para identificar como fatores ambientais interferem no preço de imóveis ou de terrenos, pois imóveis de mesmas

características podem ter preços de vendas bem diferentes dependendo da qualidade ambiental do local em que estão inseridos. Geralmente, é estimado um modelo de preço de tal imóvel, sendo que uma das variáveis é o atributo ambiental. (Tolmasquim, 1998)

O método dos custos de viagem é utilizado para avaliação do valor de recursos ambientais como bosques, parques, grutas ou reservas ecológicas. Ele é baseado na teoria da demanda do consumidor por demanda de atividades recreacionais, cuja técnica consiste em avaliar quanto os visitantes estão dispostos a pagar pelo acesso ao recurso ambiental, ou também pode ser estimada uma curva de demanda baseada nos custos incorridos pela população ao seu acesso. (Moreira, 1999; Tolmasquim, 1998)

Já o método de custos evitados ou custos de proteção consiste em estimar quanto a população gasta para evitar ou se proteger da queda da qualidade de determinado bem ambiental. (Moreira, 1999). Um exemplo disso seria avaliar quanto as pessoas estariam dispostas a gastar em atividades preventivas para evitar que ocorra poluição em rio próximo de sua residência.

Já o método dose resposta, que será o método estimado para o presente trabalho, consiste em estimar qual o impacto no bem-estar da população quando se diminui a qualidade ambiental de uma determinada região. Esse método é bastante utilizado nas pesquisas de valorações econômicas quando há impacto no bem ambiental (dose) e causa uma perda de bem-estar ou outra externalidade qualquer que causa perda econômica ou diminuição do bem-estar social. (Mota, 1998). O método dose-resposta constitui-se basicamente em quantificar qual será a resposta econômica causada por uma “dose” de alteração no meio-ambiente.

Um exemplo de técnica de valoração ambiental por meio do método dose-resposta é encontrado em Diaz (1999) que mensura os custos econômicos associados às constantes queimadas em incêndios ocorridos na Amazônia no período entre 1996 e 1999. Ele analisou os impactos negativos que o fogo proporciona à agricultura, ao meio-ambiente e à saúde das pessoas. Nesse trabalho o autor, por meio de mapas fornecidos por satélites do INPE e modelos de dados de painel, encontrou valores de perda na agricultura na ordem de 12 a 100 milhões de dólares por ano. Em relação à saúde, a estimativa encontrada por meio de funções dose-resposta foi de 1 a 11 milhões de dólares por ano gastos com doenças respiratórias provocadas pelas queimadas. Em relação aos custos florestais, chegou-se a um alto valor para o ano de 1998 de 26.200 hectares de áreas florestais perdidas em decorrência do fogo naquele ano. O estudo chegou a um alarmante resultado, que as perdas causadas por fogo na Amazônia poderiam chegar a cinco bilhões de dólares por ano.

Segundo Hanley; Spash (1993), o Método Dose-Resposta (MDR) procura estabelecer um relacionamento entre variáveis que retratam a qualidade ambiental e o nível do produto de mercado, quer em termos de quantidade ou qualidade. Isso evidencia a forte dependência desse método às informações oriundas das ciências naturais para aplicação de modelos econômicos. Daí a divisão do método em duas partes: a) derivação da dose de poluente e a função de resposta do receptor e b) escolha do modelo econômico e sua aplicação.

Em muitos casos, a utilização do método dose-resposta é a melhor forma de valoração econômica ambiental. Sua aplicação é justificada quando as pessoas não têm total consciência a respeito dos efeitos que poluição causa e não se adaptam para melhorar seu bem-estar ou quando há não há condições do uso de métodos diretos, seja por indisponibilidade de dados ou por falta de sofisticação de mercado por parte da população atingida. Moreira (1999). Se a população tem consciência sobre o efeito da poluição e faz ajustamentos para manter o mesmo nível de bem-estar, isso pode conduzir a não obtenção de uma relação significativa entre o aumento de poluição e os efeitos sobre a saúde.

O uso da função dose resposta muitas vezes é o melhor parâmetro, pois permite que seja estabelecida uma relação que outros métodos não alcançam. Segundo Sala (1999), no método de valoração contingente (que é desenvolvido por meio de questionários direcionados à população que diz sua disposição a pagar por um bem público ou ambiental), as pessoas podem não responder com o devido rigor sobre a disposição a pagar pela diminuição da poluição, ou a disposição a aceitá-la por não saberem exatamente quais são os danos envolvidos. Enquanto que a função dose-resposta fornece essa relação.

De acordo com Nogueira (1998) uma utilização correta do MDR (dose-resposta) é a maneira de combinar duas funções bastante distintas: a função física que representa a relação entre a dose de poluição ou degradação e a resposta do ativo ambiental poluído ou degradado; e o modelo econômico e suas aplicações. Nesse último caso, vários tipos de modelos econômicos têm sido usados, podendo ser agrupados em três grupos: modelo tradicional, modelos dinâmicos e modelos econométricos. O tradicional simplesmente multiplica estimativas físicas (por exemplo, produtividade da terra, área total, concentração de poluição) pelo preço do bem de mercado afetado (por exemplo, preços correntes de uma dada lavoura, custos de internações). Seu uso tem gerado controvérsias teóricas e empíricas, pois a simples multiplicação de unidades físicas por unidades monetárias significa uma hipótese restritiva: a de que o uso do bem ambiental e o preço, e conseqüentemente o excedente do consumidor, permanecem constantes.

Ainda Nogueira (1998) os modelos dinâmicos (programação linear e programação quadrática) demandam uma quantidade extensiva de dados empíricos, geralmente difíceis de serem obtidos em assuntos relacionados com o meio ambiente. Quando utilizados, esses modelos podem fornecer detalhes sobre a distribuição de benefícios e refletir complexas inter-relações econômicas, permitindo que efeitos indiretos do processo de dose-resposta possam ser considerados. Entretanto, divergências freqüentemente surgem entre as soluções do modelo e a realidade, provocando incertezas sobre a confiabilidade dos seus resultados. Os modelos econométricos, apesar de mais sofisticados, ainda não têm permitido uma redução no grau de variabilidade das estimativas obtidas pelo MDR.

Um exemplo da aplicação do modelo tradicional é encontrado em Knight; Young (2005) para a região metropolitana de São Paulo. Nessa cidade, o nível de concentração de material particulado provocado pela combustão de diesel dos ônibus foi de $6,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, a população para a RMSP foi de 17 milhões de pessoas e o coeficiente dose-resposta foi de 0,000012. O resultado obtido foi um total de 1.306 internações em 2005, ocasionando um custo de R\$ 751.076,86 gastos somente com internações por doenças respiratórias no SUS.

De acordo com Moreira (1999), as funções dose-resposta que associam poluição do ar e mortalidade ou morbidade podem ser de dois tipos: clínicos ou laboratoriais e estatísticos ou epidemiológicos. O primeiro é de interesse principalmente na área de saúde pública. Já o segundo modelo, que pode ser feito em análises *cross-section* ou em análises de séries temporais, é o que mais interessa do ponto de vista econômico, pois mensura os efeitos da poluição do ar sobre a saúde e, assim é possível avaliar os custos ambientais da poluição.

O método de dose-resposta utiliza preços de mercado não do bem ou serviço ambiental, mas do bem e/ou serviço que está sendo afetado pelo impacto ambiental. Ele trata a qualidade ambiental como um fator de produção. Assim, “mudanças na qualidade ambiental levam a mudanças na produtividade e custos de produção, os quais levam por sua vez a mudanças nos preços e níveis de produção, que podem ser observados e mensurados”. Hufschmidt (1983).

De acordo com Hanley; Spash (1993), as aplicações mais comuns desse método são relacionadas aos impactos da qualidade do ar sobre saúde, a produção agrícola e sobre a pesca. Além desses, Hufschmidt (1983) acrescenta os estudos relativos a florestas e à qualidade da água de irrigação. Pearce (1993) diz que a idéia subjacente ao Método Dose-Resposta é bem ilustrada por meio do exemplo de uma cultura agrícola. Supondo uma área destinada ao cultivo que apresente erosão do solo. Para diferentes níveis de erosão, existirão diferentes níveis de produção final. Isto é, para cada “dose” de erosão do solo, existirá uma

“resposta” em termos de redução na quantidade produzida da cultura. Alternativamente, podem-se utilizar os custos de reposição dos nutrientes que se perdem com a erosão de solo. Essa perda pode ser aproximada pela aplicação de fertilizantes químicos que possuem valores de mercado explícitos. Os gastos na sua aquisição podem fornecer uma medida monetária dos prejuízos decorrentes da “dose” de erosão do solo. Por isso o MDR se caracteriza por utilizar preços de mercado como aproximação.

Surgem algumas dificuldades citadas por Mariano (2001) no caso específico da aplicação de uma função dose-resposta entre a concentração dos poluentes atmosféricos e os efeitos sobre a saúde humana:

- variedade de poluentes presentes na atmosfera e a interação entre eles dificulta a associação exata dos tipos de poluentes e seus respectivos efeitos; o ideal seria poder isolar e identificar o efeito real de cada um dos poluentes.
- aspectos associados aos hábitos alimentares, ao tabagismo, ao histórico de saúde da família exercem influência sobre a saúde da população, nem sempre são passíveis de serem isolados.
- variáveis relacionadas ao clima, como a temperatura, a umidade relativa e o vento também devem ser consideradas como obstáculos;
- variáveis relacionadas à topografia, ao saneamento básico, as especificidades do local, ao estilo de vida da população afetada pela poluição (estresse) devem ser consideradas quando se estabelece a função dose resposta”.

As dificuldades acima relacionadas não são exaustivas, apesar disto não invalidam o esforço de se valorar monetariamente as externalidades ambientais, fazendo-se uso de funções do tipo dose-resposta.

Existem coeficientes estimados anteriormente por pesquisas bem elaboradas que se tornaram padrão para outras pesquisas semelhantes e, que envolvam as mesmas regiões ou regiões parecidas. Assim, em alguns trabalhos que irão utilizar o Modelo Tradicional do Método Dose Resposta, não será necessário encontrar um novo coeficiente, e sim usar o que for mais adequado.

Dependendo da região que cada pesquisa foi elaborada e o tipo de estudo feito, obteve-se diferentes coeficientes para a função dose-resposta. Abaixo se encontra uma lista dos coeficientes para mortalidade desenvolvidos em pesquisas especializadas.

QUADRO 1
Estudos referentes à variação do número de mortes face à variação de 1µg/m3 de material particulado

Estudo/Cidade, Região, País, Data	(Evento/pessoa)/(µg/m3)		
	Limite Superior	Estimativa Central	Limite Inferior
Schwartz and Marcus, London UK, série temporal 1958-1972 (adaptada de Ostro)	$3,1 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$2,9 \cdot 10^{-6}$
Plagiannakos and Parker, Ontário Canadá, Série temporal 1976-82 (adaptada de Ostro)	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$9,8 \cdot 10^{-6}$	$4,9 \cdot 10^{-6}$
Schwartz and Dockery, Steubenville Ohio, séries temporais	$1 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-6}$
Schwartz, Birmingham AL, série temporal	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Dockery et al, St. Louis, série temporal	$2,3 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$
Pope et al, Utah Valley, UT	$1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,4 \cdot 10^{-5}$
Schwartz and Dockery, Philadelphia PA, série temporal	$1,5 \cdot 10^{-5}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$
Fairley, Santa Clara County CA, série temporal 1980-86 (adaptada de Ostro)	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$7 \cdot 10^{-5}$
Ozkaynak and Thurston, 100 met. Áreas nos EUA, estudos cruzados, 1980, adaptada de Ostro	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$1 \cdot 10^{-5}$
ECO Northwest, Canadá (in Rosa & Schechtman, 1996) – média de 1987 a 1993		$1 \cdot 10^{-5}$	
Pope et al, 151 cidades dos EUA, 1996	$6 \cdot 10^{-5}$	$4,2 \cdot 10^{-5}$	$2,3 \cdot 10^{-5}$
Ostro et al, Chile, 1996 (assume que 0,55 das partículas totais em suspensão são PM10)	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$0,6 \cdot 10^{-5}$
Mendes, Ana, São Paulo, 1983 a 1991		$1,6 \cdot 10^{-5}$	
Sala, 1999 (São Paulo)	$1,56 \cdot 10^{-5}$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$0,66 \cdot 10^{-5}$

Fonte: Tolmasquim (1998)

O quadro I indica os coeficientes para avaliar o impacto da poluição sobre a taxa de mortalidade na população. Por exemplo, na sexta entrada, o estudo de Pope indica que se a concentração de material particulado aumentar em 10 microgramas por metro cúbico em Utah Valley, nos Estados Unidos, haverá um aumento de 16,5 mortes em uma amostra de cem mil habitantes.

Já o segundo quadro a ser apresentado, mostra os coeficientes para certos tipos de doenças A interpretação dos coeficientes é a mesma apresentada pelo quadro anterior.

QUADRO 2
Estudos de ocorrência de doenças face à variação de 1µg/m³ de material particulado

Estudo/Data	Doença	(Evento/pessoa)/(g/m³) Estimativa (coeficiente)
Ostro, 1994	Bronquite crônica em adultos	6.1*10 ⁻⁵
	Sintomas respiratórios diversos (tosse, desconforto na garganta, irritação nos olhos)	0.1679
	Visitas de emergência	2.373*10 ⁻⁴
	Ataques de asma	0.0584
	Dias de trabalho parados	0.0584
	Admissão em hospital por problemas respiratórios	1.204
	Bronquite aguda em crianças	0.0016
ECO Northwest, 1987 e 1993	Bronquite	3,6*10 ⁻⁴
	Doenças Agudas	7,0*10 ⁻⁶
Sala, 1999 (São Paulo)	Admissão hospitalar por doenças respiratórias	2,45*10 ⁻⁵
	Dias de atividades restritas por doenças respiratórias	0,057

Fonte: Tolmasquim (1998)

Esses quadros apresentados fornecem uma indicação de outros estudos relacionando poluição do ar à qualidade da saúde. Portanto, servem como referencial de comparação para outros estudos que utilizam o método dose-resposta.

Um exemplo da aplicação do Modelo Tradicional do Método Dose Resposta é encontrado em Knight; Young (2005) ao pesquisar a influência da combustão do diesel pelos ônibus na região metropolitana de São Paulo. Nesse estudo, foi utilizada uma metodologia desenvolvida por Lvovsky (2000), cujo coeficiente para internações por doenças respiratórias era 0,000012.

2.3 Estudo Estatístico ou Modelo Econométrico do Método Dose Resposta

Em relação ao tipo de estudo estatístico ou epidemiológico da função dose-resposta, ou usando a denotação de Nogueira (1998) que classifica esse tipo estudo como modelos econométricos, esse estudo pode ser dividido em análise de séries temporais e análises *cross-section*.

Cropper (1996), diz que o tipo de estudo estatístico em *cross-section* é considerado o mais adequado de se medir impactos da poluição do ar nas taxas de mortalidade e morbidade, pois têm a capacidade de capturar tanto os efeitos agudos como os crônicos. Eles afirmam que essa análise é feita para indivíduos monitorados durante, pelo menos, dez anos, nos quais se medem as concentrações dos poluentes atmosféricos e outros fatores de risco.

De acordo com Moreira (1999), os estudos *cross-section* mais comuns se referem aos índices de mortalidade relacionados à poluição. Esse tipo de estudo tem como objetivo detectar os efeitos de longo prazo causados pela poluição à saúde. Para uma boa estimação desses efeitos, outros fatores que podem afetar a mortalidade ou morbidade devem ser controlados estatisticamente ou então mantidos constantes. Entre esses fatores estão aqueles relacionados à características físicas ou pessoais, como idade, sexo, raça, tabagismo, nível nutricional e outros relacionados à características sócio-econômicas como renda, cuidados médicos, nível de saneamento básico, acesso a serviços de saúde, entre outros.

Outras dificuldades dessa análise é a necessidade de um tamanho grande de amostras, já que as diferenças nas taxas de mortalidade podem ser bem pequenas. Também na análise temporal corrente, é muito difícil conseguir incluir a exposição passada aos poluentes que também causam efeitos contemporâneos na saúde das pessoas, pois pessoas que estiveram expostas a muita poluição no passado tendem a ter mais problemas de saúde. Isso é verificado principalmente da população mais idosa.

O trabalho pioneiro da análise *cross-section* foi feito por Lave; Seskin (1970) em mais de cem áreas metropolitanas nos Estados Unidos. O resultado do estudo mostrou que reduções de poluição atmosférica ao nível padrão da EPA resultariam em 7% de redução nos níveis totais de mortalidade. Depois desse estudo, surgiram muitos outros parecidos com a análise feita por Lave; Seskin (1970). Alguns autores falam que nesse estudo, a omissão de variáveis importantes poderia tornar espúria a associação entre mortalidade e poluição do ar. Argumentam que seria necessária a inclusão de variáveis pessoais e sócio-econômicas, como tabagismo, prática de exercícios físicos, renda, nível de escolaridade e controlá-las estatisticamente.

Christaisen; Degen (1980) também falam a respeito da presença de heterocedasticidade no estudo pioneiro. Dizem que com o passar do tempo, as pessoas

continuam exposta à poluição do ar e sua vulnerabilidade aumenta, porém os coeficientes da regressão não mudam no tempo e, isso causa inconsistência do modelo. No estudo, eles utilizam o método de Mínimos Quadrados Generalizados, o que tornaria a estimativa dos regressores mais eficientes.

Ostro (1987) fala que é bem difícil conhecer a correta especificação da relação da poluição do ar e morbidade só por meio da análise de dados. Ele se propõe a fazer a análise de trabalhos anteriores, mas incluindo variáveis sócio-econômicas como idade, educação, renda familiar, raça, existência de condição crônica, estado civil, número de trabalhadores na família, sexo, ocupação, número de dias de doença pago pela indústria do trabalhador. Ele encontrou uma associação consistente entre níveis de poluição e morbidade. Assim, a introdução de um bom número de variáveis sócio-econômicas mostrou que o modelo ganha consistência.

Porém, nem sempre é possível estimar com precisão tantas variáveis sócio-econômicas. Pode-se ver que alguns problemas da análise *cross-section* parecem ser muito comuns, como uma amostra não grande o suficiente, a especificação do modelo e o controle de variáveis sócio-econômicas. Assim, uma vez que se tenha uma base bem rica para o trabalho, esse modelo é adequado, do contrário podem ocorrer erros nas estimativas.

Em relação ao estudo estatístico na análise de séries temporais, essa apresenta consideráveis diferenças em relação à análise *cross-section*. Uma diferença que pode ser considerada uma vantagem considerável é a não necessidade da introdução de variáveis sócio-econômicas no modelo, uma vez que essas variáveis variam pouco no dia-a-dia e dentro de uma mesma área geográfica no período de estudo, que geralmente não são períodos longos. Esse estudo objetiva captar efeitos de curto prazo na variável mortalidade ou morbidade em decorrência de variações no nível de qualidade do ar.

A vantagem substancial da análise de séries temporais é o baixo custo de sua implementação, pois necessita-se apenas de níveis de poluição e de mortalidade/morbidade ao longo do tempo, e algumas variáveis para controlar sazonalidade e efeitos meteorológicos.

Junger (2003) fala sobre a importância do estudo de séries temporais:

“Modelos de séries temporais têm desempenhado um papel relevante. Os dados utilizados são agregados tanto para a exposição quanto para as informações de saúde. As inferências sobre a associação entre a exposição e o desfecho consistem em relacionar flutuações de curto prazo na série de mortalidade ou morbidade com flutuações na variável de exposição. As principais vantagens do uso deste método em estudos epidemiológicos são que um mesmo grupo de indivíduos é avaliado ao longo do tempo, então cada indivíduo da população é seu próprio controle; fatores sócio-econômicos tendem a se manter constantes na população dentro do período investigado e outros fatores de confusão como efeito de calendário, fatores

climáticos, epidemias e estruturas da própria série como tendência e sazonalidade podem ser facilmente controlados”.

Trabalhos em séries temporais são bem mais comuns na Literatura que os de *cross-section*. Existem diversos estudos brasileiros que medem a relação de curto prazo entre poluição e níveis de saúde.

Bakonyi (2004) estudou os efeitos do material particulado, fumaça, dióxido de enxofre e ozônio sobre a quantidade de internações por doenças respiratórias em crianças entre 1999 e 2000 em Curitiba (PR). Foi utilizado um estudo ecológico de séries temporais com regressão de Poisson, que teve como resultado que todos poluentes tiveram efeitos sobre as doenças respiratórias em crianças e, sendo que um aumento de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ esteve associado com um aumento de aproximadamente 4,5% nas internações.

Um estudo parecido foi realizado por Gouveia *et al.* (2004) no qual utilizou a regressão de Poisson em modelos aditivos generalizados. Esse estudo tinha como objetivo encontrar a relação entre a variação da poluição e a quantidade diária de internações por doenças hospitalares em pessoas menores de 15 anos na cidade de São Paulo entre 1993 e 1997. O modelo teve que ser ajustado para efeitos de tendência temporal, sazonalidade, fatores meteorológicos e autocorrelação. As estimativas para a internação foram obtidas por meio da análise do risco relativo, que é um conceito bem conhecido na literatura sobre efeitos na saúde. O resultado obtido para esse modelo foi que o aumento de $10\mu\text{g}/\text{m}^3$ no material particulado ocasionava em média, o aumento de 8% nas internações por doenças respiratórias no público alvo descrito anteriormente.

Outro estudo realizado na cidade de São Paulo foi realizado por Freitas (2006). A cidade de São Paulo apresenta um amplo banco de dados, tanto em relação às informações de saúde quanto em relação às informações sobre poluição do ar, pois a CETESB tem várias estações de medição de poluição na cidade. Também foi realizada a regressão de Poisson a partir de modelos aditivos generalizados e lineares. A variável dependente era o logaritmo do número de internações por doenças respiratórias e morte em idosos, já as variáveis independentes foram o material particulado, temperatura mínima do dia, umidade mínima do dia, meses do ano, dias da semana, anos de estudo e internações por doenças não respiratórias. Foram feitos os seguintes ajustes no modelo: 1) modelização das variações temporais como a tendência secular, variações sazonais e diárias; 2) controle das variações devidas a ocorrências relacionadas ao próprio sistema de atenção à saúde, como greves e dificuldade de acesso. 3) modelização da temperatura e umidade enquanto possivelmente relacionadas com as ocorrências mórbidas. Esses ajustamentos tiveram como critério a análise dos resíduos totais e

de temperatura e da Autocorrelação Parcial Residual. O resultado obtido, também utilizando o conceito de Risco Relativo, foi que em torno de 10% das internações por doenças respiratórias na infância e 9% das mortes em idosos estão relacionadas às concentrações atmosféricas do Material Particulado.

Existem muitos outros estudos parecidos, que se fossem enunciados aqui, ficaria um tanto quanto redundante, pois os modelos e regressões utilizados foram quase sempre os mesmos. O que varia bastante é a área do estudo e principalmente o período e a população de interesse. Portanto, é possível observar, que em posse de dados como número de internações, nível de concentração de poluição, variáveis meteorológicas e de sazonalidade é possível formular um modelo consistente que avalie o impacto da poluição sobre a saúde.

3. MARCO TEÓRICO

Em um estudo realizado na cidade de Araraquara, Zancul (1998), usando como parâmetro a legislação ambiental referente a qualidade do ar, procurou demonstrar a relação entre a qualidade do ar e as queimadas na cidade no período da safra entre os anos de 1986 e 1997. Foi feita a mensuração e coleta do material particulado por meio de placas adesivas e foi visivelmente claro o aumento desse material na época da safra. Zancul (1998) por meio dessa coleta mostrou que as queimadas de cana se constituem em uma significativa fonte de emissão de poluentes, principalmente material particulado.

Já no trabalho de Franco (1992) para a cidade de Ribeirão Preto, depois de obtido seus resultados, o autor formulou algumas considerações a respeito da relação entre a queima da cana-de-açúcar e agravos à saúde:

1. Durante a época das queimadas dos canaviais há uma piora na qualidade do ar na região;

2. A queimada dos canaviais não é o único fator de agravamento da qualidade do ar, mas em consequência da extensão da área plantada e da duração das queimadas, final de abril a início de novembro, as descargas de gases e de outros poluentes na atmosfera da região ganham um significado importante e não podem ser menosprezadas;

3. A população de risco, que tem sua qualidade de vida e de saúde agravada em condições atmosféricas adversas, é bastante significativa;

4. A maioria das pessoas que compõem a população de risco demanda um número muito maior de consultas, atendimentos ambulatoriais, medicação, e internações. Isso onera não só os serviços médicos, mas a economia das famílias.

Em outro estudado aplicado também em Ribeirão Preto, Roseiro; Takaynagui (2005) falam sobre a grande quantidade liberada de ozônio e monóxido de carbono gerado pela queima da palha antes da colheita, e a influência do ar mais poluído na queda da qualidade da saúde da população. Elas destacam a região de Ribeirão Preto, como a maior região produtora de cana-de-açúcar e uma das regiões mais promissoras economicamente no país, porém questiona esse progresso à custa da degradação ambiental e da piora da qualidade da saúde da população aí residente.

Em estudos realizados em uma importante região produtora de cana-de-açúcar, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB) por meio de um Relatório emitido em 1999, que avaliava a qualidade do ar na cidade de Araraquara, mostrou um

importante aumento da poeira total em suspensão e do material particulado no período da safra da cana-de-açúcar, em comparação com o período de não safra.

Marinho; Kirchoff (1991) informam que o aumento da concentração de monóxido de carbono e dióxido de carbono varia de três a seis vezes durante as queimadas da cana-de-açúcar em relação à estação chuvosa, quando a atmosfera está mais limpa devido a ocorrência de chuvas e pela ausência de queimadas.

Arbex (2002) no seu estudo desenvolvido na cidade de Araraquara, tinha como objetivo estimar os efeitos do material particulado proveniente da queima da cana sobre as doenças respiratórias nessa cidade. A metodologia utilizada foi a análise epidemiológica ecológica de séries temporais, em que relacionava, o efeito do peso do material particulado com a variação do número de inalações. Concluiu que o peso do material particulado era diretamente relacionado com o nível de queimadas de cana, uma vez que na época da safra esse material particulado era bem mais pesado que no período da não-safra.

Como variável dependente, Arbex (2002) utilizou dados de inalações em pacientes conveniados com o Plano de Saúde Unimed e, teve como resultado que se o peso do sedimento aumentar 10 mg, o número de inalações aumentará em 9%. Concluiu que há uma associação causal entre o material particulado decorrente da queima das plantações de cana-de-açúcar e a morbidade respiratória. E também, a poluição atmosférica provocou efeitos agudos sobre a saúde da população, principalmente depois de dois ou três dias após a queimada dos canaviais aos arredores onde a população reside.

Um estudo parecido com o de Arbex (2002) foi a tese de doutorado de Cançado (2003). Esse trabalho foi realizado na cidade de Piracicaba-SP, cujo objetivo era avaliar os efeitos do material particulado vindo da queima da cana sobre a morbidade respiratória da população. Cançado (2003) utilizou a estimativa encontrada no trabalho de Lara (2000), que dizia que aproximadamente 80% do material particulado fino na cidade de Piracicaba era proveniente da queima da cana. De posse dessa informação, ele conseguiu estimar a quantidade total de material particulado na cidade que foi provida da cana e relacionar com a variação do número de internações por doenças respiratórias registrada em hospitais vinculados ao SUS.

Nesse estudo, Cançado (2003) concluiu que quando há aumento da poluição, há também aumento das internações, na seguinte proporção: a cada 10 microgramas a mais de material particulado ultra-fino por metro cúbico há aumento de 20% nas internações por doenças respiratórias em crianças e adolescentes. Outro resultado encontrado por ele foi que

houve um aumento de 3,5 vezes nas internações por doenças respiratórias no período da queima da cana, comparado ao período da não-queima na cidade de Piracicaba.

Manco (1996) constatou por meio de uma pesquisa de cruzamento de dados, em vinte e uma cidades da região de Ribeirão Preto, que as queimadas nos canaviais contribuem para a poluição atmosférica e, como consequência, representam fator desencadeante ou agravante de doenças respiratórias.

Existem diversos outros estudos em que se relacionam a poluição atmosférica e a variação na qualidade de saúde da população, medida principalmente pelo número de mortes e/ou número de internações por doenças respiratórias. Porém, a maioria desses estudos não diz a fonte causadora da poluição.

Um exemplo é encontrado em Moreira (1999), no qual a autora teve como objetivo desenvolver uma função de dose-resposta que relacionasse o nível de poluentes ao número de internações por problemas respiratórios quando o nível de poluição superava o Padrão Primário de Qualidade do Ar. Esse trabalho foi feito para a cidade de São Paulo entre os anos de 1993 e 1995. A autora utilizou o método de séries temporais multivariadas, em que a variável dependente era a quantidade de internações e as variáveis independentes eram nível médio e nível máximo de material particulado. Depois de uma série de ajustamentos no modelo, a autora conseguiu inferir que o material particulado máximo causa impacto no número de internações no mês corrente e no mês posterior.

Os dados relacionados às internações para o trabalho de Moreira (1999) provieram das informações contidas pelo Sistema Único de Saúde, e para o nível de material particulado foram utilizados dados provenientes de várias estações da CETESB que medem o nível de material particulado para a cidade de São Paulo. Ela conseguiu como resultado que um aumento de 10% no nível de poluição causa um aumento de 1,43% de internações no mês de referência e, 1,52% no mês anterior.

Os resultados em termos econômicos para o trabalho de Moreira (1999) foi que os custos relacionados com as internações provocados pelo excesso de material particulado na atmosfera foram de R\$ 317.757,00 no ano de 1993, R\$ 1.107.362,00 para o ano de 1994 e R\$ 970.318,00 no ano de 1995.

Knight; Young (2005) conseguiram estimar, por meio do modelo tradicional do método Dose-Resposta, qual foi o custo relativo a poluição gerada pelos veículos movidos à diesel na região de metropolitana de São Paulo no ano de 2005. Por meio de dados fornecidos pela CETESB que informava que os veículos movidos à diesel contribuía em 29% no nível de todo material particulado na atmosfera dessa região e, usando dados sobre a quantidade

veículos movidos à diesel, conseguiu mostrar que esses veículos responderam por $6,4\mu\text{g}/\text{m}^3$ do total de material particulado na atmosfera. O custo estimado pelo estudo foi de R\$ 751.076,86 referentes a 1.306 internações causadas pela poluição do diesel. E outro custo estimado foi de R\$ 532.027.611,91 relativos a dias perdidos de trabalho.

4. METODOLOGIA

4.1 Apresentação dos dados

Para que o objetivo do trabalho fosse alcançado, foi necessário levantar dados a respeito do número de internações por problemas respiratórios, da produção de cana-de-açúcar que foi feita por meio das queimadas e do nível de concentração de material particulado na atmosfera. A análise da poluição é feita utilizando dados do material particulado em suspensão, pois esse é o principal poluente expelido pela queima de biomassa e também porque ocorre a medição desse poluente na cidade de Ribeirão Preto.

Entretanto, surgem algumas limitações em relação à base de dados, especialmente dos dados sobre a produção de cana feita por queimadas, pois não existe uma informação precisa a respeito da quantidade total de cana que é queimada na região de Ribeirão Preto entre agosto de 2004 e março de 2006. Por isso, foi feita uma simplificação, para encontrar a quantidade de cana que foi queimada nesse período. Essa simplificação será mostrada detalhadamente mais tarde.

A análise feita a seguir tem o intuito de mostrar se existe uma relação entre o nível de queimadas nas plantações de cana-de-açúcar e a quantidade de internações por problemas respiratórios nos hospitais. Essa análise será feita para o período entre agosto de 2004 e março de 2006.

A CETESB tem uma estação de rede manual em Ribeirão Preto - SP, que mensura a concentração diária de material particulado, porém somente no período de agosto de 2004 a março de 2006 houve tal medição. Essa estação fornecerá os dados relativos ao material particulado necessário para análise, cujos serão úteis por mostrar o índice de um dos principais poluentes expelidos pela queima da cana.

Em seguida, por meio de mapas fornecidos pelo INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais), pode-se perceber a quantidade mensal de focos de queimadas no estado de São Paulo, sendo dado uma atenção especial à região de Ribeirão Preto. Claro que nem todos os focos de queimadas contidos no mapa se referem às queimadas de cana-de-açúcar, mas como se sabe que na região de Ribeirão Preto é um importante centro de produção de cana-de-açúcar e que uma quantidade considerável dessa produção é obtida por meio das

queimadas, assim pode-se dizer que boa parte dos focos de queimadas nessa região é proveniente das queimadas dos canaviais.

Posteriormente, por meio de dados fornecidos pelo DATASUS (Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde), obteve-se o número de internações por problemas respiratórios em hospitais conveniados com o Sistema Único de Saúde – SUS das cidades inseridas no Escritório de Desenvolvimento Rural de Ribeirão Preto. As doenças respiratórias são aquelas classificadas pela Classificação Internacional de Doenças – 10ª Revisão – Capítulo décimo. As cidades que compõem o Escritório de Desenvolvimento Rural de Ribeirão Preto são as seguintes: Barrinha, Brodósqui, Cássia dos Coqueiros, Dumont, Guatapar, Luiz Antonio, Pradópolis, Santa Cruz da Esperança, Serra Azul, Cajuru, Cravinhos, Jardinópolis, Pontal, Ribeirão Preto, Santa Rita do Passa Quatro, Santa Rosa de Viterbo, São Simão, Serrana e Sertãozinho. Porém os municípios de Barrinha, Brodósqui, Cássia dos Coqueiros, Dumont, Guatapar, Luiz Antonio, Pradópolis, Santa Cruz da Esperança e Serra Azul não possuem cadastro no DATASUS. Por essa razão, o trabalho se concentrar apenas nas cidades de Cajuru, Cravinhos, Jardinópolis, Pontal, Ribeirão Preto, Santa Rita do Passa Quatro, Santa Rosa de Viterbo, São Simão, Serrana e Sertãozinho.

Foi necessário também obter informações meteorológicas que servirão como variáveis de controle para o modelo a ser defendido. Essas variáveis são importantes, pois podem interferir nos resultados, uma vez que alterações significativas em alguma dessas variáveis pode distorcer a consistência do modelo. O uso de variáveis meteorológicas que são usadas como controle é encontrado em praticamente todo tipo de trabalho que relaciona poluição e efeitos na saúde. As variáveis meteorológicas usadas nesse trabalho serão a média da umidade relativa do ar mínima, média de temperatura mínima e ndice de precipitação, que foram obtidas do banco de dados do Instituto Nacional de Meteorologia para a cidade de Ribeirão Preto. Esses dados se encontram em periodicidade diária.

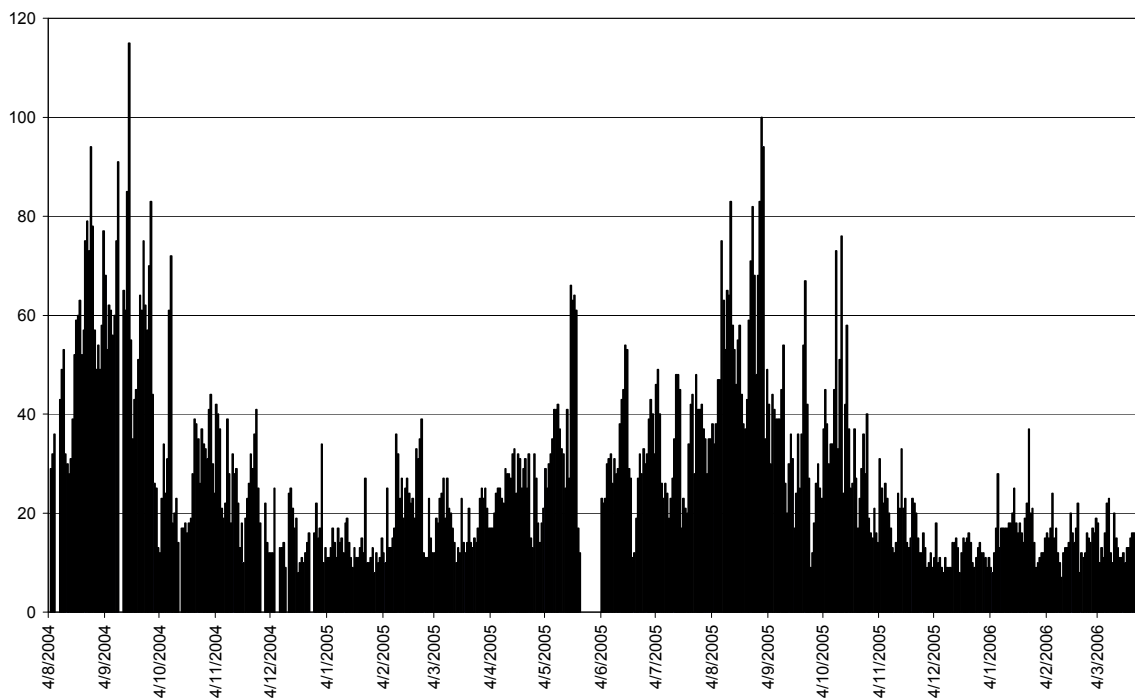
A emissão veicular também é uma fonte importantíssima de poluição atmosférica. Em cidades que apresentam frotas consideráveis, como em regiões metropolitanas, os veículos são apontados como os principais causadores da queda da qualidade do ar. É prudente então, obter informações sobre a frota veicular na cidade de Ribeirão Preto. O Departamento Nacional de Trânsito (DENATRAN) por meio do Sistema Nacional de Registro de Veículos (RENAVAM) e do Sistema Nacional de Estatística do Trânsito (SINET), divulga tabelas mensais informando o número total de veículos em circulação por município, distinguindo entre automóvel, caminhão, trator, caminhonete, caminhoneta, ciclomotor, micro-ônibus, motocicleta, motoneta, ônibus, quadriciclo, reboque entre outros. Assim, por meio dessas

tabelas, será obtida a quantidade de veículos totais para as cidades que compõem o Escritório de Desenvolvimento Rural de Ribeirão Preto no período de agosto de 2004 a março de 2006, que servirá como uma variável para o modelo.

É conveniente também incluir na análise, a quantidade de trabalhadores envolvidos no setor canavieiro. Pois é de se esperar também que essa quantidade seja um indicador da produção do setor, uma vez que se trata de uma cultura temporária e os trabalhadores envolvidos no corte da cana também são temporários, trabalhando somente na época da safra.

O gráfico 1, logo abaixo, mostra a relação dos dados diários fornecidos pela CETESB em relação ao material particulado de agosto de 2004 a março de 2006 em Ribeirão Preto. Pode-se perceber que os maiores níveis de concentração desse poluente ocorrem no período de safra da cana-de-açúcar.

Gráfico 2
Índice diário de concentração de Material particulado na cidade de Ribeirão Preto em microgramas por metro cúbico ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) no ano de 2006



Fonte: Rede Manual da CETESB em Ribeirão Preto
Partículas Inaláveis – MP10.

As figuras abaixo se referem aos dados do INPE (Instituto Nacional de Pesquisa Espacial) no qual os divulga por meio de mapas feitos com dados coletados pelo seu satélite: NOAA – 12N.

Esses mapas se referem aos focos de queimadas no estado de São Paulo no período de interesse. Cada mapa representa o total de focos ocorridos em determinado mês.

A seguinte legenda faz referência a todos os mapas que iremos apresentar, sendo que quanto mais escuras as cores maiores os focos de queimadas. As cores brancas no mapa representam ausência de focos de queimadas.



A visualização desses mapas tem o intuito de apenas elucidar o leitor em relação à quantidade de queimadas que ocorrem na região de Ribeirão Preto nos meses em que há colheita da cana-de-açúcar, comparada com os meses de entre-safra. A época de safra corresponde aos meses de abril a novembro, enquanto que a entre-safra corresponde aos demais meses do ano. A quantificação do número de queimadas por meio dos mapas é uma técnica que consiste na identificação dos focos de calor ou *pixels* quentes registrados, portanto que foge do escopo desse trabalho, por isso, não será possível atribuir valores à quantidade de focos de queimadas.

Mapa mensal de focos de queimadas no estado de São Paulo e na região de Ribeirão Preto

Figura 1 –Mapa queimadas - Agosto 2004

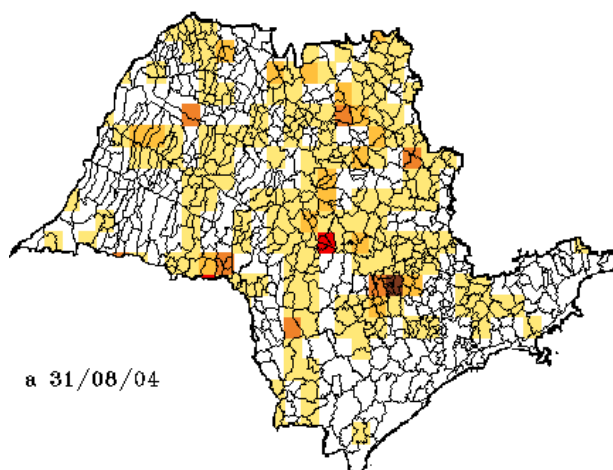


Figura 2 –Mapa queimadas - Setembro 2004

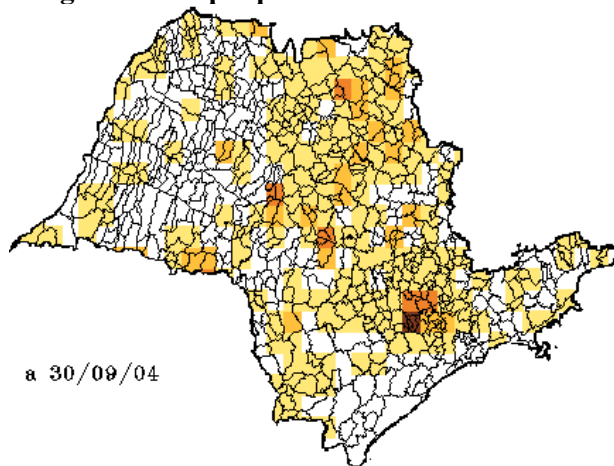


Figura 3 –Mapa queimadas - Outubro 2004

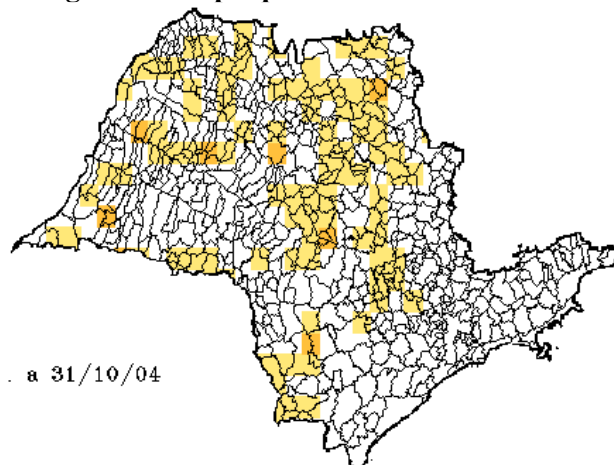


Figura 4 –Mapa queimadas - Novembro 2004

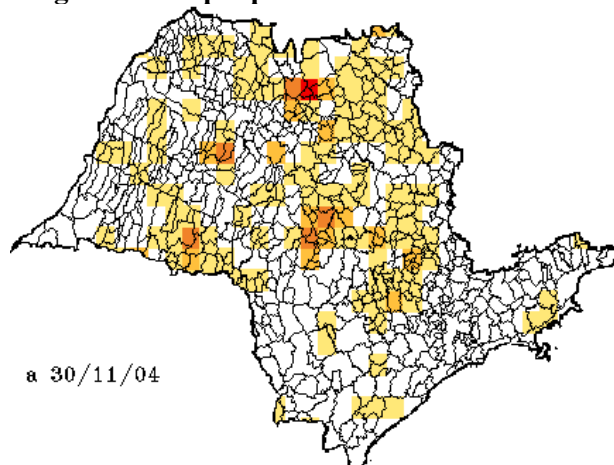


Figura 5 –Mapa queimadas - Dezembro 2004

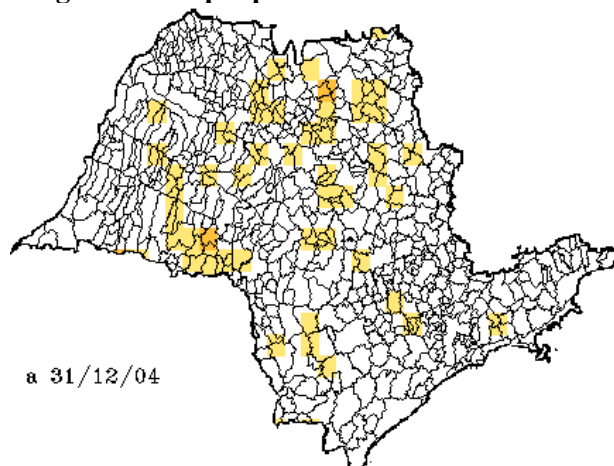


Figura 6–Mapa queimadas - Janeiro 2005

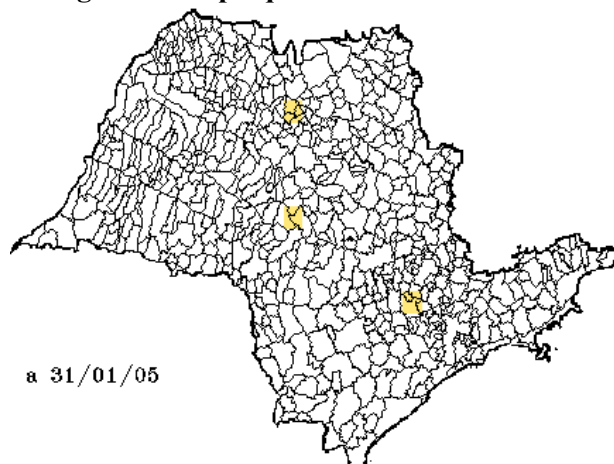


Figura 7 – Mapa queimadas - Fevereiro 2005

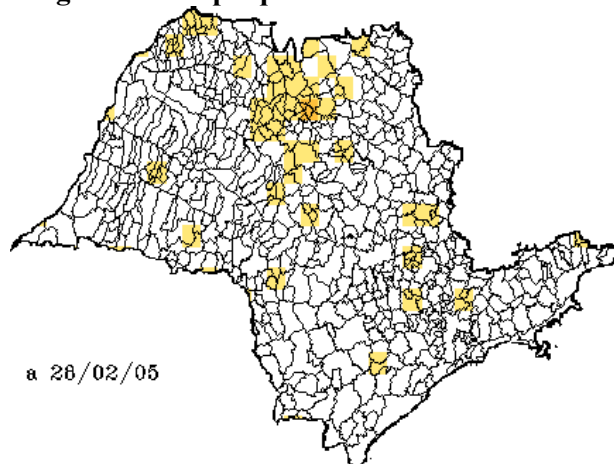


Figura 8 – Mapa queimadas - Março 2005

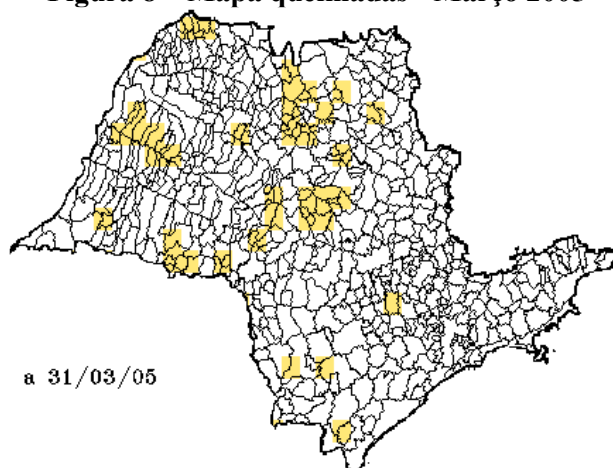


Figura 9 – Mapa queimadas - Abril 2005

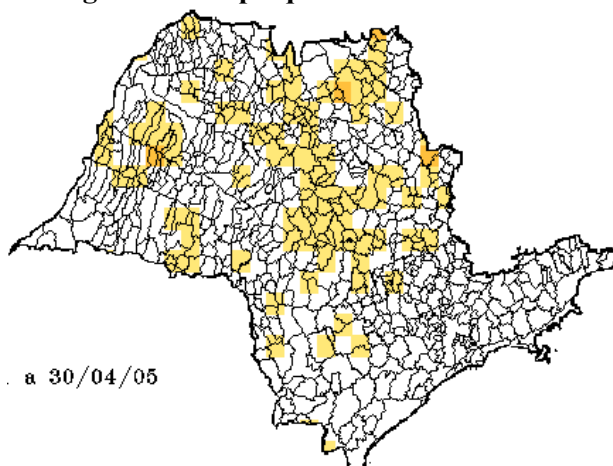


Figura 10 – Mapa queimadas - Junho 2005

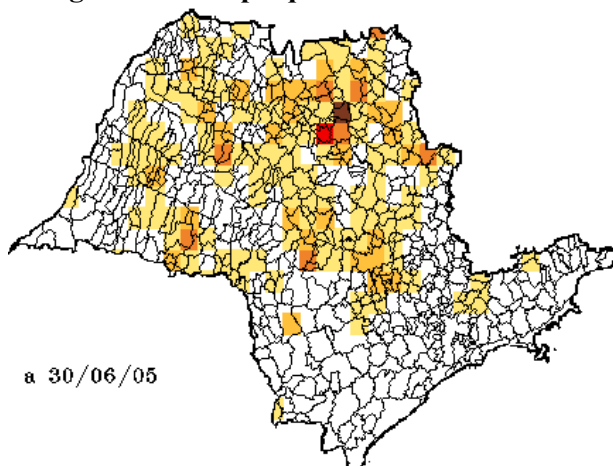


Figura 11 – Mapa queimadas - Julho 2005

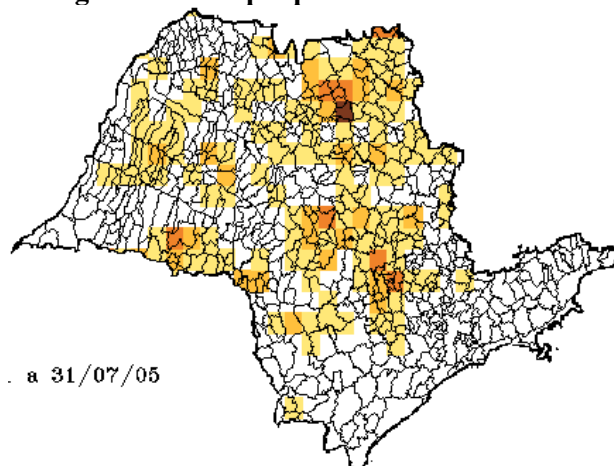


Figura 12 – Mapa queimadas - Agosto 2005

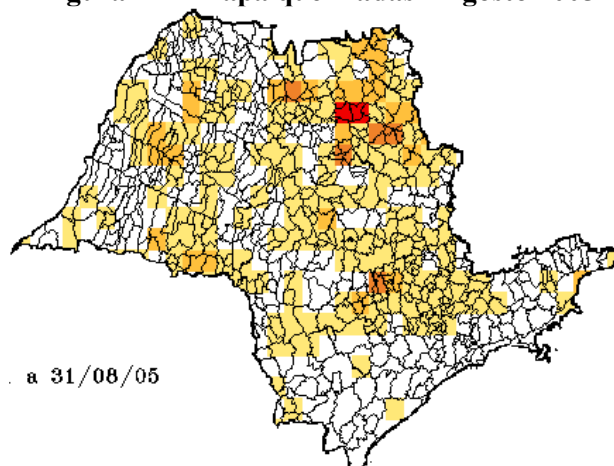


Figura 13 – Mapa queimadas - Setembro 2005

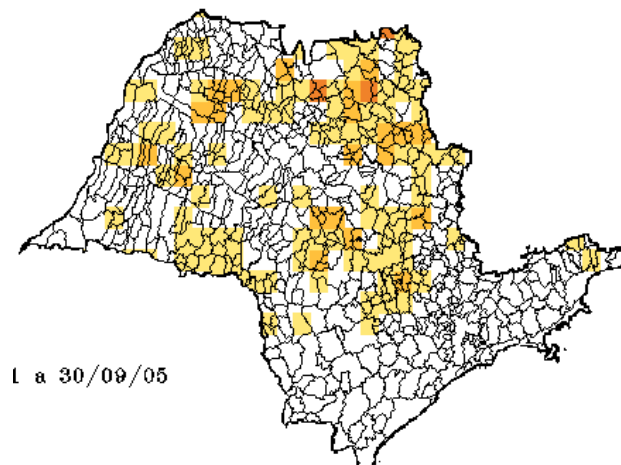


Figura 14 – Mapa queimadas - Outubro 2005

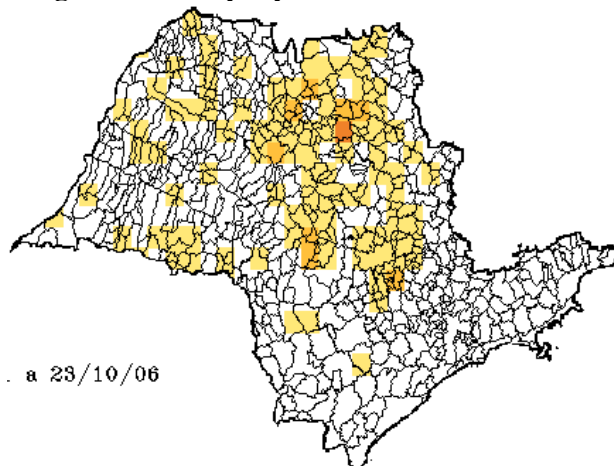


Figura 15 – Mapa queimadas - Novembro 2005

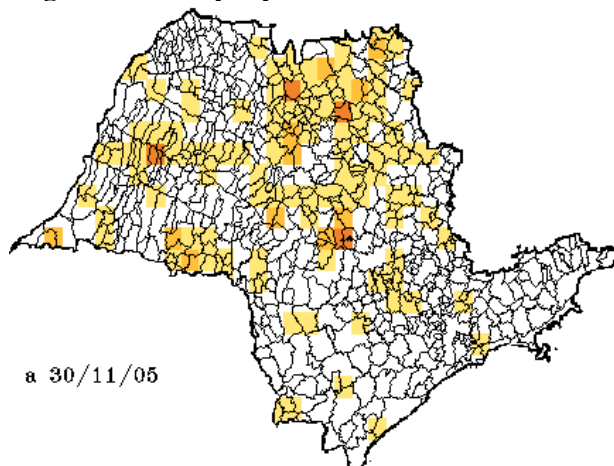


Figura 16 – Mapa queimadas - Dezembro 2005

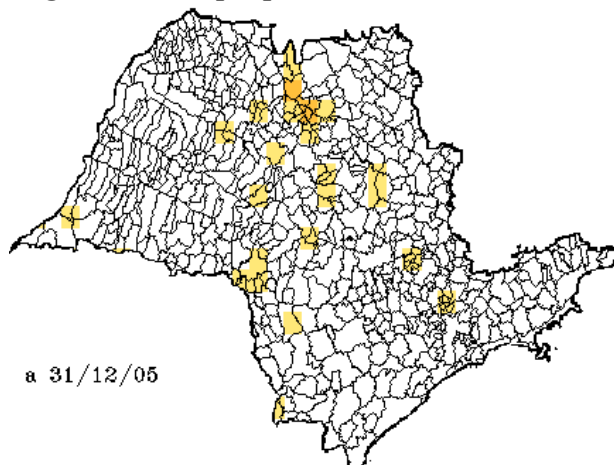


Figura 17 – Mapa queimadas - Janeiro de 2006

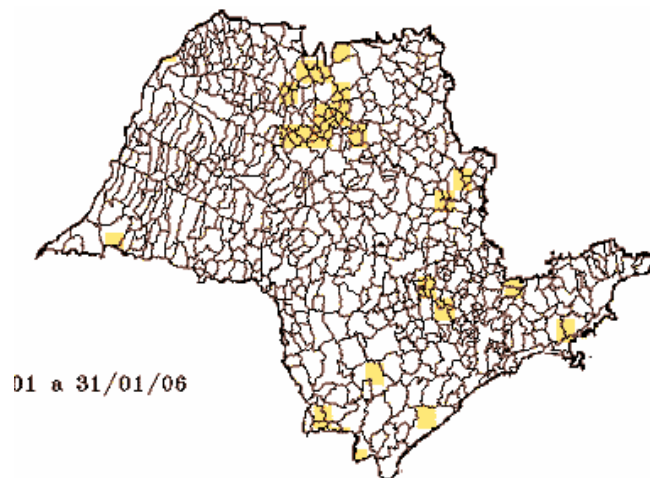


Figura 18 – Mapa queimadas - Fevereiro de 2006

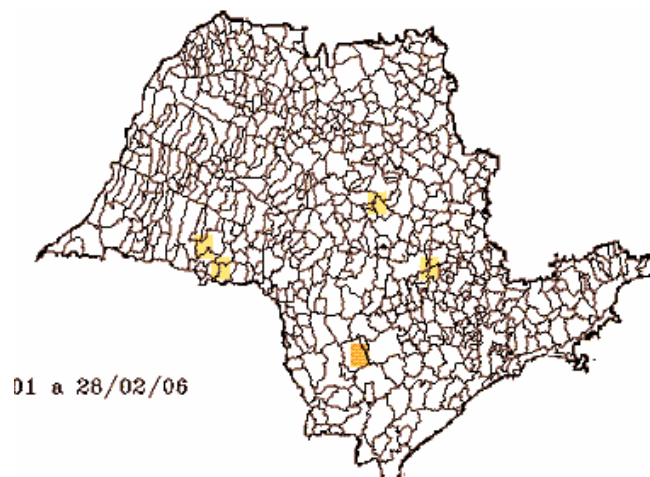
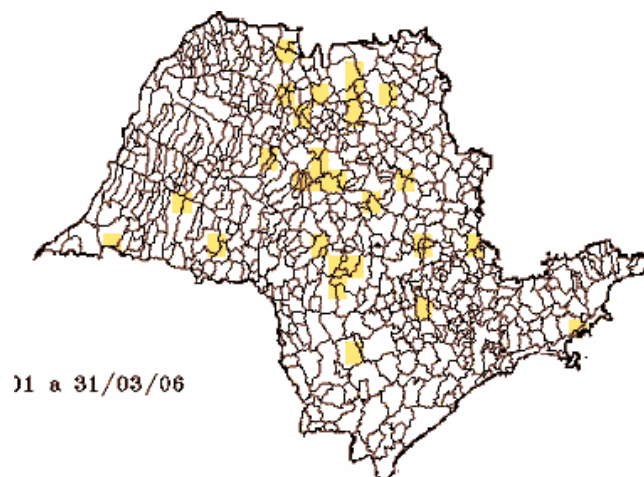


Figura 19 – Mapa queimadas - Março de 2006



A figura referente ao mês de maio de 2005 não está disponibilizada pelo INPE.

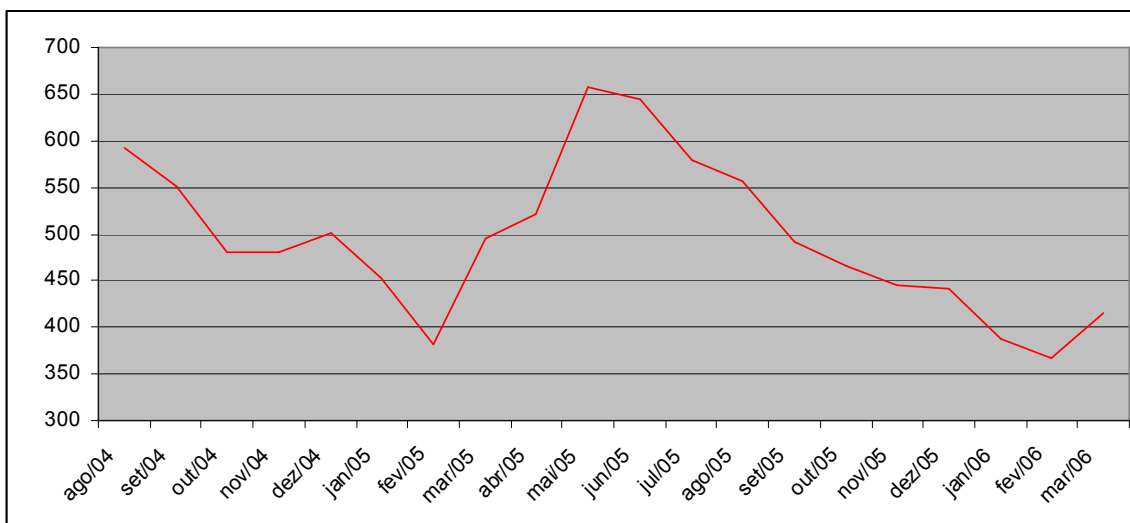
Pode-se perceber claramente que há muito mais focos de queimadas nos meses de safra da cana-de-açúcar no estado de São Paulo em geral, porém na região de Ribeirão Preto é uma das regiões que esse contraste fica ainda mais acentuado. Além disso, é possível verificar também que nas regiões que não são produtoras de cana-de-açúcar como a Região Metropolitana de São Paulo e o Vale do Paraíba, não há muita discrepância no número de focos de queimada ao longo do ano.

Em relação aos dados sobre morbidade, o quadro a seguir mostra dados provenientes do sistema DATASUS, onde foram obtidas informações sobre as internações mensais relacionadas a doenças do aparelho respiratório no período de agosto de 2004 a março de 2006 nas cidades que compõem o Escritório de Desenvolvimento Rural de Ribeirão Preto.

Tabela 1 – Número de internações mensais por problemas respiratórios por município entre agosto de 2004 e março de 2006.

MESES	Cajuru	Cravinhos	Jardinópolis	Pontal	Ribeirão Preto	Santa Rita do Passa Quatro	Santa Rosa de Viterbo	São Simão	Serrana	Sertão -zinho	TOTAL
ago-04	50	13	12	24	311	15	30	15	62	60	592
set-04	41	7	16	47	265	33	13	21	45	64	552
out-04	39	6	12	19	254	26	13	13	36	63	481
nov-04	39	15	14	23	246	28	13	14	47	41	480
dez-04	45	12	11	21	260	25	20	13	40	54	501
jan-05	31	7	14	28	255	23	18	9	28	39	452
fev-05	16	4	8	29	214	22	10	10	26	43	382
mar-05	34	11	11	35	262	20	17	17	28	60	495
abr-05	37	5	15	23	306	26	16	13	41	39	521
mai-05	58	7	13	34	365	44	18	17	51	50	657
jun-05	60	4	11	46	327	50	12	12	56	66	644
jul-05	59	8	15	32	301	42	34	15	42	32	580
ago-05	49	8	20	23	282	26	22	16	60	50	556
set-05	36	13	16	13	274	21	20	12	35	52	492
out-05	34	5	13	23	251	30	18	11	24	57	466
nov-05	26	7	11	16	257	18	18	11	37	44	445
dez-05	21	10	9	26	250	21	22	13	23	46	441
jan-06	23	11	9	31	205	15	20	11	28	34	387
fev-06	22	5	0	21	206	13	20	15	20	45	367
mar-06	30	11	12	17	240	19	27	11	15	33	415

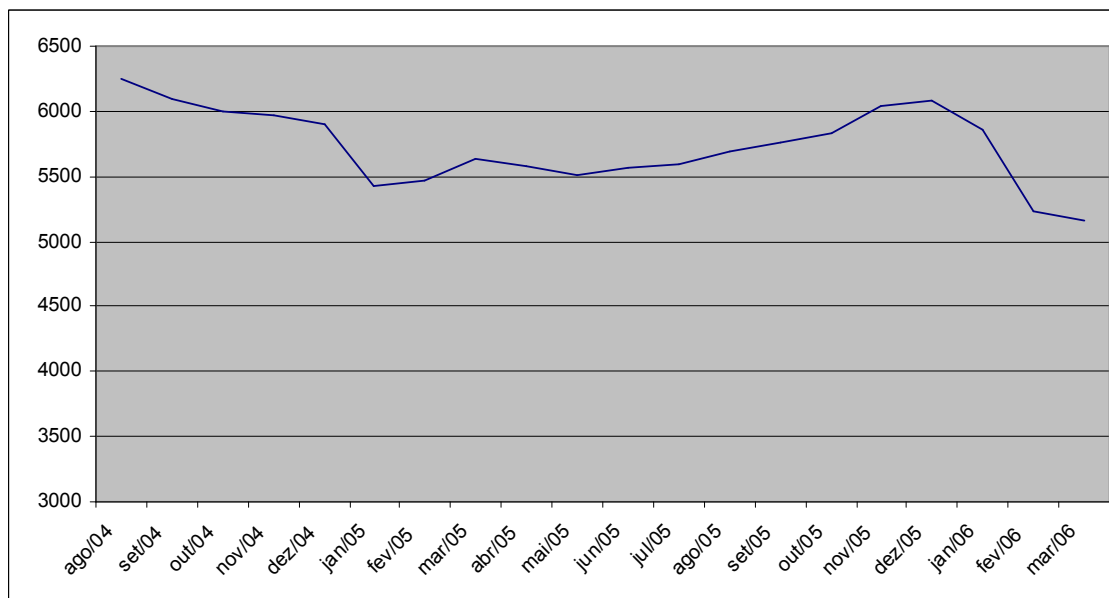
Gráfico 3 - Internações mensais por problemas respiratórios nas cidades da região de Ribeirão Preto entre agosto de 2004 e março de 2006



Fonte: Sistema Único de Saúde

Para efeitos comparativos, o gráfico abaixo mostra o número de internações gerais para o mesmo período de estudo. Assim, para efeitos comparativos, é bem visível a diferença entre as curvas do Gráfico 2 e do Gráfico 3 ao longo do tempo, sendo assim pode dizer que as doenças respiratórias tem um caráter sazonal.

Gráfico 4 - Internações mensais nas cidades da região de Ribeirão Preto entre agosto de 2004 e março de 2006



Fonte: Sistema Único de Saúde

Diante das observações feitas a partir dos mapas do INPE, dos dados fornecidos pela CETESB sobre a concentração de material particulado no período de agosto de 2004 a março de 2006 na cidade de Ribeirão Preto e, dos números de internações por doenças respiratórias nos municípios da região de Ribeirão, é possível ver uma relação entre o número de internações por doenças respiratórias e a quantidade de queimadas ocorridas na região de Ribeirão Preto no período analisado, uma vez que os focos de queimada, como um todo, aumentam consideravelmente nos meses de colheita da cana-de-açúcar (abril a novembro) e, é também nesse período que são registrados altos índices de concentração de material particulado na atmosfera e os maiores números de internações por problemas do aparelho respiratório. Diante desses dados, pode-se dizer que a queima da cana-de-açúcar leva a um aumento na concentração de poluição atmosférica e essa maior quantidade de poluição faz elevar o número de internações de doenças respiratórias.

4.2 Estimativas para o nível de poluição gerado pelas queimadas

De acordo com o estudo realizado pelo Instituto de Economia Agrícola (IEA) em 2007 sobre a mecanização na indústria canaveira no estado de São Paulo, observou-se que o Escritório de Desenvolvimento Rural (EDR) de Ribeirão Preto em 2007 tinha uma taxa de 52,3% de toda a colheita de cana feita por máquinas. Esse é um alto índice, o quarto maior índice do estado de São Paulo. Porém, esses dados existem somente para o ano de 2007, pois esse é o primeiro trabalho dos pesquisadores do IEA que pretendem realizar esse levantamento anualmente.

Em posse desse dado e de mais informações divulgadas pela União dos Produtores de Bionergia (UDOP), que tiveram como base informações da União da Indústria da Cana-de-Açúcar (UNICA) sobre a área plantada e a produção anual de cana-de-açúcar paulista discriminada por Escritórios de Desenvolvimento Rural, pode-se inferir sobre a quantidade de cana colhida quinzenalmente utilizando a técnica da queimada no período de agosto de 2004 a março de 2006 nas cidades que compõem o Escritório de Desenvolvimento Rural de Ribeirão Preto. Para produzir tal estimativa, será necessária uma simplificação linear, pois os dados de produção quinzenal divulgados são referentes a toda produção paulista, assim para encontrar a produção quinzenal para a o EDR de Ribeirão Preto foi preciso encontrar a participação desse Escritório sobre a produção total paulista.

Na safra de 2004, a produção paulista foi de 230.310.237 toneladas de cana moída, enquanto que a produção do Escritório de Desenvolvimento Rural de Ribeirão Preto foi de

37.950.536 toneladas. Portanto, a participação do EDR de Ribeirão Preto na produção paulista foi de 16,47%. Assim, essa participação foi multiplicada por cada entrada que corresponde a produção quinzenal paulista, obtendo assim a produção quinzenal de cana moída para o EDR de Ribeirão Preto. O raciocínio é o mesmo para os anos de 2005 e 2006. Esse raciocínio foi necessário dado a não-disponibilidade de dados para a produção de cana-de-açúcar com periodicidade mensal ou quinzenal discriminada por Escritório de Desenvolvimento Rural ou por municípios. E como o objetivo do trabalho é avaliar mensalmente as variáveis de interesse, esse método desenvolvido satisfaz o problema de ausência de dados.

Outra simplicidade assumida no presente trabalho é que o índice de mecanização na colheita da cana para a região de Ribeirão Preto foi o mesmo encontrado pelo Instituto de Economia Agrícola em 2007. Portanto, deve-se considerar que nos anos de 2004 a 2006 a mecanização foi a mesma para o ano de 2007. Essa é uma consideração um tanto forte, pois significa que entre os anos de 2004 e 2007 não houve avanços na técnica de colheita de cana. Mas, novamente essa simplificação é necessária, pois não existem estudos anteriores ao ano de 2007 sobre a taxa de mecanização da colheita da cana-de-açúcar. Portanto, cada entrada da produção será multiplicada por 47,7%, que é o percentual de cana colhida que não utilizou máquinas. Essas simplificações são necessárias para que se encontre a melhor estimativa entre produção de cana e poluição ambiental. Os resultados dessas estimativas são apresentados na tabela a seguir.

Tabela 2
Produção quinzenal de cana-de-açúcar no EDR de Ribeirão Preto

Quinzena	Produção Total			Produção por queimadas		
	2004/2005	2005/2006	2006/2007	2004/2005	2005/2006	2006/2007
1/abr	766.196	1.885.876	2.104.256	365.476	899.563	1.003.730
16/abr	1.574.343	2.744.151	2.525.569	750.962	1.308.960	1.204.696
1/mai	1.802.189	2.475.015	2.966.172	859.644	1.180.582	1.414.864
16/mai	2.136.942	3.224.173	2.996.577	1.019.322	1.537.930	1.429.367
1/jun	3.015.241	2.820.766	3.003.318	1.438.270	1.345.505	1.432.583
16/jun	2.708.726	3.233.050	3.043.150	1.292.062	1.542.165	1.451.582
1/jul	2.989.204	3.113.325	3.202.329	1.425.850	1.485.056	1.527.511
16/jul	3.055.475	3.239.003	2.997.329	1.457.462	1.545.005	1.429.726
1/ago	3.179.202	3.369.600	3.067.325	1.516.480	1.607.299	1.463.114
16/ago	2.972.637	2.996.085	2.895.116	1.417.948	1.429.132	1.380.970
1/set	2.887.941	2.684.413	2.681.432	1.377.548	1.280.465	1.279.043
16/set	2.251.557	2.866.194	2.169.959	1.073.993	1.367.175	1.035.070
1/out	2.503.333	2.442.436	2.577.692	1.194.090	1.165.042	1.229.559
16/out	2.410.819	2.248.051	2.044.524	1.149.961	1.072.320	975.238
1/nov	1.916.156	1.252.291	1.373.516	914.007	597.343	655.167
16/nov	1.407.665	482.702	440.493	671.456	230.249	210.115
1/dez	255.272	177.869	320.220	121.765	84.844	152.745

4.3 O modelo de Séries Temporais do Método Dose Resposta para o presente estudo

Para encontrar a relação entre as queimadas nos canaviais na região de Ribeirão Preto e o aumento de internações por problemas respiratórios em hospitais do Sistema Único de Saúde foi necessário estimar duas funções. Primeiramente foi preciso descobrir qual relação que a queima da cana-de-açúcar tem sobre a poluição ambiental, mais precisamente, sobre a concentração de material particulado na atmosfera. Depois de obtido o resultado que a quantidade de queimadas tem sobre a concentração de poluição na atmosfera, será necessário estimar um segundo modelo para encontrar a relação entre o nível de poluição provocado pelas queimadas e o número de internações por problemas respiratórios.

O procedimento adotado para estimar tais funções foi a análise de Séries Temporais para o Modelo Estatístico ou Epidemiológico do Método Dose-Resposta para ambas as funções. Será utilizada a análise de séries temporais porque sua viabilidade é bem maior que

uma análise *cross-section*, pois não necessita de coletar variáveis sócio-econômicas e/ou físicas da população e nem de uma base de dados muito grande. Também, essa análise é preferida por se adequar aos objetivos do presente trabalho que trata de analisar as variações, tanto na saúde quanto na poluição, no decorrer do tempo.

Além disso, a análise de séries temporais é a mais utilizada em trabalhos desse tipo e, como uma literatura mais vasta que a análise de *cross-section*, será também possível comparar o resultado obtido do presente trabalho com vários resultados de outras pesquisas.

Em um primeiro momento é preciso avaliar o impacto que a queima da cana ocasiona no meio-ambiente. Para encontrar a relação da queima da cana sobre a poluição foi feita uma estimação utilizando Regressão de Mínimos Quadrados Ordinários. Para construir tal modelo foram utilizados dados quinzenais, pois as informações fornecidas pela União dos Produtores de Bionergia sobre a produção de cana-de-açúcar utilizam a quinzena como unidade de tempo mínimo. Diante disso, todas as outras variáveis necessárias terão como valor a média quinzenal.

No presente trabalho, a seguinte função estática foi construída para captar o efeito que a variável produção por queimadas tem sobre a variável dependente material particulado e, em seguida serão feitos os testes estatísticos pertinentes. Esse modelo foi denominado de modelo 1.

$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Z_{1t} + \beta_2 Z_{2t} + \beta_3 Z_{3t} + \beta_4 Z_{4t} + \beta_5 Z_{5t} + \beta_6 Z_{6t} + \beta_7 Z_{7t} + \beta_8 Z_{8t} + \beta_9 Z_{9t}$, em que:

- Y_t = Variável dependente Concentração de Material Particulado (MP10).
- Z_{1t} = Produção de cana-de-açúcar feita por queimada.
- Z_{2t} = Frota de veículos automotores.
- Z_{3t} = Número de trabalhadores formais empregados na indústria canavieira.
- Z_{4t} = Média de temperatura mínima.
- Z_{5t} = Média da umidade mínima.
- Z_{6t} = Média do índice de precipitação de chuva em milímetros.
- Z_{7t} = Variável *dummy* para inverno.
- Z_{8t} = Variável *dummy* para outono.
- Z_{9t} = Variável *dummy* para primavera.

O subscrito t , indica que as variáveis são contemporâneas.

Como a situação climática e meteorológica interfere muito na concentração de determinados poluentes no ar, é de praxe utilizar modelos que expurguem os efeitos climáticos sobre a variável dependente, assim todos ou a grande maioria dos modelos contidos na literatura sobre poluição atmosférica controlam esses efeitos meteorológicos.

Diante dos procedimentos adotados em estudos anteriores, o presente trabalho utilizou o mesmo procedimento de estimação para encontrar a relação ou o impacto da queima de cana-de-açúcar sobre a concentração de material particulado na atmosfera de Ribeirão Preto. Assim, tal função tem como variáveis de controle meteorológico a média da temperatura mínima e média da umidade relativa do ar mínima e, para controlar sazonalidade fora incluídas as variáveis *dummies* para estações do ano, tendo com base a estação verão.

A regressão então foi gerada, mas antes de poder formular qualquer conclusão a respeito da regressão estimada e seus resultados, foi preciso fazer alguns testes estatísticos para ver se esses resultados são consistentes. Os testes necessários são em relação à heterocedasticidade, em relação à especificação da forma funcional, teste de multicolinearidade, de correlação serial e teste de normalidade dos resíduos.

Primeiramente, deve-se fazer o teste em relação à forma funcional. O teste mais comum é o teste RESET, que é conhecido como Teste Geral de Má Especificação da Forma Funcional. Este teste foi desenvolvido por Ramsey em 1969 e a sigla RESET significa “*Regression Specification Error Test*”. O procedimento do teste RESET consiste em adicionar polinômios, geralmente termos quadráticos e cúbicos, aos valores estimados pelo Método de Mínimo Quadrados Ordinários na equação da regressão. A hipótese nula desse teste é que não haja má especificação do modelo, ou seja, que o modelo está corretamente especificado. Assim, deve-se testar o modelo:

$$Y_t = \beta_0 + \beta_1 Z_{1t} + \beta_2 Z_{2t} + \beta_3 Z_{3t} + \beta_4 Z_{4t} + \beta_5 Z_{5t} + \beta_6 Z_{6t} + \beta_7 Z_{7t} + \beta_8 Z_{8t} + \beta_9 Z_{9t} + \delta_1 \hat{y}_t^2 + \delta_2 \hat{y}_t^3, \text{ em que a hipótese nula é } H_0: \delta_1 = 0, \delta_2 = 0.$$

O modelo é testado pela estatística F, e se essa estatística for significativa, rejeitamos H_0 sugerindo algum tipo de erro na forma funcional. Para o nosso caso, o resultado do p-valor para o teste RESET foi de 0,0167, e teste F foi de 4,06. Ou seja, esse nível indica que o teste F é significante, portanto rejeita-se a hipótese nula de o modelo é corretamente especificado.

Porém, o teste RESET apresenta uma falha, pois quando se rejeita o modelo original, esse teste não sugere um modelo alternativo correto e, portanto devem-se criar outros modelos e testá-los novamente, até encontrar algum em que o teste F não seja significante e conseqüentemente não haja má especificação. Assim, o segundo modelo a ser testado tem como variável dependente o logaritmo neperiano de material particulado, mantendo todas as outras variáveis explicativas como antes.

$$\text{Ln}Y_t = \beta_0 + \beta_1 Z_{1t} + \beta_2 Z_{2t} + \beta_3 Z_{3t} + \beta_4 Z_{4t} + \beta_5 Z_{5t} + \beta_6 Z_{6t} + \beta_7 Z_{7t} + \beta_8 Z_{8t} + \beta_9 Z_{9t}$$

O resultado estimado pelo teste RESET foi um p-valor de 0,512 e valor do teste F de 0,79. Portanto, nesse modelo não se rejeita a hipótese de que o modelo esteja corretamente especificado e, portanto esse modelo será o seguido no decorrer do trabalho. O resultado para essa regressão foi:

Tabela 3
Resultados da regressão do modelo 1

Regressão MQO	Variável Dependente = Ln(MP10) _t			
Variáveis independentes	Coefficiente	Erro-padrão	Teste t	p-valor
<i>Intercepto t</i>	1,864	(0,7267)	2,57	0,016
<i>Produção feita por queimadas t</i>	6,96*10 ⁻⁷	(1,38*10 ⁻⁷)	5,02	0,00
<i>Frota veicular t</i>	-7,94*10 ⁻⁷	(1,77*10 ⁻⁶)	-0,45	0,657
<i>Mão-de-obra t</i>	7,54*10 ⁻⁶	(0,000013)	0,59	0,561
<i>Temperatura mínima t</i>	0,0871	(0,0236)	3,68	0,001
<i>Umidade mínima t</i>	-0,01437	(0,00553)	-2,6	0,014
<i>Precipitação t</i>	-0,0142	(0,0122)	-1,16	0,255
<i>Outono t</i>	-0,1878	(0,111)	-1,69	0,101
<i>Primavera t</i>	-0,0884	(0,0894)	-0,99	0,331
<i>Inverno t</i>	0,2589	(0,1252)	2,07	0,047

Em seguida, é preciso considerar o caso de a função ter defasagens nas variáveis independentes, pois em muitos casos de análise de séries temporais, a variável independente de períodos anteriores afeta a variável dependente no período contemporâneo. Não é de surpreender caso o resultado indique que a variável independente de interesse (produção feita por queimadas) apresente defasagem, uma vez que é provável que as queimadas que ocorrem a quinze ou trinta dias atrás interferem na qualidade do ar hoje. A regressão com defasagem de um período seria:

$$\text{Ln}Y_t = \beta_0 + \beta_1 Z_{1t} + \beta_2 Z_{2t} + \beta_3 Z_{3t} + \beta_4 Z_{4t} + \beta_5 Z_{5t} + \beta_6 Z_{6t} + \beta_7 Z_{7t} + \beta_8 Z_{8t} + \beta_9 Z_{9t} + \beta_{10} Z_{1t-1}$$

Nesse caso, a variável defasada é Z_{1t-1} , que indica a produção de cana feita por queimadas no período anterior. O resultado do p-valor para essa variável foi 0,078 e, um teste t de valor 1,83, indicando que essa variável é significativa ao nível de 10%, portanto, ela deve ser incluída no modelo.

Além disso, pode ser que variáveis defasadas de períodos mais antigos também afetam a variável dependente, e para verificar isso, é necessário que se adicione também outra

variável, nesse caso defasada em dois períodos anteriores (Z_{1t-2}). Estimando a nova regressão, obteve para essa variável um coeficiente no valor de $2,24 \cdot 10^{-7}$ ($1,76 \cdot 10^{-7}$), resultando num teste *t-Student* de 1,28, mostrando que não foi significativa ao nível de 10%. Incluindo as duas variáveis defasadas na mesma regressão, elas apresentaram uma significância conjunta (teste F) de 2,39, apresentando um p-valor de 0,111, indicando que as duas conjuntas não são significantes, e portanto, somente a variável defasada em um período deve ser incluída ao modelo.

Em relação às variáveis que não foram significantes ao nível de 10% (frota veicular, mão-de-obra, índice de precipitação e a *dummy* outono) não é possível dizer nada com certeza a respeito desses estimadores e eles deveriam ser excluídos do modelo e estimar uma nova função.

Para a variável Z_{2t} , frota de veículos automotores, o teste *t-Student* teve um valor de -0,45, ou seja, não é um parâmetro significativo. Esse resultado indica que a variação no número de veículos no período e na região não teve relevância sobre a variação na concentração de material particulado. Isso pode ser devido a vários fatores como, por exemplo, o aumento da proporção de veículos novos, que são menos poluentes. Assim uma quantidade maior de veículos não indica necessariamente um aumento de poluição atmosférica. Outro fator pode ser também o aumento de veículos com motores movidos a etanol, que é nunca é demais destacar que a combustão a álcool é menos poluente que a feita por gasolina. Também, a quantidade de veículos não apresenta oscilações no decorrer do ano, assim oscilações de poluição mês a mês não têm suas causas na variação da frota veicular nesse estudo.

Incluindo somente as variáveis que foram significativas, a nova regressão será:

$$\ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 Z_{1t} + \beta_2 Z_{2t} + \beta_3 Z_{3t} + \beta_4 Z_{4t} + \beta_5 Z_{5t} + \beta_6 Z_{1t-1}, \text{ em que:}$$

- Y_t = Variável dependente Concentração de Material Particulado (MP10).
- Z_{1t} = Produção de cana-de-açúcar feita por queimada.
- Z_{2t} = Média de temperatura mínima.
- Z_{3t} = Média da umidade mínima
- Z_{4t} = Variável *dummy* para inverno
- Z_{5t} = Variável *dummy* para primavera
- Z_{1t-1} = Produção de cana-de-açúcar feita por queimada defasada em um período.

O resultado da referida regressão é resumida na tabela abaixo.

Tabela 4
Resultados da regressão do modelo 1 somente com variáveis significativas

Regressão MQO	Variável Dependente =Ln(MP10) _t			
Variáveis independentes	Coeficiente	Erro-padrão	Teste t	p-valor
<i>Intercepto t</i>	1,175	(0,588)	2,00	0,054
<i>Produção feita por queimadas t</i>	4,21*10 ⁻⁷	(1,44*10 ⁻⁷)	2,93	0,006
<i>Temperatura mínima t</i>	0,11	(0,0244)	4,5	0,000
<i>Umidade mínima t</i>	-0,01534	(0,005)	-3,05	0,005
<i>Inverno t</i>	0,3107	(0,1007)	3,09	0,004
<i>Primavera t</i>	-0,1794	(0,08259)	-2,17	0,037
<i>Produção feita por queimadas t-1</i>	4,03*10 ⁻⁷	(1,63*10 ⁻⁷)	2,47	0,019

Essa regressão apresenta um R-Quadrado de 0,8908 e um R-Quadrado-Ajustado de 0,8704. O valor do R² indica quanto as variáveis independentes explicam o modelo, ou seja, quanto maior o valor do R-Quadrado, maior é o efeito de explicação das variáveis na regressão. Pode-se constatar então, que esse valor encontrado para o R-Quadrado e R-Quadrado ajustado são bem altos, indicando que as variáveis utilizadas explicam bem o modelo.

É interessante também que se faça o teste de multicolinearidade. A multicolinearidade implica uma correlação alta entre as variáveis, mas não perfeitas, pois se fosse perfeita o modelo já seria viesado. Assim, se o modelo apresenta multicolinearidade, algumas variáveis podem ser redundantes e, talvez precisariam ser excluídas. Nesse teste de multicolinearidade, se as variáveis apresentarem valores maiores que 10, pode-se inferir que a multicolinearidade está presente. E quanto menor o valor do teste, menos correlação com outras variáveis tal variável dependente apresenta. O resultado do teste para todas as variáveis independentes é visualizado na tabela abaixo.

Tabela 5
Resultados do teste de multicolinearidade do modelo 1

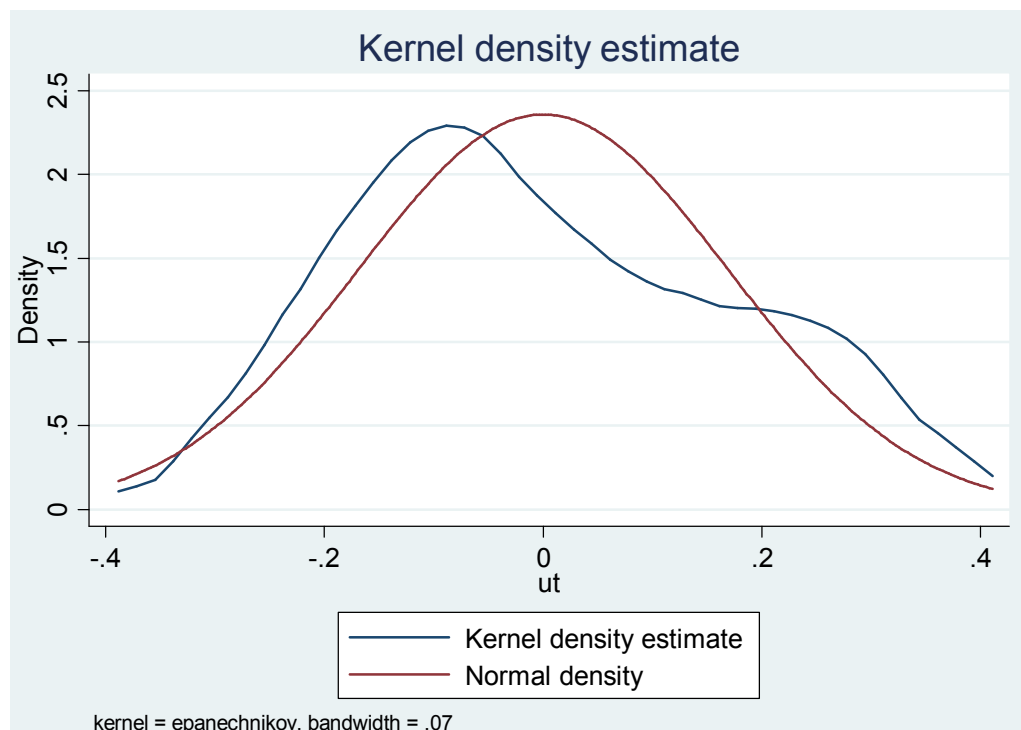
Variável	Teste VIF
<i>Produção feita por queimadas t</i>	9,57
<i>Temperatura mínima t</i>	4,43
<i>Umidade mínima t</i>	1,83
<i>Inverno t</i>	2,22
<i>Primavera t</i>	1,8
<i>Produção feita por queimadas $t-1$</i>	12,31

Em modelos com defasagens, tende a ter multicolinearidade entre as variáveis, pois elas são bem correlacionadas. Portanto, nesse caso, em que há multicolinearidade entre a variável contemporânea e a variável defasada, não deve ser considerado um problema, pois a natureza das variáveis já indicam que isso poderia acontecer. Já as outras variáveis não apresentaram multicolinearidade.

Outro teste importante que pode ser feito é o teste de Normalidade para os Resíduos. Uma vez que a normalidade para os resíduos é atendida, os estimadores de Mínimo Quadrados Ordinários serão normalmente distribuídos, condicionadas às variáveis independentes, e assim as estatísticas t e F terão distribuição t e F , respectivamente.

O teste apresentou como resultado uma p-valor de 0,122. Esse valor mostra que o teste não foi significativo, portanto não se deve rejeitar a hipótese nula de que os erros são normalmente distribuídos. Também, isso pode ser percebido pelo gráfico abaixo, em que a curva em cor azul representa os resíduos e, a outra curva representa a distribuição Normal $N\sim(0,\sigma^2)$. Assim, provou-se que os erros nessa regressão são normalmente distribuídos.

Gráfico 5
Distribuição dos resíduos do modelo 1 e distribuição Normal



Um teste muito importante para a análise de séries temporais é o teste de correlação serial ou autocorrelação nos resíduos. O teste mais comum é o teste de correlação serial AR(1) de Durbin-Watson e esse será o teste utilizado. Existe uma tabela para esse teste, em que os resultados vão depender do tamanho da amostra e do número de regressores. Porém, esse teste tem uma falha, pois existe um intervalo nas entradas da tabela em que o resultado pode ser inconclusivo e assim não se pode afirmar se o modelo apresenta autocorrelação ou não. O teste Durbin-Watson para a regressão anteriormente mostrada que tem sete regressões e trinta e nove observações apresentou um valor de 1,29. Com esse valor, o teste de Durbin-Watson mostrou ser inconclusivo, pois os limites superiores são 1,79 e 1,58 e os limites inferiores são 1,23 e 1,05, para os níveis de 5% e 1% de confiança, respectivamente. Assim, pode-se dizer que o valor estimado pelo teste se encontra na região crítica.

Devido a inconclusão apresentado pelo teste de Durbin-Watson, outro teste para correlação serial foi sugerido, que consiste na regressão dos resíduos sobre os resíduos defasados em um período. Nesse teste, obteve um p-valor de 0,043, o que indica que

apresenta correlação serial, pois a hipótese nula de que não existe autocorrelação é rejeitada ao nível de 5%.

Nesse caso, foi preciso fazer uma correção dessa correlação serial. Foi feito a correção utilizando a estimação de Mínimo Quadrados Generalizados Factível conhecido como Estimação de Cochrane-Orcutt (CO). Assim, os novos resultados corrigidos por esse método são apresentados a seguir:

Tabela 6
Resultados do teste de Cochrane-Orcutt para o modelo 1

Regressão MQO	Variável Dependente =Ln(MP10) _t			
Variáveis independentes	Coeficiente	Erro-padrão	Teste t	p-valor
<i>Intercepto t</i>	1,433	(0,569)	2,52	0,017
<i>Produção feita por queimadas t</i>	$5,23 \cdot 10^{-7}$	$(1,31 \cdot 10^{-7})$	4,00	0,000
<i>Temperatura mínima t</i>	0,0986	(0,0234)	4,2	0,000
<i>Umidade mínima t</i>	-0,0155	(0,00442)	-3,51	0,001
<i>Inverno t</i>	0,2567	(0,1078)	2,38	0,024
<i>Primavera t</i>	-0,1337	(0,0835)	-1,6	0,119
<i>Produção feita por queimadas t-1</i>	$2,63 \cdot 10^{-7}$	$(1,43 \cdot 10^{-7})$	1,83	0,076

Com $R^2 = 0,807$ e Estatística Durbin-Watson = 1,91.

Portanto, a correlação serial foi corrigida, pois a estatística Durbin-Watson é maior que o limite superior de 5% de significância. Portanto, os coeficientes utilizados para os regressores serão esses encontrados utilizando a correção de Cochrane-Orcutt.

Uma vez corrigido o problema de correlação serial, deve-se verificar se o modelo apresenta heterocedasticidade, ou seja, se as variâncias nos erros são constantes. Nas análises de séries temporais a presença de heterocedasticidade é um problema menor do que a presença de correlação serial, sendo assim, é recomendável testar e corrigir a correlação serial e depois testar e corrigir a heterocedasticidade.

Como é sabido a não observação de homocedasticidade (ou a presença de heterocedasticidade) dos resíduos não indica que os estimadores do modelo apresentam vieses, porém suas variâncias apresentam e, como os erros-padrão e conseqüentemente a variância dos estimadores, é a base para os testes *t*, *F*, e *LM*, esses testes não terão as distribuições *t*, *F* e *qui-quadrado* respectivamente. É bom que se tenha presença de

homocedasticidade nos resíduos e, caso ela não esteja presente, deve-se fazer alguns ajustamentos.

Primeiramente foi feita a regressão robusta para heterocedasticidade com a finalidade de verificar se os coeficientes estimados são válidos na presença da heterocedasticidade. O teste robusto não foi capaz de rejeitar nenhuma variável ao nível de 10% de significância, pois os erros-padrão robustos diferiram pouco dos erros-padrão originais.

Porém, para detectar presença de heterocedasticidade mais a fundo na regressão foi preciso realizar o teste de White e de Breusch-Pagan. Caso o teste detectar heterocedasticidade, o modelo deveria ser ajustado pelo Método de Mínimo Quadrados Ponderados. O resultado do referido teste foi um p-valor de 0,1979 para o teste de Breusch-Pagan e 0,18 para o teste de White, ou seja, o teste apresentou um valor não-significativo, o que quer dizer que não podemos rejeitar a hipótese nula, que é a hipótese em que há homocedasticidade dos resíduos. Assim por meio desse teste pode-se dizer que o modelo não apresenta heterocedasticidade mesmo ao nível de 10% e, os testes t e F podem ser utilizados normalmente.

A variável que representa a produção de cana-de-açúcar em toneladas conseguida por meio de queima da palha da cana no tempo corrente e no período de uma quinzena passada apresentou valores significativos para o teste t -Student, indicando que essas variáveis são significativas a um índice maior de 90% de confiança. Os valores de $5,23 \cdot 10^{-7}$ na variável contemporânea e $2,63 \cdot 10^{-7}$ na variável defasada indicam que se a produção acumulada corrente e a de quinze dias atrás for um milhão de toneladas de cana-de-açúcar queimada, o nível de concentração de material particulado na atmosfera aumenta em 78,6% para o período de uma quinzena, em comparação ao período em que não ocorrem queimadas, mantida todas as outras variáveis independentes constantes. Por exemplo, na quinzena de 1 a 15 de setembro de 2005, pode-se dizer que a queima da cana-de-açúcar foi responsável por um aumento de 92,4% de material particulado na atmosfera em relação à média do período da não-queima.

Utilizando os coeficientes obtidos para a produção de cana feita por queimadas, foi possível calcular, por meio de uma relação linear, a quantidade estimada de material particulado produzido pela queima da cana a cada período de interesse em comparação ao período em que não ocorrem queimadas.

Para encontrar o efeito do material particulado sobre o número de internações, mais precisamente o efeito do material particulado gerado pela queima da cana-de-açúcar sobre as internações no Sistema Único de Saúde, foi preciso construir um segundo modelo e gerar uma nova regressão, para encontrar o coeficiente de interesse.

Como os dados disponibilizados pelo Sistema Único de Saúde em relação às internações decorrentes de problemas respiratórios são dados mensais, convencionou-se utilizar uma função com os valores das médias mensais de cada variável. Assim, esta nova função teve como variável dependente o número absoluto de internações mensais por problemas respiratórios e, como variáveis independentes a concentração de poluentes, variáveis climáticas e o número de internações por outros problemas que não fossem respiratórios.

A relação que interessa nessa regressão é a influência da concentração de material particulado sobre o nível de internações, porém é preciso incluir variáveis de controle. Outros poluentes, como o dióxido de enxofre e ozônio trazem complicações para o sistema respiratório humano que pode levar a internações. Na verdade, foram incluídos esses dois poluentes, pois período de agosto de 2004 a março de 2006, a CETESB também mediu esses dois poluentes diariamente.

Já as variáveis meteorológicas, como umidade relativa do ar e temperatura, também influenciam no número de internações. Isso é comprovado por meio de vários estudos e por isso que é preciso incluir essas variáveis para que elas não fiquem contidas no termo de erro e assim, os resultados sejam mais consistentes.

A variável internações por problemas não-respiratórios ou outras internações corresponde a todos os tipos de internações contabilizados no SUS que não sejam causados por problemas respiratórios. O intuito da inclusão dessa variável é controlar fatores exógenos que influenciam o número de internações como um todo e, conseqüentemente o número de internações por problemas respiratórios, como greves, falta de leitos hospitalares, escassez de médicos.

Assim, esse segundo modelo foi assim criado, sendo denominado de modelo 2:

$$\ln Y_t = \beta_0 + \beta_1 Z_{1t} + \beta_2 Z_{2t} + \beta_3 Z_{3t} + \beta_4 Z_{4t} + \beta_5 Z_{5t} + \beta_6 Z_{6t}, \text{ em que:}$$

- Y_t = Número de internações mensais por problemas respiratórios.
- Z_{1t} = Quantidade de material particulado na atmosfera.
- Z_{2t} = Média mensal de temperatura mínima.
- Z_{3t} = Média mensal de umidade do ar relativa mínima.
- Z_{4t} = Concentração de ozônio na atmosfera.
- Z_{5t} = Concentração de dióxido de enxofre na atmosfera.
- Z_{6t} = Número de internações por problemas que não sejam respiratórios.

Essa regressão segue o modelo *log-nível*, ou seja, as variações nas quantidades da variável independente afetam percentualmente a variável dependente. Também em um

primeiro momento foram utilizados somente variáveis contemporâneas e, caso seja necessária a adição de variáveis defasadas, essa inclusão irá ocorrer em um momento posterior.

Antes de demonstrar os resultados obtidos da regressão, é necessário que se faça o teste RESET para verificar se há mal-especificação do modelo, pois se o modelo não estiver corretamente especificado, será preciso estimar outro modelo e de nada adiantaria os resultados estimados por um modelo que não está corretamente especificado. O resultado do teste RESET mostrou um valor muito baixo para o teste F (0,27) e um p-valor de 0,844. Esses valores não são nada significativos, indicando que a função está corretamente especificada, não apresentando variáveis importantes omitidas ou erros na forma funcional. Assim, nesse caso, não é necessário que se construam outros modelos, uma vez que esse se mostrou bem adequado ao problema em questão e será essa a regressão estudada para encontrar a relação entre o nível de poluição e seu impacto sobre as internações.

A regressão apresentou um R-Quadrado de 0,857 e um R-Quadrado Ajustado de 0,791 e teve os seguintes resultados, resumidos na tabela a seguir:

Tabela 7
Resultados para a regressão do modelo 2

Regressão MQO		Variável Dependente = Ln(Internações)		
Variáveis independentes	Coefficiente	Erro-padrão	Teste t	p-valor
<i>Intercepto t</i>	7,4816	(0,6573)	11,38	0,000
<i>MP10 t</i>	0,01226	(0,0031025)	3,95	0,002
<i>Temperatura mínima t</i>	-0,069151	(0,013152)	-5,26	0,000
<i>Umidade Mínima t</i>	0,01108	(0,004246)	2,61	0,022
<i>Ozônio t</i>	-0,000413	(0,00108)	-0,38	0,708
<i>SO2 t</i>	-0,15466	(0,040208)	-3,68	0,003
<i>Outras internações t</i>	-0,0000733	(0,0000924)	-0,79	0,442

Como no modelo 1, é preciso analisar se existe defasagem da variável independente de interesse, no caso a variável independente que mais interessa é quantidade de material particulado na atmosfera. O modelo com variável defasada, então seria:

$\text{Ln}Y = \beta_0t + \beta_1Z_{1t} + \beta_2Z_{2t} + \beta_3Z_{3t} + \beta_4Z_{4t} + \beta_5Z_{5t} + \beta_6Z_{6t} + \beta_7Z_{1t-1}$, no qual a variável incluída Z_{1t-1} representa a quantidade de material particulado do mês anterior. O resultado para essa variável foi um coeficiente no valor de 0,0039146, erro-padrão 0,002375 e, um p-valor de 0,128. Portanto, no nível de 10% essa variável não é significativa.

Se incluir duas variáveis defasadas, uma defasada em um período e a outra defasada em dois períodos, o resultado seria um teste F para essas duas variáveis no valor de 1,18, indicando um p-valor de 0,351, o que descarta qualquer possibilidade da variável ser

significante. Portanto, nesse caso, o modelo adequado de trabalho é o modelo estacionário, no qual as variáveis são todas contemporâneas.

Uma vez escolhido o modelo adequado, é conveniente falar um pouco a respeito dos resultados de tal regressão. O resultado do teste *t-Student* obtido para a variável $Z1_t$, concentração de material particulado na atmosfera, foi de 3,95, mostrando que possui significância acima de 95%. As variáveis meteorológicas também se apresentaram significativas ao nível de 95% de confiança, com um índice de -5,26 e 2,61 para as variáveis temperatura mínima e umidade mínima do ar, respectivamente.

A variável que mensura o efeito do ozônio sobre o nível de internações não foi significativa, apresentando um valor do teste *t-Student* muito baixo. Também não foi significativa a variável de controle para as internações relacionadas a outras doenças que não as respiratórias. Já a variável $SO2$ foi significativa ao nível de 95% de confiança. Porém, o resultado do coeficiente não foi o esperado, pois indica que quanto maior a média mensal de $SO2$ menor os índices de internações, isso é visto pelo sinal negativo do coeficiente dessa variável.

Como não se pode ter uma idéia clara sobre o efeito das variáveis ozônio e internações por outras doenças, ambas variáveis foram excluídas do modelo, no qual foi estimado novamente, apresentando um R-Quadrado ajustado de 0,7983 e, obtendo agora os seguintes resultados:

Tabela 8

Resultados para a regressão do modelo 2 apenas com variáveis significativas

Regressão MQO	Variável Dependente = Ln(Internações)			
Variáveis independentes	Coefficiente	Erro-padrão	Teste t	p-valor
<i>Intercepto t</i>	7,036	(0,2397)	29,35	0,000
<i>MP10 t</i>	0,01144	(0,002838)	4,03	0,001
<i>Temperatura mínima t</i>	-0,07035	(0,0117)	-6,01	0,000
<i>Umidade Mínima t</i>	0,01172	(0,00414)	2,83	0,0013
<i>SO2 t</i>	-0,1491	(0,0384)	-3,88	0,001

O teste de multicolinearidade foi aplicado nesse novo modelo, e não houve nenhum indício de que qualquer uma das variáveis independentes apresente correlação significativa com outra.

O teste Durbin-Watson para captar autocorrelação também foi utilizado em tal modelo, e o valor desse teste foi 1,53 para quatro variáveis (excluindo o intercepto) e vinte observações. Nesse caso, o teste não foi conclusivo nem ao nível de 1%, e nem de 5% de

significância. Como no caso do modelo 1, foi utilizado a correção de Cochrane-Orcutt, para melhorar esse valor do teste Durbin-Watson, e ao mesmo tempo corrigir alguma autocorrelação existente. O teste de Cochrane-Orcutt obteve um R-Quadrado ajustado de 0,745 e o novo nível da estatística Durbin-Watson foi 1,904, indicando que não há mais correlação serial nos resíduos ao nível de 5% de significância.

Os resultados da nova regressão corrigida pelo teste de Cochrane-Orcutt é detalhada abaixo.

Tabela 9
Resultados para o teste de Cochrane-Orcutt para o modelo 2

Regressão MQO	Variável Dependente = Ln(Internações)			
Variáveis independentes	Coeficiente	Erro-padrão	Teste t	p-valor
<i>Intercepto_t</i>	7,021	(0,2345)	29,94	0,000
<i>MP10_t</i>	0,01233	(0,002871)	4,29	0,001
<i>Temperatura mínima_t</i>	-0,06655	(0,01161)	-5,73	0,000
<i>Umidade Mínima_t</i>	0,01133	(0,003683)	3,08	0,008
<i>SO2_t</i>	-0,1783	(0,0476)	-3,74	0,002

Agora, o último teste que falta para o modelo 2 é o teste para detectar presença de heterocedasticidade. Feita a regressão robusta para detectar heterocedasticidade, foi constatado que não houve muita alteração nos erros-padrão e todas as variáveis ainda eram significantes.

No teste de Breusch-Pagan foi obtido um p-valor de 0,648, indicando que não se pode rejeitar a hipótese nula de homocedasticidade. Resultado semelhante foi encontrado quando o teste para heterocedasticidade foi o teste White, no qual o p-valor foi 0,435. Portanto, não há presença de heterocedasticidade nos resíduos.

Depois de feito os devidos testes e correções, constata-se que o modelo 2 não apresenta heterocedasticidade, correlação serial e nem multicolinearidade. Assim, esse modelo estático é o mais adequado para encontrar a relação entre poluição e quantidade de internações.

Depois de estimada a nova regressão e obtido tais resultados, algumas conclusões podem ser ditas a respeito de cada variável. Para a variável temperatura mínima é possível dizer que, mantendo todas as outras variáveis constantes, um aumento de um grau Celsius na temperatura ocasiona uma diminuição de 7% nas internações por problemas respiratórios. Esse resultado parece um pouco exagerado, mas se deve ao fato de que a variação da média de temperatura mínima foi muito pequena. Por outro lado, um aumento de um ponto

percentual no índice de umidade relativa do ar ocasiona um aumento de 1,13% na quantidade de internações no período estudado.

Em relação às variáveis de poluição, pode-se dizer que um aumento de $1 \mu\text{m}^3$ na concentração de SO_2 na atmosfera faz com que as internações caiam em 17,83%. Assim, o resultado do coeficiente não foi o esperado, pois indica que quanto maior a média mensal de SO_2 menor os índices de internações. Isso é visto pelo sinal negativo do coeficiente dessa variável.

Já a variável material particulado, a variável independente que mais interessa nesse modelo, apresentou um resultado bastante interessante e com direção esperada, pois quanto mais há aumento da concentração desse poluente, mais internações são verificadas. Um aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ na concentração de material particulado elevará em 12,33% a quantidade de internações no período de um mês.

Uma vez conhecido o efeito do material particulado sobre o nível de internações por problemas respiratórios, finalmente será possível estimar o papel das queimadas da cana-de-açúcar sobre a saúde, mais especificamente sobre a quantidade de internações no SUS, por meio do efeito do material particulado gerado pela queima dos canaviais.

O procedimento para determinar quanto aumenta o número de internações no SUS por causa da queima dos canaviais será analisar, por meio dos modelos apresentados, o diferencial de poluentes e internações apresentados no período da colheita e não-colheita da cana. Primeiramente foi calculada a média de internações nos meses de janeiro a março (meses que não há produção de cana-de-açúcar) e nos meses de abril a dezembro (período em que houve registro de colheita da cana-de-açúcar), cujos resultados foram 416,33 e 527,71 internações respectivamente. Também foram obtidos os valores médios de concentração de material particulado nesses mesmos períodos, obtendo como resultados os valores de 16,41 e 32,83 respectivamente.

Em um segundo momento foi calculado, por meio dos resultados estimados pelo Modelo 2, a variação de internações causadas pela variação de concentração do material particulado na época da colheita da cana. A variação nas internações foi calculada em níveis percentuais, uma vez que a variável dependente na regressão estava na forma logaritmica. Para analisar o impacto do nível de poluição sobre as internações é necessário que se obedeça a um parâmetro de referência. Nesse caso, o parâmetro será os meses em que houve queimadas.

5 RESULTADOS

Já foi mostrado pelo Modelo 1 a relação entre produção de cana-de-açúcar e a concentração de poluente na atmosfera. Por meio daquela relação foi possível demonstrar, apesar da simplicidade que a relação linear produz, qual o aumento do nível de material particulado a cada tonelada de cana queimada. Assim, por meio da quantidade encontrada de poluição para cada período, foi possível encontrar a quantidade de interações provocadas pela queima de canaviais para cada mês. Como já se conhecia a variação de interações provocadas pelo material particulado no período de queima em relação ao período que não há queimadas, as interações causadas pelas queimadas seria uma função dessas, obedecendo os resultados obtidos no Modelo 1.

Explicado melhor, a concentração de material particulado provocado pelas queimadas foi obtida pelo modelo 1. Por meio desse modelo, obteve-se a variação percentual da quantidade de poluição provocada pelas queimadas, comparada ao período que não houve queimadas. Em seguida, essa variação na concentração de material particulado provocado pelas queimadas é multiplicada pela média da concentração do período em que não houve queimadas, obtendo assim a concentração de período a período no nível do material particulado em $\mu\text{g}/\text{m}^3$ relacionado a queima dos canaviais. E esse nível estimado de MP10 será utilizada no modelo 2 como variável independente, obtendo finalmente a variação na quantidade de interações provocadas pelo quantidade de material particulado gerado exclusivamente pela queima da cana-de-açúcar. Os resultados podem ser resumidos na Tabela 10.

Tabela 10
Resultados estimados para o número de internações relacionadas à queimada

Período	Aumento de percentual de MP10 referente às queimadas	Quantidade de MP10 pela queimada	Aumento percentual de internações referente às queimadas	Internação relativa à queimada
ago/04	114,04%	18,71	20,01%	83
set/04	100,87%	16,55	17,69%	74
out/04	91,12%	14,95	15,98%	66
nov/04	68,60%	11,26	12,03%	50
dez/04	13,62%	2,23	2,39%	10
jan/05	0,00%	0,00	0,00%	0
fev/05	0,00%	0,00	0,00%	0
mar/05	0,00%	0,00	0,00%	0
abr/05	69,58%	11,42	12,21%	51
mai/05	103,83%	17,04	18,21%	76
jun/05	113,43%	18,61	19,90%	83
jul/05	119,04%	19,54	20,88%	87
ago/05	120,86%	19,83	21,20%	88
set/05	104,87%	17,21	18,40%	77
out/05	91,81%	15,07	16,10%	67
nov/05	43,60%	7,15	7,65%	32
dez/05	6,36%	1,04	1,12%	5
jan/06	0,00%	0,00	0,00%	0
fev/06	0,00%	0,00	0,00%	0
mar/06	0,00%	0,00	0,00%	0

Fonte: Elaboração própria

É importante frisar que esses valores relativos apresentados na tabela acima usam como base de cálculo a média no período referente a não-queima de cana (janeiro a março). Nesse período a média de concentração de material particulado foi de 16,41 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, e a média de internações foi de 416 internações.

De acordo com as estimações e os resultados demonstrados, é possível dizer que foram obtidos um total de 848 internações por problemas respiratórios de agosto de 2004 a março de 2006 na região de Ribeirão Preto devido ao aumento da emissão de material particulado ocasionado pela queima da palha de cana-de-açúcar quando da sua produção. Isso representa 8,57% de todas as internações por problemas respiratórios no Sistema Único de Saúde no referido período.

De agosto de 2004 a março de 2006, a média mensal de internações por problemas respiratórios no período de queima da cana (abril a dezembro) foi de 527 internações, enquanto que no período compreendido de janeiro a março foi de 416. Portanto, na média, o número de internações cresceu 26,75% nos meses do período da queima da cana. Mas, nunca

é demais lembrar que esse aumento não é exclusivamente causado pela queima da cana, há outros fatores que influenciam no aumento das internações nesse período, como fatores meteorológicos.

Nesse momento, partiu-se para a estimação dos custos econômicos relacionados à piora da qualidade de vida gerada pela queima dos canaviais. Os custos associados com a poluição do ar são calculados com base em determinados parâmetros de perda de bem estar, que nesse caso a perda de bem-estar é a piora da saúde até o nível que a pessoa necessite ser internada.

Finalmente, depois de obtido o efeito da poluição causada pela queima da cana-de-açúcar na saúde da população, é possível estimar os custos hospitalares dessas referidas internações. Em um primeiro momento é preciso calcular o custo total ao Sistema Único de Saúde, portanto se utilizará um procedimento simples, que é multiplicar o número de internações pelo custo médio de cada internação divulgado pelo banco de dados do SUS. Como o custo médio de internação por doenças respiratórias na região Ribeirão Preto no período analisado foi de R\$955,47, obteve-se um custo total de R\$ 844.158,56.

Em um segundo momento, será utilizada a metodologia da produção sacrificada para encontrar o custo associado aos dias de trabalho perdido pela população que ficou internada. Ao irem aos consultórios médicos ou ao serem internadas, as pessoas sacrificam dias de trabalho que poderiam gerar rendimentos. Isso representa um custo à sociedade, que deixa de gerar uma produção por problemas de saúde associados à poluição do ar.

Entretanto, a poluição ambiental não afeta com a mesma intensidade a população toda indistintamente em relação à faixa etária, porque como já comprovado, os idosos e as crianças são as que mais sofrem. Assim, para uma análise mais consistente a respeito do custo envolvido aos dias de trabalho perdidos, precisa-se saber a relação das pessoas internadas com idade potencialmente ativa para trabalhar, ou seja, a porcentagem daqueles que tem entre 15 e 60 anos. Depois, ainda é necessário que se encontre o número médio de dias de permanência no hospital em cada internação e o rendimento médio da população ocupada.

O percentual da idade das pessoas internadas com problemas respiratórios e o número médio de dias de permanência são fornecidos pelo sistema DATASUS. Já o rendimento médio da população na região de Ribeirão Preto foi fornecido pelo SEADE, no canal de Perfil Municipal. O rendimento médio mensal registrado em 2006 para os trabalhadores ocupados nas cidades que compõem a região de Ribeirão Preto pode ser visualizado na tabela abaixo.

Tabela 11
Rendimento médio em reais da população ocupada em 2006 por município

Município	Rendimento em reais	População
Cajuru	774,12	22.298
Cravinhos	961,56	32.186
Jardinópolis	1128,11	35.011
Pontal	1035,30	34.017
Ribeirão Preto	1232,31	550.480
Santa Rita do Passa Quatro	957,40	27.494
Santa Rosa do Viterbo	1084,10	22.629
São Simão	736,93	14.776
Serrana	1131,85	38.647
Sertãozinho	1493,63	104.406

Fonte: SEADE

A média ponderada do rendimento para a região pesquisada no ano de 2006 foi de R\$1.204,90. Portanto, o rendimento médio diário foi de R\$40,16.

A tabela abaixo fornece o número absoluto de internações por faixas etárias no período compreendido entre agosto de 2004 e março de 2006 nas cidades relacionadas.

Tabela 12 - Internações por faixa etária por município no período de agosto de 2004 a março de 2006

Município	Menor 1 ano	1 a 4 anos	5 a 9 anos	10 a 14 anos	15 a 19 anos	20 a 29 anos	30 a 39 anos	40 a 49 anos	50 a 59 anos	60 a 69 anos	70 a 79 anos	80 anos e mais	Total
Cajuru	104	157	47	17	13	25	36	45	55	81	121	49	750
Cravinhos	-	-	-	-	-	6	4	7	17	36	53	46	169
Jardinópolis	4	9	3	5	7	14	17	29	48	39	37	30	242
Pontal	95	96	42	12	10	13	18	25	33	56	81	50	531
Ribeirão Preto	751	830	567	183	224	441	347	392	425	432	448	291	5331
Santa Rita do Passa Quatro	56	89	38	21	17	34	30	22	46	36	73	55	517
Santa Rosa de Viterbo	24	42	13	10	3	23	20	22	46	50	69	59	381
São Simão	12	23	8	5	7	22	9	19	33	33	62	36	269
Serrana	170	172	33	7	10	30	32	35	37	70	81	67	744
Sertãozinho	95	202	113	31	29	57	43	35	66	72	112	117	972
TOTAL	1.311	1.620	864	291	320	665	556	631	806	905	1.137	800	9.906

Fonte: Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS)

As pessoas potencialmente ativas são aquelas com idade entre 15 e 60 anos. Assim, no período analisado, o número de internações por problemas respiratórios de pessoas com idade

produtiva foi de 2978, o que representou 30,06% do total de internações. O valor encontrado refere-se a todas as internações por problemas respiratórios, contudo ainda é necessário que se discriminem aquelas internações provocadas pela piora da qualidade ambiental proporcionadas pelas queimadas nos canaviais. Assim, como o percentual de internações devidas às queimadas é de 8,57%, o número de internações de pessoas com idade produtiva provocadas pelas queimadas é de 255.

Por fim, o número médio de dias por internações no período entre agosto e dezembro de 2004, e entre abril e dezembro de 2005 (meses em que ocorreram queimadas dentro do período base do estudo) foi de seis (06), conforme pode ser visualizada na tabela abaixo.

Tabela 13 – Número médio de dias por pessoa internada por problemas respiratório entre agosto e dezembro de 2004 e abril e dezembro de 2005

Município	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
Cajuru	6,1	6,2	6,2	6,2	6	6,9	5,8	6,5	6,6	6,3
Cravinhos	3,4	5,1	3,5	1,9	3,5	3,5	4	4	5,1	3,9
Jardinópolis	5,3	5,1	5,4	5,5	4,9	5,4	7,4	7	5,6	5,8
Pontal	4,3	6,3	4,7	4,8	4,3	6,1	4,4	6,6	3,5	5
Ribeirão Preto	6,1	7,3	7,9	7	6,9	7	7,1	7,2	6,9	7
Santa Rita do Passa Quatro	2,7	3,3	3	3,2	3,1	3,4	3,5	4	3	3,3
Santa Rosa de Viterbo	3,4	4,3	4,3	4,7	3,9	4,2	3,7	3,8	4,1	4
São Simão	2,3	4,5	3,7	3,7	4,6	4,1	3,3	2,8	3,2	3,7
Serrana	4,1	4,5	5,7	5,3	4,8	5,1	4,6	5	5	4,9
Sertãozinho	3,9	5,2	7,5	6	5,1	5,8	4	5	3,2	4,9
TOTAL	5,3	6,3	6,7	6	5,8	6,2	5,9	6,3	5,7	6

Fonte: Ministério da Saúde - Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH/SUS)

A metodologia da produção sacrificada será feita com base em Motta (1998) que diz que uma aproximação da perda de renda gerada pela queda na qualidade do ar pode ser dada pelo número de internações de indivíduos em idade potencialmente ativa, o número médio de dias de permanência em cada internação e o rendimento médio (das pessoas ocupadas) em cada ano. Assim, o custo para a sociedade ou o produto que foi deixado de ser gerado pelos trabalhadores em decorrência das internações por doenças respiratórias causadas exclusivamente pelas queimadas da cana-de-açúcar totalizou um valor de R\$ 61.444,80 no período de agosto de 2004 a março de 2006.

Portanto, no período de agosto de 2004 a março de 2006, nos municípios de Cajuru, Cravinhos, Jardinópolis, Pontal, Ribeirão Preto, Santa Rita do Passa Quatro, Santa Rosa de

Viterbo, São Simão, Serrana e Sertãozinho, os gastos do governo no Sistema Único de Saúde e a perda de produto gerado pelos trabalhadores desses municípios totalizaram um valor de R\$ 905.603,36 exclusivamente pela piora do ar decorrente da queima dos canaviais existentes nessas cidades na época de safra. Esse valor corresponde a custo de R\$ 1,02 *per capita*, de acordo com a Tabela 11.

6 DISCUSSÃO

O objetivo do trabalho foi alcançado, uma vez que foi possível estimar o impacto econômico causado pela queima da cana-de-açúcar sobre a saúde e conseqüentemente sobre o bem-estar da população atingida.

A literatura a respeito do impacto da poluição sobre a saúde é bem ampla, mas a maioria dela não trata das fontes que causam a poluição, apenas trabalham com os dados da qualidade do ar e os dados de algum parâmetro de saúde, que na maioria das vezes é a taxa de mortalidade e/ou morbidade. Contudo essa ampla literatura está mais voltada ao campo do estudo das Ciências Biológicas, tratando os efeitos da saúde como problemas de enfermidade que devem ser corrigidos e, não como perda de bem-estar ou custo social, como trata as Ciências Econômicas. Apesar de uma considerável fonte de referências sobre o assunto, poucas são as pesquisas de caráter econômico sobre o mesmo, limitando um pouco a obtenção de fonte de referência para o presente trabalho.

Em relação à questão da queima da cana, a literatura disponível, embora não seja farta, é bem completa, apresentando vários detalhes e estimações sobre da queimada sobre a poluição, principalmente em regiões do interior do Estado de São Paulo, onde o problema é mais acentuado. Exemplos desses estudos são os descritos por Arbex (2002) e Cançado (2003), que foram importantes fontes de referência para o presente estudo.

A questão da metodologia foi tratada com muito cuidado, uma vez que se procurou obter aquela que mais se adequasse ao problema de investigação do referido trabalho dentre as metodologias existente na Literatura. A análise de séries temporais se mostrou a melhor, uma vez que pretendia caracterizar o efeito das queimadas, comparando os níveis de poluição e de saúde no período de safra e da entre-safra da cana.

Os resultados apresentados pelo trabalho devem ser observados com certa cautela, já que algumas suposições foram feitas ao longo do trabalho, e assim esses resultados foram estimados de acordo com as limitações do trabalho. Porém, isso não quer dizer que não são consistentes, pelo contrário, pois os modelos foram bem ajustados e os resultados estimados estavam de acordo com o esperado.

Vale lembrar que o valor de R\$ 905.603,36, encontrado para os efeitos da morbidade causados pelas queimadas é um valor subestimado para o valor total das externalidades devido à queima da cana-de-açúcar, pois além das internações estimadas pelo estudo se referirem apenas àquelas no âmbito do SUS (não contabilizando as internações ocorridas em

hospitais particulares ou com o uso de planos de saúde), muitas pessoas que se sentem prejudicadas pela piora da qualidade do ar na época das safras, não chegam a ser internadas, mas gastam sua renda com medicamentos e/ou diminuem sua produtividade no trabalho devido a uma piora na sua saúde. Como se pode perceber há uma piora do bem-estar da população maior que o estimado monetariamente por esse estudo

Porém, é muito difícil conseguir mensurar ou estimar os efeitos de muito dos malefícios gerados pela queima da cana, dado a indisponibilidade de dados e também pela subjetividade de certos malefícios como estimar a queda da produtividade de uma pessoa afetada pelos efeitos nocivos da poluição gerada pelas queimadas.

Outros autores também falam da impossibilidade de mensurar o valor total das externalidades causadas pela queda da qualidade do ar. Um exemplo é Cançado (2003), no qual diz que o custo direto da poluição atmosférica em saúde é avaliado por meio dos gastos com atendimentos médicos, procedimentos, tais como medicamentos, inalações, internações e custo indireto, em termos de morbidade (dias sem trabalhar e dias de atividade restrita por doença) e, de anos de vida perdidos e vividos com incapacidade. Sendo assim, estimar todos esses custos é uma tarefa árdua e nem sempre possível de ser realizada.

Como dito anteriormente, não há uma literatura abundante nas Ciências Econômicas para efeitos de comparação dos resultados estimados no presente trabalho, mas mesmo que seja escassa, é necessário que se faça uma comparação com as que existem.

Em Moreira (1999), na cidade de São Paulo, o custo estimado com as internações provocadas pelo material particulado acima do Padrão Primário de Qualidade do Ar na atmosfera foi de R\$ 317.757,00 no ano de 1993, R\$ 1.107.362,00 para o ano de 1994 e R\$ 970.318,00 no ano de 1995, obtendo uma média de R\$ 711.416,00 nesses três anos. Esse valor correspondeu a um custo médio *per capita* de R\$ 0,08. Esse custo *per capita* é bem inferior ao custo *per capita* estimado pelo presente trabalho ocasionado pelas queimadas na região de Ribeirão Preto, que foi de R\$ 1,02. Essas diferenças são devidas basicamente ao parâmetro de análise dos dois trabalhos. Enquanto que Moreira (1999) considerava somente os problemas de saúde quando a poluição ultrapassava o Padrão Primário de Qualidade do Ar, o presente trabalho considerava os problemas relacionados à saúde toda vez em que havia queimadas de cana.

Fernandes (2008), na seção do seu trabalho que discute a relação entre queimadas e os efeitos sobre a saúde, por meio de uma regressão linear tendo como variável depende o número de internações hospitalares, mostrou que as áreas plantadas de cana-de-açúcar

exercem influência sobre a quantidade de internações nas cidades de Ribeirão Preto, Barretos, Araraquara, Jaú e Bauru.

A mesma autora também estimou a disposição a pagar pela população pelo fim das queimadas na cidade de Ribeirão Preto. O resultado encontrado, utilizando o método de valoração contingente, foi que o custo da poluição gerada pela queima da cana à população ribeirã seria em torno de 180 milhões de reais para o período de 2009 a 2017. O resultado encontrado por Fernandes (2008) é bem divergente do que encontrado no presente trabalho. A razão principal para tal discrepância é o diferente modelo estimado, pois o método de valoração contingente mensura a disposição máxima a pagar para que acabar com o problema da poluição. Quando os entrevistados revelam tal valor, eles estão considerando todos os malefícios trazidos pela queima da cana, desde o trabalho para se lavar a calçada que fica suja pelo carvãozinho até a possibilidade de contrair doenças mais graves como câncer ou mesmo a morte. Enquanto que o presente trabalho estimou apenas os custos hospitalares decorrentes de uma eventual internação, e os custos gerados pela perda de dias de trabalho relacionado ao fato de a pessoa estar internada.

O estudo, Cançado (2003) teve como resultado que quando a concentração de material particulado ultra-fino por metro aumenta 10 microgramas, ocorre um aumento de 20% nas internações por doenças respiratórias em crianças e adolescentes. E também que no período da queima da cana, as internações por doenças respiratórias aumenta 3,5 vezes, comparado ao período da não-queima na cidade de Piracicaba. Já o presente trabalho pôde mostrar que um aumento de 10 microgramas de material particulado na atmosfera faz com que as internações aumentem aproximadamente 12% na população em geral. Não foi calculado o impacto da queima da cana sobre as crianças e os idosos, pois não era o objetivo do trabalho encontrar tal relação.

Ainda citando Cançado (2003) o autor fala que a utilização do álcool como combustível de veículos, trouxe benefícios para o meio ambiente e para a saúde da população, principalmente a as que vivem em grandes cidades. Entretanto, seu estudo realizado na cidade de Piracicaba, onde há grandes plantações de cana-de-açúcar, mostra que essa cultura faz gerar uma grande quantidade de poluentes atmosféricos.

Consideração parecida com essa é citada por Roseiro; Takaynagui (2005) argumentando que o progresso econômico alavancado pela produção de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto não é tão benéfico assim para a sociedade, pois esse tipo de crescimento econômico não é o desejável, uma vez que é feito causando impactos negativos na saúde da população toda.

Além dos custos com a saúde, há uma diversidade de trabalhos que falam sobre outros aspectos negativos da queima da cana-de-açúcar, como elucidado em Langowski (2007) que diz que a queima da cana causa impactos ambientais atingindo a fauna e por vezes se alastrando pelas áreas florestadas circunvizinhas, atingindo também a flora; impõe ao trabalhador condições inadequadas de trabalho, além de impor também a obrigatoriedade de produção além de suas forças, o que acaba causando morte de trabalhadores por fadiga.

Oliveira (1994) destaca que as queimadas levam à deterioração da camada fértil do solo devido à perda para a atmosfera de parte de seus nutrientes na forma de gases (N, S, P) ou partículas extremamente pequenas (Ca, K, P). Já Bohm(2000) diz que as queimadas dos canaviais na pré-colheita também aumentam o risco de acidentes nas rodovias, em decorrência da menor visibilidade causada pela fumaça. Lara (2000) comenta sobre a produção de chuva ácida associada à emissão de poluentes provenientes de queima de biomassa nas regiões canavieiras e seus principais efeitos são a acidificação de solos e dos sistemas aquáticos. Oliveira (1991) destaca ainda o maior consumo de água nas cidades com canaviais, devido à sujeira causada pela fuligem da cana, justamente na época de maior estiagem do ano. Colluci (1992) destaca que o consumo de água em Ribeirão Preto aumenta 50% durante a safra. Além disso, quando a palha da cana é queimada na pré-colheita, há o aumento do consumo de água no processo industrial de produção do açúcar e álcool, pois a palha da cana queimada se torna mais pegajosa, facilitando a aderência de material adverso, como terra, cinzas, palhas, insetos, etc., necessitando ser lavada na pré-produção (Ferreira, 1992).

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como citado anteriormente, algumas limitações ocorrem com o modelo dose-resposta estimado, entre eles, a dificuldade de mensurar o valor exato da produção mensal de cana-de-açúcar na região de Ribeirão Preto. Esse problema foi solucionado fazendo uma estimativa para a produção no Escritório de Desenvolvimento Rural de Ribeirão Preto, a partir de dados para toda produção paulista. Mas, mesmo com tais limitações, o resultado encontrado se mostrou consistente e bem semelhante com resultados encontrados por outros estudos parecidos.

O objetivo geral do trabalho era verificar qual o impacto que as queimadas nos canaviais têm sobre bem-estar da população na região de Ribeirão Preto. Os resultados apresentados dão uma boa noção do tamanho desse problema. O estudo considerou o efeito das queimadas apenas sobre a saúde da população, que é apenas uma pequena parte do bem-estar.

O valor estimado, R\$ 905.603,36, gasto pelo estado pelo tratamento em hospitais do SUS de pessoas atingidas pelos efeitos adversos da queimada poderia ter outro destino, como a melhoria de escolas ou do próprio sistema de saúde, que há tempos apresenta problemas estruturais.

Se comparar os custos das máquinas com os valores estimados pelo estudo, pode-se pensar que não é economicamente viável a mecanização. Mas, como dito anteriormente, esses valores encontrados estão subestimados, pois o custo de oportunidade da queima da cana é bem maior que esse. Além disso, deve-se considerar o fato que a população é atingida de forma constante por anos e anos e isso vai piorando a saúde de cada indivíduo gradativamente e não de forma aguda. Além disso, a palha da cana que é queimada poderia estar sendo utilizado para gerar energia elétrica, como já ocorrem em muitas usinas.

Foi também demonstrada uma relação clara entre as queimadas e a piora da qualidade do ar. É bem visível a variação que a qualidade do ar apresenta ao longo do ano, principalmente se comparar o período da queima da cana com o período em que essa prática não ocorre.

Como não é de interesse da maioria dos usineiros o fim das queimadas, somente Leis bem elaboradas e fiscalização rígidas podem atenuar esse problema, por isso é fundamental o papel do Estado nesse sentido, pois ele geralmente é o único capaz de fazer com que as externalidades sejam internalizadas.

8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, F.J.C. *Modernização da agricultura e sindicalismo: lutas dos trabalhadores assalariados rurais da região canavieira de Ribeirão Preto*. Campinas, 1991. 347f. Tese (Doutorado em Economia) - Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

ARBEX, M.A. *Avaliação dos efeitos do material particulado proveniente da queima da plantação da cana-de-açúcar sobre a morbidade respiratória na população de Araraquara – SP*. São Paulo, 2002. 188 p. Tese (Doutorado) - Faculdade de Medicina, Universidade de São Paulo.

AVÓLIO, E.G. *Da (i)licitude das queimadas da palha da cana-de-açúcar*. São Carlos, SP - 2002. 218f. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2002.

BAKONYI, S.M.C.; Oliveira D.; Poluição do Ar e Doenças Respiratórias em Crianças na Cidade de Curitiba/PR. *Revista de Saúde Pública / Journal of Public Health*, São Paulo, v. 38, n. 5, p. 695-700, 2004.

BATEMAN, I.; TURNER, K.; “*Valuation of the Environment, Methods and Techniques: The Contingent Valuation Method*”; Capítulo 5 de *Sustainable Environmental Economics and Management*; London and New York: Belhaven, 1992.

BOHM, G.M. *Queima da cana-de-açúcar e saúde humana*. STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos, v. 16, n. 4, p. 40-41, 2000.

CANÇADO, J.E.D. *A poluição atmosférica e sua relação com a saúde humana na região canavieira de Piracicaba - SP*. São Paulo, 2003. Tese (Doutorado em Ciências-Área de Concentração: Patologia da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo) 2003.

CETESB. *A cana-de-açúcar e o meio ambiente no Estado de São Paulo*. p. 45-51, 1993.

CETESB. Departamento de Qualidade Ambiental. *Resumo dos estudos em locais influenciados diretamente pelas queimadas de cana*. São Paulo, CETESB, 1999.

CETESB. *Relatório de qualidade do ar no estado de São Paulo*. p. 194, 2006.

CHRISTAINSEN, G.B.; DEGEN, C.G. Air pollution and morbidity rates: a note on Lave and Seskin’s pooling of cross-section and time series data. *Journal of Environmental Economics and Management*, v.3, p 1-44, 1960.

COLLUCI, C. *Consumo de água aumenta 50% na safra*. Folha de São Paulo – Caderno Folha Nordeste, São Paulo, SP, p. 6, 11 de junho de 1992.

CRIVANO. Próalcool: Uma avaliação global. São Paulo: Astel, 1991.

CROPPER, M. L.; SIMON, N. B. Valuing the health effects of air pollution. *Dec Notes: Research Findings*, World Bank Staff, v.7, 1996.

- CROPPER, M.L.; Measuring the benefits from reduced morbidity. *American Economic Review*, v.71, 1981.
- CRUTZEN, P.J.; ANDREAE, M. O. *Biomass burning in the tropics: Impact on atmospheric chemistry and biogeochemical cycles*. *Science*, v. 250, 1990.
- DELGADO, A.A. *Os efeitos da queima dos canaviais*. Piracicaba, 1985. STAB _ Açúcar, Álcool e Subprodutos, v. 3, no 6, julho-agosto de 1985.
- DIAZ, M.C.V.; NEPSTAD, D.; MENDONÇA, M.J.C.; MOTTA, R.S.; ALENCAR, A.; GOMES, J.C.; ORTIZ, R.A. *O preço oculto do fogo na Amazônia: os custos econômicos associados às queimadas e incêndios florestais*. Relatório de pesquisa IPAM, IPEA & WHRC, 2002. Disponível em: <<http://www.amazonia.org.br/arquivos/29961.pdf>>. Acesso em 25/05/2008.
- ESTEVES, G.R.T.; SEIXAS, S.R.C.B.; SILVA, E.P. ; DUARTE, P. *Estimativas do Efeito da Poluição Atmosférica sobre a Saúde Humana: algumas possibilidades metodológicas e teóricas para cidade de São Paulo*. São Paulo. INTERFACEHS, v. 1, p. 4, 2007
- FERNANDES, R.N. *Efeito das queimadas de cana-de-açúcar sobre o bem-estar das famílias: uma aplicação do Método de Avaliação de Contingente*. Ribeirão Preto, 2008. 91fls. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto da Universidade de São Paulo.
- FRANCO, A.R. *Aspectos epidemiológicos da queimada de canaviais na região de Ribeirão Preto*. Ribeirão Preto, 1992. Centro de Estudos Brasileiros.
- FREDO, C.E.; VICENTE, M.C.M.; BAPTISTELLA, C.S.L.; VEIGA, J.E.R. Índice de mecanização na colheita da cana-de-açúcar no estado de São Paulo e nas regiões produtoras paulistas. *Análise e Indicadores do Agronegócio*. Volume 3, nº3 – março de 2008. ISSN: 1980-0711.
- FREITAS, C.; BREMNER, S.A.; GOUVEIA, N.; PEREIRA, L.A.A.; SALDIVA, P. H. N. (2004): Internações e óbitos e sua relação com a poluição atmosférica em São Paulo, 1993-1997. *Revista de Saúde Pública*, vol 38, nº 6, Dezembro de 2004, São Paulo.
- FREITAS, C.U.; PEREIRA, L.A.; SALDIVA, P.H.N. *Vigilância dos efeitos na saúde decorrentes da poluição atmosférica: estudo de factibilidade*. São Paulo, 1999.
- GONÇALVES, D.B. *Os dilemas do desenvolvimento sustentável na produção canavieira paulista*. São Carlos, 2005. 256f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Departamento de Engenharia de Produção, Universidade Federal de São Carlos, 2005.
- GOUVEIA, N.; BREMMER, S.A.; NOVAES, H.M.D. Association between ambient air pollution and birth weight in São Paulo, Brazil. *Journal of Epidemiology and Community Health*, Grã-Bretanha, v. 58, p. 11-17, 2004.
- HANLEY, N. SPASH, C.L. *Cost-Benefit Analysis and the Environment*. Hants, Inglaterra: Edward Elgar, 1993, 278 p.

HUFSCHMIDT, M.M.; JAMES, D.E.; MEISTER, A.D.; BOWER, B.T. e. DIXON, J.A. *Environment, Natural Systems, and Development: An Economic Valuation Guide*. Baltimore, EUA: Johns Hopkins University Press, 1983, 338 p.

INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. *Área e Produção dos principais produtos da agropecuária no estado de São Paulo*. <http://www.iea.sp.gov.br/out/banco/menu.php>

JENKINS, B.M. *Atmospheric pollutant emission factors from open burning of sugar cane by wind tunnel simulations*. Hawaiian Sugar Planter's Association Aiea, Hawaii, 1995.

JUNGER, W. L.; CUNHA-CRUZ, J.; CUNHA, C.B.; DE LEON, A.P.; MENDONÇA, G.A.S.; *Poluição do ar e efeitos na saúde: uma abordagem dos estudos de séries temporais*. In: III Congresso Interamericano de Qualidade de Ar, 2003, Canoas, 2003.

KNIGHT, V.; YOUNG, C.E.F. *Custo da Poluição gerada pelos ônibus urbanos na RMSP*. In: XXXIV Encontro Nacional de Economia, 2006, Salvador. 34º Encontro Nacional de Economia, 2006.

LANGOWSKI, E. *Queima da cana - Uma prática usada e abusada*. Disponível em: <http://www.apromac.org.br/QUEIMA%20DA%20CANA.pdf>

LARA, B.L.S.L. *Caracterização Química da Precipitação na Bacia do Rio Piracicaba: Variabilidade Espacial e Temporal*. Piracicaba, 2000. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agronomia (CENA), Universidade de São Paulo.

LAVE, L.B.; SESKIN, E.P. Air pollution and human health. *Science*, v.169, p. 723-733, 1970.

MACEDO, Z.L. Os limites da economia na gestão ambiental. *Margem*. São Paulo, nº 15, p. 203-222, junho-2002.

MAGALHÃES J.P.A.; KUPERMAN, N.; MACHADO, R.C. *Próalcool, uma avaliação global*. Rio de Janeiro, Astel, Assessores Técnicos, 1991.

MAGALHÃES, J.P.A.; KUPERMAN, N.; MACHADO, R.; MARINHO, E.V.A.; KIRCHHOFF V.W.H. *Projeto fogo: um experimento para avaliar efeitos das queimadas de cana-de-açúcar na baixa temperatura*. Revista Bras. Geofísica, v. 9, p. 107-19, 1991.

MELO, A. S. S. de A.; SILVA, M. P. *Estimando o valor da "externalidade positiva" do uso da vinhaça na produção de cana de açúcar: um estudo de caso*. (www.ecoeco.org.br/pdf/e4_m4_a2.pdf)

MOREIRA, M.S.T.E. *Custos da poluição atmosférica no município de São Paulo: uma avaliação pela morbidade*. São Paulo, 1999. Tese (Doutorado em Economia da Faculdade de Economia e Administração da Universidade de São Paulo). 1999.

MOTTA, R.S., *Manual para Valoração Econômica de Recursos Ambientais*. Brasília, IPEA/MMA/PNUD/CNPq. 1998.

NABAIS, R.M.M.A.C. *Alguns aspectos relativos à queima de canaviais*. Piracicaba, CETESB, 1981.

NOGUEIRA, J.M.; MEDEIROS, M.A.A. *Quanto vale aquilo que não tem valor? Valor de existência, economia e meio ambiente*. Recife, 1997. Anais do XXV Encontro Nacional de Economia (ANPEC), Volume 2, dezembro 1997, pp.861-879.

OLIVEIRA, E.A. *Norma Técnica sobre o “Emprego do Fogo na Colheita da Cana-de-Açúcar”*. Resolução SAA/SMA de 23/07/91. Ed. CETESB, São Paulo, SP, Relatório Técnico, 1991.

OLIVEIRA, M.E. Efeitos do fogo sobre o solo. *Floresta e Ambiente*, v. 1, 1994.

OSTRO, B. Air pollution and morbidity revisited: a specification test. *Journal of Environmental Economics and Management*, v. 14, 1987.

PATERLINI, W.C. *Fotodegradação de herbicidas utilizando processo foto-Fenton*. Araraquara, 2002. Dissertação de Mestrado. Instituto de Química de Araraquara da Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. 2002.

PEARCE, D. *Economic values and the natural world*. Londres: Earthscan Publications, 1993, 129 p.

PINDYCK, R.S.; RUBINFELD, D.L. *Microeconomia*. São Paulo: Prentice-Hall, 2002.

RIPOLI, M.L.C. *Mapeamento do Palhiço Enfardado de Cana-de-Açúcar (Saccharum spp.) e do seu Potencial Energético*. Piracicaba, 2002. 91 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

ROSEIRO, M.N.V.; TAKAYANAGUI, A.M.M. *Meio ambiente e poluição atmosférica: o caso da cana-de-açúcar*. Santa Maria-RS. Revista do Centro de Ciências da Saúde (Santa Maria/RS), v. 30, p. 76-83, 2005.

SALA, J.F. *Valoração dos Custos Ambientais Relacionados à Saúde - Estudo de Caso: Setor Transportes da Cidade de São Paulo*. Rio de Janeiro, 1999 Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio de Janeiro, 1999.

SEADE. *Perfil Municipal*. Disponível em <http://www.seade.gov.br/produtos/perfil/>

SILVA, G. M. de A., OLIVEIRA, E. R. de. O fornecedor de cana e o setor sucroalcooleiro. *Agroanalysis*, mar. 1995, p.16.

SILVA, M.G. *Análise da Qualidade do Ar com Base no Fluxo de Veículos e Variáveis Climáticas*. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

SUS, 2006. *Datasus. Morbidade*. Acessado em 19/10/2005. Disponível em <http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/tabcgi.exe?sih/cnv/miSP.def>

TOLMASQUIM, M.T.; MOTTA, R.S.; ROVERE, E.L.L.; MONTEIRO, A.G.; BARATA, M.M.L.; *Metodologia de Valoração das Externalidades Ambientais da Geração Hidrelétrica e Termelétrica com vistas a sua Incorporação no Planejamento de Longo Prazo do Setor Elétrico*. Rio de Janeiro, 1998.

VARIAN, H.R. *Microeconomia: princípios básicos* (tradução da 2a. edição). Rio de Janeiro: Campus, 1994, 710 p.

WHO - WORLD HEALTH ORGANIZATION. *Health Guidelines for Vegetation Fire Events*. ed. SCHWELA, D.H., GOLDAMMER, J.G., MORAWSKA, L.H., SIMPSON, O. Geneva, World Health Organization, 1999.

WOOLDRIDGE, J.M. *Introdução à Econometria: uma abordagem moderna*. 2ª ed. Michigan: Thonsom, 2006.

ZANCUL, A. *O efeito da queimada de cana de açúcar na qualidade de ar da região de Araraquara*. São Carlos-SP, 1998. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.