

GUSTAVO SOARES LEÃO

**ESTUDO ESPAÇO-TEMPORAL DA MORTALIDADE E MORBIDADE
POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS NO MUNICÍPIO DE BOTUCATU,
SÃO PAULO.**

**CAMPINAS
2012**



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Ciências Médicas

**ESTUDO ESPAÇO-TEMPORAL DA MORTALIDADE E MORBIDADE POR
DOENÇAS RESPIRATÓRIAS NO MUNICÍPIO DE BOTUCATU, SÃO PAULO.**

Gustavo Soares Leão

Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Saúde Coletiva, Departamento de Saúde Coletiva da Faculdade de Ciências Médicas da Universidade de Campinas para obtenção do título de Mestre em Saúde Coletiva, na área de concentração Epidemiologia.

Orientador: Prof. Dr. Roberto Wagner Lourenço

**CAMPINAS
2012**

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
ROSANA EVANGELISTA PODEROOSO – CRB8/6652
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE CIÊNCIAS MÉDICAS
UNICAMP

L476e Leão, Gustavo Soares, 1979 -
 Estudo espaço-temporal da mortalidade e
 morbidade por doenças respiratórias no município de
 Botucatu, São Paulo / Gustavo Soares Leão. --
 Campinas, SP : [s.n.], 2012.

 Orientador : Roberto Wagner Lourenço.
 Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual de
 Campinas, Faculdade de Ciências Médicas.

 1. Ar - Poluição. 2. Doenças respiratórias. 3.
 Mortalidade. 4. Morbidade. 5. Sistema de informação
 geográfica. I. Lourenço, Roberto Wagner. II.
 Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
 Ciências Médicas. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em inglês: Space-Time Study of Mortality and Morbidity for Respiratory Diseases in the city of Botucatu, São Paulo.

Palavras-chave em inglês:

Air pollution

Respiratory diseases

Mortality

Morbidity

Geographic Information System

Área de Concentração: Epidemiologia

Titulação: Mestre em Saúde Coletiva

Banca examinadora:

Roberto Wagner Lourenço [Orientador]

Regina Célia de Oliveira

Leonardo Fernandes Fraceto

Data da defesa: 31-05-2012

Programa de Pós-Graduação: Saúde Coletiva

Banca Examinadora de Dissertação de Mestrado

GUSTAVO SOARES LEÃO

Orientador(a): Prof(a). Dr(a). Roberto Wagner Lourenço

Membros:



Professor(a) Doutor(a) Roberto Wagner Lourenço



Professor(a) Doutor(a) Regina Célia de Oliveira



Professor(a) Doutor(a) Leonardo Fernandes Fraceto

Curso de pós-graduação em Saúde Coletiva da Faculdade de Ciências Médicas da
Universidade Estadual de Campinas.

Data: 31 de maio de 2012

*Ao meu jovem filho Cauê Leão,
pela inesgotável força nas horas
de intempéries do caminho.*

AGRADECIMENTOS

Ao orientador Prof. Dr. Roberto Wagner Lourenço pelo apoio e ensinamento nos momentos de dificuldades superadas e minha admiração pela simplicidade e dedicação.

Ao Departamento de Saúde Coletiva da Faculdade de Ciências Médicas da Unicamp pelo profissionalismo na conduta da Ciência, Pesquisa e Ensino.

Ao Pai Ermano Leão, Mãe Vânia Soares e Irmãos Marcelo e Vanessa pela oportunidade do berço e inspiração para continuar.

A toda equipe da Secretaria Municipal de Meio Ambiente da Estância Turística do Município de Ibiúna / SP, pela compreensão nos momentos de ausência.

A grande amiga Ana Luiza, que brilhantemente representa os discentes deste Programa, pela paixão que incentiva e fortalece nos momentos de fragilidade e principalmente, pela esperança que transmite.

A Elena pelo companheirismo, respeito e atenção.

Aos amigos que compartilharam desse caminho com sugestões, presenças, ausências, amor, perseverança e principalmente, aqueles que como exemplo, foram em busca de seus sonhos, com força, transformação, chegadas e partidas para o mundo.

*“as relações entre o homem e a natureza são
hoje, na verdade, as relações da sociedade
com a sociedade”
Milton Santos*

RESUMO

Foi realizado um estudo ecológico entre os anos de 2003 a 2010 com dados mensais sobre o número de mortalidade e morbidade por doenças respiratórias, áreas destinadas a monocultura de cana de açúcar e a distribuição espacial dos focos de queimadas no município de Botucatu, SP. Os dados foram extraídos, respectivamente, das bases de dados DATASUS e do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). A associação dos dados foi analisada considerando a determinação de cenários elaborados através da utilização de ferramentas de Sistema de Informação Geográfica – SIG e seus indicadores da transformação e ocupação do território do município estudado. Esse estudo teve como objetivo demonstrar a relação da mortalidade e morbidade por fatores respiratórios no município de Botucatu, a dispersão espacial dos registros dos focos de queimada e área plantada para monocultura de cana de açúcar, assim como analisar a correlação entre as variáveis de interesse. As análises sugerem uma relação entre as emissões de poluentes derivados da queima de cana de açúcar com os níveis de mortalidade e morbidade. Esse estudo possibilitou observar, na mesma perspectiva, dados sobre a exposição humana aos compostos produzidos em queimadas e os problemas de saúde respiratória que impactaram a população.

Palavras-chave: Poluição do ar, doenças respiratórias, mortalidade, morbidade, SIG.

ABSTRACT

An ecological study conducted between the years 2003 to 2010 with monthly data on the number of mortality and morbidity from respiratory diseases, areas for monoculture of sugar cane and spatial distribution of outbreaks of fires in Botucatu, São Paulo. Data were extracted, respectively, of databases DATASUS AND THE Institute for Space Research (INPE). The association of the data was analyzed for determination of scenarios developed through the use of tools of Geographic Information System – GIS and these indicators of transformation and occupation of the territory of the municipality. This study aimed to demonstrate the relationship of mortality and morbidity due to respiratory factors in Botucatu, the spatial dispersion of records of outbreaks of fire and the area planted to sugar cane monoculture, as well as to analyze the correlation between variables of interest. The analyzes suggest a relationship between emissions of pollutants derived from burning of sugar cane with the levels of mortality and morbidity. This study allowed to observe in the same perspective, data on human exposure to the chemicals produced in fires and respiratory health problems that impacted the population.

Keywords: Air pollution, respiratory diseases, mortality, morbidity, GIS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ACV: Avaliação de Ciclo de Vida;
- CANASAT: Sistema de monitoramento de área destinada a produção de cana de açúcar no Brasil – disponível no INPE;
- CETESB: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo;
- CID 10: Código Internacional de Doenças;
- CO: Monóxido de Carbono;
- CO₂: Dióxido de Carbono;
- COV: Compostos Orgânicos Voláteis;
- CONAMA: Conselho Nacional de Meio Ambiente;
- CWA: Clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno, e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C;
- DATASUS: Base de Dados do Sistema Único de Saúde;
- DPI: Departamento de Processamento de Imagens;
- IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística;
- INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais;
- IPCC: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas;
- NO₂ : Dióxido de Nitrogênio;
- NO_x : Óxidos de Nitrogênio;
- OMS: Organização Mundial de Saúde;
- ONU: Organização das Nações Unidas;
- OPAS: Organização Panamericana de Saúde;
- PM₁₀ : Material Particulado - tamanho de 10 microgramas;
- PM_{2,5} : Material Particulado – tamanho de 2.5 microgramas;
- SIG: Sistema de Informações Geográficas;
- SO₂: Dóxido de Enxofre;
- UNICA: União da Indústria de Cana de Açúcar.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01: Localização da área de estudo	42
Figura 02: Número de doentes por mês no ano de 2003	50
Figura 03: Número de doentes por mês no ano de 2004	50
Figura 04: Número de doentes por mês no ano de 2005	50
Figura 05: Número de doentes por mês no ano de 2006	50
Figura 06: Número de doentes por mês no ano de 2007	50
Figura 07: Número de doentes por mês no ano de 2008	50
Figura 08 - Número de doentes por mês no ano de 2009	51
Figura 09: Número de doentes por mês no ano de 2010	51
Figura 10: Evolução da morbidade entre os anos de 2003 a 2010	51
Figura 11: Número de óbitos por mês no ano de 2003	52
Figura 12: Número de óbitos por mês no ano de 2004	52
Figura 13: Número de óbitos por mês no ano de 2005	53
Figura 14: Número de óbitos por mês no ano de 2006	53
Figura 15: Número de óbitos por mês no ano de 2007	53
Figura 16: Número de óbitos por mês no ano de 2008	53
Figura 17: Número de óbitos por mês no ano de 2009	53
Figura 18: Número de óbitos por mês no ano de 2010	53
Figura 19: Evolução do número de óbitos entre os anos de 2003 a 2010	54
Figura 20: Distribuição das principais diagnoses para óbitos no ano de 2003	55
Figura 21: Distribuição das principais diagnoses para óbitos no ano de 2004	55
Figura 22: Distribuição das principais diagnoses para óbitos no ano de 2005	55
Figura 23: Distribuição das principais diagnoses para óbitos no ano de 2006	55
Figura 24: Distribuição das principais diagnoses para óbitos no ano de 2007	56

Figura 25: Distribuição das principais diagnoses para óbitos no ano de 2008	56
Figura 26: Distribuição das principais diagnoses para óbitos no ano de 2009	56
Figura 27: Distribuição das principais diagnoses para óbitos no ano de 2010	56
Figura 28: Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana no ano de 2003	58
Figura 29: Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana no ano de 2004	59
Figura 30: Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana no ano de 2005	59
Figura 31: Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana no ano de 2006	60
Figura 32: Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana no ano de 2007	60
Figura 33: Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana no ano de 2008	61
Figura 34: Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana no ano de 2009	61
Figura 35: Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana no ano de 2010	62
Figura 36: Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana entre os anos de 2003 e 2010	64
Figura 37: Evolução da área total de cana de açúcar plantada no período de 2003 a 2010 no município de Botucatu / SP	65
Figura 38: Diagrama de dispersão para os índices de morbidade e as emissões de óxido nitrogênio	60
Figura 39: Diagrama de dispersão para os índices de morbidade e as emissões de material particulado	60
Figura 40: Diagrama de dispersão para os índices de morbidade e	60

as emissões de hidrocarboneto	
Figura 41: Diagrama de dispersão para os índices de morbidade e as emissões de monóxido de carbono	60
Figura 42: Diagrama de dispersão para os índices de mortalidade e as emissões de óxido nitrogênio	71
Figura 44: Diagrama de dispersão para os índices de mortalidade e as emissões de material particulado	71
Figura 45: Diagrama de dispersão para os índices de mortalidade e as emissões de hidrocarboneto	72
Figura 46: Diagrama de dispersão para os índices de mortalidade e as emissões de monóxido de carbono	72

LISTA DE QUADROS E TABELAS

Tabela 01: Padrões de qualidade do ar, segundo resolução CONAMA 003/90	36
Tabela 02: Tabela de interpretação dos resultados para o Teste <i>t</i> -Student	45
Tabela 03: Principais diagnoses para mortalidade por fatores respiratórios entre os anos de 2003 e 2010	57
Tabela 04: Área total plantada de cana de açúcar por ano de estudo	65
Tabela 05: Número de focos de queimada por ano de estudo para o Município de Botucatu / SP, segundo Programa CANASAT / INPE	66
Tabela 06: Emissão de poluentes e áreas de produção	68
Tabela 07: Exposição das variáveis de análise	69
Tabela 08: Correlação de Pearson para variável dependente Morbidade	69
Tabela 09: Correlação de Pearson para variável dependente Mortalidade	71

Sumário

1. Introdução	27
2. Revisão Bibliográfica	29
2.1. A mortalidade e morbidade no contexto social	29
2.2. Poluentes Atmosféricos e Seus Efeitos à Saúde Humana	31
2.3. Doenças respiratórias	33
2.4. Fatores que Influenciam a Dispersão dos Poluentes Atmosféricos	35
2.5. Fundamentação Legal	35
2.6 Principais poluentes provenientes da combustão de biomassas.	36
2.7 Produções de cana de açúcar no Brasil e no Estado de São Paulo e seus efeitos na saúde	38
2.8 Geografia e Saúde	39
3. Objetivos	40
3.1. Objetivo Geral	40
3.2. Objetivos Específicos	41
4. Materiais e Métodos	41
4.1 Materiais	41
4.1.1 Área de Estudo	41
4.1.2 Base Cartográfica	43
4.1.3 Dados de Mortalidade e Morbidade Geral por fatores respiratórios	43
4.1.4 Dados de distribuição dos focos de queimada	43
4.1.5 Dados de área (ha) de produção de cana de açúcar	43
4.1.6 Software de Geoprocessamento e Análise Espacial	43
4.1.7 Software de Análise Estatística e Tratamento de Planilhas	43
4.2. Metodologia	44
4.2.1. Base Cartográfica, Software de Análise Espacial e Geoprocessamento.	44
4.2.2 Dados de Mortalidade e Morbidade Geral por fatores respiratórios	44
4.2.3 Dados de distribuição dos focos de queimada	44

4.2.4 Tratamento de Planilhas e Software de Análise Estatística	45
4.2.5. Regressão Múltipla Linear dos Dados de Morbidade, Mortalidade e de Poluição Atmosférica	48
5. Resultados e discussão	49
5.1 O cenário da morbidade e mortalidade geral por fatores respiratórios	49
5.1.1 Evolução da Morbidade por fatores respiratórios para os anos de 2003 a 2010	50
5.1.2 Evolução dos óbitos por fatores respiratórios para os anos de 2003 a 2010	52
5.1.2.1 Evolução das principais diagnoses dos óbitos por fatores respiratórios para os anos de 2003 a 2010	54
5.2. Distribuição dos focos de queimada e sua relação espacial com as áreas destinadas a produção de cana de açúcar	58
5.3. Cálculo de área produtiva e emissão de poluentes.	66
5.4. Análise Estatística	68
6. Conclusões	73
7. Referencias	75

1. Introdução

Muitos trabalhos têm buscado entender os efeitos das relações entre o homem e o meio, desde pelo menos, a Antigüidade Clássica. A descrição de lugares, das paisagens e das sociedades humanas é um exemplo dessas características, contidas, por exemplo, na obra “*História*” de Heródoto escrita por volta de 400 a.C (KURY, 1985) ou ainda a obra “*Dos ares, dos mares e dos lugares*”, de Hipócrates, a primeira obra conhecida a tratar de condição geográfica na saúde das pessoas. Porém, sabe-se que estas obras, apesar de conteúdo muito variado, apresentam outro modelo de racionalidade, afastando-se da racionalidade científica - metodológica dominante na produção do conhecimento a partir do século XVIII. Foi somente em fins do século XVIII e início do século XIX que obras com certa unidade temática, sistematização metodológica e científica, no âmbito das áreas da geografia e da medicina, foram apresentadas (KURY, 1985; MORAES, 1984).

A interface entre a geografia científica e a medicina, resultou nos primeiros trabalhos sistemáticos de geografia médica, voltados à descrição minuciosa da distribuição regional das doenças e das populações a elas associadas, no que se configurou na área do conhecimento denominado epidemiologia.

O trabalho de cartografia conhecido como a “*Atlas de Geografia Médica*” da segunda metade do século XIX, que orientavam obras de saneamento ambiental e, especialmente, fundamentava medidas preventivas a serem tomadas pelos exércitos europeus, em caso de ocupação militar de territórios insalubres de áreas tropicais, são importantes estudos dessa época. Outros, como a obra coletiva organizada por McGlashan e os amplamente referidos por Sorre em 1943, na elaboração de sua geografia médica, podem ser citados de importante contribuição no contexto dos estudos da interação homem, ambiente e sociedade (MEGALE, 1984).

Essa aproximação entre a geografia e a epidemiologia resultou, essencialmente, em um intercâmbio de métodos de análise (cartografia, bioestatística, biologia e ecologia), de caráter descritivo que se ocupavam em

estudar padrões de distribuição regional de doenças, como por exemplo, a “*Introdução à geografia médica do Brasil*” (FERREIRA, 1991; LACAZ, 1972).

A proposta da teoria dos focos naturais das doenças humanas, que por três séculos orientaram diretamente as investigações sobre os impactos epidemiológicos decorrentes da ocupação pelo homem de terras inóspitas do território soviético são também típicos exemplos de sucesso desses estudos (PAVLOVSKY, 1939).

Assim, as investigações que tratam o conceito original de *interdisciplinaridade* de modo a torná-lo um instrumento de análise e de integração entre diferentes ciências, são maneiras de buscar ampliar o poder analítico e explicativo das relações entre o meio físico, as condições econômicas, sociais e a saúde das pessoas (SANTOS, 1988). Esta realidade é freqüentemente utilizada em estudos epidemiológicos, ainda podendo-se associar outras situações, como sexo, idade e classe social.

Este tipo de análise tem servido muito bem a estudos exploratórios, mas não permitem por si só a incorporação do espaço e seus elementos no âmbito da pesquisa geográfica e epidemiológica. Assim, é possível adicionar a categoria espaço geográfico a uma série de variáveis inter-relacionadas, não sendo possível isolar os fatores ambientais dos demais nas análises epidemiológicas, pois o espaço é resultado da “acumulação desigual dos tempos”. Esta categoria adquire valor importante na análise de eventos de saúde através do inter-relacionamento de seus próprios significados. Sendo o espaço resultado da ação da sociedade sobre a natureza, sua configuração incorpora a estrutura social e sua dinâmica (SANTOS, 1988).

Desta forma, incorporar a categoria espaço em estudos de saúde significa estabelecer diferenciações entre conjuntos de regiões conforme características que as distingam e também introduzir a variável localização nestes estudos. Pressupõe discutir diferenças entre estas regiões e sua relação com a estrutura espacial na qual estão inseridas.

Para desenvolver estas questões pertinentes a incorporação do espaço geográfico em questões de saúde, tem-se utilizado o geoprocessamento nas

análises de ambiente e saúde, procurando fundamentação metodológica em alguns conceitos desenvolvidos na Geografia e na Epidemiologia com propostas baseadas em um conjunto de técnicas de análise espacial e estatística, buscando a integração de variáveis socioambientais (VEDOVATO, 2009).

A aplicação de técnicas de geoprocessamento através de ferramentas de Sistemas de Informações Geográficas (SIG) permite a incorporação de diferentes tipos de informações, como a extensão, localização, tempo e características sócio-econômicas, aos estudos em saúde. Os SIG's permitem a utilização destas variáveis através do processamento e manipulação de diferentes bancos de dados. A disponibilidade de técnicas de processamento de dados permite a identificação de padrões de uso e ocupação do solo com certa facilidade e precisão. Algumas variáveis extraídas destas áreas (densidade de construções, vegetação, hidrografia, renda, escolaridade) podem servir à análise espacial de eventos de saúde por estar relacionada a outras de interesse mais direto (formas de habitação, densidade demográfica e qualidade ambiental).

2. Revisão Bibliográfica

2.1. A mortalidade e morbidade no contexto social

A Organização das Nações Unidas (ONU), em análise da perspectiva do nível de vida populacional nas ultimas décadas, concluiu que as condições de saneamento básico, nutrição, assistência médica entre outras variáveis sociais reflete diretamente nos índices de mortalidade de determinadas populações, e que estes apresentam estreita relação com o espaço geográfico.

A preocupação com a mortalidade, morbidade e suas causas não é um fato recente nas sociedades. Os primeiros estudos que relacionaram as estatísticas de nascimento e mortes datam do século XVII em Londres, Inglaterra (SOERENSEN, 1999). No caso do Brasil, grande parte da população está submetida à baixa qualidade de vida e como conseqüência, tem-se a proliferação de várias enfermidades e o reaparecimento de outras já oficialmente consideradas erradicadas.

Os movimentos migratórios, tanto rurais como urbanos e inter-regionais causados pela busca da sobrevivência, e muitas vezes alimentados pela falsa ilusão de uma vida melhor, provocaram o inchaço das periferias dos principais centros urbanos. Nestas áreas, a falta de infra-estrutura, como o saneamento básico e moradia, tem proporcionado o aparecimento e disseminação de epidemias que se alastram por grande parte das áreas urbanas, principalmente as mais carentes e de maior concentração de pessoas, mostrando mais uma vez estreita relação com o espaço geográfico, ou seja, se a doença é uma manifestação do indivíduo a situação de saúde é uma manifestação do lugar (SANTOS, 1988).

Estudos de áreas periféricas da cidade de São Paulo, Brasil, compararam que a mortalidade está fortemente relacionada com a localização geográfica, pois condições ambientais do lugar influenciaram fortemente as condições de saúde das pessoas (MONTEIRO, 2000), podendo ser, desta forma, estudados com o auxílio dos SIG's, nos quais os mapas são os produtos mais comumente gerados e utilizados como instrumentos de gestão e planejamento em saúde e meio ambiente, além de gráficos, tabelas e relatórios (BARCELLOS e BASTOS, 1996).

Barcellos *et al.* (1998) estudou a importância da qualidade ambiental e do abastecimento de água, na saúde de uma população, demonstrando que através da utilização de SIG é possível sobrepor informações sócio-ambientais que permitem melhor focalização destes grupos e um planejamento direcionado ao saneamento ambiental e a vigilância à saúde.

Cunha *et al.* (2003) aplicaram o geoprocessamento na geração de cadastros de domicílios particulares permanentes. Os resultados mostraram que a produção de material de informação georreferenciada aperfeiçoa economicamente o trabalho de campo, fator importante nos estudos relacionados à mortalidade.

É consensual que estudar a mortalidade e verificar a sua relação espaço-temporal com variáveis atmosféricas em áreas urbanas, por meio de ferramentas de análise espaciais, contribui com significativos avanços no entendimento do contexto em que se verificam fatores determinantes de agravos à saúde e pode

colaborar com a implantação de políticas voltadas à melhoria da saúde de determinadas populações.

2.2. Poluentes Atmosféricos e Seus Efeitos à Saúde Humana

O ar dos centros urbanos vem apresentando, de forma crescente, substâncias inóspitas ou impróprias aos organismos vivos, inclusive aos seres humanos, afetando-os de forma significativa. Algumas das doenças conseqüentes a essas substâncias são as doenças de caráter respiratório e cardíaco (PEREIRA *et al.*, 1998).

Saldiva *et al.* (1994), em estudo sobre a associação entre poluição do ar e mortalidade por doenças respiratórias em crianças no município de São Paulo, Brasil, verificaram que o aumento da concentração de material particulado inalável e os óxidos de nitrogênio são os principais poluentes responsáveis pelos efeitos deletérios sobre o aparelho respiratório.

- **Material Particulado**

Sob a denominação geral de Material Particulado encontra-se um conjunto de poluentes constituídos de poeiras, fumaças e todo tipo de material sólido e líquido que se mantém suspenso na atmosfera por causa de seu pequeno tamanho. As principais fontes de emissão de particulado para a atmosfera são: veículos automotores, processos industriais, queima de biomassa e ressuspensão de poeira do solo. O material particulado pode também se formar na atmosfera a partir de gases como dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COV_s), que são emitidos, principalmente, em atividades de combustão, transformando-se em partículas, resultado de reações químicas no ar. O tamanho das partículas está diretamente associado ao seu potencial para causar problemas à saúde, sendo que quanto menores em tamanho, maiores os danos provocados (CETESB, 2007).

Este tipo de poluente, quando inalado, pode atingir os alvéolos pulmonares, servindo assim, como irritante respiratório, associado ao aumento e piora do quadro de asma em crianças, segundo estudo sobre poluição atmosférica e mortalidade infantil na Cidade do México (LOOMIS *et al.*, 1999). Nascimento *et al.*

(2006), em estudo sobre os efeitos da poluição atmosférica na saúde infantil no município de São José dos Campos, São Paulo, Brasil, verificaram que o poluente PM₁₀ provoca significativo aumento no atendimento hospitalar em crianças com problemas respiratórios, sendo que o seu efeito pode ser notado no mesmo dia da exposição ou em até dois dias procedentes.

- **Óxidos de Nitrogênio (NO_x)**

São considerados importantes contaminantes ambientais, devido a sua participação na chuva ácida e “smog” fotoquímico. Entre os NO_x, o NO e NO₂, são os que representam maior relevância quanto a poluição ambiental. Destes, mais de 95% das emissões estão sob forma de NO.

O NO puro é praticamente inofensivo, mas pode oxidar-se facilmente formando NO₂ através da reação com oxigênio, ozônio e com radicais peróxidos presentes na atmosfera. O NO pode diminuir as concentrações de ozônio na atmosfera, contribuindo com a destruição da cama de ozônio. Sendo o gás NO₂ muito tóxico, a pessoa atingida sente imediata ardência nos olhos, no nariz e nas mucosas em geral. O NO₂ reage com todas as partes do corpo expostas ao ar, pelo e mucosas, provocando danos celulares. Os epitélios (revestimentos celulares) que mais sofrem, são aqueles das vias respiratórias, ocorrendo degenerações celulares e inflamações no sistema respiratório, desde o nariz até a profundidade dos alvéolos pulmonares (MENEZES, 2009).

- **Dióxido de Nitrogênio (NO₂)**

O NO₂ surge da ação da radiação solar sobre o NO formado a partir de processos de combustão de combustíveis fósseis, sendo os veículos automotores, centrais hidrelétricas e processos industriais os principais emissores deste poluente. Já nos ambientes internos, é liberado pela combustão de gás nos fogões e estufas e pelos aquecimentos a querosene. Além disso, tem papel importante na formação de oxidantes fotoquímicos como o ozônio (O₃), (CETESB, 2007; GOMES, 2002).

O efeito tóxico deste poluente é mais acentuado nas crianças, prolongando a duração das queixas respiratórias, sendo que, quando inalado, atinge

predominantemente os brônquios e alvéolos pulmonares, causando irritação, inflamação, bronquite, edema pulmonar e fibrose (GOMES, 2002).

- **Ozônio Troposférico**

O ozônio troposférico formado pelo processo de reações entre os óxidos de nitrogênio e compostos orgânicos voláteis, na presença de luz solar, é um dos poluentes responsáveis pela diminuição da visibilidade, por causar de uma névoa fotoquímica na atmosfera (CETESB, 2007).

Quando inalado, pode atingir as porções mais profundas dos pulmões, podendo causar irritação, inflamação, dificuldade respiratória e fibrose (GOMES, 2002). É um poderoso oxidante, participando de reações intra e extracelulares, com envolvimento de enzimas importantes para o metabolismo. Seu efeito tóxico é mais acentuado em crianças, sendo observada relação entre exposição e internações em crianças (NASCIMENTO *et al.*, 2006; GOMES, 2002).

2.3. Doenças respiratórias

A poluição atmosférica afeta de forma significativa a vida dos seres vivos, entre eles, os seres humanos. Algumas das doenças conseqüentes são as doenças de caráter respiratório (PEREIRA *et.al*, 1998). Segundo Saldiva *et al.* (1991) e Braga *et al.* (1999), a poluição atmosférica tem associação positiva com o aumento dos casos de morbidade e mortalidade, tanto em idosos quanto em crianças, causados por doenças respiratórias.

Martins *et al.* (2002) verificam que os idosos adquirem doenças respiratórias mesmo com índices máximos permitidos de emissões atmosféricas respeitados, e sugerem que os limites de qualidade do ar sejam reavaliados. Neste sentido, Gouveia *et al.* (2003) defendem ser imprescindível um estudo mais detalhado da relação entre as emissões atmosféricas e as doenças conseqüentes. Este detalhamento serviria como subsídio para o planejamento e avaliação de programas de saúde, através da identificação dos grupos populacionais que sofrerão de forma mais aguda os efeitos da exposição aos poluentes e dos níveis de qualidade ambiental em que o processo de exposição ocorre tendo como conseqüência a morbidade ou a mortalidade por doenças respiratórias.

Segundo Shicamura *et al.* (2001), o agravamento das desigualdades sociais e a conseqüente segregação urbana é um fator determinante na saúde dos indivíduos, caracterizando os diferentes perfis de morbi-mortalidade dos grupos populacionais. Complementar a isso, Mendes *et al.* (1990) declara ser de grande importância considerar a heterogeneidade de populações quanto às suas necessidades e acesso aos serviços de saúde para a priorização de ações, visando a gradual diminuição das desigualdades observadas.

Paim *et al.* (1997) defende que a inserção espacial dos grupos humanos no território tende a ser uma alternativa teórico-metodológica para a análise das necessidades e das desigualdades sociais da saúde, servindo como base para formular intervenções capazes de aprimorar as condições de vida e de saúde. Segundo Castro *et al.* (2003), em estudos relacionados às doenças causadas pela poluição atmosférica, afirmam que a caracterização da área em estudo através de indicadores que relacionem a saúde e o ambiente, são de grande utilidade para a ação mais eficaz no controle da emissão dos poluentes, orientando e fornecendo elementos para as tomadas de decisões.

Para a realização de um estudo através da análise espacial com base em dados de saúde da população humana, torna-se necessário considerar tanto os riscos associados à exposição dos indivíduos aos poluentes dispersos desigualmente na atmosfera, bem como esta população está distribuída na área em questão.

Para tal fim, a construção de mapas temáticos permite uma melhor análise observacional dos fenômenos se comparado aos dados dispostos em tabelas. Segundo Bailey e Gatrell (1995), os mapas são instrumentos básicos no campo da saúde pública. Os produtos gerados através de técnicas de geoprocessamento são convertidos em informações que possibilitam a identificação de relações entre a distribuição de agravos à saúde e os condicionantes ambientais, agregando e mapeando variáveis de fontes distintas (LOPES e RIBEIRO, 2006).

2.4. Fatores que Influenciam a Dispersão dos Poluentes Atmosféricos

Os fatores naturais como relevo e clima, podem influenciar na dispersão dos poluentes atmosféricos, de maneira positiva ou negativa, pois o relevo serve como barreira ou depósito de poluentes dependendo das condições e da direção do vento. Já a hidrologia e a umidade do local podem servir como agentes purificadores da atmosfera local (GOMES, 2005).

Em alguns estudos de análise multivariada entre a ocorrência de doenças respiratórias e exposição à poluição atmosférica, adicionam-se variáveis climáticas, como a umidade relativa do ar e a temperatura como forma de controle de confundimento e ajuste de fatores meteorológicos. Exemplos disto é o estudo realizado por Braga *et al.* (2007) sobre a associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil; e o estudo de Moura *et al.* (2008) sobre a qualidade do ar e transtornos respiratórios agudos em crianças.

2.5. Fundamentação Legal

A resolução nº003/90 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA, 1990), estabelece padrões de qualidade do ar para alguns poluentes atmosféricos. Nela, define-se poluente atmosférico como qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

- Impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;
- Inconveniente ao bem-estar público;
- Danoso aos materiais, à fauna e flora;
- Prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Desta forma, estabelece padrões primários e secundários de qualidade do ar, como segue:

- Padrões Primários: Concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

- **Padrões Secundários:** Concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Assim, de acordo com o Art. 3º desta resolução, os padrões de qualidade do ar são estabelecidos de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1. Padrões de qualidade do ar, segundo resolução CONAMA 003/90.

	Padrão Primário	Padrão Secundário
Partículas Totais em Suspensão	Concentração média geométrica anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.	Concentração média geométrica anual de 60 (sessenta) microgramas por metro cúbico de ar.
	Concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 240 (duzentos e quarenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.	Concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.
Dióxido de Nitrogênio	Concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.	Concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.
	Concentração média de 1 (uma) hora de 320 (trezentos e vinte) microgramas por metro cúbico de ar.	Concentração média de 1 (uma) hora de 190 (cento e noventa) microgramas por metro cúbico de ar.
Ozônio	Concentração média de 1 (uma) hora de 160 (cento e sessenta) microgramas por metro cúbico do ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.	
Dióxido de Enxofre	Concentração média aritmética anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.	Concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.
	Concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 365 (trezentos e sessenta e cinco) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.	Concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

2.6. Principais poluentes provenientes da combustão de biomassa

Entende-se por combustão o processo químico pelo qual um material reage rapidamente com o oxigênio do ar produzindo luz e calor intenso, e se dá em três estágios: ignição, combustão com chama e combustão com ausência de chama. Com a combustão são liberados no ar elementos altamente tóxicos, que produzem interferência tanto na saúde humana quanto em condições ambientais.

Os países em desenvolvimento são os maiores produtores desse tipo de poluição. Dados mostram que 80% da combustão de biomassas ocorrem nos trópicos, e é a maior fonte de produção de gases tóxicos, material particulado e gases do efeito estufa no planeta, influencia a química e a física atmosférica e mudam significativamente o pH da água da chuva, e afeta o balanço térmico da atmosfera pela interferência na quantidade de radiação solar refletida para o espaço. (ARBEX *et al.*, 2004).

O Brasil tem contribuído de forma bastante efetiva para incremento desses dados estatísticos, apresentando ao longo do ano uma série de focos de incêndios florestais, concentrados principalmente na região amazônica. Mas o que tem chamado à atenção no país é um tipo de queimada programada, que ocorre anualmente, ao longo dos meses de abril a novembro; a queima da palha da cana de açúcar.

Isso ocorre porque 80% de todo o plantio é colhido de forma manual. A queima proporcionaria uma melhor segurança dos trabalhadores contra ataques de animais peçonhentos e um ritmo mais rápido de trabalho, já que após a queima a cana fica livre do excesso de palha e de ervas daninhas (MARINHO *et al.*, 1991). O problema é que, com esse método de colheita, todos os anos, toneladas de poluentes são lançados na atmosfera, gerando grande impacto ambiental e na saúde humana.

Marinho (1991) chama a atenção para o fato de que a quantidade de matéria seca queimada nos canaviais por ano por unidade de área é 15 vezes maior que a Amazônia, isto é, queima-se 0,5 km por metro quadrado. Além de liberar partículas e aerossóis, as queimadas de cana emitem para atmosfera uma grande quantidade de gases, entre eles o CO₂ (principal gás do efeito estufa), além de gases que formam ozônio, através da oxidação fotoquímica, são CO, CH₄ e hidrocarbonetos não metânicos (HCNM) na presença de NO e NO₂. Ressalta-se que esse ozônio é um potente oxidante e citotóxico, atingindo as porções mais distais das vias aéreas.

Jenkins (1995) relata que, em simulações produzidas em túnel de vento, a emissão de CO, CO₂, NO, SO₂, CH₄, hidrocarbonetos não metânicos, sulfatos e

material particulado além de compostos orgânicos voláteis (COV) e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), como fatores poluentes da queima da cana-de-açúcar. Quanto ao tamanho do material particulado constatou-se uma ampla variação incluindo $PM_{2,5}$ e PM_{10} .

2.7. Produção de cana de açúcar no Brasil e no Estado de São Paulo e seus efeitos na saúde

O Brasil é um dos líderes mundiais de produção e exportação de vários produtos agropecuários, correspondendo ao primeiro produtor de cana de açúcar e exportador de açúcar e álcool do mundo. A partir da década de 1970, a produção de cana de açúcar ganhou impulso devido ao programa Proálcool, ainda mais expressivo a partir de 2003, devido ao aparecimento do automóvel bicomcombustível. Atualmente, sua produção tem sido incentivada pelo interesse de substituir os combustíveis fósseis não renováveis por bicomcombustíveis, como forma de mitigação dos efeitos adversos das emissões de poluentes e atenuar as consequências do Efeito Estufa (IPPC, 2007).

No Brasil os estudos concentram-se no Estado de São Paulo, onde a população de áreas canavieiras fica exposta aos poluentes atmosféricos provenientes da queima.

O Município de Araraquara no Estado de São Paulo tem sediado vários estudos, devido a grande área de monocultura de cana aos seus arredores. Ribeiro (2007) relata importantes considerações sobre a queima da palha da cana de açúcar e seus efeitos a saúde respiratória, citando, importantes contribuições como a de Zacul (1998), que realizou avaliações sobre a qualidade do ar em Araraquara /SP, utilizando laboratórios volantes da CETESB, localizado em área totalmente urbanizada e central. Também em Araraquara, Ribeiro cita uma pesquisa epidemiológica, concluindo que a queima da cana de açúcar pode ter efeitos deletérios a saúde da população exposta, de acordo com (ARBEX, 2004).

Além disso, impactos associados a mudança do uso e ocupação do solo, induzidos pela alteração do padrão interação superfície-atmosfera, também podem ocorrer (FRANÇA, 2000).

Entre outros estudos, a pesquisa sediada em Piracicaba, SP (CANÇADO, 2003), quantifica as internações hospitalares diárias por doenças respiratórias, em crianças e adolescentes (abaixo de 13 anos de idade) e em idosos com mais de 65 anos de idade, utilizando dados do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS). As análises indicaram um risco relativo de internações hospitalares por doenças respiratórias nos períodos de queima pré colheita da cana de açúcar.

Lopes e Ribeiro (2006) propuseram uma metodologia visando medir as correlações espaciais ao agregar um Sistema de Informação Geográfica: focos de queimada, áreas em cana de açúcar e internações hospitalares por doenças respiratórias levantadas pela base de dados DATASUS, no estado de São Paulo e a regional administrativa de Bauru/SP.

Outros estudos buscaram inferir emissões atmosféricas de diferentes poluentes a partir do processo, não somente da queima da cana de açúcar, como a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV) da produção de derivados desta monocultura, como os bicomcombustíveis e o açúcar e a energia demandada para o processo de colheita e transporte, apontando possíveis riscos a saúde humana e ambiental.

2.8 Geografia e Saúde

Segundo a Organização Panamericana de Saúde (OPAS, 2001), em publicação sobre o Perfil do Sistema do Serviço de Saúde do Brasil, as doenças do aparelho respiratório correspondiam em 1998 à 16,5% do total de internações realizadas pelo sistema público de atenção hospitalar no país.

Neste sentido, Gouveia et al. (2003) concluíram a partir de estudo realizado sobre os efeitos da poluição do ar na saúde da população de metrópoles, ser imprescindível um estudo mais detalhado da relação entre as emissões atmosféricas e as doenças conseqüentes. Isto possibilitaria a identificação dos níveis de qualidade ambiental em que o processo de exposição tem como conseqüência a morbidade ou a mortalidade, servindo de subsídio para o planejamento e a avaliação de programas de saúde.

Campos (2005) em estudo sobre o mapeamento da susceptibilidade de doenças respiratórias e oftalmológicas associadas a ambientes poluídos no município de Vitória, Espírito Santo, Brasil afirmou que análises deste tipo devem servir não só para comparar se os dados encontrados estão de acordo com os padrões estabelecidos por lei, mas também colaborar para garantir um nível crescente de qualidade de vida para a sociedade.

Essas técnicas são ferramentas necessárias em estudos ecológicos deste cunho, produzindo informações que podem subsidiar decisões e conseqüente desencadeamento de ações de saúde pública. Além disto, estas técnicas possibilitam a observação de dados de poluição e de saúde em uma mesma perspectiva, o que contribui no sentido de superar o problema de comparar eventos que não ocorrem necessariamente dentro das mesmas linhas divisórias estabelecidas pelo homem.

Sobre o mapeamento de variáveis epidemiológicas, Barcellos e Bastos (1996) concluem ser em nível local a melhor verificação dos fatores ligados à poluição do ar e suas conseqüências na saúde da população, tendo em vista que a difusão atmosférica de poluentes alcança apenas alguns quilômetros. Neste sentido, reconhecem a ferramenta do geoprocessamento como incorporadora de uma gama de variáveis, gerando um resultado facilmente compreendido pela população, além de permitir a identificação de variáveis que revelem a estrutura social, econômica e ambiental, onde riscos à saúde estão presentes.

A aplicação da ferramenta tem o objetivo de subsidiar elementos que facilitem a análise espacial e a produção de diagnósticos para auxílio no apoio à tomada de decisões.

3. Objetivos

3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi estudar os índices de mortalidade e morbidade geral por fatores respiratórios e verificar sua relação com a emissão de poluentes atmosféricos, gerados a partir de queimadas, em um período entre os anos de 2003 a 2010, no município de Botucatu, SP.

3.2 Objetivos Específicos

- Levantar do índice da mortalidade geral por fatores respiratórios do município de Botucatu entre o período de 2003 e 2010;
- Levantar o índice de morbidade por fatores respiratórios do município de Botucatu entre o período de 2003 e 2010;
- Levantar e determinar a distribuição espacial dos focos de queimadas no município de Botucatu, SP, entre o anos de 2003 e 2010;
- Levantar e determinar da distribuição espacial das áreas destinadas a produção da cana de açúcar na área estuda entre os anos de 2003 e 2010;
- Quantificar e analisar a emissão de poluentes atmosféricos derivados da queima da cana de açúcar no município estudado;
- Verificar as medidas de associação entre os índices de mortalidade, morbidade e emissão de poluentes atmosféricos na área de estudo.

4. Materiais e Métodos

4.1 Materiais

4.1.1 Área de Estudo

O município de Botucatu está localizado no Centro do Estado de São Paulo, a 235 km da capital paulista (Figura 1). Ocupa uma área de 1.486,4 km². Faz limites com os municípios de Anhembi, Bofete, Pardinho, Itatinga, Avaré, Pratânia, São Manuel, Dois Córregos e Santa Maria da Serra, sua ligação é feita pelas rodovias Marechal Rondon e Castelo Branco.

para Botucatu, que na língua indígena "ĩbytúcatú", significa bons ares (IBGE, 2011).

Segundo a classificação climática de Köppen o clima do município é definido como CWA, clima temperado quente (mesotérmico) com chuvas no verão e seca no inverno, e a temperatura média do mês mais quente é superior a 22°C".

4.1.2 Base Cartográfica

Carta cadastral na escala de 1:10.000 do município de Botucatu adquirida pela base de dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE.

4.1.3 Dados de Mortalidade e Morbidade Geral por fatores respiratórios

Valores quanto ao número da mortalidade e morbidade geral por fatores respiratórios, retirados da base de dados DATASUS / Sistema Único de Saúde.

4.1.4 Dados de distribuição dos focos de queimada.

Sistema de monitoramento de queimadas, disponível no Departamento de Produção de Imagens (DPI), no Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE).

4.1.5 Dados de área (ha) de produção de cana de açúcar.

Sistema de monitoramento de área destinada a produção de cana de açúcar no Brasil, (CANASAT), disponível no INPE.

4.1.6 Software de Geoprocessamento e Análise Espacial

- ARCGIS Professional GIS for the Desktop, *Version 9.3*, ESRI, 2009;
- AUTOCAD 3D. *Autodesk*, 2009;
- TERRA VIEW, versão 3.3.1;

4.1.7 Software de Análise Estatística e Tratamento de Planilhas

- Microsoft Office Excel;
- Tab para Windows – TabWin – BASE DATASUS / Departamento de Informática dos Sistema Único de Saúde / SUS.

- Geoestatística: TERRA VIEW, versão 3.3.1;
- Bioest 5.0

4.2 Metodologia

4.2.1 Base Cartográfica, Software de Análise Espacial e Geoprocessamento.

Para o desenvolvimento deste trabalho foram utilizados os bancos de dados referentes à Carta Cadastral na escala de 1:10.000 contendo as informações referente aos limites do município, das quadras, bairros e setores censitários, trabalhadas no software AUTOCAD 3D/*Autodesk* . A informação vetorial referente aos bairros foi relacionada ao banco de dados da localização dos registros de mortalidade e morbidade por CEP, caracterizando o método como uma arquitetura dual ou georelacional dos SIG: ARCGIS e TERRA VIEW. Tal relação proporcionou uma interoperabilidade entre os dados vetoriais e os atributos anteriormente selecionados no período dos anos de 2003 a 2010, trabalhados e filtrados com a ferramenta Excel.

4.2.2 Dados de Mortalidade e Morbidade Geral por fatores respiratórios

Durante o período analisado neste trabalho, os casos de mortalidade e morbidade por problemas respiratórios foram os registrados pelos hospitais de saúde pública da cidade Botucatu no DATASUS entre 2003 a 2010. Tais valores foram tratados em formado de planilhas do software TabWin, adquirido na base de dados DATASUS. Os valores encontrados foram organizados e filtrados com auxílio do programa Excel, de acordo com o diagnóstico principal, seus códigos de referencia foram posteriormente enquadrados e consultados no sistema de Classificação Internacional de Doenças (CID 10) da Organização Mundial de Saúde (OMS).

4.2.3 Dados de distribuição dos focos de queimada.

O conjunto de dados utilizado foi importado da Divisão de Processamento de Imagens (DPI), do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, que disponibiliza

a base de dados georeferenciados dos focos de queimada detectados pelos satélites em órbita. Na ocasião deste estudo foram selecionadas tecnologias de satélite disponíveis, como: AQUA, administrado pela National Aeronautics and Space Administration – NASA; NOAA, administrado pela Agencia Nacional Americana; GOES administrado pela National Oceanic and Atmospheric Administration; satélite TERRA de tecnologia russa e METEOSAT, composto por uma série de satélites europeus, contando com as observações noturnas e diárias disponíveis.

4.2.4 Tratamento de Planilhas e Software de Análise Estatística.

O conjunto de dados referente à densidade de focos de queimada dentro dos limites da área de estudo, juntamente com a determinação das áreas destinadas a produção de cana de açúcar na série temporal de 2003 a 2010, foram organizados e filtrados nos aplicativos Excel e Access.

Para as análises estatísticas, foi realizada a análise de correlação utilizando-se o coeficiente de correlação linear de Pearson, definido de acordo com a Equação 1:

$$r = \frac{\text{COV}(x, y)}{s_x s_y}, \quad (1)$$

onde:

- r = coeficiente de correlação linear de Pearson;
- $\text{COV}(x, y)$ = covariância entre as duas variáveis;
- s_x e s_y = desvios-padrões das variáveis x e y na amostra.

O coeficiente de relação linear de Pearson tem a propriedade de ser adimensional e de variar entre -1 e +1. Neste caso, $r = -1$ corresponde ao caso de correlação linear negativa perfeita e $r = +1$, ao de correlação linear positiva perfeita. Assim sendo, o significado de valores intermediários é rapidamente percebido. Entretanto, muitas vezes um alto valor do coeficiente de correlação,

embora estatisticamente significativo, pode não implicar qualquer relação de causa e efeito, mas simplesmente a tendência que aquelas variáveis apresentam de variação conjunta (NETO, 1977).

Para verificar se o resultado de correlação encontrado foi estatisticamente significativo, realizou-se o teste do coeficiente de correlação para verificar se o valor de r , combinado com o respectivo tamanho da amostra n , a um dado nível de significância α , valide a hipótese de que realmente existe correlação linear entre as variáveis, com as seguintes premissas:

$$H_0, \rho = 0,$$

$$H_1, \rho \neq 0.$$

onde:

- H_0 = hipótese existente a ser testada;
- H_1 = hipótese alternativa.

Sendo que H_0 verdadeiro valida o resultado da correlação realizada.

O teste aplicado foi o Teste t -Student com $n-2$ graus de liberdade e $\alpha=5\%$, conforme a Equação 2:

$$t_{n-2} = r \sqrt{\frac{n-2}{1-r^2}}, \quad (2)$$

onde:

- t_{n-2} = teste t -Student com $n-2$ graus de liberdade;
- r = coeficiente de correlação linear de Pearson;
- n = número de amostras.

Tabela 2. Tabela de interpretação dos resultados para o Teste t -Student.

Hipótese	Rejeita-se H_0 se:
$H_0, \rho = 0$	$ t_{n-2} > t_{n-2, \alpha/2}$
$H_1, \rho \neq 0$	

Para cada análise de correlação e respectivo teste do coeficiente de correlação, foram utilizados os valores anuais de morbidade e mortalidade por doenças respiratórias, área (ha) destinada à produção de cana de açúcar, densidade dos focos de queimada e parâmetros climáticos como temperatura e precipitação na área dentro dos limites do município de Botucatu.

Como parâmetro para análise dos resultados foi utilizados os valores tabelados da distribuição *t*-Student.

É comum representar a correlação através de um gráfico de dispersão. É uma representação gráfica que objetiva a visualização de como duas variáveis se correlacionam, ou seja, qual a tendência de variação conjunta que apresentam. Esta tendência é indicada pelo sinal da correlação, ou seja, se positivo, negativo, nulo ou não-linear. Desta forma, à medida que os pontos apresentarem uma tendência mais acentuada de se colocarem segundo uma reta, mais intensa será a correlação linear dos dados. Este tipo de gráfico é constituído por pares ordenados (*X,Y*) plotados em um diagrama cartesiano bidimensional (NETO, 1977).

Na interpretação de gráficos de dispersão, tem-se:

- Correlação linear positiva: Para maiores valores de *X*, tem-se maiores valores de *Y*;
- Correlação linear negativa: Para maiores valores de *X*, observam-se menores valores de *Y*;
- Correlação linear nula: Quando as variáveis não se correlacionam;
- Correlação não-linear: Quando as variáveis apresentam-se correlacionadas, porém de forma não linear segundo a visualização gráfica.

A partir das análises de correlação linear, foram construídos os gráficos de dispersão para os casos em que os valores de correlação apresentaram significância nos níveis de 0,01 e 0,05. Esta etapa foi realizada com auxílio do programa Statistical Package for the Social Sciences (SPSS).

Todos os gráficos foram construídos com auxílio do *software* Excel. A esses, adicionou-se a linha de tendência linear, sua respectiva equação de reta e o valor de R^2 da regressão. A linha de tendência linear estima a regressão de uma reta passando o mais próximo possível dos pontos. Sua equação de reta apresenta-se na forma:

$$y = \alpha + \beta x$$

onde:

- α = Intercepção da regressão linear;
- β = Coeficiente de regressão linear.

O R^2 da regressão mede a proporção da variabilidade em Y que é explicada por X . Tem a característica de variar entre 0 e 1, sendo que quanto mais próximo o valor estiver de 1, mais forte será a relação entre as duas variáveis. É calculado da seguinte forma:

$$R^2 = \frac{\beta^2 \cdot \sigma_x^2}{\sigma_y^2}$$

onde:

- β = Coeficiente de regressão linear;
- σ_x = Variância em X ;
- σ_y = Variância em Y (NETO, 1977).

4.2.5 Regressão Múltipla Linear dos Dados de Morbidade, Mortalidade e de Poluição Atmosférica

Para realizar a regressão multivariada dos dados em estudo, utilizaram-se dos índices anuais de mortalidade e morbilidade no período dos anos de 2003 a 2010 e as taxas de poluentes emitidos, produto da combustão da biomassa plantada.

Estes dados foram interpolados com auxílio do programa IDRISI, através do módulo estatístico *Multiple Regressions*. Esta análise gera como resultados estatísticos:

- Equação da regressão na forma:

$$y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n$$

- Coeficiente de correlação (r);
- R-quadrado (R^2);
- $F(i,j)$, onde i representa o número de variáveis dependentes e j os graus de liberdade ($n-i$) e
- Teste- t .

Semelhante ao anteriormente explicado, os coeficientes da equação de regressão (β_n) representam o efeito que cada variável independente tem sobre a variável dependente. O coeficiente de correlação múltipla (r) representa como o nome já diz, a correlação múltipla entre as variáveis independentes e a variável dependente. O R^2 representa a extensão da variabilidade, em porcentagem, em que a variável dependente é explicada por todas as variáveis independentes. Neste estudo os dados de poluição atmosférica e de clima foram considerados como os independentes e os de mortalidade como dependentes.

O valor de F indica a significância da regressão. Para a regressão ser significativa, o valor encontrado para F deve ser maior que o tabelado. Se este valor for inferior ao tabelado, torna-se necessária a redefinição das variáveis independentes a serem utilizadas para a regressão.

Para a análise da significância estatística dos coeficientes da equação (β_n), devem-se interpretar os valores encontrados para os Testes- t . Neste teste estatístico os valores encontrados para Teste- t em absoluto devem ser maiores que os tabelados para o respectivo grau de liberdade. Baseando-se neste resultado, verifica-se o nível de confiança em % que cada variável independente apresenta em relação à variável dependente (EASTMAN, 1999)

5. Resultados e discussão

5.1 O cenário da morbidade e mortalidade geral por fatores respiratórios

Os tópicos a seguir demonstram o comportamento da morbidade e mortalidade por mês e ano.

5.1.1 Evolução da Morbidade por fatores respiratórios para os anos de 2003 a 2010.

Os dados extraídos da base de dados DATASUS no período estudado, 2003 a 2010, foram filtrados objetivando a compilação dos casos de morbidade por fatores respiratórios, resultando em um conjunto de informações contendo número de casos e diagnóstico por residência principal no município (Figuras 02 a 09).

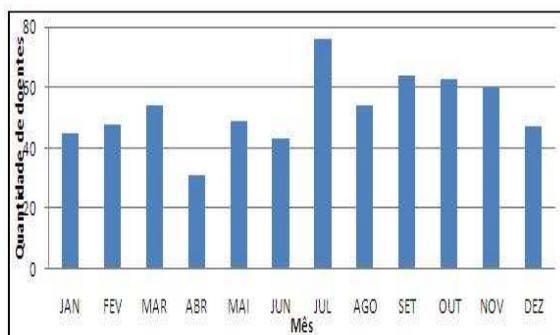


Figura 02 - Número de doentes por mês no ano de 2003

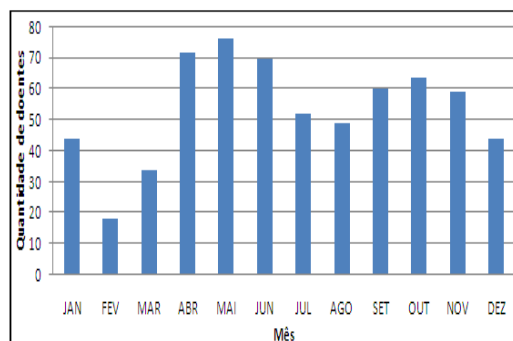


Figura 03 - Número de doentes por mês no ano de 2004

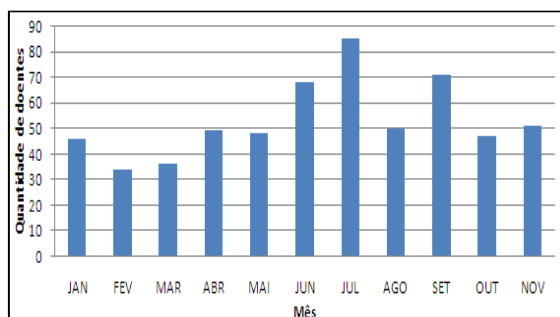


Figura 04 - Número de doentes por mês no ano de 2005

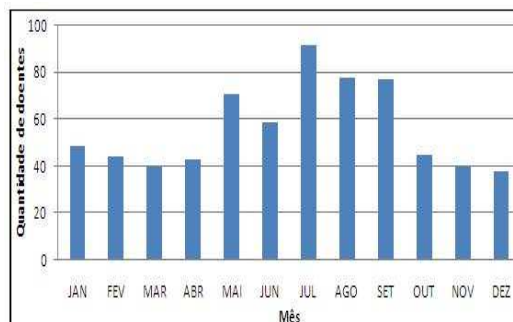


Figura 05 - Número de doentes por mês no ano de 2006



Figura 06 - Número de doentes por mês no ano de 2007

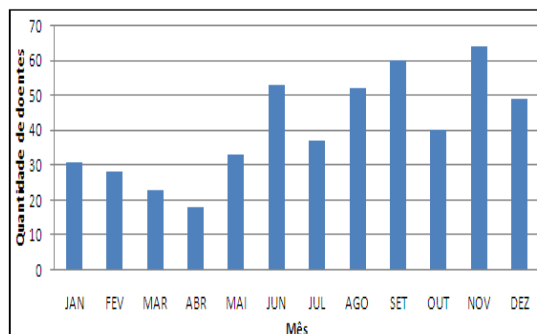


Figura 07 - Número de doentes por mês no ano de 2008

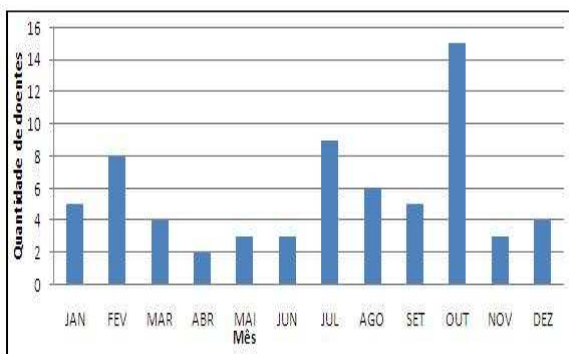


Figura 08 - Número de doentes por mês no ano de 2009

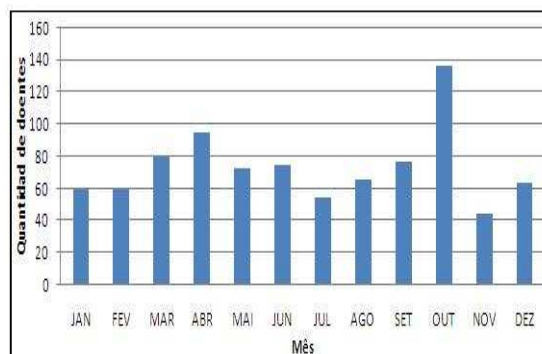


Figura 09- Número de doentes por mês no ano de 2010

No geral pode-se observar nos gráficos das Figuras 02 a 09 um aumento dos casos de morbidade, para todos os meses, entre os anos de 2003 e 2007.

Quando comparado com a curva de crescimento das áreas destinadas a produção de cana de açúcar (Figura 37), acentuando um aumento de 8.989 hectares para 14.691 hectares, juntamente com os índices de dos focos de incêndio, entre os anos de 2004, onde foram quantificados 93 focos, para 135 focos registrados em 2007, pode-se sugerir uma hipótese da relação entre os poluentes emitidos, decorrentes da combustão da biomassa da monocultura de cana de açúcar, com os níveis de internação por fatores respiratórios, principalmente entre os meses de abril a setembro, onde as condições climáticas são menos favoráveis a dispersão desse poluentes.

A Figura 10 apresenta a evolução dos casos de morbidade por fatores respiratórios no período estudado, mostrando um crescimento dos casos.

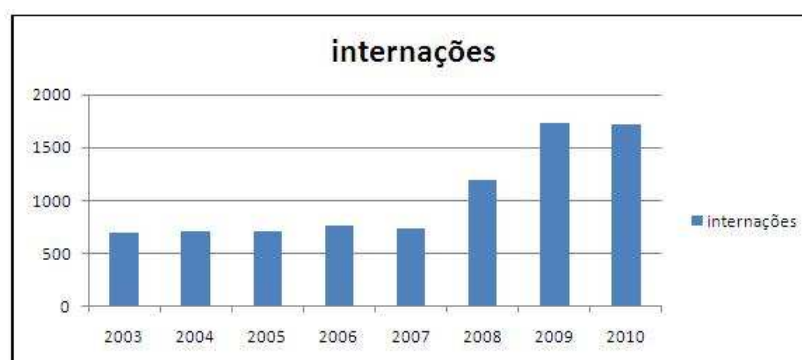


Figura 10 - Evolução da morbidade entre os anos de 2003 a 2010
Fonte: DATASUS

Analisando a Figura 10 pode-se observar um aumento gradativo dos casos entre o período estudado, e principalmente um acentuado aumento dos casos de internações entre os anos de 2008 e 2010, praticamente o dobro dos casos de internação por fatores respiratórios.

Quando comparados os dados da evolução dos casos de internação com os cenários expressos nas Figuras 4 a 9, considerasse também, um aumento das manchas que representam as aéreas que foram destinadas ao cultivo de cana e que passaram pelo método de queima pré colheita em torno da macrozona urbana do município, onde justamente, ocorre um aumento do adensamento populacional devido ao uso e ocupação do solo.

Outros indicadores a serem considerados, são referentes as principais diagnoses ocorrentes durante o período de estudo. É possível observar que em todos os anos, altos índices de morbidade, provenientes de internações causadas por insuficiência respiratória aguda, asma, hipertrofia das amígdalas com hipertrofia das adenóides e ao menos, três diferentes tipos de pneumonias.

5.1.2 Evolução dos óbitos por fatores respiratórios para os anos de 2003 a 2010

Os dados extraídos da base de dados DATASUS no período estudado, 2003 a 2010, foram filtrados objetivando a compilação dos casos de óbitos (mortalidade) por fatores respiratórios, resultando em um conjunto de informações contendo número de casos e diagnóstico por residência principal no município.

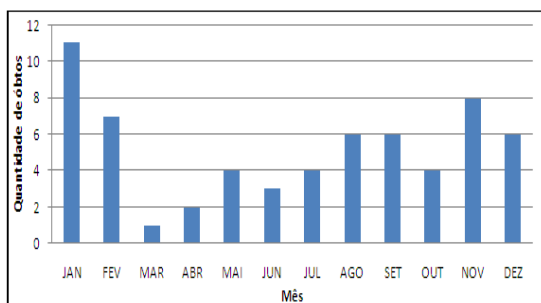


Figura 11 - Número de óbitos por mês no ano de 2003

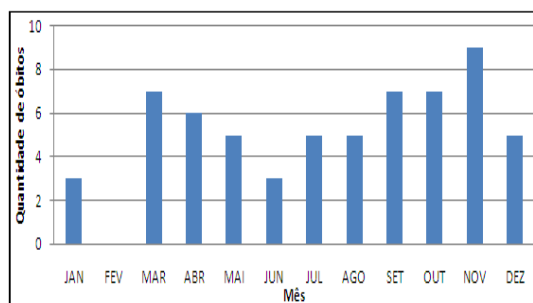


Figura 12 - Número de óbitos por mês no ano de 2004

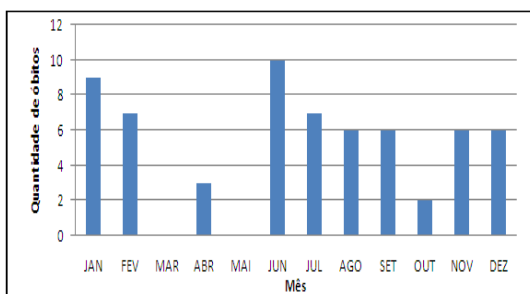


Figura 13 - Número de óbitos por mês no ano de 2005

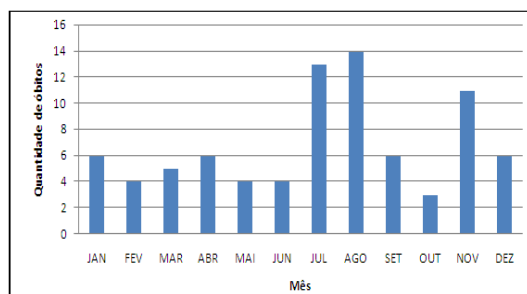


Figura 14 - Número de óbitos por mês no ano de 2006

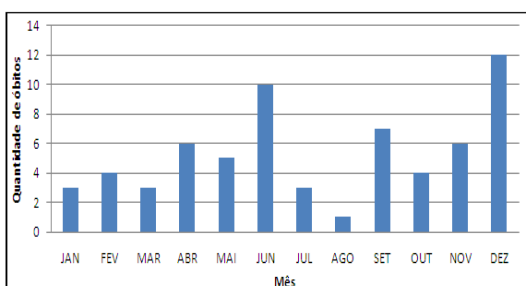


Figura 15 - Número de óbitos por mês no ano de 2007

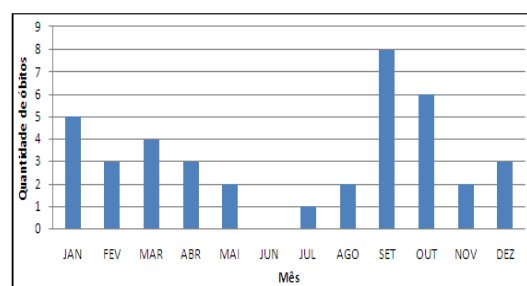


Figura 16 - Número de óbitos por mês no ano de 2008

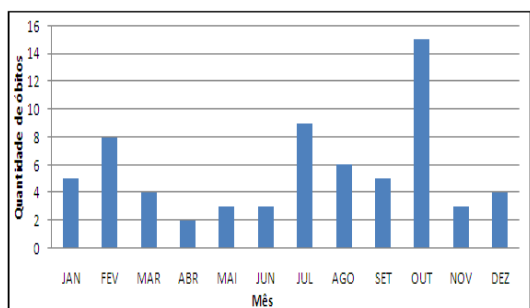


Figura 17 - Número de óbitos por mês no ano de 2009

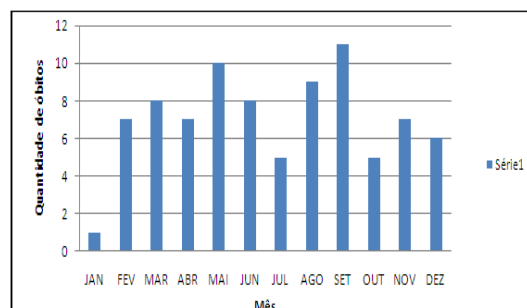


Figura 18 - Número de óbitos por mês no ano de 2010

As Figuras 11 a 18, apresentadas na seção acima, demonstram o comportamento da mortalidade por fatores respiratórios sem um padrão específico de distribuição, ou seja, não foi observado similaridades entre as taxas mensais, em comparação aos anos do período estudado.

Analisando o conjunto de dados de mortalidade mensal, compreendesse elevadas taxas de óbitos entre os meses iniciais e finais de cada ano, enquanto que os casos de morbidade possuem taxas acentuadas durante os meses maio a setembro, salientando que tal cenário pode não ser um padrão específico, mas

sim uma hipótese da relação dos óbitos, como produto das morbidades registradas.

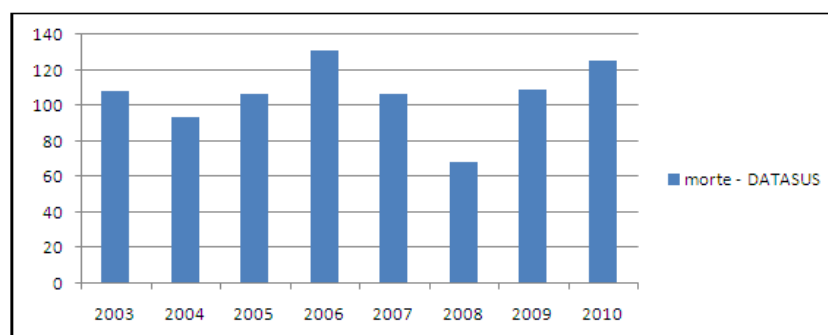


Figura 19 - Evolução do número de óbitos entre os anos de 2003 a 2010

O gráfico apresentado acima, representa a mortalidade durante o período de estudo, no qual sua distribuição corrobora com as taxas mensais, não obtendo um padrão específico, seja ele crescente ou decrescente, encontrando maiores índices nos anos de 2003, 2006 e 2010.

Comparados com os cenários de distribuição dos índices de queimada em áreas de cultivo de cana, encontramos os maiores índices de focos de incêndio, justamente nos anos de 2003, 2006 e 2010.

5.1.2.1 Evolução das principais diagnoses dos óbitos por fatores respiratórios para os anos de 2003 a 2010.

Juntamente com a etapa de levantamento dos dados referentes aos índices de morbidade, foram compilados os índices de mortalidade por fatores respiratórios, associados as suas diagnoses.

Os gráficos que seguem, das figuras de 31 a 38, demonstram a distribuição dos diagnósticos dos óbitos por ano, extraídos na base de dados DATASUS, no período entre 2003 a 2010.

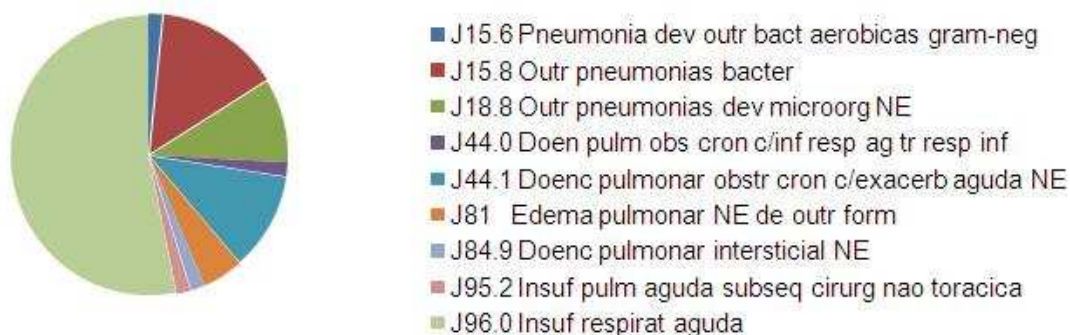


Figura 20 - Distribuição das principais diagnoses para óbitos no ano de 2003

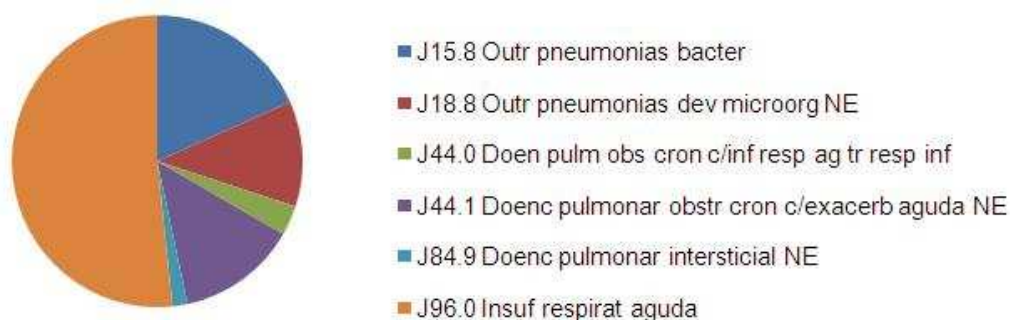


Figura 21 - Distribuição das principais diagnoses para óbitos no ano de 2004

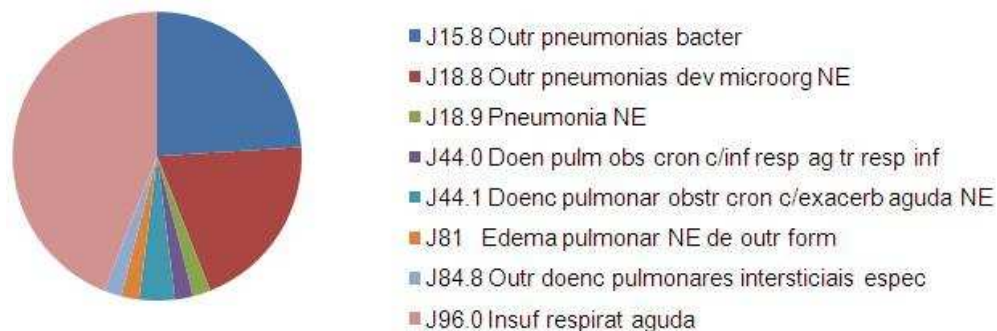


Figura 22 - Distribuição das principais diagnoses para óbitos no ano de 2005



Figura 23 - Distribuição das principais diagnoses para óbitos no ano de 2006



Figura 24 - Distribuição das principais diagnoses para óbitos no ano de 2007

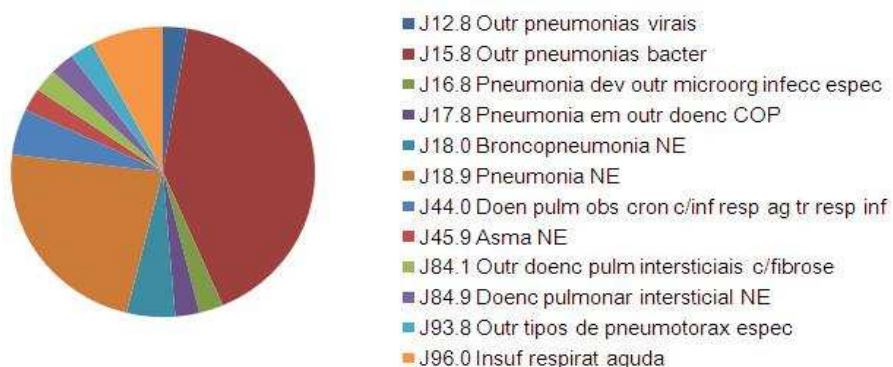


Figura 25 - Distribuição das principais diagnoses para óbitos no ano de 2008

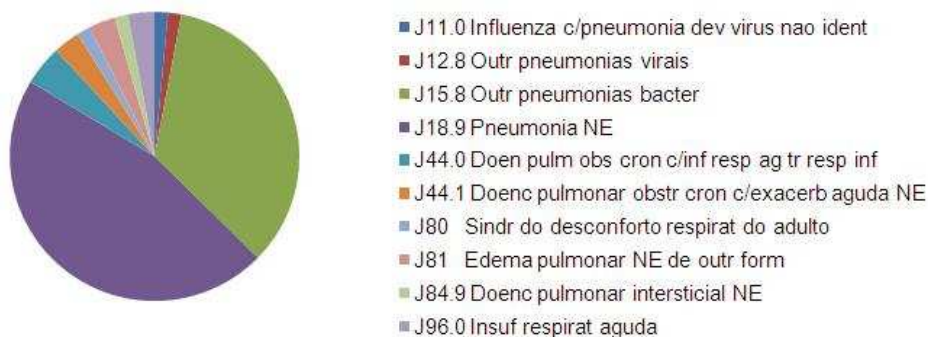


Figura 26 - Distribuição das principais diagnoses para óbitos no ano de 2009

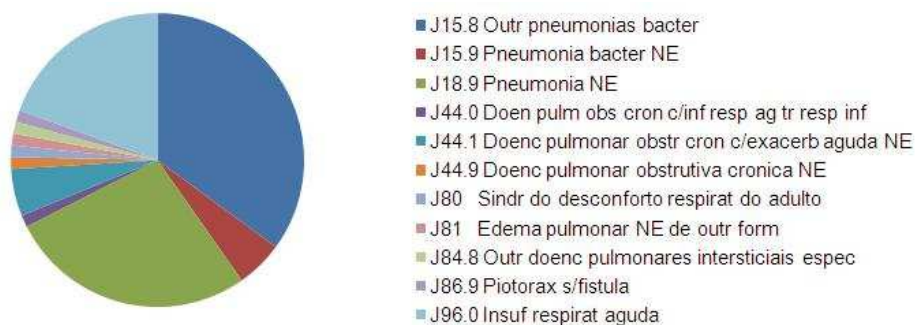


Figura 27 - Distribuição das principais diagnoses para óbitos no ano de 2010

As Figuras (20 a 27) dos gráficos acima demonstram, no período estudado, os principais diagnósticos para os óbitos. A Tabela 3 a seguir expõe os principais diagnósticos no mesmo período.

Tabela 3: Principais diagnoses para mortalidade por fatores respiratórios entre os anos de 2003 e 2010

CID 10	DESCRIÇÃO
J96.0	Insuficiência respiratória aguda
J15.8	Outras pneumonias bacterianas
J18.8	Outras pneumonias devidas a microorganismos não especificados
J15.8	Outras pneumonias bacterianas

Do ponto de vista médico, o interesse pelo problema reside no fato de muitos pacientes com doenças crônicas do aparelho respiratório, principalmente bronquite crônica, enfisema e asma, referem agravamento dos sintomas no período do ano que coincide com a safra da cana-de-açúcar. Porém, indivíduos com históricos de complicações respiratórias, na mesma época do ano, referem com frequência irritação nas vias aéreas superiores, ardor no nariz e na garganta. A presença na atmosfera de resíduos grosseiros (fuligem) resultantes da combustão da palha da cana-de-açúcar aparece, para a população em geral, como uma evidência marcante de que os sintomas respiratórios dependem da poluição ambiental gerada pelas queimadas, ou são agravadas por ela.

Manço (1992), após examinar os levantamentos epidemiológicos sistematizados realizados em vinte e uma cidades da região canavieira de Ribeirão Preto, concluiu que as doenças do aparelho respiratório contribuem com porcentual elevado para as internações hospitalares nestas cidades, sendo que, esses dados, apesar de muito expressivos, revelam apenas uma pequena fração da população de risco, uma vez que a maioria das pessoas com doenças respiratórias não demanda internações. Outra conclusão do estudo foi que algumas cidades das regiões canavieiras do Estado de São Paulo já mostram

alguns sinais de deterioração da qualidade do ar, causada pelo aumento da concentração de poluentes na época das queimadas dos extensos canaviais.

5.2. Distribuição dos focos de queimada e sua relação espacial com as áreas destinadas a produção de cana de açúcar

Os mapas das Figuras 28 a 35 demonstram a distribuição espacial dos focos de queimada, representado por pontos, e as áreas que foram destinadas a produção de cana de açúcar, representada por polígonos, numa série histórica referentes aos anos de 2003 até 2010.

As áreas em verde das figuras mostram a produção de cana de açúcar com a sobreposição dos pontos em vermelho, representando focos de queimada em áreas produtivas, relacionada a atividade de queima da cana de açúcar.

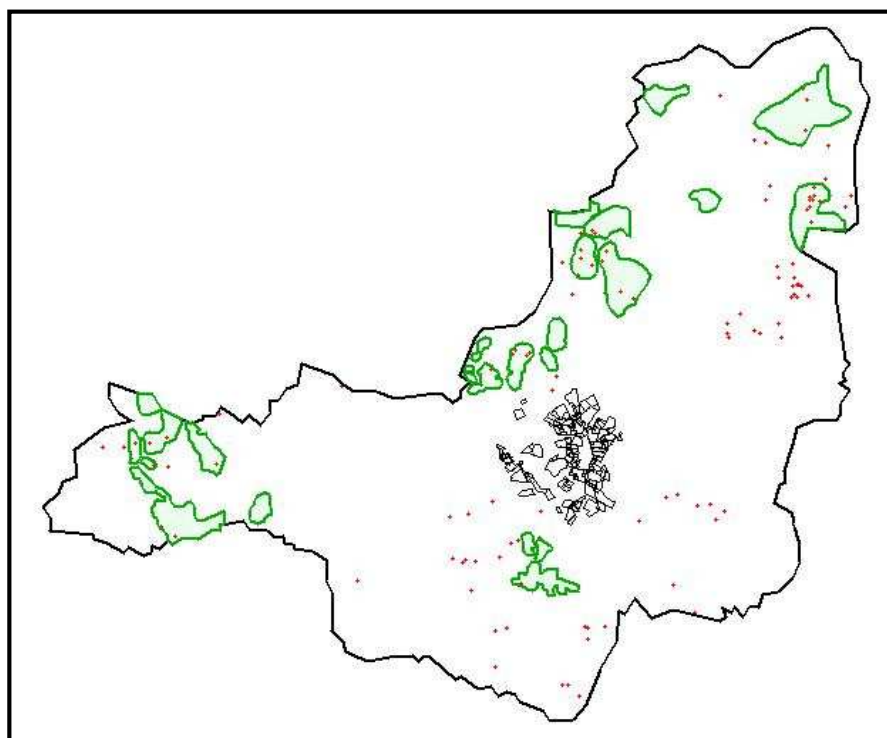


Figura 28 - Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana no ano de 2003

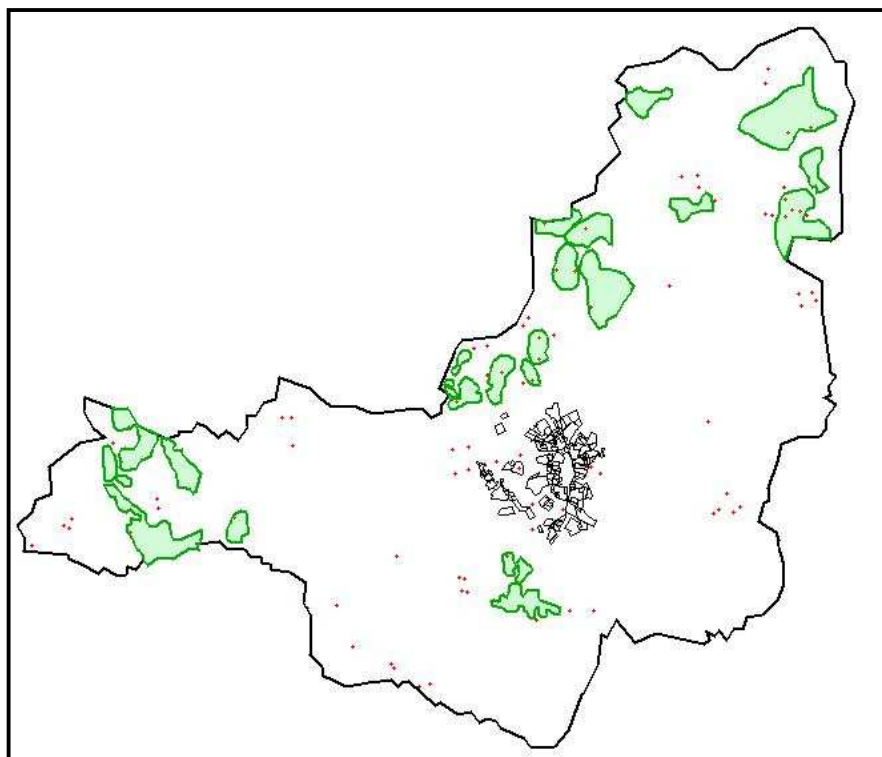


Figura 29 - Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana no ano de 2004

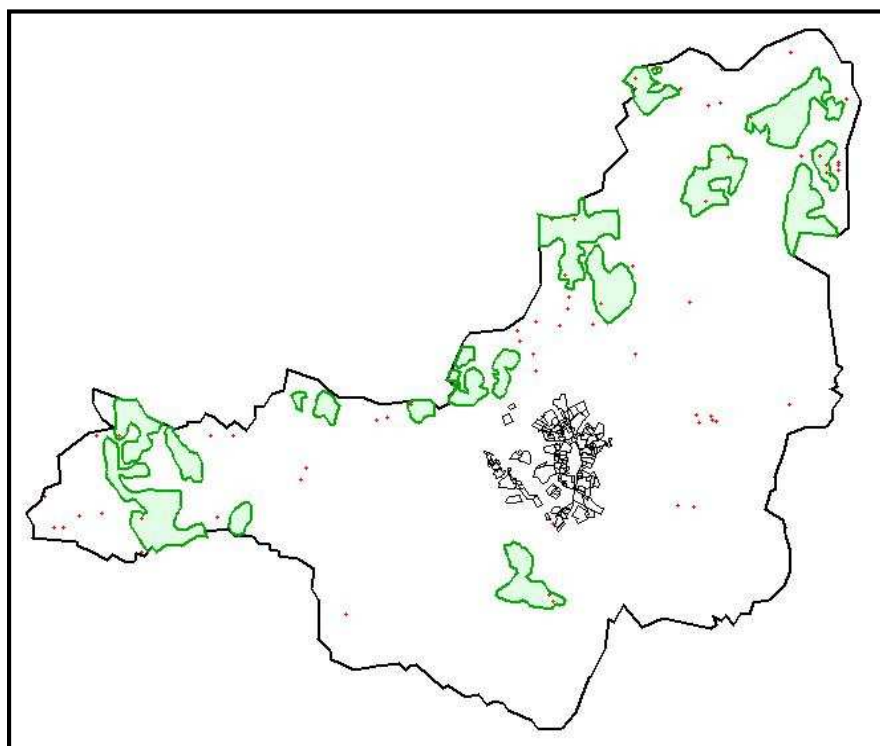


Figura 30 - Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana no ano de 2005

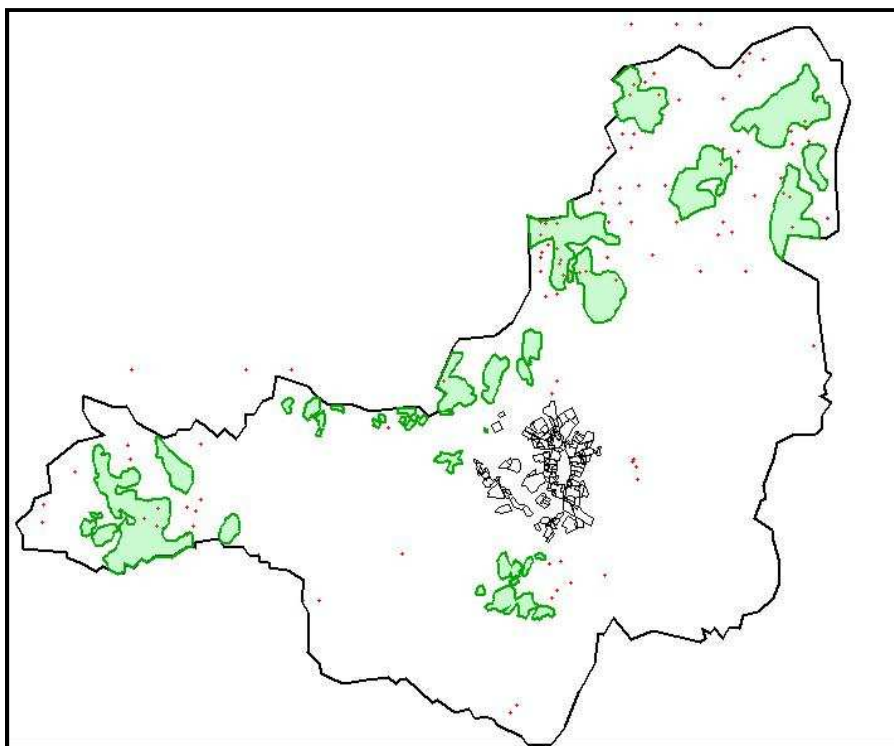


Figura 31 - Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana no ano de 2006

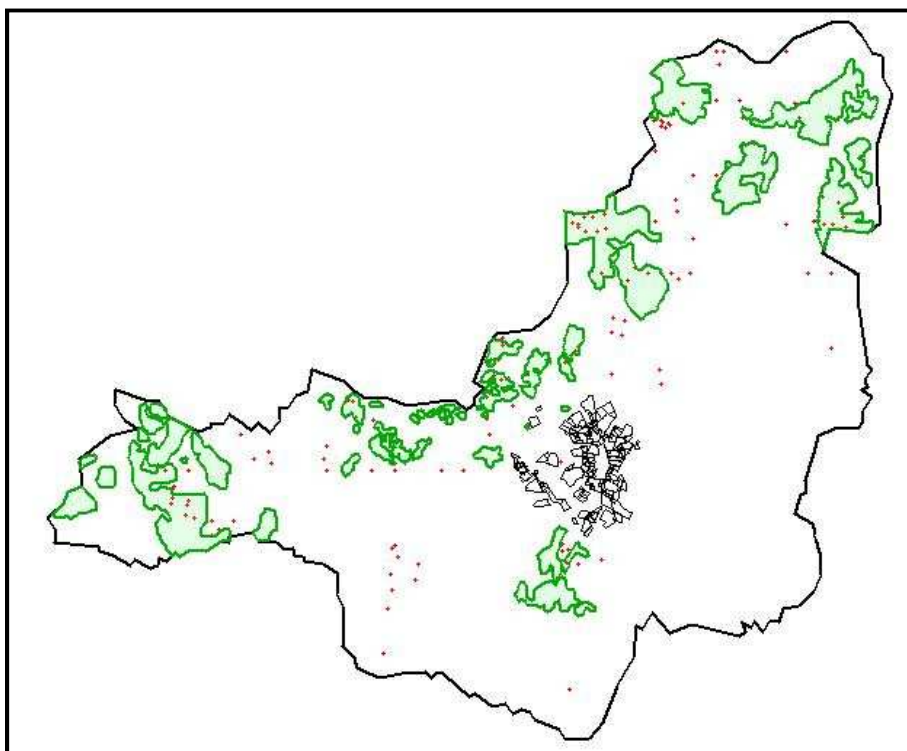


Figura 32 - Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana no ano de 2007

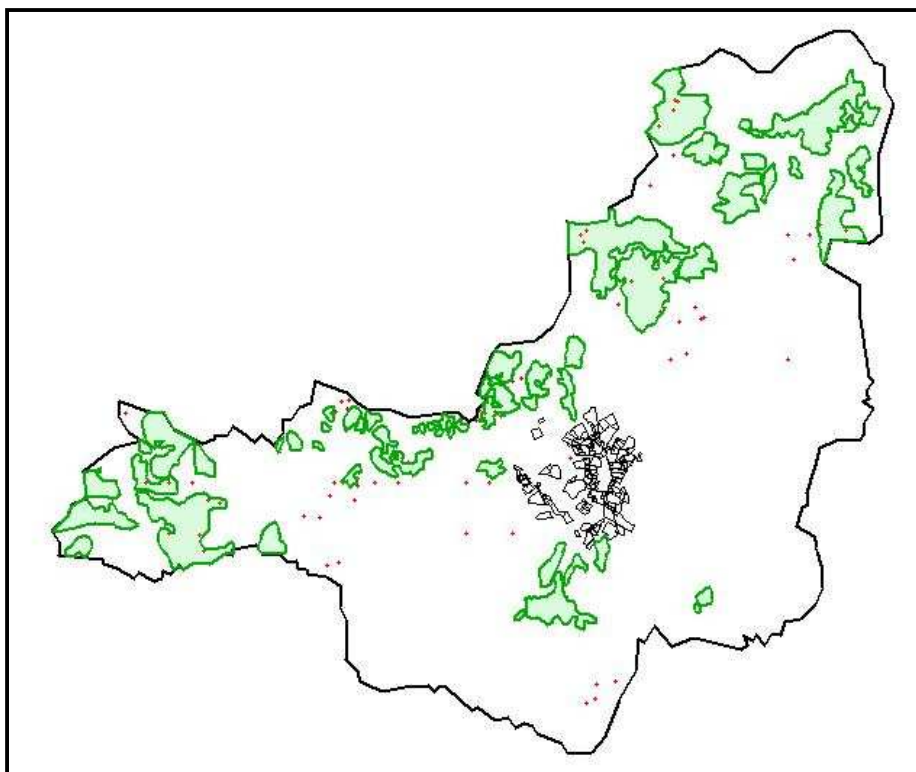


Figura 33 - Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana no ano de 2008

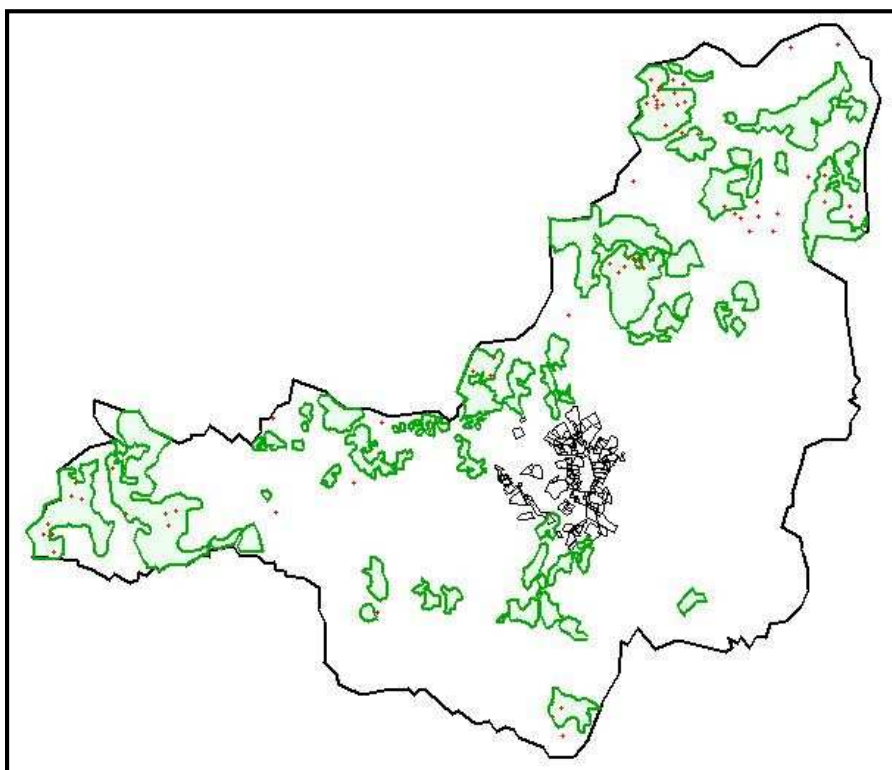


Figura 34 - Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana no ano de 2009

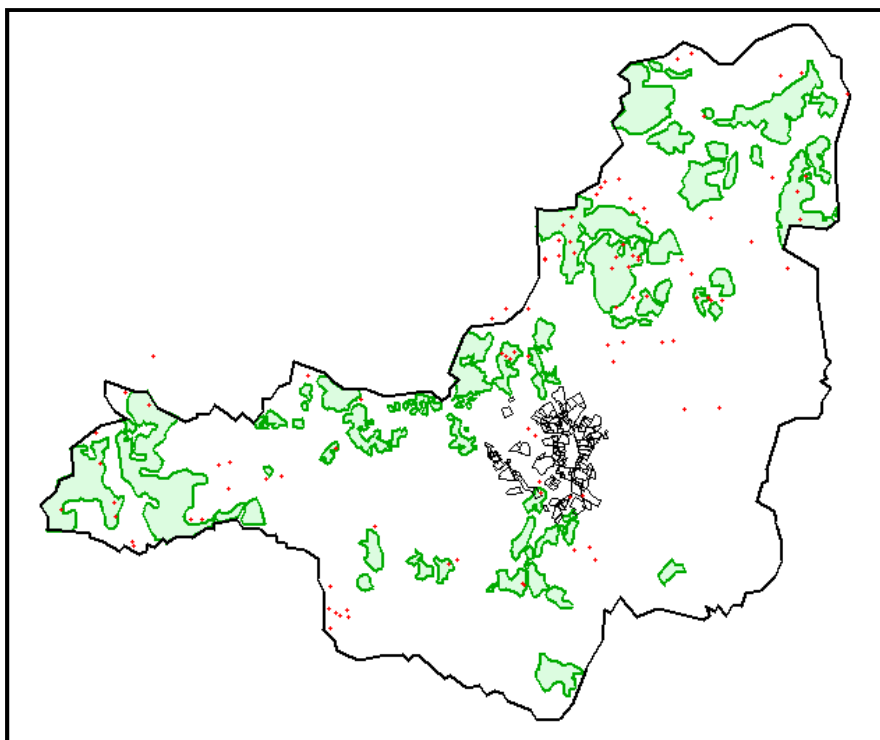


Figura 35 - Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana no ano de 2010

As Figuras 28 a 35 demonstram o comportamento da expansão das fronteiras de monocultura de cana no município de Botucatu / SP, entre os anos de 2003 a 2010, associados a distribuição dos focos de queimada para o município. Compreende-se que os dados de representação dos focos de queimada valem para toda a área de estudo, dentro dos limites do município, e os polígonos que foram sinalizados pela cor verde são aqueles onde se constatou uma sobreposição entre as manchas destinadas a produção de cana e a representação dos focos, pontos vermelhos, na mesma área poligonal.

Desta forma, compreende-se que a sobreposição dos polígonos verdes e os pontos vermelhos, expressam regiões onde foi utilizado o método de queima para colheita da cana, uma vez que as informações levantadas foram sistematizadas de forma espaço-temporal e separadas por ano dentro do período de estudo, assim determinando os cenários observados anteriormente.

A Figura 36 que segue, mostra o cenário da espacialização das manchas de produção de cana e dos focos de queimada dentro do período estudado (2003

– 2010), observando uma expansão das áreas produtivas e dos focos, principalmente nas regiões periféricas da zona urbana do município.

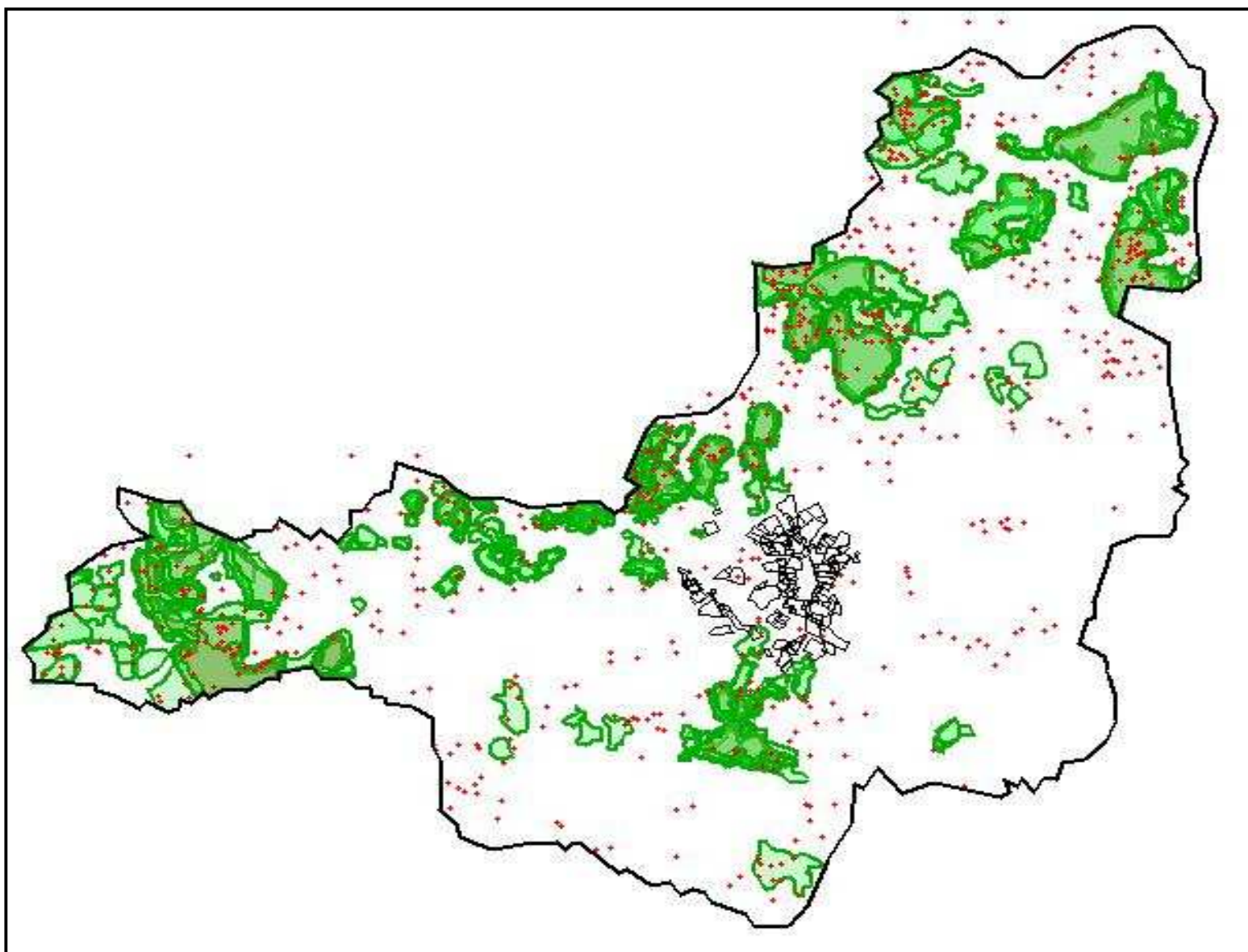


Figura 36 - Cenário dos focos de queimada e área destinada a produção de cana entre os anos de 2003 e 2010

O levantamento realizado no Programa CANASAT do INPE demonstra um crescimento contínuo das áreas, em hectares, destinadas a produção de cana de açúcar no município de Botucatu / SP, dentro do período referente aos anos de 2003 e 2010, destacando um salto de 8989 hectares para 21620 hectares para produção de cana de açúcar em um espaço temporal de 07 anos, como mostrado na Tabela 4 e Figura 37.

Tabela 4: Área total plantada de cana de açúcar por ano de estudo

ANO	AREA (ha)
2003	8989
2004	9405
2005	12054
2006	13526
2007	14691
2008	18413
2009	21620
2010	21517

Fonte: CANASAT (2012)

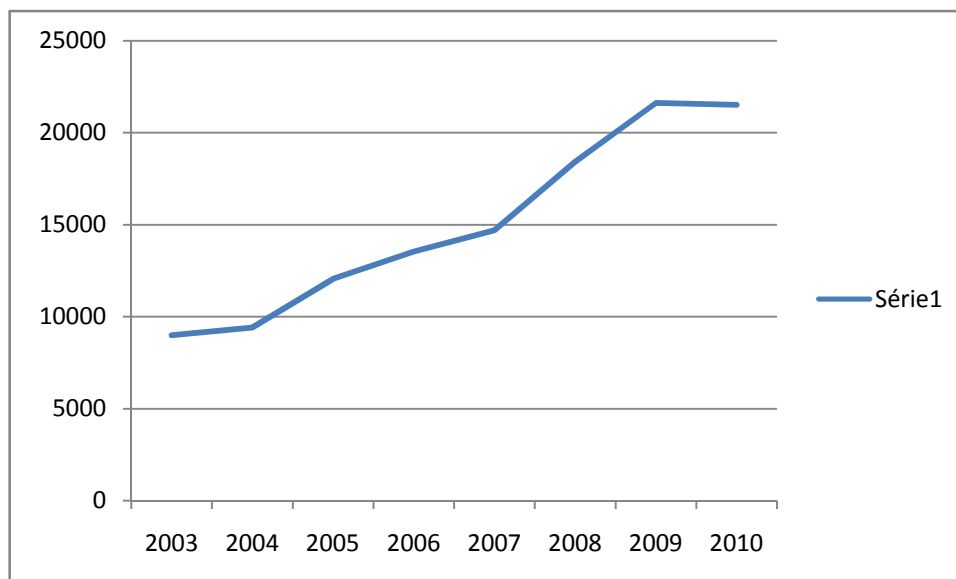


Figura 37: Evolução da área total de cana de açúcar plantada no período de 2003 a 2010 no município de Botucatu / SP

Fonte: CANASAT (2012)

Os dados referentes a distribuição e evolução dos focos de queimada no município de Botucatu demonstram que não existe um crescimento uniforme durante o período estudado, variando suas taxas anuais entre os períodos de 2003 e 2010, destacando um crescimento acentuado no período de 2005 a 2007, com uma representativa queda até o ano de 2009 (Tabela 5).

Tabela 5: Número de focos de queimada por ano de estudo para o Município de Botucatu / SP, segundo Programa CANASAT / INPE.

Ano	Focos
2003	116
2004	93
2005	76
2006	118
2007	135
2008	77
2009	75
2010	103

Fonte: DPI – INPE (2012)

O comportamento da distribuição dos focos de queimada para o município se difere da evolução das áreas que foram destinadas a produção de cana de açúcar, onde se observa uma curva linear e crescente no período de 2003 a 2010, e de índices mais representativos de 2007 a 2010.

A distribuição conjunta dessas variáveis, áreas de cultivo de cana, espacialização dos focos de queimada e determinação da área urbana municipal como indicador de adensamento populacional, se tornam fundamentais para interpretação do território e suas perspectivas de uso e ocupação, principalmente se tratando de um estudo ecológico, focando a comparação de grupos.

5.3. Cálculo de área produtiva e emissão de poluentes.

Durante a definição dos cenários de distribuição de áreas destinadas a produção de cana de açúcar e os focos de queimada, dentro do período estudado,

foi possível calcular a área de cada polígono, onde supostamente foram aplicados os métodos de queima para colheita, quando observado a sobreposição das representações.

Desta forma, foi calculada a área dos polígonos destinados a produção de cana com efeitos de queimada, objetivando determinar o índice de produção tonelada/área/ano das áreas que foram submetidas ao método de queima para colheita.

Estudos sobre estimativas de produção de biomassa na produção de cana de açúcar, por hectare, foram realizados durante última década, chegando a valores em torno de 1970 até 1990 toneladas/hectare. Esses dados são frutos de relatórios desenvolvidos anualmente por instituições como a União da Indústria de Cana de Açúcar (UNICA), que visa acompanhar o processo agroindustrial da produção da cana de açúcar, a fim de atender as áreas de etanol, açúcar e bioeletricidade.

Na literatura científica, outros autores colocam em foco a avaliação do ciclo de vida da produção de cana para fins diversos de análise. Paoliello (2006) busca a descrição dos aspectos ambientais e o potencial energético no aproveitamento de resíduos da indústria sucroalcooleira, já Cançado (2003) investiga a relação da poluição atmosférica e saúde humana na região canavieira de Piracicaba / SP. Ambos os estudos descrevem o potencial de produção canavieira no Brasil e no estado de São Paulo, sendo este, o maior produtor do País, porém a determinação de toneladas/hectare é decorrente de algumas variáveis, como composição e tratamento do solo, clima, histórico produtivo da propriedade e região, além do método de plantio e origem e melhoramento genético.

Garcia e Sperling (2007) descreveram um estudo de avaliação das emissões de gases de efeito estufa no ciclo de vida do etanol, avaliando estimativas nas fases de agricultura e industrialização para o estado de Minas Gerais. Para o estudo citado é considerado o valor de 82.11 toneladas/hectare, sendo este o valor médio de produção em todas as propriedades avaliadas.

Assim foi adotado esse valor para a quantificação de produção de biomassa nas áreas dos polígonos avaliados.

Para a quantificação da emissão de poluentes algumas pesquisas no Brasil procuraram analisar a composição desse tipo de poluição. Segundo Arbex et al., (2004) uma tonelada de cana queimada emite: 0,0005 toneladas de óxido de nitrogênio; 0,004 toneladas de material particulado; 0,006 toneladas de hidrocarbonetos; 0,028 toneladas de monóxido de carbono.

Considerando os valores de emissão por área produzida ao ano, investigada na literatura, aplicou-se os caçulos aos valores encontrados no objeto deste estudo, como segue abaixo na tabela 06.

Tabela 6: Emissão de poluentes e área de produção

Ano	Área total (ha)	Biom. (t)	NOx (t)	MP (t)	Hidroc. (t)	CO (t)
2003	8989	738086.79	369.04	2952.34	4428.52	20666.43
2004	9405	772244.55	386.12	3088.97	4633.46	21622.84
2005	12054	989753.94	494.87	3959.01	5938.52	27713.11
2006	13526	1110619.86	555.30	4442.47	6663.71	31097.35
2007	14691	1206278.01	603.13	4825.11	7237.66	33777.78
2008	18413	1511891.43	755.94	6047.56	9071.34	42332.96
2009	21620.00	1775218.20	887.60	7100.87	10651.30	49706.10
2010	21517.00	1776760.87	888.38	7107.04	10660.56	49749.30

Biom. (t): Biomassa total produzida em tonelada; **NOx (t):** óxidos de nitrogênio total produzido em toneladas; **MP (t):** Material Particulado total produzido em toneladas; **Hidroc. (t):** Hidrocarbonetos totais produzido em toneladas; **CO (t):** Monóxido de Carbono total produzido em toneladas.

5.4. Análise Estatística

Para compor a análise estatística, os produtos foram organizados, como demonstra a tabela 7 que segue.

Tabela 7: Exposição das variáveis de análise

Ano	Morbidade	Mortalidade	Área total (ha)	Biom. (t)	NOx (t)	MP (t)	Hidroc. (t)	CO (t)
2003	634	62	8989	738086.79	369.04	2952.34	4428.52	20666.43
2004	642	62	9405	772244.55	386.12	3088.97	4633.46	21622.84
2005	632	50	12054	989753.94	494.87	3959.01	5938.52	27713.11
2006	675	74	13526	1110619.86	555.30	4442.47	6663.71	31097.35
2007	650	64	14691	1206278.01	603.13	4825.11	7237.66	33777.78
2008	499	39	18413	1511891.43	755.94	6047.56	9071.34	42332.96
2009	848	67	21620.00	1775218.20	887.60	7100.87	10651.30	49706.10
2010	801	77	21517.00	1776760.87	888.38	7107.04	10660.56	49749.30

Biom. (t): Biomassa total produzida em tonelada; NOx (t): óxidos de nitrogênio total produzido em toneladas; MP (t): Material Particulado total produzido em toneladas; Hidroc. (t): Hidrocarbonetos totais produzido em toneladas; CO (t): Monóxido de Carbono total produzido em toneladas.

Foram consideradas como variáveis dependentes os índices de mortalidade e morbidade por fatores respiratórios no município de estudo, onde os valores calculados, referentes as emissões de poluentes, foram consideradas como variáveis independentes.

A coluna 4 demonstra área total em hectares destinada a produção de cana de açúcar com registro de queimada, identificados na espacialização do cenários anuais. A coluna 5 expõe a perspectiva de produção de cana de açúcar, em toneladas, por hectare. As colunas 6,7,8 e 9 demonstram as emissões, em toneladas de monóxido de hidrogênio, material particulado, hidrocarbonetos e monóxido de carbono, respectivamente.

As tabelas que seguem são os resultados calculados para a correlação de Pearson para as duas variáveis dependentes, separadamente.

Tabela 8: Correlação de Pearson para variável dependente Morbidade

	NOx (t)	MP (t)	Hidroc. (t)	CO (t)
R (PEARSON)	0.5099	0.5099	0.5099	0.5099
IC 95%	-0.30 a 0.89	-0.30 a 0.89	-0.30 a 0.89	-0.30 a 0.89
IC 99%	-0.53 a 0.94	-0.53 a 0.94	-0.53 a 0.94	-0.53 a 0.94
R2	0.26	0.26	0.26	0.26
t	1.4519	1.4519	1.4519	1.4519
(p)	0.1967	0.1967	0.1967	0.1967

Quando se considera como variável dependente os índices de morbidade anual para o período de estudo, juntamente com as variáveis independentes, o parâmetro de emissões de poluentes, resulta-se em uma correlação moderada entre os índices de morbidade e os poluentes emitidos. Admitindo que quanto maior a área de destinada a produção de cana, maiores são os índices de emissão de poluentes e, conseqüentemente, um aumentos nos índices de morbidade por complicações respiratórias.

A seguir é apresentada a análise das relações entre os índices de morbidade e as emissões de poluentes, através de diagramas de dispersão.

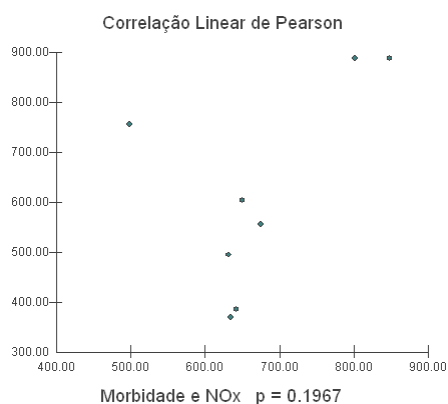


Figura 38: Diagrama de dispersão para os índices de morbidade e as emissões de óxido nitrogênio

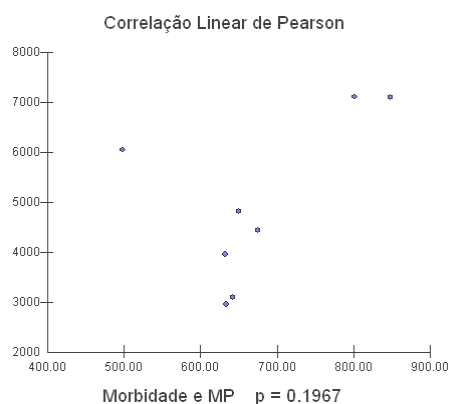


Figura 39: Diagrama de dispersão para os índices de morbidade e as emissões de material particulado

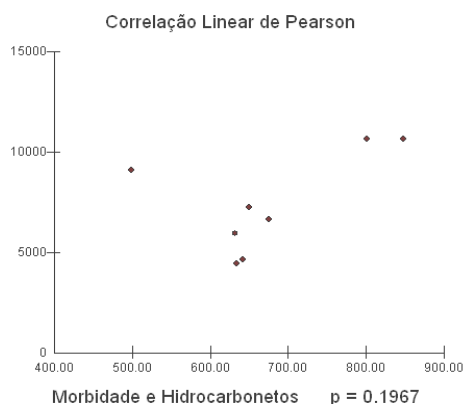


Figura 40: Diagrama de dispersão para os índices de morbidade e as emissões de hidrocarbonetos

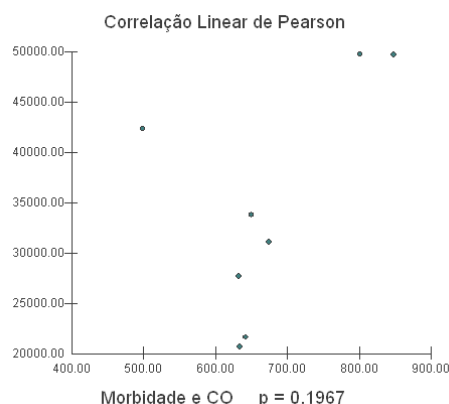


Figura 41: Diagrama de dispersão para os índices de morbidade e as emissões de monóxido de carbono

Os gráficos representados, respectivamente para NO_x (óxidos de nitrogênio), MP (material particulado); Hidrocarbonetos e CO (monóxido de carbono), representam simultaneamente as variáveis quantitativas medidas.

Em análise, o perfil de distribuição dos pontos sugere a possibilidade de uma correlação positiva entre as variáveis.

Para a variável dependente Mortalidade, analisada juntamente com os dados de poluentes emitidos durante o período estudado, resulta em uma correlação fraca positiva para todos os poluentes analisados (Tabela 9).

Tabela 9: Correlação da variável dependente Mortalidade

	NO _x (t)	MP (t)	Hidroc. (t)	CO (t)
R (PEARSON)	0.1633	0.1633	0.1633	0.1633
IC 95%	-0.61 a 0.78	-0.61 a 0.78	-0.61 a 0.78	-0.61 a 0.78
IC 99%	-0.76 a 0.87	-0.76 a 0.87	-0.76 a 0.87	-0.76 a 0.87
R2	0.0267	0.0267	0.0267	0.0267
t	0.4054	0.4054	0.4054	0.4054
(p)	0.6992	0.6992	0.6992	0.6992

A análise das relações entre os índices de mortalidade e as emissões de poluentes, quando expostos em gráficos de dispersão, resulta-se numa leitura em que é fraca a relação entre as variáveis.

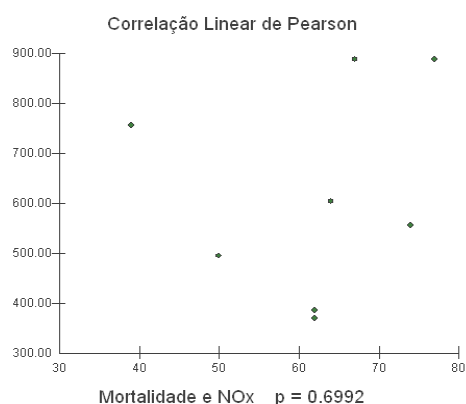


Figura 42: Diagrama de dispersão para os índices de mortalidade e as emissões de óxidos de nitrogênio

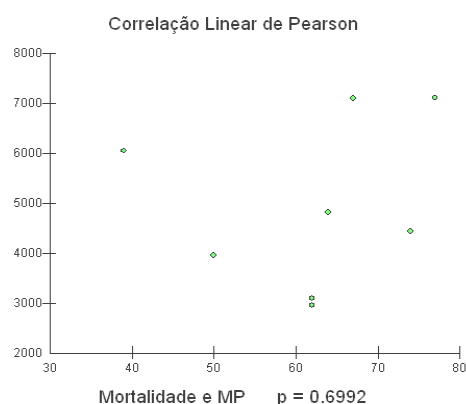


Figura 43: Diagrama de dispersão para os índices de mortalidade e as emissões de material particulado

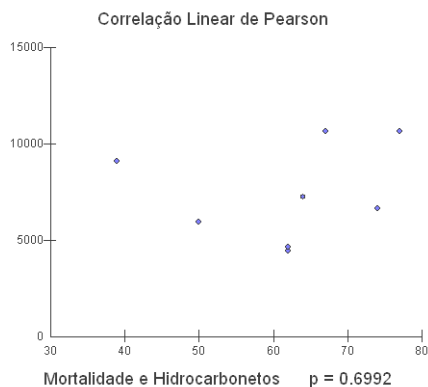


Figura 44: Diagrama de dispersão para os índices de mortalidade e as emissões de hidrocarbonetos

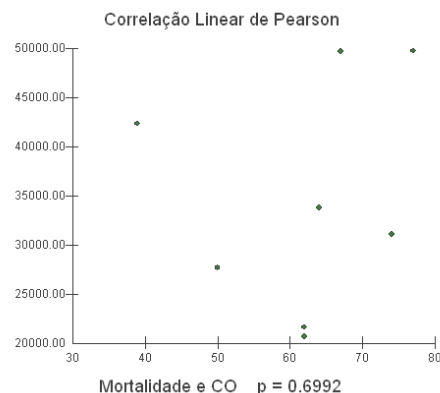


Figura 45: Diagrama de dispersão para os índices de mortalidade e as emissões de monóxido de carbono

Em análise dos testes de significância onde os valores são representados pela sigla (p) da tabela 08 para morbidade e tabela 09 para mortalidade, ambos apresentam valores maiores que 0,5; demonstrando a inexistências de significância para as variáveis e análise testada.

Considerando a análise feita para os resultados do teste *t-Student*, respectivamente para morbidade e mortalidade, encontram-se os valores de $t=1.4$ e $t=0.4$. Quando se consulta a tabela *t-student*, o valor de z calculado é 1.94 para uma avaliação unicaudal, então, considera-se H_0 = hipótese aceita.

Em observação as análises estatísticas realizadas, consideram-se uma correlação moderada entre as variáveis calculadas para variável dependente morbidade, embora não comprovados em hipótese pelos testes aplicados.

Para a variável dependente, resulta-se em uma correlação fraca entre as variáveis de emissão de poluentes, resultado este não comprovado em hipótese pelo teste aplicado.

6. Conclusões

Em considerações sobre a perspectiva de investigação adotada, conclui-se um aumento considerável das áreas destinadas a produção de cana de açúcar na área de estudo, principalmente na área de influencia direta da macrozona urbana no município estudado, o que possibilita a exposição direta do adensamento populacional concentrado na área urbana.

O aumento da área produtiva para cultura de cana de açúcar no município de Botucatu, corrobora para uma tendência estadual e nacional devido a uma necessidade de produção energética, por exemplo, a liberação da produção de veículos movidos a etanol no Brasil a partir do ano de 2003, exigindo dessa forma, uma alteração da expansão das fronteiras agrícolas para cultivo dessa monocultura em atendimento as necessidades de mercado.

Os dados referentes aos índices de morbidade e mortalidade por complicações respiratórias, assim como os diagnósticos apontados pelas análises efetuadas na base de dados DATASUS no período de estudo, sugerem um aumento de casos decorrentes das condições atmosféricas desfavoráveis, do ponto de vista médico e clínico.

Nos índices de morbidade e mortalidade levantados e trabalhados para as análises propostas, conclui-se, respectivamente, em uma força de relação moderada e fraca, em função das emissões de poluentes calculadas para o período de estudo, que, embora os testes aplicados apontem uma aceitação nula de ambas as hipóteses, os dados ainda podem ser discutidos em outras análises exploratórias.

Porém, considerando que a saúde pública busca a promoção da saúde e a garantia da qualidade de vida das coletividades, este trabalho buscou apresentar ferramentas fomentadoras de hipóteses para estudos que vão ao encontro destes objetivos.

O aprofundamento destes estudos é importante para produzir evidências sólidas de modo a subsidiar a formulação e comprovação de hipóteses. Tal argumento se vale para criar mecanismos mais eficientes para auxiliar a tomada de decisão no âmbito das políticas públicas, embasando de forma mais adequada

a legislação nesta agenda e as ações de vigilância ambiental, assim como dispositivos legais para o ordenamento das leis de uso e ocupação do solo em escalas locais e regionais.

Os resultados em escala local, elaborados neste estudo apontaram possível correlação entre queima de cana de açúcar e internações por afecções respiratórias podendo agregar maior riqueza de detalhes nesta escala. Entretanto, a natureza desta pesquisa não permitiu resultados determinísticos, somente dados para auxiliar a formulação de novas hipóteses. Assim sendo, este estudo estimula a elaboração de pesquisas mais aprofundadas para o tema em questão.

As análises sugerem uma relação entre as emissões de poluentes derivados da queima de cana de açúcar com como os níveis de mortalidade e morbidade de Botucatu, desta forma, constata-se a importância de desenvolvimento de modelos de análise destas relações em saúde e sociedade, principalmente em regiões onde não existe cobertura de estações equipadas para coleta de dados referentes a estes parâmetros.

Conclui-se, portanto, que este estudo exploratório, possibilitou observar, na mesma perspectiva, dados sobre a exposição humana aos compostos produzidos em queimadas e os problemas de saúde respiratória que impactaram a população.

7. REFERÊNCIAS

AUTODESK. **AutoCAD Land Development Desktop (Release 2i)**. Copyright © 1982-2000 Autodesk, Inc.

BAILEY, T. C. **Spatial statistical methods in health**. Caderno de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v.17, n.5, p.1083-1098, out. 2001.

BARCELLOS, C., BASTOS, F.I. **Geoprocessamento, ambiente e saúde: uma união possível?**. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 12, n. 3, p. 389-397, jul-set. 1996.

BOWER, J. S.; LAMPERT, J. E.; STEVENSON, K. J.; ATKINS, D. H. F. & LAW, D. V., 1991. **A diffusion tube survey of NO₂ levels in urban areas of the U. K.** *Atmospheric Environment*, 25:255-265

BRAGA, A. L. F., PEREIRA, L. A. A., PROCOPIO, M. et al. **Associação entre poluição atmosférica e doenças respiratórias e cardiovasculares na cidade de Itabira, Minas Gerais, Brasil**. Cadernos de Saúde Pública, vol.23, supl.4, p.S570-S578, 2007.

BRAGA, A.L.F., CONCEIÇÃO, G.M.S., PEREIRA, L.A.A., KISH, H.S., PEREIRA, J.C.R., AANDRADE, M.F. et al. **Air pollution and pediatric respiratory hospital admissions in São Paulo, Brazil**. J Environ Méd, 1999.

BRASIL. Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação, e dá outras providências**. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 31 Ago. 1981.

BRASIL. Lei 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 12 Fev. 1998.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº. 003, de 28 de junho de 1990. **Amplia o número de poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento no país, estabelece novos padrões de qualidade do ar e dá outras providências.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 28 Jun. 1990.

CAMPOS, F.G. **Mapeamento da susceptibilidade de doenças respiratórias e oftalmológicas associadas a ambientes poluídos, segundo a rede pública de saúde do município de vitória – ES.** 2005. 137 p. Monografia (Bacharelado em Geografia) - UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, Vitória, 2005.

CAMPBELL, G. W.; STEDMAN, J. R. & STEVENSON, K., 1994. **A survey of nitrogen dioxide concentrations in the United Kingdom using diffusion tubes, July-December 1991.** *Atmospheric Environment*, 28: 477-486.

CHANEY, S.; BLOMQUIST, W.; DEWITT, P. & MULLER, K., 1981. **Biochemical changes in humans upon exposure to nitrogen dioxide while at rest.** *Archives of Environmental Health*, 36:53-58

CASTRO, H.A., GOUVEIA, N., ESCAMILLA-CEJUDO, J.A. **Questões metodológicas para a investigação dos efeitos da poluição do ar na saúde.** Revista Brasileira de Epidemiologia, 2003, vol. 6.

CENTRO DE PESQUISAS METEOROLÓGICAS E CLIMÁTICAS APLICADAS A AGRICULTURA. **Clima dos municípios paulistas.** Disponível em: < http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_151.html >. Acesso em: 20 Set. 2008.

CHIESA, A.M., WESTPHALB, M.F., KASHIWAGIC, N.M. **Geoprocessamento e a promoção da saúde: desigualdades sociais e ambientais** em São Paulo. Revista de Saúde Pública, São Paulo, v. 36, n. 5, p. 559-567, 2002.

CLARK LABS. IDRISI32 Version I32.2. Copyright © 1987-2001 Clark University. Committee of the Environmental and Occupational Health Assembly of the American Thoracic Society. **Health effects of outdoor air pollution**. American Journal Respiratory Critical Care Medicine, Estados Unidos da América, v. 153, n. 1, p. 3-50, 1996.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL. **Descrição dos poluentes monitorados**. Disponível em: http://www.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_saude.

COUTO, J.M. **Entre estatais e transnacionais: o pólo industrial de Cubatão**. 2003. 261p. Tese (Doutorado em Ciências Econômicas) – Instituto de Economia, Universidade Estadual de Campinas, 2003.

DANISH, S. & MADANY, I. M., 1992. **Concentrations of nitrogen dioxide throughout the state of Bahrain**. *Environmental Pollution*, 77:71-78.

EASTMAN, J.R. **Tutorial: Idrisi32**. Worcester: Clark University, 1999.

GOMES, M.J.M. **Ambiente e pulmão**. Jornal Pneumologia, São Paulo, v.28, n.5, p.261-269, set. 2002.

GOUVEIA, N., MENDONÇA, G.A.S., PONCE-DE-LEON, A., CORREIA, J.E.M., JUNGER, W.L., FREITAS, C.U., et al. **Poluição do ar e efeitos na saúde nas populações de duas grandes metrópoles brasileiras**. Epidemiol Serv Saúde, 2003, vol. 12.

LOOMIS, D. et al. **Air pollution and infant mortality in Mexico city.** Epidemiology, v.10, n.2, p.118-123. 1999.

LOPES, F. S., RIBEIRO, H. **Mapeamento de internações hospitalares por problemas respiratórios e possíveis associações à exposição humana aos produtos da queima da palha de cana-de-açúcar no estado de São Paulo.** Revista Brasileira de Epidemiologia, vol.9, 2006.

MARTINS, L.C., LATORRE, M.R.D.O., CARDOSO, M.R.A., GONÇALVES, F.L.T., SALDIVA, P.H.N., BRAGA, A.L.F. **Poluição atmosférica e atendimentos por pneumonia e gripe em São Paulo, Brasil.** Revista de Saúde Pública, 2002, vol. 36.

MENDES, E. V. **Importância de los sistemas locales de salud en la transformacion de los sistemas nacionales de salud.** In: Paganini JM, Capote Mir R. Los sistemas locales de salud: conceptos, métodos, experiencias. Washington (DC): OPS; 1990.

MENEZES, E. W; **Geração de Energia de Contaminantes e Tratamento Pós-combustão em Motores Ciclo Diesel** - Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Instituto de Química – Programa de Pós Graduação em Química – Doutorado, 2010.

MICROSOFT CORPORATION. Microsoft Excel 2002. Copyright © Microsoft Corporation 1985-2001.

MOURA, M., JUNGER, W. L., MENDONCA, G. A. S. et al. **Qualidade do ar e transtornos respiratórios agudos em crianças.** Revista de Saúde Pública, São Paulo, vol.42, n.3, p.503-511, jun. 2008.

NASCIMENTO L.F.C., MÓDULO, M. C. C., CARVALHO Jr., J. A. **Atmospheric pollution effects on childhood health: an environmental study in the Paraíba Valley**. Revista Brasileira de Saúde Maternal e Infantil, Recife, v.4, n.4, p.367-374, dez. 2004.

NETO, P.L.O.C. **Estatística**. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

ORGANIZAÇÃO PAN-AMERICANA DA SAÚDE. **Programa de organização e gestão dos sistemas e serviços de saúde: o perfil do sistema de serviços de saúde**. Brasil, Nov. 2001. Disponível em:

< http://www.opas.org.br/servico/Arquivos/perfil2000_wc.pdf >.

Acesso em: 13 Set. 2008.

PAIM, J.S. **Abordagens teórico-conceituais em estudos de condições de vida e saúde: notas para reflexão e ação**. In: Barata RB, organizador. Condições de vida e situação de saúde. Rio de Janeiro: ABRASCO; 1997.

PEITER, P., TOBAR, C. **Poluição do ar e condições de vida: uma análise geográfica de riscos à saúde em Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil**. Caderno de Saúde Pública, 1998, vol.14.

PEREIRA, L.A.A. et al. **Association between air pollution and intrauterine mortality in São Paulo, Brazil**. Environmental Health Perspectives, v. 106, n. 6, p. 325-328, jun. 1998.

RSI. ArcMap TM 9.1 (Build 722). Copyright © 1995-2005 ESRI Inc. **Published in the United States of America**.

RUBSTEIN, I.; REISS, T. F.; BIGBY, B. G.; STITES, D. P. & BOUSHEY, H. A., 1991. **Effects of 0,60 ppm nitrogen dioxide on circulating and bronchoalveolar lavage lymphocyte phenotypes in health subjects**. *Environmental Research*, 55:18-30.

SANTOS, M. - **Do meio natural ao meio técnico-científico-informacional - A natureza do espaço** (São Paulo, Hucitec, 1996, pp. 187-197).

SCHELSINGER, R. B.; DRISCOLL, K. E.; GUNNISON, A. F. & ZELIKOFF, J. T., 1990. **Pulmonary arachidonic acid metabolism following acute exposure to ozone and nitrogen dioxide**. *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 31:275-290.

SALAMUNI, E., STELLFELD, M.C. **Banco de Dados Geológicos Geo-Referenciados da Bacia Sedimentar de Curitiba (PR) como Base de Sistema de Informação Geográfica (SIG)**. Boletim Paranaense de Geociências, Curitiba: Editora da UFPR, n. 49, p. 21-31, 2001.

SALDIVA, P.H.N. et al. **Association between air pollution and mortality due to respiratory diseases in children in São Paulo: a preliminary report**. *Environmental Research*, v. 65, n. 2, p. 218-225, 1994.

SALDIVA, P.H.N., POPE, C.A., SCHWARTZ, J., DOCKERY, D.W., LICHTENFELS, A.J., SALGE, J.M. et al. **Air pollution and mortality in elderly people: a time series study in São Paulo, Brazil**. *Arch Environ Health*, 1995.

SAMET, J. M., 1991. Nitrogen dioxide. In: **Indoor Air Pollution: A Health Perspective** (J. M. Samet & J. D. Spengler, eds.), pp.170-186, Maryland: The John Hopkins Press.

SHIMAKURA, S. E., CARVALHO, M. S., AERTS, D. R. G. C., FLORES, R. **Distribuição espacial do risco: modelagem da mortalidade infantil em Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil**. *Caderno de Saúde Pública*, Rio de Janeiro, vol. 17, 2001.

SPSS 13.0 for Windows. Copyright © 1989-2004 SPSS Inc. **Published in the United States of America**.

VEDOVATO, M. **Estudo das Ocorrências de Mortalidade Infantil e a Relação com o espaço geográfico na cidade de Rio Claro (SP)** – Dissertação de Mestrado – Faculdade de Ciências Médicas – FCM, Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP.

WHO (WORLD HEALTH ORGANIZATION), 1987. **Air Quality Guidelines for Europe** (European Series n. 23). Copenhagen:WHO.