

**Universidade de São Paulo**  
**Faculdade de Saúde Pública**

**Queimadas de cana-de-açúcar e condições climáticas:  
mapeamento e estudo das relações com a saúde da população na  
região de Araraquara - SP.**

**Luiz Gustavo Faccini**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Saúde Pública para  
obtenção do título de mestre em ciências.

Área de concentração: Saúde Ambiental

Orientadora: Profa. Dra. Helena Ribeiro

São Paulo  
2013

**Queimadas de cana-de-açúcar e condições climáticas:  
mapeamento e estudo das relações com a saúde da população na  
região de Araraquara - SP.**

**Luiz Gustavo Faccini**

Dissertação apresentada ao Programa de  
Pós-Graduação em Saúde Pública para  
obtenção do título de mestre em ciências.

Área de concentração: Saúde Ambiental  
Linha de Pesquisa: Política, Planejamento  
e Gestão Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Helena Ribeiro

São Paulo

2013

É expressamente proibida a comercialização deste documento tanto na sua forma impressa, como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida **exclusivamente** para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição da dissertação.

Faccini, L. G. **Queimadas de cana-de-açúcar e condições climáticas: mapeamento e estudo das relações com a saúde da população na região de Araraquara - SP.** São Paulo; 2013. [Dissertação de Mestrado – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo].

## ERRATA

No transcorrer do trabalho onde se lê “doenças cardiovasculares” leia-se “doenças circulatórias” com exceção da folha 34 linha 4 e linha 9.

Folha	Linha	Onde se lê	Leia-se
<b>18</b>	<b>Figura 1</b>		<b>Fonte: IBGE</b>
<b>42</b>	<b>4</b>	<b>ser</b>	<b>serem</b>
<b>42</b>	<b>7</b>	<b>varredoura</b>	<b>varredura</b>
<b>43</b>	<b>21</b>	<b>escada</b>	<b>escala</b>
<b>44</b>	<b>19</b>	<b>19°C</b>	<b>19°C</b>
<b>45</b>	<b>1</b>	<b>de</b>	<b>por</b>
<b>45</b>	<b>3</b>	<b>2006</b>	<b>2005</b>
<b>45</b>	<b>5</b>	<b>é</b>	<b>foi</b>
<b>48</b>	<b>1</b>	<b>serrados</b>	<b>cerrados</b>
<b>75</b>	<b>Tabela 9</b>	<b>Taxa de internação</b>	<b>Taxa de internação/1000</b>
<b>78</b>	<b>13</b>	<b>de</b>	<b>das</b>
<b>92</b>	<b>2</b>	<b>cardiorrespiratórias</b>	<b>circulatórias</b>
<b>97</b>	<b>4</b>	<b>feito</b>	<b>feitos</b>
<b>116</b>	<b>28</b>	<b>puderem</b>	<b>puderam</b>

## **AGRADECIMENTOS**

Em especial a meus pais, Itamar e Maria Aparecida, por tudo que já fizeram por mim e pelo apoio aos estudos em geografia e saúde pública. À minha irmã Flávia.

Em especial, à professora Helena Ribeiro, pela orientação, ensinamentos e experiência.

Aos professores, Adelaide, Francisco, Ligia, Maria Aparecida, Fábio e muitos outros que contribuíram com este trabalho.

À Ana Paula, minha companheira, bela, paciente e atenciosa quando o assunto é saúde pública, queimadas, geoprocessamento...

Aos amigos e companheiros de estudos, Samuel, Sofia, Ana Clara, Anne Dorothee. E muitos outros que não foram citados.

À Faculdade de Saúde Pública, e o departamento de Saúde Ambiental, que possibilitaram a vivência e a execução deste trabalho.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ, pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que contribuíram para a conclusão desta etapa direta ou indiretamente.

## RESUMO

Faccini, L. G. **Queimadas de cana-de-açúcar e condições climáticas: mapeamento e estudo das relações com a saúde da população na região de Araraquara - SP.** São Paulo; 2013. [Dissertação de Mestrado – Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo].

**Introdução:** A cana-de-açúcar é cultivada no Brasil desde o período colonial, e está se expandindo desde a década de 1970. A queima da cana-de-açúcar na pré-colheita ocorre para facilitar o trabalho de corte, reduzir o volume de resíduos, controlar pragas, evaporar e concentrar o açúcar na haste e eliminar animais perigosos do canavial. A queima da cana-de-açúcar e os efeitos à saúde humana é o objeto de diversas pesquisas recentes. **Objetivos:** Verificar a evolução das queimadas e da produção de cana-de-açúcar, e sua correlação com as leis vigentes na região de Araraquara, no período de 2003 a 2011. Estudar, por diferentes métodos, a relação entre fatores climáticos, variáveis socioeconômicas, queimadas de cana-de-açúcar e doenças respiratórias e cardiovasculares. **Metodologia:** Revisão bibliográfica. Composição de banco de dados geográficos com as variáveis em estudo. Análise da qualidade dos dados. Elaboração de mapas temáticos e gráficos das variáveis. Cálculo do índice de Moran global das variáveis de estudo. Estatística por varredura, aglomerados espaço-temporais de dados de focos de queimadas e internações. Modelagem e análise por atribuição de pesos. Elaboração de mapas temáticos de comparação e análise a partir dos aglomerados espaço-temporais. Descrição dos resultados. **Resultados:** A revisão bibliográfica, entre outras coisas, mostrou que em diferentes países estão ocorrendo avanços em relação às queimadas de cana-de-açúcar, inclusive no Brasil. A produção de cana-de-açúcar aumentou nos últimos anos, conseqüentemente aumentando a quantidade de queimadas em oposição ao previsto nas leis vigentes. A análise por pesos não foi satisfatória os resultados de vulnerabilidade obtidos não representaram bem as relações entre as variáveis estudadas. A elaboração dos aglomerados espaço-temporais foi satisfatória. Os aglomerados espaciais dos focos

de queimadas mostraram as áreas com maior intensidade de queimadas ao longo dos anos. Os aglomerados temporais dos focos de queimadas mostraram que a maior quantidade de focos ocorreu durante o período de safra da cana. Com os aglomerados espaciais das internações foi possível observar as áreas mais sensíveis, principalmente para as doenças respiratórias. Os aglomerados temporais das doenças mostraram os períodos do ano que a população sofre mais com as doenças. Os mapas de comparação mostraram os fatores climáticos que podem influenciar nas internações por doenças associados às queimadas de cana-de-açúcar foram: alta amplitude térmica, baixas temperaturas, queda de temperatura e direção dos ventos. **Conclusões:** No período de 2003 a 2011 ocorreu aumento no número de focos de queimadas associado ao aumento da produção de cana-de-açúcar. A diminuição das queimadas objetivada pelas leis vigentes não ocorre. Os aglomerados espaço-temporais representam as áreas e os períodos dos anos que têm maior influência das queimadas de cana-de-açúcar, das variáveis socioeconômicas e do clima sobre as doenças na população. No geral as restrições para as queimadas de cana-de-açúcar estão melhorando, mas novas pesquisas e ações do poder público devem continuar existindo.

**Palavras-chave:** Cana-de-açúcar, queimadas, condições climáticas, efeitos à saúde, saúde humana.

## ABSTRACT

**Introduction:** The sugarcane is grown in Brazil since colonial times, and is expanding since the 1970s. The burning of sugarcane in the pre-harvest occurs to facilitate the work of the cutting, reduce the volume of waste, pest control, evaporate and concentrate the sugar in the cane and eliminate dangerous animals of the plantation. The burning of sugarcane and the effects on human health is the subject of several recent studies. **Aims:** Check the evolution of fires and the production of sugarcane, and its correlation with the current laws in the region of Araraquara's city, Brazil, in the period from 2003 to 2011. Study by different methods, the relationship between climatic factors, socioeconomic variables, burning of sugarcane and respiratory and cardiovascular diseases. **Methods:** Literature review. Compose geographic database with the study variables. Data quality analysis. Preparation of thematic maps and graphs of the variables. Calculation of global Moran index of variables. Stats for scanning, space-time clusters of fires and admissions. Modeling and analysis by assigning weights. Preparation of thematic maps for comparison and analysis from the space-time clusters. Description of results. **Results:** The literature review, among other things, showed that advances are occurring in different countries over the burning of sugarcane, including Brazil. The production of sugarcane grown in recent years, thereby increasing the amount of fires in opposition to the planned laws. The analysis weights was unsatisfactory results obtained vulnerability did not represent well the relationships between variables. The development of space-time clusters was satisfactory. The spatial clusters of fires showed the areas with greatest intensity of fires over the years. The temporal clusters of fires showed that the largest number of fires occurred during the sugarcane harvest. With the clusters of hospitalizations was possible to observe the most sensitive areas, especially for respiratory diseases. The temporal clusters of disease showed periods of the year that people suffer more from diseases. The comparison maps showed the climatic factors that can influence admissions for diseases associated with the burning of sugarcane were high thermal amplitude, low temperature, temperature drop and wind direction. **Conclusions:** In the period 2003 to 2011 there was an increase in the number of fires associated with increased

production of sugarcane. The decrease of burning objectified by laws does not occur. The space-temporal clusters represent areas and periods of the years that there are most influence of sugarcane's burning, socioeconomic variables and climate on diseases in the population. In general restrictions for the burning of sugarcane are improving, but further research and actions of the government should continue to exist.

**Keywords:** Sugarcane, fires, weather conditions, health effects, human health.

# ÍNDICE

1.	INTRODUÇÃO .....	15
1.1	Área de estudo .....	18
1.2	Problema .....	25
1.3	Hipóteses .....	26
2.	OBJETIVOS.....	27
3.	JUSTIFICATIVA .....	28
4.	METODOLOGIA .....	29
4.1	Materiais.....	31
4.2	Geoprocessamento e Epidemiologia.....	38
4.3	Estudo descritivo .....	40
4.4	Análises espaciais .....	41
5.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	48
5.1	As queimadas e a poluição .....	48
5.2	Os efeitos à saúde.....	50
5.3	Tempo, clima, variabilidade, ritmo e mudanças climáticas .....	56
5.4	A cana-de-açúcar: do global para o local .....	58
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
6.1	Qualidade dos dados.....	64
6.2	Resultados das análises.....	68
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	116
8.	REFERÊNCIAS .....	118

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa da área de estudo.....	19
Figura 2: Mapa, tipos de clima da região de Araraquara.....	21
Figura 3: Climograma, média de 1951 a 2002. ....	22
Figura 4: Fluxograma da pesquisa. ....	31
Figura 5: Modelo da realidade num experimento epidemiológico e num mapa.....	40
Figura 6: Mapa, países produtores de cana-de-açúcar, 2010. ....	59
Figura 7: Mapa, Cana-de-açúcar, Queimadas e Internações. 2003 a 2005. ....	71
Figura 8: Mapa, Cana-de-açúcar, Queimadas e Internações. 2006 a 2008. ....	72
Figura 9: Mapa, Cana-de-açúcar, Queimadas e Internações.2009 a 2011. ....	73
Figura 10: Gráfico da evolução das variáveis, Cana-de-açúcar, Queimadas e Internações. 2003 a 2011. ....	74
Figura 11: Mapa, variáveis socioeconômicas. 2005, 2007, 2009 e 2011.....	82
Figura 12: Gráfico da evolução dos planos de saúde, Porcentagem da população com plano de saúde, para a área de estudo. 2003 a 2011. ....	83
Figura 13: Gráfico da evolução do IFDM, média para a área de estudo. 2000, 2005, 2007 e 2009. ....	84
Figura 14: Mapa, aglomerados de focos de queimadas. 2000 a 2011. ....	86
Figura 15: Mapa, aglomerados espaço-temporais, respiratórias. 2000 a 2011. ....	88
Figura 16: Mapa, aglomerados espaciais, respiratórias. 2000 a 2011.....	90
Figura 17: Mapa, aglomerados espaço-temporais, cardiovasculares. 2000 a 2011....	92
Figura 18: Mapa, aglomerados espaciais, cardiovasculares. 2000 a 2011. ....	94
Figura 19: Mapa de vulnerabilidade ambiental, doenças respiratórias. 2006 a 2011. .	97
Figura 20: Mapa de vulnerabilidade ambiental, doenças cardiovasculares. 2005 a 2010 .....	98
Figura 21: Mapa, aglomerado espaço-temporal e dados de comparação. 2007.....	102
Figura 22: Mapa, aglomerado espaço-temporal e dados de comparação. 2009.....	104
Figura 23: Mapa, aglomerado espaço-temporal e dados de comparação. 2006.....	107
Figura 24: Mapa, aglomerado espaço-temporal e dados de comparação. 2008.....	109
Figura 25: Mapa, aglomerado espaço-temporal e dados de comparação. 2010.....	111
Figura 26: Mapa, aglomerado espaço-temporal e dados de comparação. 2011.....	113

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) de Araraquara. ....	24
Tabela 2: Indicadores de Renda, Pobreza e Desigualdade, 1991 e 2000.....	25
Tabela 3: Pesos e parâmetros de análise. ....	46
Tabela 4: Índices de Moran e valores de p das variáveis produção de cana, expansão da cana e focos de queimadas. 2003 a 2011.....	69
Tabela 5: Índice de Moran e valor de p da variável doenças respiratórias. 2003 a 2011.....	70
Tabela 6: Índice de Moran e valor de p da variável doenças cardiovasculares. 2003 a 2011.....	70
Tabela 7: Totais da área de estudo das variáveis área de produção de cana (ha), expansão da cana (ha) e focos de queimadas. 2003 a 2011. ....	75
Tabela 8: Totais da área de estudo das variáveis internações por doenças respiratórias, população das faixas etárias de estudo e taxa de internação/1000. 2003 a 2011.....	75
Tabela 9: Totais da área de estudo das variáveis internações por doenças cardiovasculares, população das faixas etárias de estudo e taxa de internação/1000. 2003 a 2011.....	76
Tabela 10: Cronograma de redução das queimadas de cana-de-açúcar em áreas mecanizáveis de acordo com o decreto 47.700. ....	76
Tabela 11: Cronograma de redução das queimadas de cana-de-açúcar em áreas não mecanizáveis de acordo com o decreto 47.700. ....	77
Tabela 12: Cronograma de redução das queimadas de cana-de-açúcar em áreas mecanizáveis de acordo com o protocolo agroambiental.....	77
Tabela 13: Cronograma de redução das queimadas de cana-de-açúcar em áreas não mecanizáveis de acordo com o protocolo agroambiental.....	78
Tabela 14: Índice de Moran e valor de p da variável plano de saúde. 2005, 2007, 2009 e 2011.....	80
Tabela 15: Índice de Moran e valor de p da variável IFDM. 2005, 2007 e 2011.....	81
Tabela 16: Totais da área de estudo da variável plano de saúde. 2003 a 2011. ....	83
Tabela 17: Aglomerados temporais, respiratórias. 2000 a 2011. ....	89
Tabela 18: Aglomerados temporais, cardiovasculares, início e fim. 2000 a 2011.....	93

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Dados e variáveis.....	32
Quadro 2: Satélites.....	36
Quadro 3: Categorias de vulnerabilidade.....	45
Quadro 4: Escala de vulnerabilidade.....	47
Quadro 5: Número de satélites por ano. 2000 a 2011.....	66
Quadro 6: Direção e velocidade do vento.....	99

## LISTA DE ABREVIATURAS

AIH: Autorização de Internação Hospitalar  
ANS: Agência Nacional de Saúde Suplementar  
CANASAT: Monitoramento da Cana-de-açúcar via imagens de satélite  
CCATT-BRAMS: Coupled Chemistry, Aerosol and Tracer Transport Model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System  
CID: Classificação Internacional de Doenças  
CONAB: Companhia Nacional de Abastecimento  
DATASUS: Departamento de Informática do SUS  
EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
IBGE: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística  
IDH: Índice de Desenvolvimento Humano  
IDH-M: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal  
IFDM: Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal  
INPE: Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais  
FIRJAN: Federação das Indústrias do estado do Rio de Janeiro  
MS: Ministério da Saúde  
ONU: Organização das Nações Unidas  
PM: Particulate Matter, Material Particulado.  
PNUD: Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento  
Proálcool: Programa Brasileiro de Álcool  
SAD69: South American Datum  
SaTScan: Software for the Spatial and Spatial-Time Scan Statistics  
SEADE: Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados  
SIG/GIS: Sistema de Informação Geográfica  
SUS: Sistema Único de Saúde  
SISAM: Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde Ambiental  
UNICA: União da Indústria de Cana-De-Açúcar  
UTB: Unidade Territorial Básica  
UTM: Universal Transversa de Mercator  
WHO/OMS: World Health Organization / Organização Mundial da Saúde

## 1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, na safra 2011, foram destinados a este cultivo 8.368.400 de hectares nos estados produtores. O estado de São Paulo é responsável por 52,2% (4.370.000 hectares) da produção nacional. O cultivo está disseminado em todo estado, com exceção do litoral, Serra do Mar, Vale do Ribeira e Vale do Paraíba (CONAB, 2011).

A expansão da cana observada, em 2011, no país é de 697.770,9 hectares. O estado de São Paulo foi o que apresentou maior expansão, com 265.444 hectares. (CONAB, 2011).

A crise do petróleo, da década de 1970, afetou diversos países que não possuíam autossuficiência e necessitavam importar este bem. Estes países apresentaram diferentes soluções alternativas para o petróleo, como novas tecnologias, redução de consumo e maior produção interna. Como exemplo, a Holanda proibiu a utilização de veículos automotores nos finais de semana e incentivou o uso de bicicleta. O Japão reduziu drasticamente o consumo de energia vital para suas indústrias, com prejuízo para a produção industrial. No Brasil, foram implementadas duas soluções: racionamento de combustível e investimento em tecnologia. Na base da produção agrícola já existia a cana-de-açúcar, e investiu-se na tecnologia de produção de álcool e motores que funcionassem com este combustível não derivado do petróleo (LEE-MEDDI, 2009).

A crise do petróleo elevou os preços a um novo patamar. A utilização do álcool como combustível não mudou o padrão e a forma de consumo de automóveis e produziu novas consequências negativas.

Após a crise do petróleo na década de 1970, a produção de cana-de-açúcar para o mercado de álcool e açúcar, apresentou pequeno crescimento. Entretanto, a partir de 2003 houve um grande crescimento para a produção de álcool, principalmente incentivado pelos veículos bicombustível (também chamados de *flexfuel*), no Brasil e no mundo. Hoje os veículos bicombustíveis correspondem a 80% da produção nacional (UNICA, 2012).

Em 2003, a produção e comercialização dos veículos bicombustível, movidos com diferentes misturas de álcool e gasolina, impulsionaram a produção de álcool.

Em 2003 foram vendidas 48.178 unidades *flexfuel* contra 1.152.463 à gasolina. Mas, já em 2005, a venda de *flexfuel* superou a de gasolina, sendo de 812.104 contra 697.004, respectivamente. O mercado mundial também foi aquecido pela comercialização de veículos *flexfuel*, na última década, países como Estados Unidos, Suécia, França, Alemanha, Suíça, Irlanda, Reino Unido, Holanda, Japão, Colômbia e outros, aderiram ao biocombustível, além de adicionarem uma porcentagem de álcool à gasolina em alguns deles (UNICA, 2012).

A produção de açúcar também está diretamente relacionada com a produção da cana-de-açúcar. Na última década, a demanda por açúcar para a indústria alimentícia influenciou a expansão da cultura da cana-de-açúcar, tanto para o mercado interno quanto para a exportação. O açúcar, assim como o álcool, obedece a preços internacionais que, apesar de grandes oscilações, têm se mantido em níveis elevados (EMBRAPA, 2012).

A queima da cana-de-açúcar na pré-colheita ocorre para facilitar o trabalho de corte, reduzir o volume de resíduos, controlar pragas, evaporar e concentrar o açúcar na haste e eliminar animais perigosos do canavial. A queima elimina a palha, que é um componente da planta que atrapalha o processo de colheita e que não é utilizado na indústria. Em cana queimada, a quantidade cortada por um trabalhador é o dobro da em cana crua. A palha e outros resíduos da planta que não são utilizados pela indústria, e quando queimados, reduzem o volume de resíduos de biomassa em 80% a 90% (ARBEX et al., 2004).

O controle de pragas pela queimada é um método eficaz na monocultura canieira por esterilizar os resíduos de biomassa e o solo de organismos ou micro-organismos. A queimada supostamente aumenta a evaporação de água, permitindo o açúcar concentrar-se na haste. A queimada espanta ou mata animais presentes no canavial, como cobras e aracnídeos, que são perigosos para o cortador.

Quando a folha não é queimada na pré-colheita ela é, muitas vezes, queimada após a colheita, para reduzir o volume de folha lixo que gera grande volume de material no campo e para facilitar a reciclagem de nutrientes. O bagaço remanescente da moagem também é queimado, com mais frequência, nas caldeiras da usina, como combustível que movimenta o maquinário da indústria (LE BLOND, 2008).

A queima da cana-de-açúcar, na pré-colheita, afeta a saúde humana em áreas com plantações. Além das partículas produzidas, como subprodutos da queima de biomassa, queimadas na pré-colheita têm sido relacionadas ao aumento dos níveis de monóxido de carbono e ozônio nas regiões agrícolas e em cidades aonde a cana-de-açúcar é produzida (KIRCHHOFF et al., 1991).

Pesquisas recentes abordam a questão das queimadas de cana-de-açúcar sobre diferentes pontos de vista, da agricultura, do meio ambiente ou da saúde humana. O ponto de vista nesta pesquisa foi o da saúde humana.

LOPES (2005) elaborou um estudo exploratório, utilizando geoprocessamento, para verificar se existe relação entre as queimadas e as internações por doenças respiratórias crônicas no estado de São Paulo. Em continuidade, LOPES (2010) também realizou estudo analítico para verificar a força desta relação. Alguns outros estudos foram feitos por pesquisadores como ZANCUL (1998, 2009), RIBEIRO e ASSUNÇÃO (2002), ARBEX (2001), ARBEX et al. (2004), CANÇADO (2002, 2003), CANÇADO et al. (2006), URIARTE (2009), RIGUEIRA (2010) RIGUEIRA; ANDRE; ZANETTA (2011).

Esta pesquisa compreende o campo do conhecimento da saúde coletiva, da saúde pública e da saúde ambiental. Pesquisas em saúde ambiental são bastante complexas, na medida em que a saúde humana depende de uma teia de fatores interligados: exógenos (bióticos e abióticos), endógenos (fisiológicos e anatômicos), comportamentais (psicológicos, sociais e culturais) e da densidade demográfica (AUDY, 1971).

Geralmente, as pesquisas sobre poluição do ar consideram a população exposta nas cidades e por fontes de emissão urbanas como as industriais e os veículos. Nesta pesquisa, a exposição ocorre principalmente nas áreas urbanas, mas a fonte de emissão estudada é rural, poluição vinda dos canaviais no entorno urbano. Soma-se assim, a outras pesquisas sobre as queimadas de cana ou demais pesquisas com fontes de emissão do meio rural, como agrotóxicos, ou resuspensão de poeira na agropecuária.

## 1.1 Área de estudo

A área de estudo compreende a região de Araraquara. O município de Araraquara está localizado na Mesorregião Central do estado de São Paulo, Brasil, e compreende uma das mais importantes regiões de plantio de cana-de-açúcar no Estado.

A partir de Araraquara, como foco da região canavieira, foram selecionados os municípios vizinhos até a terceira ordem, totalizando 61 municípios. A área de estudo compreende um raio de aproximadamente 100 quilômetros a partir de Araraquara. A figura 1 apresenta a região de estudo.

Segundo LOPES e RIBEIRO (2006, p.218), “fatores como condições climáticas e padrão socioeconômico do local podem ser considerados como fatores de confusão em pesquisas que envolvem comparação entre localidades”. Por isso, no presente trabalho, foi feita uma caracterização do município e região de Araraquara.

Segundo o último Censo, 2010, a população de Araraquara é de 208.725 habitantes, sendo uma cidade de médio porte (IBGE, 2011). A área do município é de 1.005,968 quilômetros quadrados. A maioria da população habita a zona urbana do município de Araraquara, com uma proporção de 97,16% habitantes na zona urbana e apenas 2,84% na zona rural (IBGE, 2011).

A altitude média é de 646 metros. O local mais alto mede 715 metros e a menor altitude é de 600 metros. A distância da capital do estado é de 273 quilômetros e do centro geográfico do estado de São Paulo é de 30 quilômetros.

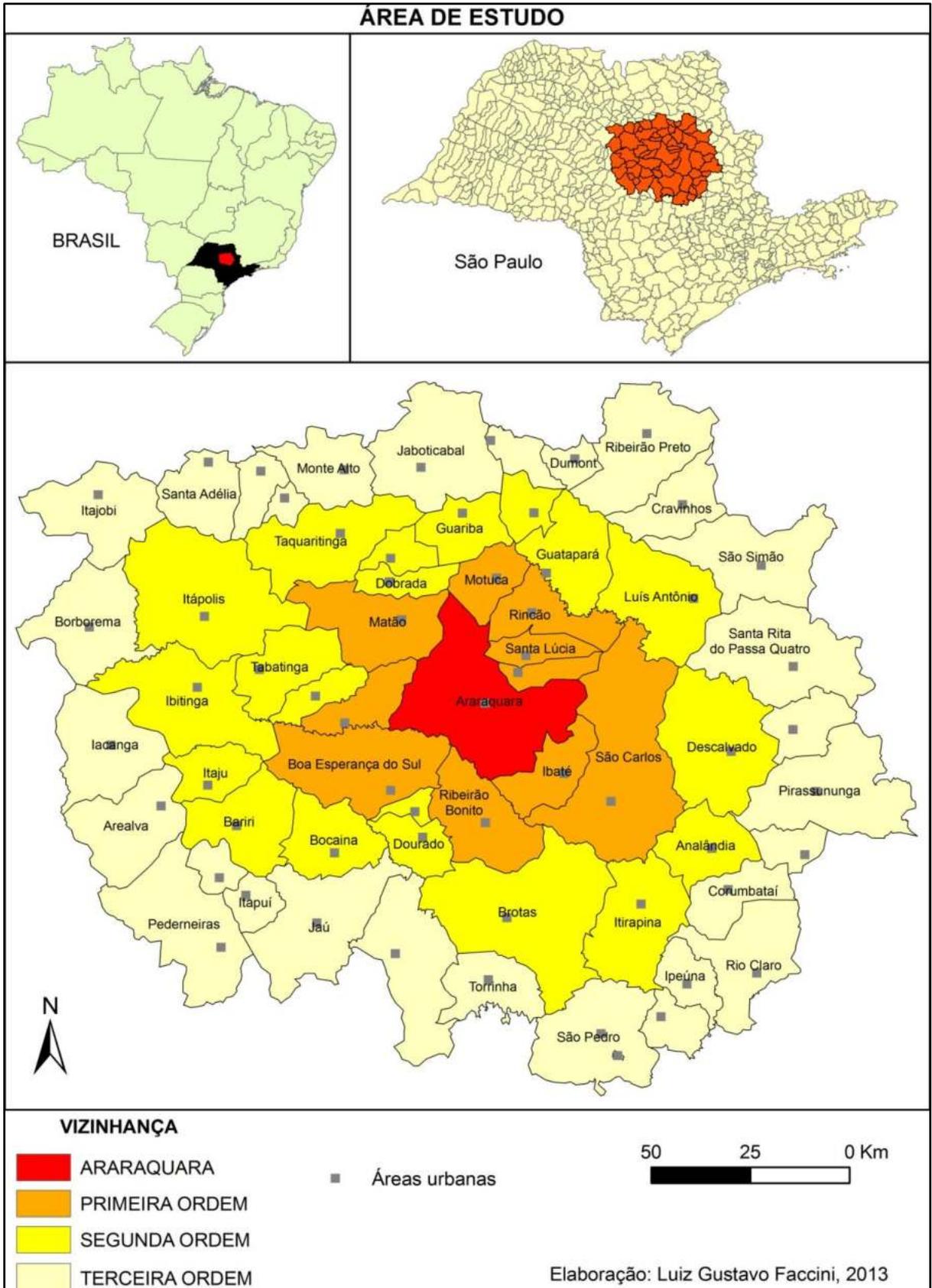


Figura 1: Mapa da área de estudo.

### ***Aspectos climáticos.***

De acordo com a classificação de NIMER (1979), com divisões dos tipos climáticos de acordo com a temperatura como primeiro parâmetro e a umidade/precipitação como segundo parâmetro, o clima de Araraquara é do tipo: Subquente e úmido. Subquente, pois apresenta média entre 15°C e 18°C em pelo menos um mês do ano. E é úmido, pois apresenta somente 3 meses secos. A figura 2 apresenta a área de estudo com os tipos climáticos. Observa-se uma homogeneidade do clima predominante, o subquente úmido, com três meses secos. Ocorre, também, o clima quente e úmido com três meses secos nos vales dos rios Tietê e Mogi Guaçu, a oeste e norte da região de estudo (IBGE, 2011).

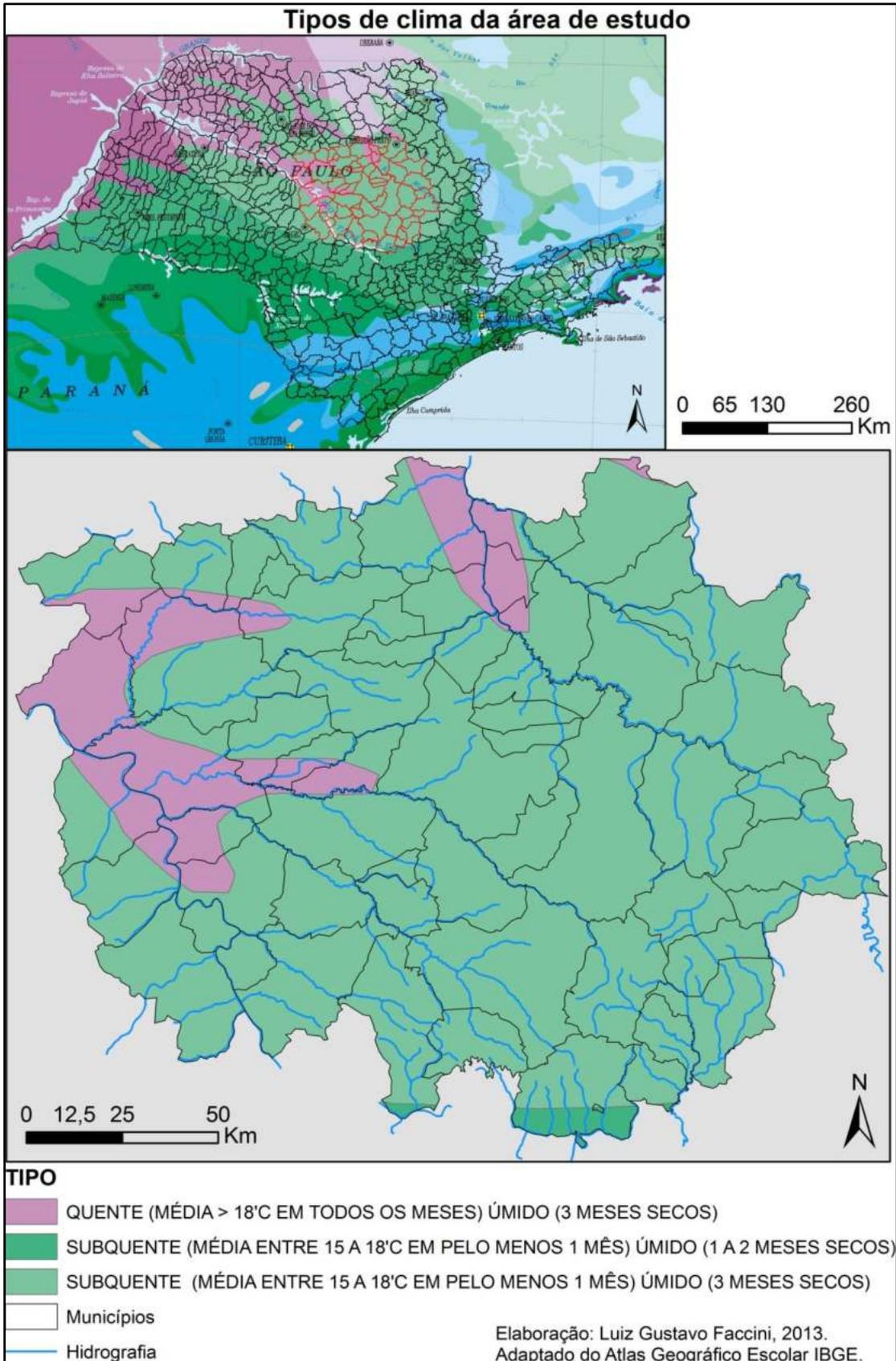


Figura 2: Mapa, tipos de clima da região de Araraquara.

A figura 3 é um climograma, que apresenta as precipitações e a temperatura ao longo dos meses do ano para Araraquara. Pode-se observar que os 3 meses secos, de junho a agosto, ocorrem no inverno e o pico de chuvas nos meses mais quentes e de maior evaporação, no verão. A média das temperaturas é mais baixa no inverno e as altas temperaturas, em torno de 24 graus, ocorrem no verão.

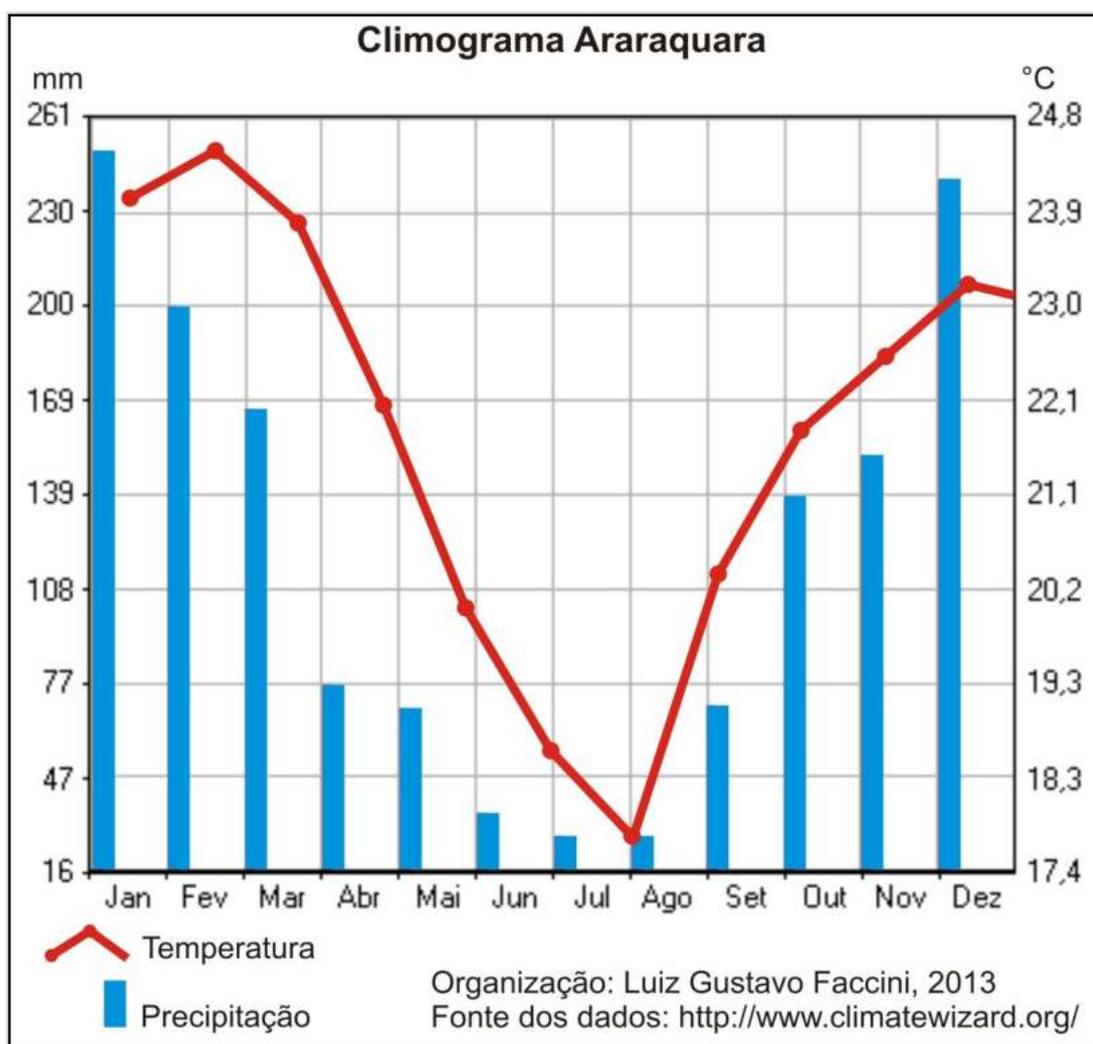


Figura 3: Climograma, média de 1951 a 2002.

### **Características socioeconômicas.**

Num primeiro momento de pré-colonização, a região onde hoje se insere o município de Araraquara foi visitada apenas por exploradores em busca de ouro, aprisionamento de indígenas, fuga de escravos (MANO, 2006).

No início da colonização, a economia de Araraquara baseava-se na produção de milho e outros cereais, fumo, algodão e rebanho de bovinos e suínos. O início do cultivo de cana-de-açúcar, em Araraquara, deu-se por volta de 1800. Num segundo momento, na metade do século XIX, por volta de 1850 até 1930, Araraquara estava inserida no contexto do ciclo do café. Após esse período, o café foi substituído gradativamente pela cana-de-açúcar, por incentivo de programas governamentais e pela crise da cafeicultura. E a partir do Programa Nacional do Álcool (Proálcool), a cana teve um grande impulso (FERREIRA, 1987). A produção de cana-de-açúcar passou por um período de diminuição, no final do século XX, e, mais atualmente, no início do século XXI, está passando por um período de aumento, para a produção de combustível para os veículos *flexfuel*, que rodam com gasolina ou álcool, fabricados a partir de 2003.

A principal atividade econômica de Araraquara é a agroindústria sucroalcooleira. Em 2006, o número de estabelecimentos rurais produtores de cana era 259, que produziam 2.694.190 toneladas num valor de produção de 125.865 mil reais, de acordo com o Censo agropecuário (IBGE, 2006).

Dentre outros produtos agrícolas em Araraquara, existe grande produção de laranja para industrialização e exportação de suco concentrado. Também tem destaque a produção de soja e cítricos, como tangerina e limão. As culturas de alimentos de subsistência como feijão, arroz, milho, algodão, amendoim e mandioca ficam em segundo plano (IBGE, 2006).

O processo produtivo de Araraquara está inserido no modelo de desenvolvimento ocorrido no Brasil, no Estado e na Região. Isto significa que, num primeiro momento, baseava-se no ciclo do ouro, depois da cana-de-açúcar e culturas de subsistência, em seguida do café, e por fim, novamente, da cana-de-açúcar, em outros moldes e contexto econômico baseado na agroindústria sucroalcooleira (FERREIRA, 1987).

O Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) foi criado pela Organização das Nações Unidas (ONU) com o objetivo de medir a qualidade de vida da população. O IDH considera 03 dimensões: saúde, educação e renda. Para estimar o aspecto saúde é utilizado o índice esperança de vida ao nascer. Para o aspecto educação, são utilizados os índices taxa de alfabetização de adultos, assim como a taxa de matrícula combinada nos 03 níveis de ensino. Por fim, busca-se estimar a renda das pessoas, para tal, o PIB per capita, ajustado para diferenças no custo de vida de cada nação.

O IDH pode variar de 0 a 1, com a seguinte classificação:

→Até 0,499 – desenvolvimento humano baixo;

→Entre 0,500 e 0,799 – desenvolvimento humano médio;

→Maior que 0,800 – desenvolvimento humano alto.

Conforme os dados do Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento (PNUD) (2003), Araraquara apresenta os seguintes índices de desenvolvimento humano, demonstrados na tabela 1:

Tabela 1: Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) de Araraquara.

	<b>1991</b>	<b>2000</b>
IDH	0,789	0,830
Educação	0,857	0,915
Longevidade	0,752	0,786
Renda	0,758	0,790

Fonte: Atlas do Desenvolvimento Humano do Brasil – PNUD, 2003.

De 1991-2000, o Índice de Desenvolvimento Humano Municipal (IDH-M) de Araraquara cresceu 4,93%, passando de 0,789 em 1991 para 0,830 em 2000. A dimensão que mais contribuiu para este crescimento foi a educação, com 6,33%, seguida pela longevidade com 4,32% e pela renda, com 4,05%. Nota-se que, de 1991 para 2000, Araraquara passou de um desenvolvimento humano médio para um desenvolvimento humano alto.

A desigualdade na distribuição da renda é demonstrada pelo índice de Gini. O índice de Gini mede o grau de concentração de uma distribuição, cujo valor varia de zero (perfeita igualdade) até um (desigualdade máxima). Em Araraquara, a desigualdade cresceu: o Índice de Gini passou de 0,49 em 1991 para 0,53 em 2000 (tabela 2).

Tabela 2: Indicadores de Renda, Pobreza e Desigualdade, 1991 e 2000.

	<b>1991</b>	<b>2000</b>
Renda per capita média mensal (R\$, 2000)	366,5	441,9
Proporção de Pobres (%)	7,3	10,5
Índice de Gini	0,49	0,53

Fonte: Atlas de Desenvolvimento Humano no Brasil – PNUD, 2003.

## **1.2 Problema**

A associação entre queimadas de cana-de-açúcar e doenças respiratórias não é facilmente verificada, pois há fatores como o clima e as condições socioeconômicas que interferem na saúde das pessoas. Portanto, uma primeira questão, que o delineamento deste projeto formulou, é: qual a influência do clima, do tempo atmosférico e dos fatores socioeconômicos associados às queimadas na saúde da população exposta?

A Lei 11.241, de 19 de Setembro de 2002, que é regulamentada pelo decreto 47.700, de 11 de Março de 2003, do estado de São Paulo, prevê a diminuição das queimadas de cana-de-açúcar, gradualmente, até a eliminação total em 2031.

De acordo com o decreto 47.700, em 2011, ocorreu a segunda etapa de diminuição das queimadas, pela qual a queima deveria diminuir em 50% nas áreas das propriedades com mais de 150 hectares e com declividade menor que 12%, e deveria diminuir 10% nas áreas menores que 150 hectares e com declividade maior que 12%.

Além desta lei, foi firmado um acordo entre os usineiros e o governo do estado de São Paulo que prevê a eliminação da queima até 2021. Este acordo

conhecido como protocolo agroambiental foi firmado através da União das Indústrias de Cana-de-açúcar – UNICA que representa 90% dos produtores de cana do estado de São Paulo (UNICA, 2012).

Portanto, uma segunda questão é: há diminuição de queimadas, ou seja, a legislação e o protocolo agroambiental estão sendo efetivamente cumpridos?

### **1.3 Hipóteses**

Visto os dois problemas apresentados, este trabalho propôs duas hipóteses.

A hipótese para o primeiro problema é: Há piora nas condições de saúde da população provocada pela poluição pelas queimadas, associada aos fatores meteorológicos e as condições socioeconômicas da população.

A hipótese para o segundo problema é: Não há considerável diminuição de queimadas conforme previsto na legislação, Lei 11.241 e decreto 47.700, e no protocolo agroambiental firmado pelos produtores de cana.

## **2. OBJETIVOS**

Estudar, por diferentes métodos, a relação entre fatores climáticos, variáveis socioeconômicas, queimadas de cana-de-açúcar e doenças respiratórias e cardiovasculares.

Verificar a evolução das queimadas e da produção de cana-de-açúcar, e sua correlação com as leis vigentes na região de Araraquara, no período de 2003 a 2011.

### **3. JUSTIFICATIVAS**

Os efeitos nocivos das queimadas de cana-de-açúcar à saúde da população, as condições climáticas e socioeconômicas que interferem nesta relação são insuficientemente conhecidos. A acumulação de conhecimento sobre as queimadas necessita de mais parâmetros de análise, como a interferência do clima. Desta forma, pretende-se contribuir com conhecimentos e novos parâmetros para estudos sobre a inter-relação dos agravos à saúde da população e queimadas de cana-de-açúcar.

O problema das queimadas de cana-de-açúcar é recorrente no Brasil. Todos os anos, observam-se os focos de queimadas, em maior ou menor quantidade, e em diferentes regiões do país.

A justificativa de estudar a região de Araraquara é que este município e sua região estão entre os maiores produtores de cana-de-açúcar no estado de São Paulo e no Brasil.

As doenças respiratórias e cardiovasculares causadas direta ou indiretamente pelas queimadas, atingem anualmente, milhares de pessoas, principalmente crianças e idosos, que sofrem em seu estado de saúde, consomem recursos e têm decréscimo na qualidade de vida.

## 4. METODOLOGIA

Este trabalho iniciou-se com uma revisão da literatura sobre os assuntos envolvidos como: saúde, queimadas, clima, poluição, doenças respiratórias crônicas e geoprocessamento, em diferentes bases acadêmicas. Não houve restrição de data. Mas, foram encontrados trabalhos que relacionam as queimadas de cana-de-açúcar com a saúde humana a partir do final da década de 1990.

Atualmente, a busca automática na rede mundial de computadores de produções científicas tem ajudado muito na pesquisa acadêmica. Com isso é possível globalizar as pesquisas observando o que está sendo feito em diversas partes do mundo com extrema facilidade. Foram encontrados, por exemplo, artigos da Índia, Austrália, Estados Unidos, que também são países produtores de cana-de-açúcar e que devem ter semelhanças com o nosso.

Primeiramente foi consultada a base "isi web of knowledge" com diferentes expressões, em idioma inglês, referentes à pesquisa como: "burn", "sugarcane", "air pollution" e "health", em diferentes combinações. Entre eles foram selecionados alguns artigos de interesse, citados ao longo deste trabalho, como os de: LE BLOND (2008), MENDOZA E SAMSON (1999), RIGUEIRA (2010, 2011), SILVA (2010), URIARTE et al. (2009), DEBAJE e KAKADE (2009).

Em seguida, foi consultada a base "SciELO" com as expressões queima, cana-de-açúcar, poluição do ar e saúde, em português e inglês, e com diferentes combinações entre as palavras. Os autores encontrados foram os citados anteriormente, na introdução, como os principais pesquisadores na área de poluição do ar, relacionada à queima de cana-de-açúcar e a saúde humana no Brasil: ARBEX (2001, 2004), CANÇADO (2003), LOPES (2005, 2010), RIBEIRO e ASSUNÇÃO (2002) e ZANCUL (1998).

Outras referências bibliográficas também foram consultadas, através de pesquisa no site de buscas "Google Acadêmico" resultando em mais fontes de consulta que dão embasamento a diversos aspectos conceituais e metodológicos.

Também, foram encontradas informações em páginas da internet, com conteúdo sobre as safras de cana-de-açúcar e informações sobre tecnologias, como:

Jornalcana, Sugarcane crops, UNICA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) e Revista Gleba.

Foram levantados dados de fontes secundárias para serem analisados, por diferentes métodos e com a elaboração de tabelas, gráficos e mapas.

Com as ferramentas de geoprocessamento, foram testados diferentes métodos de análise espacial, ou seja, mapas temáticos, estatística por varredura, análise por pesos. Inicialmente o período de estudo determinado foi de 2000 a 2011, mas devido à composição dos diferentes bancos de dados utilizados, alguns apresentavam os dados somente de datas mais recentes. Desta forma cada análise compreendeu um período de data que foi possível pela disponibilidade de dados.

Estes resultados foram discutidos e relacionados aos objetivos propostos e à bibliografia pesquisada. Durante todo o processo foram levantadas fontes bibliográficas complementares. A figura 4 resume os passos metodológicos divididos em três fases: estruturação, análise e resultados.

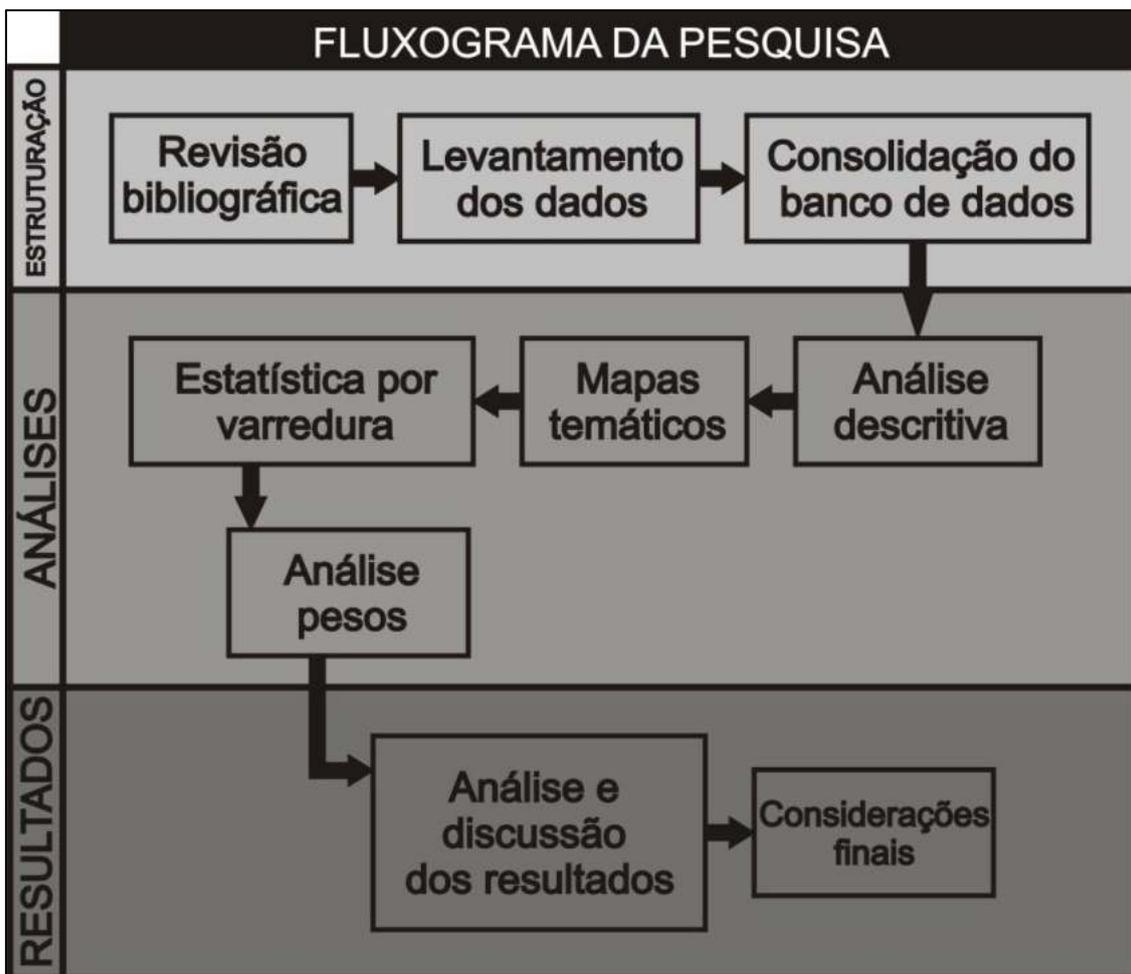


Figura 4: Fluxograma da pesquisa.  
Baseado em Lopes (2010).

#### 4.1 Materiais

Foram coletados dados de diferentes fontes secundárias, dados de clima, internações hospitalares, queimadas, poluição e dados socioeconômicos. Cada tipo de dado apresentou uma complexidade referente à disponibilidade, escala, qualidade e quantidade. Desta forma, foram avaliados os melhores dados para cada análise. Foram coletados inicialmente dados de 2000 a 2011. As unidades espaciais de análise são os polígonos dos municípios da área de estudo, os pontos dos focos de queimadas e pontos das áreas urbanas do distrito sede dos municípios.

Os dados foram extraídos, convertidos, carregados e armazenados em um banco de dados que possibilitou as diferentes análises alfanuméricas e geográficas. O quadro 1 apresenta um resumo com os dados e variáveis utilizados nas diferentes análises. Também estão descritos detalhes como tipo, unidade, fonte, ou seja, um resumo dos metadados.

Quadro 1: Dados e variáveis.

	<b>Dado</b>	<b>Tipo</b>	<b>Unidade</b>	<b>Fonte</b>	<b>Detalhamento</b>	<b>Cobertura temporal</b>
1	CO	Tab	ppm	SISAM	Monóxido de carbono	2005-2011
2	PM 2,5	Tab	µg/m <sup>3</sup>	SISAM	Material Particulado	2005-2011
3	Umidade	Tab	%	SISAM	Umidade relativa do ar	2005-2011
4	Temp. variação	Tab	°C	SISAM	Um dia menos o outro	2005-2011
5	Temperatura	Tab	°C	SISAM		2005-2011
6	Ampli. térmica	Tab	°C	SISAM	Tmax - Tmin	2005-2011
7	Focos de queim.	Shp	°Decimal	INPE	Pontos, sem escala	2000-2011
8	Internações	Tab	Inteiro	DATASUS	Reduzidas AIH	2000-2011
9	População	Tab	Inteiro	Seade		2000-2011
10	Taxa de intern.	Tab	Taxa	DATASUS/Sea	Internação/População	2000-2011
11	IFDM – Geral	Tab	Índice	FIRJAN		2000,05,07,09
12	IFDM – Saúde	Tab	Índice	FIRJAN		2000,05,07,09
13	IFDM – Renda	Tab	Índice	FIRJAN		2000,05,07,09
14	IFDM – Educ.	Tab	Índice	FIRJAN		2000,05,07,09
15	Vento velocidade	Tab	m/s	SISAM		2006-2011
16	Vento direção	Tab	Graus	SISAM		2006-2011
17	Malha de municí.	Shp	°Decimal	IBGE	Polígonos, 1:250000	Escala 2007
18	Áreas urbanas	Shp	°Decimal	IBGE	Pontos, 1:250000	Escala 2007
19	Produção cana	Tab	Hectares	CANASAT		2006-2011
20	Produtiv. cana	Tab	Ton	CANASAT		2006-2011
21	Precipit. média	Tab	mm/mês	Climate wizard	Grid de pontos	1951-2002
22	Temp. média	Tab	°C/mês	Climate wizard	Grid de pontos	1951-2002
23	IDH	Tab	Índice	IBGE		1991 e 2000

### ***Dados de saúde.***

Os dados de saúde são provenientes do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS), das tabelas reduzidas das Autorizações de Internação Hospitalar (AIH). Os dados de internação, utilizados, representam uma

porcentagem dos dados de saúde, ou seja, ocorrem estados de doença que não necessitam internação, como somente um atendimento de emergência ou sintomas que desaparecem naturalmente. Na outra ponta, ocorrem estados de doença que levaram ao óbito, precedidos ou não de internação, não fazendo parte do banco de dados utilizado.

As tabelas obtidas apresentam o campo diagnóstico principal, com o código da Classificação Internacional de Doenças (CID) na versão 10. Foram selecionadas doenças crônicas do aparelho respiratório provocadas por agentes agressores externos, podendo ocorrer por meio de algum agente biológico indireto como pólen, fungo e/ou ácaro. Foram excluídas doenças de causa externa com agente biológico direto como gripe e tuberculose.

Para as doenças respiratórias foram, através do campo de idade do paciente, selecionadas as crianças menores de 4 anos e os idosos acima de 65 anos. Eles foram agrupados como população de risco, ou mais sensíveis, à poluição do ar proveniente das queimadas de cana-de-açúcar e também menos expostos a poluição veicular.

Foram selecionados dados de uma vasta gama de diagnósticos, pois não existem diferenças importantes entre os diagnósticos. Também, existe a possibilidade de erro no preenchimento nos serviços de saúde, médicos, enfermeiros e atendentes.

Os diagnósticos das doenças das vias aéreas superiores selecionados foram: J00 a J06: Infecções agudas das vias aéreas superiores, ou seja, J00 Nasofaringite aguda (resfriado comum); J01 Sinusite aguda; J02 Faringite aguda; J03 Amigdalite aguda; J04 Laringite e Traqueíte agudas; J05 Laringite obstrutiva aguda [crupe] e Epiglottite; J06 Infecções agudas das vias aéreas superiores de localizações múltiplas e não especificadas.

Também foram selecionados diagnósticos agudos das vias aéreas inferiores e superiores como: J20 a J22 = Outras infecções agudas das vias aéreas inferiores; J20 Bronquite aguda; J21 Bronquite aguda; J22 Infecções agudas não especificadas das vias aéreas superiores.

As doenças das vias aéreas inferiores selecionadas foram: J40 J47 = Doenças crônicas das vias aéreas inferiores, ou seja, J40 Bronquite não especificada como aguda ou crônica; J41 Bronquite crônica simples e a

mucopurulenta; J42 Bronquite crônica não especificada; J43 Enfisema; J44 Outras doenças pulmonares obstrutivas crônicas; J45 Asma; J46 Estado de mal asmático; J47 Bronquectasia.

Também foram selecionados diagnósticos de doenças cardiovasculares e cerebrovasculares, decorrentes de agentes externos, não biológicos, como vírus e bactérias. Através do campo de idade do paciente, foram selecionados adultos acima de 40 anos. Os dados são de diferentes diagnósticos, pois, era difícil separar as diferenças importantes entre eles.

Os diagnósticos cardiovasculares foram: I20 a I25 = Doenças isquêmicas do coração; I20 Angina pectoris; I21 Infarto agudo do miocárdio; I22 Infarto do miocárdio recorrente; I23 Algumas complicações atuais subsequentes ao infarto agudo do miocárdio; I24 Outras doenças isquêmicas agudas do coração; I25 Doença isquêmica crônica do coração.

Os diagnósticos cerebrovasculares selecionados foram: I60 a I69 Doenças cerebrovasculares, ou seja, I60 Hemorragia subaracnoidea; I61 Hemorragia intracerebral; I62 Outras hemorragias intracranianas não traumáticas; I63 Infarto cerebral; I64 Acidente vascular cerebral, não especificado como hemorrágico ou isquêmico; I65 Oclusão e estenose de artérias pré-cerebrais que não resultam em infarto cerebral; I66 Oclusão e estenose de artérias cerebrais que não resultam em infarto cerebral; I67 Outras doenças cerebrovasculares; I68 Transtornos cerebrovasculares em doenças classificadas em outra parte; I69 Sequelas de doenças cerebrovasculares.

#### ***Dados de clima.***

Foram utilizados principalmente os dados de clima disponíveis no SISAM desenvolvido pelo Ministério da Saúde (MS) e Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Os dados do SISAM são provenientes do modelo CCATT-BRAMS<sup>1</sup>. O CCATT-BRAMS é um modelo meteorológico regional acoplado a um modelo de reações químicas, um modelo de aerossóis e um modelo de traçadores de poluição. Com o CCATT-BRAMS, é possível identificar as condições meteorológicas, temperatura, umidade, precipitação, direção e velocidade do vento. E as condições de concentração e transporte de poluentes, monóxido de carbono,

---

<sup>1</sup> Coupled Chemistry, Aerosol and Tracer Transport Model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System.

material particulado, Ozônio, aerossóis em suspensão. Os dados são disponibilizados em forma de tabelas. O nível de detalhamento é municipal, ou seja, a tabela fornece um valor médio para a área dos municípios no Brasil.

Foram escolhidos estes dados modelados, visto que há possibilidade de atribuir um valor para cada município da área de estudo, ou seja, dados de estação meteorológica, medidos em superfície não contemplariam toda a área de estudo, não possibilitando comparações. Estes dados foram escolhidos porque a escala de tempo é diária, possibilitando a análise pretendida neste trabalho.

#### ***Dados de queimadas.***

Os dados de queimadas são provenientes do INPE. Os dados referem-se aos focos de queimadas captados por satélites. O INPE processa estas imagens, obtendo-se focos de calor que correspondem a queimadas, de diferentes tamanhos, de acordo com o satélite responsável pela coleta do dado.

O dado de queimada constitui-se dos dados provenientes de uma constelação de satélites. Estes satélites têm diferentes características quanto à resolução temporal e espacial, principalmente. Desta forma, o dado compilado desta constelação de satélites requer determinado cuidado para as conclusões tomadas. São utilizados satélites com diferentes resoluções espectrais, mas o dado referente ao foco de queimada corresponde somente à faixa termal-média de 4 $\mu$ m. O quadro 2 apresenta a constelação de satélites utilizada pelo INPE e algumas características dos satélites como: Resolução espacial, tempo de revisita, tipo de órbita e o período dos dados

O tamanho mínimo de uma queimada identificada pelos satélites é de 30 metros por 1 metro, ou seja, pelo menos uma das extensões tem que ter mais de 30 metros. Assim, uma queima que tenha 5,5 m por 5,5 metros tem mais de 30 metros quadrados, mas não é detectada. Os dados de focos de queimadas do INPE são um dos dados que alimentam o CCATT-BRAMS como fonte de poluição.

Quadro 2: Satélites.

Satélite	Resolução Espacial	Tempo de revisita	Órbita	Período dos dados
AQUA-M	1 Km	1 a 2 dias	Héliossíncrona, quase polar	2002-2011
AQUA-T	1 Km	1 a 2 dias	Héliossíncrona, quase polar	2002-2011
AQUA_M-M	1 Km	1 a 2 dias	Héliossíncrona, quase polar	2002-2011
AQUA_M-T	1 Km	1 a 2 dias	Héliossíncrona, quase polar	2002-2011
ATSR	1 Km	3,35,176 dias	Héliossíncrona, quase circular polar	2001-2011
GOES-08	4 Km	30 minutos	Geoestacionária	2002-2003
GOES-10	4 Km	30 minutos	Geoestacionária	2007-2009
GOES-12	4 Km	30 minutos	Geoestacionária	2003-2011
GOES-13	4 Km	30 minutos	Geoestacionária	2011-2011
METEOSAT-02	5 Km	30 minutos	Geoestacionária	2007-2011
NOAA-12	1.1 Km	Diário	Héliossíncrona, quase polar	2001-2007
NOAA-12D	1.1 Km	Diário	Héliossíncrona, quase polar	2003-2007
NOAA-14	1.1 Km	Diário	Héliossíncrona, quase polar	2005-2007
NOAA-15	1.1 Km	Diário	Héliossíncrona, quase polar	2005-2011
NOAA-15D	1.1 Km	Diário	Héliossíncrona, quase polar	2005-2011
NOAA-16	1.1 Km	Diário	Héliossíncrona, quase polar	2003-2011
NOAA-16N	1.1 Km	Diário	Héliossíncrona, quase polar	2003-2011
NOAA-17	1.1 Km	Diário	Héliossíncrona, quase polar	2005-2010
NOAA-18	1.1 Km	Diário	Héliossíncrona, quase polar	2005-2011
NOAA-18D	1.1 Km	Diário	Héliossíncrona, quase polar	2005-2011
NOAA-19	1.1 Km	Diário	Héliossíncrona, quase polar	2010-2011
NOAA-19D	1.1 Km	Diário	Héliossíncrona, quase polar	2010-2011
TERRA-M	1 Km	16 dias	Héliossíncrona, polar	2002-2011
TERRA-T	1 Km	16 dias	Héliossíncrona, polar	2002-2011
TERRA_M-M	1 Km	16 dias	Héliossíncrona, polar	2002-2011
TERRA_M-T	1 Km	16 dias	Héliossíncrona, polar	2002-2011
TRMM	1 Km	4 dias	Geossíncrona, polar	2007-2011

### ***Dados de poluição.***

Os dados de poluição são provenientes do SISAM. Os dados representam as concentrações de poluentes a partir do CCATT-BRAMS. Foram utilizados os dados de: Monóxido de Carbono (CO) e Material particulado inalável com tamanho de 2,5 micrometros (PM<sub>2,5</sub>). Foram escolhidos estes dados modelados, visto que há possibilidade de atribuir um valor para cada município da área de estudo, ou seja, estações de medição de poluição existem somente em Araraquara, Ribeirão Preto, Pirassununga, Rio Claro, São Carlos e Jaú, não possibilitando comparações entre todos os municípios.

### ***Dados socioeconômicos e população.***

Foram utilizados dados da Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro (FIRJAN). A FIRJAN produz o: Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal - IFDM, para todos os municípios brasileiros. O IFDM é um índice semelhante ao IDH, mas com uma regularidade maior na sua divulgação. Enquanto o IDH municipal é divulgado a cada 10 anos, a partir dos dados do Censo. O IFDM é divulgado com maior frequência. O IFDM é composto do índice geral e do subíndices: Emprego e Renda; Educação; e Saúde. O índice varia de 0 a 1 sendo próximo de 1 maior desenvolvimento e próximo de 0 menor desenvolvimento. Os dados de IDH-M são provenientes do PNUD, disponibilizados no Atlas do desenvolvimento humano no Brasil.

Os dados de população foram obtidos da Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados (SEADE). A SEADE divulga anualmente os dados de população, baseada nos dados dos Censos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e em cálculos de taxas de crescimento e diminuição da população.

### ***Dados de produção de cana-de-açúcar.***

Os dados da produção de cana-de-açúcar foram obtidos do Monitoramento de Cana-de-açúcar via Imagens de Satélite (CANASAT), que é um projeto do INPE. O CANASAT elabora, a partir de imagens de satélite de alta e média resolução, estimativas das áreas plantadas com cana-de-açúcar em nível nacional e com diferentes estágios da produção: cana soca, plantação em reforma, expansão, pronta para colheita. Neste trabalho foram utilizados os dados do total das áreas de plantio, e das áreas de expansão. O dado de área de cultura de cana é disponibilizado em forma de tabela com um total para cada município, por ano, por hectares plantados.

### ***Dados de plano de saúde.***

A Agência Nacional de Saúde Suplementar (ANS) fornece dados do número de beneficiários com plano de saúde por município, estes dados foram coletados e foi calculada a porcentagem da população com plano de saúde para cada município. Não foram consideradas diferenças nas faixas etárias.

### ***Dados espaciais.***

Os polígonos dos municípios da área de estudo utilizados para a confecção dos mapas são da malha municipal digital do Brasil do IBGE, de 2007, em escala

1:250.000, com o recorte da área de estudo. Foram utilizados dois sistemas de coordenadas: Geográfico, ou seja, Latitude e Longitude em graus decimais e coordenadas Universal Transversa de Mercator (UTM), em metros, na zona 23 Sul. O sistema de projeção foi o South American Datum de 1969 (SAD69). Os pontos referentes às áreas urbanas são provenientes do IBGE. O ano de referência é 2007 e a escala 1:250.000 com recorte para a área de estudo.

### ***Programas.***

Para este trabalho foram utilizados os programas computacionais: ArcView, versão 9.3. para os dados geográficos e desenho de mapas. Software for the Spatial and Spatial-Time Scan Statistics (SaTScan), versão 9.1.1. para a estatística por varredura. Excel para conversão de dados tabulares e gráficos.

## **4.2 Geoprocessamento e Epidemiologia**

O trabalho utiliza o geoprocessamento como ferramenta de análise. Verificou-se possíveis relações entre as áreas de cultura de cana-de-açúcar, os focos associados à queima da palha e o impacto à saúde das pessoas. Também foram levantadas características meteorológicas e climáticas de forma a verificar se alterações no tempo e no clima podem amenizar ou contribuir com o efeito das queimadas na saúde.

A coleta de informações sobre a distribuição geográfica de recursos minerais, propriedades, animais e plantas sempre foi uma parte importante das atividades das sociedades organizadas. Até recentemente, no entanto, isto era feito apenas em documentos e mapas em papel; isto impedia uma análise que combinasse diversos mapas e dados (CÂMARA et al., 2005, p.1).

O exemplo clássico, na área da saúde pública e na área da epidemiologia, é o trabalho de John Snow sobre a distribuição de casos de cólera na cidade de Londres, no qual o pesquisador utilizou um mapa, em papel, e marcou os pontos de

casos de cólera, observando o agrupamento de casos e facilitando a análise e descoberta da bomba de água responsável pela contaminação (SNOW, 1999).

O Geoprocessamento compreende a disciplina do conhecimento que utiliza técnicas matemáticas e computacionais para o tratamento da informação geográfica, (CÂMARA et al., 2005). O uso do geoprocessamento é crescente em áreas como Cartografia, Análise de Recursos Naturais, Transportes, Comunicações, Energia e Planejamento Urbano e Regional (CÂMARA et al., 2005). Acrescenta-se a esta lista, as aplicações em geomarketing, saúde, geografia, meio ambiente e muitas outras áreas de pesquisa e aplicações, que dependem de uma informação geoespacial. O geoprocessamento engloba diversas ferramentas, entre elas o sensoriamento remoto, a cartografia digital e os chamados Sistemas de Informação Geográfica (SIG). Os SIG, também conhecidos pela sigla em inglês GIS, permitem realizar análises complexas, ao integrar dados de diversas fontes e ao criar bancos de dados georeferenciados (CÂMARA et al., 2005).

Embora pareça recente a ideia de processar dados espaciais em computador, segundo CÂMARA et al. (2005), desde a década de 1950, países como Estados Unidos e Inglaterra já faziam tentativas deste tipo. A primeira tentativa bem sucedida de criar um sistema de informação geográfica ocorreu no Canadá na década de 1960. Mas somente a partir da década de 1980 foram estabelecidas as bases para o crescimento das tecnologias de geoprocessamento, crescimento e massificação observados até hoje.

Em geral, um experimento epidemiológico clássico, apresenta definições simplificadas de saúde. “As definições dos estados de saúde utilizadas pelos epidemiologistas tendem a ser extremamente simples, como, por exemplo, doença presente ou doença ausente” (BONITA, 2010, p.15), ou seja, de certa forma os epidemiologistas trabalham com um modelo da realidade, onde um indivíduo real é transformado em um modelo simplificado para se enquadrar no experimento epidemiológico clássico. Geralmente, podem ocorrer fatores de confusão nas análises epidemiológicas, provocados por este limiar fictício entre saúde e doença.

Fazendo uma comparação do experimento epidemiológico clássico, com um mapa. O mapa também é uma representação, em escala, da realidade, um modelo. Geralmente a generalização, simplificação ou também o detalhamento produzem resultados que não representam a realidade. Isto acontece da mesma forma no

geoprocessamento onde não é possível representar toda a realidade no mapa ou em um banco de dados. A figura 5 representa os modelos da realidade em um experimento epidemiológico clássico e num mapa.

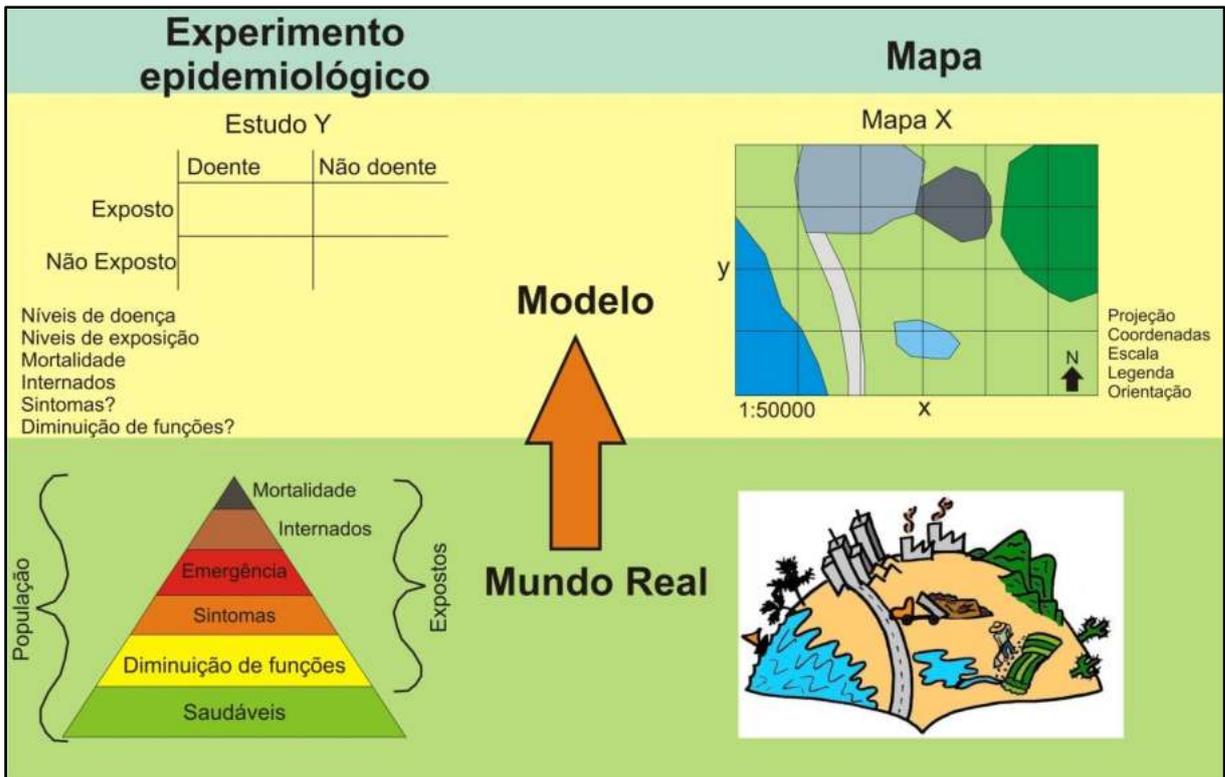


Figura 5: Modelo da realidade num experimento epidemiológico e num mapa.

Baseado em: WHO (1999), BONITA et al. (2010) e CÂMARA et al. (2009).

### 4.3 Estudo descritivo

Primeiramente, foram elaborados mapas temáticos e gráficos para observar o comportamento espacial e temporal das variáveis. A escolha dos anos para a elaboração destes mapas e gráficos foi em função da disponibilidade conjunta dos dados. Foi produzido um mapa com as variáveis plano de saúde e IFDM para os anos 2005, 2007, 2009 e 2011. Também foram produzidos três mapas com as variáveis produção de cana-de-açúcar, expansão da cana-de-açúcar, focos de

queimadas, taxa de internação por doenças respiratórias e taxa de internação por doenças cardiovasculares para os anos 2003 a 2011.

Foi produzido um gráfico de tendência temporal para a porcentagem de beneficiários de plano de saúde para o total da área de estudo nos anos 2003 a 2011. Foi produzido um gráfico de tendência temporal para o IFDM e os subíndices IFDM saúde, IFDM educação, IFDM emprego e renda para o total da área de estudo nos anos 2000, 2005, 2007, 2009 e 2011. Também foi produzido um gráfico com a tendência temporal das variáveis produção de cana-de-açúcar, expansão da cana-de-açúcar, focos de queimadas, taxa de internação por doenças respiratórias e taxa de internação por doenças cardiovasculares para os anos 2003 a 2011.

#### **4.4 Análises espaciais**

##### ***Índice de Moran.***

Juntamente com os mapas temáticos foi calculado um indicador global de autocorrelação espacial, índice de Moran global, com o objetivo de verificar se as variáveis apresentam uma distribuição espacial com aglomeração, aleatória ou com dispersão. O cálculo do índice de Moran objetivou verificar o comportamento espacial das variáveis para comparação com os resultados posteriores da estatística por varredura, ou seja, os aglomerados encontrados pela estatística por varredura recebem influência das variáveis que estão aglomeradas de acordo com o índice de Moran.

O resultado do índice de Moran varia de 1 a -1, sendo valores mais próximos de 1 total aglomeração, mais próximo de -1 total dispersão, os valores próximos de 0 significam que os dados não apresentam aglomeração ou dispersão, ou seja, a distribuição é aleatória estatisticamente.

## ***Estatística por varredura.***

A estatística por varredura utiliza uma janela que varre uma região para um determinado período de tempo. Esta janela faz a contagem de casos observados e esperados no espaço-tempo. A janela de análise de tempo é um intervalo em dias, meses ou anos, representada por uma barra. A janela espacial pode ser um círculo ou uma elipse com raio variável. A janela espaço-temporal é um cilindro com base circular ou elíptica. Os períodos de tempo são pré-programados, assim como o raio da análise espacial, também existe a opção automática de definição do raio e do intervalo de tempo (KULLDORFF, 2010).

A estatística por varredura possibilita encontrar aglomerados espaciais e espaço-temporais. O objetivo de encontrar aglomerados espaciais é identificar áreas com maior concentração de determinado evento, na maioria das vezes, casos de doenças. O objetivo de encontrar aglomerados espaço-temporais é identificar períodos no tempo onde ocorrem mais casos de determinado evento, uma epidemia por exemplo. Num segundo momento, investiga-se a relação entre os aglomerados encontrados e possíveis relações causais (KULLDORFF, 2010).

Diferentes métodos de detecção de aglomerados partem da existência de hipótese nula onde supõe-se que não há aglomerados em toda região, ou seja, o risco de ocorrência do evento é completamente aleatório e proporcional ao tamanho populacional de cada localidade.

A estatística scan tem as seguintes características: detecção de aglomerados em um processo pontual multidimensional, área de varredura variável e diferentes estatísticas de base, Poisson, Bernoulli, Normal, Exponencial, Multinomial, Permutação espaço-temporal.

Estudos de detecção de aglomerados são imprescindíveis para identificação de regiões geográficas cujo risco para doenças ou epidemias é elevado. (COSTA e ASSUNÇÃO, 2003).

A estatística Scan foi desenvolvida necessariamente para aplicações em epidemiologia. Neste trabalho, propõe-se utilizá-la também na detecção de aglomerados dos focos de queimadas. Um exemplo de trabalho utilizando a estatística de varredura para outros dados que não sejam necessariamente de

epidemias é o desenvolvido por PINHEIRO et al. (2009). Este autor apresenta o potencial das técnicas do sensoriamento remoto e da estatística de varredura para determinar áreas que formam agrupamentos de casos de desmatamento, podendo esses ser considerados alertas de onde se encontram as florestas de maior risco no Sul da Amazônia e alertas de áreas que necessitam uma urgente investigação da causa e do delineamento da expansão do desmatamento (PINHEIRO et al., 2009).

A estatística de varredura utilizada é desenvolvida na Harvard Medical School por Martin Kulldorff, assim como o programa utilizado neste trabalho. O SaTScan 9.1.1 é um software livre e estatístico. Como resultado do seu processamento, ele fornece diferentes valores estatísticos e tabelas de resultados, que podem ser visualizados posteriormente em programas de geoprocessamento. Foram geradas análises para casos de internação e para focos de queimadas.

Primeiramente, foram processados os dados de focos de queimadas, em ponto, de 2000 a 2011, através da permutação espaço-temporal, com o objetivo de encontrar períodos e áreas mais sujeitas às queimadas. Na permutação espaço-temporal não é considerada nenhuma população. A janela espacial foi definida automaticamente, mas com aglomerados com no máximo 50% da amostra, ou seja, não são interessantes aglomerados que identifiquem uma região grande, ou próxima do raio da área de estudo. Posteriormente, foram analisados os tamanhos dos aglomerados descartando-se aglomerados muito pequenos. A janela temporal foi definida em 5 dias. Este período foi definido em função de três fatores. Primeiro, ocorrem mais queimadas durante os dias da semana em comparação com os finais de semana, período em que as queimadas são proibidas. Segundo, período de safra, queima, colheita, transporte e moagem, programados de acordo com o planejamento da usina. Terceiro, fatores meteorológicos que influenciam na queimada, período de baixa umidade ou período de chuvas.

Depois, foram processados os dados de internação por doenças respiratórias e cardiovasculares, de 2000 a 2011. A estatística de base foi a distribuição de Poisson. Foi considerada a população das faixas etárias das pessoas mais expostas à poluição e à doença. A data de referência foi a internação. A localização foi o município de residência do paciente, reduzido ao ponto central da área urbana dos municípios. Da mesma forma que os focos de queimadas, a janela espacial foi

definida automaticamente, mas com aglomerados com no máximo 50% da amostra. Para a janela temporal, foram feitos vários testes, de 2, 4, 5 e 10 dias.

A partir dos aglomerados encontrados buscou-se relacionar com diferentes variáveis do ambiente que pudessem explicar os eventos como, direção dos ventos, clima, socioeconomia. Outras tentativas de explicar os aglomerados encontrados foram feitas através da análise por pesos.

### ***Análise de pesos.***

O método de análise por pesos baseia-se em CREPANI et al. (2001). Este método foi originalmente utilizado no zoneamento ecológico econômico da Amazônia e outras regiões. Primeiramente, devem ser definidas as Unidades Territoriais Básicas (UTBs) como unidades mínimas de estudo. Este método é utilizado para a análise de dados de caráter físico, como geologia, solo, geomorfologia, vegetação e clima. Para cada UTB é definido um peso de acordo com cada parâmetro sendo peso 1 próximo da estabilidade, peso 3 instabilidade e 2 o intermédio entre estabilidade/instabilidade. Com o cruzamento dos dados, através de uma média, obtém-se uma carta de susceptibilidade ou vulnerabilidade à perda de solo.

Para este estudo em Araraquara foram utilizados outros parâmetros, como dados de clima e poluição, como indicadores da vulnerabilidade e da pressão exercida do ambiente sobre as pessoas. Os pesos para cada parâmetro foram definidos de forma empírica, com auxílio de estatística e em função dos valores encontrados. As unidades de análise, ou UTBs, são os polígonos municipais da área de estudo, numa escala de 1:250.000.

A metodologia utilizada consiste em comparar diferentes tipos de dados permitindo criar um modelo de vulnerabilidade, ou susceptibilidade. O primeiro passo foi estabelecer as categorias de vulnerabilidade, quadro 3, onde são definidos os pesos e as categorias. Foram definidas as categorias: estável, onde há um menor risco associado à poluição e ao clima; intermediária, onde o risco é médio; e vulnerável, onde há um maior risco.

Quadro 3: Categorias de vulnerabilidade.

<b>Categoria de vulnerabilidade</b>	<b>Indicador de vulnerabilidade</b>	<b>Valor</b>
Estável	Menor risco	1
Intermediária	Médio risco	2
Vulnerável	Maior risco	3

Baseado em: CREPANI et al. (2001).

Os valores foram definidos com base na observação, na literatura e nos parâmetros da Organização Mundial da Saúde (OMS). O valor de Monóxido de Carbono foi definido com base nas diretrizes europeias para qualidade do ar da OMS (WHO, 2000). O valor mais crítico é o valor de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  (10 ppm, ou 0,01 ppb) para uma exposição de 8 horas. Foram definidas então: uma categoria para concentrações acima de 0,01 ppb, uma categoria acima de 0,007 ppb, e quando menor que 0,007 ppb outra categoria.

O valor de PM 2,5 foi atualizado em 2005 pela OMS, e esta diretriz foi utilizada como base para a definição das categorias de PM 2,5 (WHO, 2005). O valor de exposição média anual é de  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e o valor de exposição média de 24 horas é de  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Desta forma foram definidas as categorias: acima de  $12 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , 12 a 6 e menor  $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$  que correspondem a valores diários, mas sem desconsiderar a média anual.

A umidade relativa do ar foi baseada nas indicações da OMS. Foram definidas as categorias abaixo de 30%, de 30% a 65% e acima de 65% (WHO, 2009).

Os índices de amplitude térmica e temperatura foram baseados em SILVA (2010). O valor de temperatura acima de  $21^\circ\text{C}$  é considerado o ideal em conforto térmico, e abaixo de  $18^\circ\text{C}$  considerado como frio. Desta forma, foram estabelecidas as categorias abaixo de  $19^\circ\text{C}$ , entre  $19^\circ\text{C}$  e  $21^\circ\text{C}$  e acima de  $21^\circ\text{C}$ . Há um maior risco associado a uma maior amplitude térmica, portanto foram definidas as faixas de amplitude: acima de  $12^\circ\text{C}$ , entre  $12^\circ\text{C}$  e  $7^\circ\text{C}$  e abaixo de  $7^\circ\text{C}$ . A tabela 3 apresenta as categorias e os pesos utilizados.

Tabela 3: Pesos e parâmetros de análise.

	<b>Parâmetro</b>	<b>Unidade</b>	<b>Valor = 3</b>	<b>Valor = 2</b>	<b>Valor = 1</b>
1	CO	Média-ppb	>0,01	0,01 a 0,007	<0,007
2	PM 2,5	Média- µg/m <sup>3</sup>	>12	12 a 6	<6
3	Umidade relativa	%	<30	30 a 65	>65
4	Amplitude térmica	°C	>12	7 a 12	<7
5	Temperatura	°C	<19	19 a 21	>21

Baseado em: CREPANI et al. (2001), WHO (2000, 2005, 2009); SILVA (2010).

A partir dos resultados obtidos na análise por estatística de varredura, no SaTScan, foi feita a análise em escala temporal diária, em uma data próxima ao aglomerado encontrado, para os anos de 2006 a 2011. Foram gerados mapas temáticos com as diferentes variáveis sobrepostas, ou seja, com o cálculo dos pesos das variáveis para cada município. Para a vulnerabilidade é calculada a média aritmética dos pesos obtendo-se um valor de vulnerabilidade por polígono, fórmula 1.

(1)

$$V = ("1"+"2"+"3"+"4"+"5") / 5$$

Onde:

V = Vulnerabilidade

1=CO

2=PM 2,5

3=Umidade relativa

4=Amplitude térmica

5=Temperatura

A partir da média foi elaborada uma escala de vulnerabilidade para representar e possibilitar comparações (quadro 4). Quanto maior a média, maior a vulnerabilidade e quanto menor, maior é a estabilidade. A escala de vulnerabilidade foi dividida em graus de vulnerabilidade conforme o quadro 4. Também, foi elaborada

uma escala de cores baseada em CREPANI et al. (2001). A partir da cor azul representando maior estabilidade, passando pelo verde, amarelo até o vermelho representando maior vulnerabilidade.

A vulnerabilidade é um mapa síntese de diferentes variáveis que se inter-relacionam produzindo um efeito de proteção ou vulnerabilidade. A partir do mapa de vulnerabilidade é possível estabelecer valores de maior ou menor risco para determinados temas do ambiente e fazer comparações entre diferentes áreas definidas como unidades territoriais básicas.

Quadro 4: Escala de vulnerabilidade.

Unidade Municipal	Média	Grau de vulnerabilidade
M1	3,0	Vulnerável
M2	2,9	
M3	2,8	
M4	2,7	
M5	2,6	Moderadamente vulnerável
M6	2,5	
M7	2,4	
M8	2,3	
M9	2,2	Medianamente vulnerável
M10	2,1	
M11	2,0	
M12	1,9	
M13	1,8	Moderadamente estável
M14	1,7	
M15	1,6	
M16	1,5	
M17	1,4	Estável
M18	1,3	
M19	1,2	
M20	1,1	
M21	1,0	

Baseado em: CREPANI et al. (2001).

## 5. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 5.1 As queimadas e a poluição

As queimadas de cana-de-açúcar geram um tipo específico de poluição, com diferentes tipos de componentes químicos liberados na atmosfera. Foi elaborada uma revisão de alguns conceitos e trabalhos que abordam as queimadas e a poluição.

RIBEIRO e ASSUNÇÃO (2002) definem as queimadas como uma combustão incompleta ao ar livre, que depende do tipo e situação do material vegetal que está sendo queimado, como sua densidade e umidade, além de condições climáticas, como temperatura, umidade e velocidade do vento.

Segundo ARBEX (2004) "a combustão é uma reação química onde um material combustível reage rapidamente com o oxigênio do ar, produzindo luz e calor intensos". A queima da cana-de-açúcar é uma queima de biomassa e ocorre em três fases ignição (*ignition*), combustão com chama (*flaming*), e combustão com ausência de chama (*smoldering*) (ARBEX, 2004). A fase de combustão com ausência de chama é a que produz e libera maior quantidade de fuligem e compostos químicos na atmosfera.

Segundo RIBEIRO E ASSUNÇÃO (2002) a prática da queima de cana-de-açúcar, de pastagens ou de restos de culturas, apresentam diferentes emissões, são comuns em diversos países e não vêm sendo estudadas de forma sistemática. Existem apenas pesquisas isoladas que não podem ser extrapolados para outras regiões e situações.

A queima de biomassa é uma das mais antigas e importantes fontes antropogênicas de poluição atmosférica. E ampliou-se muito a queima de combustíveis fósseis, nas indústrias e nos automóveis após a Revolução Industrial (CANÇADO et al., 2006).

Além da combustão de biomassa também ocorre à poluição do ar por fontes naturais, erupções vulcânicas e queima natural de biomassa como ocorrem em

serrados e savanas e podem ser consideradas as mais antigas fontes de contaminação do ar (CANÇADO et al., 2006).

Segundo ARBEX (2004) a queima de biomassa é a maior fonte de produção de gases tóxicos, material particulado e gases do efeito estufa no planeta e em nível global aproximadamente 80% da queima de biomassa ocorre nos trópicos.

As alterações ambientais provocadas pela queima de biomassa alteram a química da atmosfera, como a produção de compostos químicos que mudam a acidez da chuva, e a física da atmosfera, como o balanço térmico que é alterado pela radiação solar refletida para o espaço ou absorvida pela poluição (ARBEX, 2004).

RIBEIRO e ASSUNÇÃO (2002) listaram os poluentes provenientes da queima de biomassa em geral. Primeiro, por ser uma combustão incompleta as emissões iniciais constituem-se de monóxido de carbono (CO) e material particulado (fuligem), além de cinza de granulometria variada. No decorrer da queima são liberados compostos orgânicos simples e complexos como os hidrocarbonetos (HC), compostos orgânicos voláteis (COVs) e semivoláteis, hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPA), dioxinas e furanos, vários deles de grande interesse para a saúde pública pela alta toxicidade.

Nas emissões das queimadas ocorrem os óxidos de nitrogênio (NOx), como o óxido nítrico (NO) e o dióxido de nitrogênio (NO<sub>2</sub>), que foram formados pela reação térmica e de oxidação do nitrogênio presente nas plantas com o oxigênio atmosférico.

ZANCUL (1998) caracterizou a prática de queimar a palha de cana-de-açúcar antes do corte, como uma modalidade específica de poluição do ar. Enquanto a emissão veicular de material particulado podia chegar a 62 toneladas/dia na Região Metropolitana de São Paulo, o material particulado proveniente da queima de palha, conhecido como “carvãozinho”, podia chegar a 285 toneladas/dia em áreas canavieiras.

Em pesquisa ZANCUL (1998, p.28 e 29) constatou o efeito da poluição por queimadas à população.

[...] No que tange à qualidade de vida das coletividades, a literatura indica uma série de conseqüências negativas que atinge a população, em razão do material particulado produzido pelas queimadas. Moradores que vivem em áreas afetadas relatam os seguintes problemas:

- Sujeira em casas, comércio e locais públicos;
- Aumento do consumo de água de abastecimento público para garantir a limpeza dos locais afetados com maior freqüência;
- Aumento dos acidentes em rodovias devido à falta de visibilidade;
- Problemas respiratórios, notadamente em crianças e idosos; inalável.
- Interrupção de serviços de energia elétrica por problemas causados em linhas de transmissão próximas a área da queimada;
- Desperdício de energia;
- Eliminação de animais silvestres, pássaros, etc.;
- Emissão de gases prejudiciais ao meio ambiente;
- Destruição da palha que não se incorpora ao solo. [...] (ZANCUL, 1998, p.28 e 29)

## **5.2 Os efeitos à saúde**

As queimadas podem produzir diferentes efeitos à saúde de curto, médio e longo prazo. O efeito agudo ou de curto prazo é restrito a pessoas mais próximas à área da queimada, que estejam principalmente atuando no seu combate para estas pessoas os efeitos podem ir de intoxicação até a morte por asfixia (RIBEIRO e ASSUNÇÃO, 2002). O efeito de médio prazo é representado pelas doenças crônicas ou a exacerbação de crises respiratórias por exemplo. Os efeitos de longo prazo são os mais desconhecidos, mas podem estar associados às neoplasias, pela exposição prolongada a pequenas quantidades de compostos cancerígenos como as HPAs (RIBEIRO e ASSUNÇÃO, 2002).

Outro aspecto a se ressaltar é que as queimadas não são homogêneas, assim como seus efeitos para a saúde. Diferentes tipos de vegetação apresentam emissões diferenciadas em termos de gases e de material particulado. Diferentes estágios de queima também apresentam variações (YAMASOE et al., 2000 apud RIBEIRO e ASSUNÇÃO, 2002).

Apesar de existir grande variedade de gases e compostos emitidos pelas queimadas os principais poluentes emitidos são o material particulado e o monóxido de carbono.

O material particulado inalável emitido pelas queimadas é o principal agente causador de efeitos deletérios à saúde, pois ele apresenta diferentes características quanto a sua granulometria. Os particulados inaláveis são os particulados com até 10µm (10 micrometros, PM10) e com frações menores chegando a 2,5µm (2,5 micrometros, PM 2,5) que é o particulado fino. O PM10 penetra pelo nariz ou pela boca, quando se respira por ela, deposita-se principalmente nas vias aéreas superiores, podendo chegar às inferiores. Provoca, geralmente, afecções como rinite, irritações nas narinas, faringe e laringe. O PM 2,5 penetra mais profundamente, chegando facilmente aos brônquios, bronquíolos e até alvéolos, provocando enfermidades, como asma, bronquite e enfisema. Frações menores que o PM 2,5 penetram até na corrente sanguínea e seus efeitos são desconhecidos. (RIBEIRO e ASSUNÇÃO, 2002).

Abaixo são apresentados alguns estudos que relacionam, queima de biomassa em ambientes externos, ou queima de cana-de-açúcar e diferentes efeitos à saúde, que começaram a ser elaborados principalmente a partir da década de 1990.

ZANCUL (1998, 2009) elaborou um estudo para avaliar o efeito das queimadas de cana-de-açúcar na qualidade do ar da região de Araraquara, São Paulo. O autor coletou material particulado de diferentes granulometrias através de placas adesivas e dados de poluição do ar provenientes da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB). O autor analisou a quantidade de material particulado aderido às placas adesivas e os dados de poluição. O autor concluiu que as queimadas de cana-de-açúcar constituem fonte significativa de emissão de poluentes na atmosfera. A ocorrência das queimadas nos meses de inverno contribui com o aumento dos casos de doenças respiratórias principalmente em crianças e idosos.

ARBEX (2001) elaborou um estudo para estimar os efeitos do material particulado proveniente das queimadas de cana-de-açúcar sobre a morbidade respiratória da população de Araraquara. O autor coletou dados de material particulado, morbidade respiratória e dados meteorológicos e analisou

estatisticamente. O autor concluiu que existe uma relação causal do material particulado decorrente das queimadas de cana-de-açúcar com a morbidade respiratória da população. A relação entre a poluição atmosférica e efeitos a saúde da população mostrou ter um efeito agudo após curtos períodos de exposição, com um tempo de defasagem de 2 dias.

ARBEX et al. (2004) elaboraram uma revisão sobre a queima de biomassa e os efeitos sobre a saúde.

Primeiro, ARBEX et al. (2004) revisaram aspectos mais gerais das atividades humanas. Segundo os autores as atividades humanas como a poluição gerada pelas queimadas e as mudanças físicas e biológicas ocorridas no ambiente resultaram em um enorme impacto sobre a saúde. A extensão dessas mudanças, repercutem nos dias de hoje e no futuro, não estão totalmente estabelecida. Como exemplo, os autores citam que as emissões passadas de gases geradores do efeito estufa e a depleção da camada de ozônio, ainda são problemas atuais e futuros. Da mesma forma, a contínua modificação do ambiente poderá representar no futuro uma ameaça à saúde de forma global (ARBEX et al., 2004).

A queima de biomassa é um dos principais fatores de poluição do ar assim como a poluição veicular e industrial nas cidades desenvolvidas. Nos países subdesenvolvidos a queima de diferentes tipos de biomassa ainda é muito comum. Dentre os elementos provenientes da queima de biomassa, o material particulado decorrente da combustão, seja em ambientes internos, seja em ambientes abertos, é o poluente que apresenta maior toxicidade e que tem sido mais estudado (ARBEX et al., 2004).

A fumaça decorrente da queima de biomassa em ambientes abertos produz efeitos adversos indiretos sobre a saúde, como a redução da fotossíntese, o que provoca diminuição das culturas agrícolas. Também ocorre o bloqueio dos raios ultravioletas A e B, o que provoca um aumento de micro-organismos patogênicos no ar e na água. E aumento de larvas de mosquitos transmissores de doenças que são sensíveis aos raios ultravioletas A e B e são indiretamente protegidos pela fumaça (ARBEX et al., 2004).

A cana-de-açúcar é uma cultura agrícola singular, por razões de produtividade e de segurança, sua colheita é realizada após a queima dos canaviais, o que gera uma grande quantidade de elemento particulado negro denominado fuligem da cana.

O material particulado proveniente da queima de cana modifica as características do ambiente nas regiões onde a cana-de-açúcar é cultivada, colhida e industrializada. As regiões de cana-de-açúcar são laboratórios naturais onde a população fica exposta, por geralmente seis meses ao ano, aos poluentes provenientes da queima de biomassa (ARBEX et al., 2004).

ARBEX et al. (2004), discutem sobre os efeitos das queimadas na saúde, sobre o ponto de vista médico. O interesse reside no fato de que muitos pacientes com doenças crônicas do aparelho respiratório, principalmente bronquite crônica, enfisema, e asma, referem agravamento dos seus sintomas no período do ano que coincide com a queimada da cana. Mas não é só. Indivíduos saudáveis, na mesma época do ano, referem, com frequência, irritação em vias aéreas superiores com ardor no nariz e na garganta. A presença na atmosfera de resíduos grosseiros resultantes da combustão da cana-de-açúcar aparece, para a população em geral, como a evidência de que os sintomas respiratórios dependem ou são agravados pela poluição ambiental gerada pelas queimadas. Entretanto, ARBEX et al. (2004), ressaltaram que podem haver fatores de confusão como o clima, que pode ser responsável pelo agravamento dos sintomas respiratórios em uma parcela de indivíduos da população.

ARBEX et al. (2004) citando TURN et al. (1997), afirmam que as queimadas emitem poluentes que atuam não só localmente como também podem afetar regiões distantes de onde foram originadas, através do transporte a longas distâncias, o que aumenta as proporções do impacto sobre os indivíduos.

CANÇADO (2002) elaborou um estudo com o objetivo de estimar os efeitos do material particulado proveniente da queima da cana-de-açúcar sobre a morbidade respiratória da população na região de Piracicaba, São Paulo. O autor coletou dados de internações hospitalares e atendimentos ambulatoriais; dados de clima; e dados de medição de material particulado. O autor elaborou diferentes análises estatísticas para estimar os efeitos do material particulado. Os resultados mostraram, primeiro, que os poluentes gerados pela queima de cana-de-açúcar são os principais responsáveis pelos efeitos adversos à saúde humana na região do estudo. Segundo, a poluição do ar na cidade de Piracicaba leva ao aumento no número de internações hospitalares por doenças respiratórias em crianças, adolescentes e idosos.

Segundo CANÇADO et al. (2006) a exposição à poluição atmosférica causa diferentes efeitos na saúde respiratória, o autor cita diferentes estudos demonstrando os da queima de biomassa em ambientes internos ou externos.

CANÇADO et al. (2006) citando BASCOM et al., (1996) afirmam que a poluição do ar causa uma resposta inflamatória no aparelho respiratório induzida pela ação de substâncias oxidantes, as quais acarretam aumento da produção, da acidez, da viscosidade e da consistência do muco produzido pelas vias aéreas, levando, conseqüentemente, à diminuição da resposta e/ou eficácia do sistema mucociliar.

CANÇADO (2006) ressalta que, nos últimos dez anos, estudos experimentais e observacionais têm apresentado evidências consistentes sobre os efeitos da poluição do ar, especialmente do material particulado fino, na morbidade e mortalidade por doenças cardiovasculares (cardíacas, arteriais e cerebrovasculares). Foram observados efeitos agudos, com aumento nas internações e mortes, doença isquêmica do miocárdio e cerebral. Os efeitos crônicos, por exposição em longo prazo, são aumento de mortalidade por doenças cerebrovasculares e cardíacas.

LOPES (2005) elaborou um estudo ecológico de causa e efeito envolvendo variáveis ambientais e os efeitos deletérios à saúde humana, utilizando tecnologias de geoprocessamento como recurso para gerar hipóteses para estudos aprofundados. Como resultado, LOPES (2005), observou maior incidência de doenças respiratórias em regiões onde há ocorrência da prática de queimadas em culturas canavieiras.

LOPES (2010) analisou os agravos à saúde e possíveis relações com as queimadas de cana-de-açúcar. O objetivo foi avaliar as correlações entre os agravos à saúde respiratória e as queimadas de cana-de-açúcar, utilizando análise espacial e modelos estatísticos. A metodologia consistiu na elaboração de análises por Hot Spots e regressão linear e análise de Pearson. O autor concluiu que as taxas de internações estão relacionadas com as queimadas, com aspectos socioeconômicos e climáticos. Porém ressalta que mais variáveis podem ter influência sobre as taxas de internações.

URIARTE et al. (2009), coletaram dados do estado de São Paulo para determinar a magnitude da expansão de cana-de-açúcar no estado. Utilizando os dados, os autores, analisaram as ligações espaciais e temporais de longo prazo

entre as ocorrências de queimadas e a saúde respiratória. A análise tentou fazer previsões sobre os efeitos da recente expansão do cultivo de cana na ocorrência de queimadas e o resultado na saúde humana.

URIARTE et al. (2009) encontrou associação das doenças respiratórias em climas com alta umidade e temperatura. estes resultados também foram encontrados por outros autores como VIEGAS et al., 2004. Da mesma forma URIARTE et al. (2009) encontrou associação em climas com baixa temperatura e umidade. Segundo URIARTE et al., 2009, e TANNER e LAW, 2004 a baixa temperatura e umidade também podem prejudicar a dispersão de poluentes do ar, afetando a saúde respiratória indiretamente.

RIGUEIRA (2010) e RIGUEIRA; ANDRE e ZANETTA (2011) elaboraram um estudo para avaliar a relação existente entre a poluição gerada pela queima da cana-de-açúcar e a prevalência de sintomas de asma e rinite em escolares de 10 a 14 anos, na cidade de Monte Aprazível, São Paulo. Os autores coletaram dados através de questionário e fizeram medidas de pico de fluxo expiratório; coletaram dados meteorológicos e medidas de material particulado. Os autores utilizaram diferentes análises estatísticas para obtenção dos resultados. E concluíram que, em comparação a cidades com poluição veicular, a prevalência de asma foi menor, enquanto que a prevalência de rinite foi equivalente. As medidas de material particulado PM<sub>2,5</sub> nos meses de outubro e novembro, época da safra de cana-de-açúcar ultrapassaram, em alguns dias, os padrões estabelecidos pela OMS de 25µg/m<sup>3</sup> para média de medida de 24 horas. A poluição gerada pela queima da cana pode estar influenciando na ocorrência e exacerbação de asma e rinite assim como na alteração da função pulmonar, uma vez que a prevalência diária de medidas de pico de fluxo expiratório abaixo da mediana aumentou com o aumento da concentração média de PM<sub>2,5</sub>.

Em resumo, os trabalhos abordam diferentes pontos de vista e diferentes metodologias. Assim, são utilizadas diferentes variáveis de análise: Material Particulado, morbidade, mortalidade, atendimentos ambulatoriais, medidas de campo, dados meteorológicos. As metodologias, em geral, foram: revisão bibliográfica, análise por geoprocessamento, análise epidemiológica, análise estatística, aplicação de questionário, levantamento de dados em campo,

levantamento de dados secundários. Estes trabalhos contribuem com o entendimento do problema das queimadas e os seus efeitos à saúde humana.

### **5.3 Tempo, clima, variabilidade, ritmo e mudanças climáticas**

Os conceitos de tempo e clima são diferentes, mas frequentemente são usados como sinônimos ou de forma inadequada. SORRE (1984) definiu o clima de um determinado local, como a série de estados da atmosfera, em sua sucessão habitual. Esse conceito introduziu a noção de ritmo climático que, no Brasil, propiciou uma nova abordagem analítica dos estudos climáticos (MONTEIRO, 1971, 1991).

O clima é parte inerente do ambiente, ou seja, é parte da base da existência da vida, sendo sua conservação e desenvolvimento uma importante responsabilidade pública. O clima envolve todas as condições meteorológicas e processos durante um período relativamente longo, mas limitado. O sistema clima refere-se à combinação dos mecanismos de retroalimentação não linear de diferentes intensidades e com variação no tempo, bem como ao comportamento da atmosfera-hidrosfera-criosfera-superfície-biosfera. Os elementos considerados no clima são os mesmos daqueles considerados no tempo, variando da macro à micro escala.

Segundo alguns autores, a meteorologia é parte da física e ocupa-se em estudar a atmosfera como um todo, produz informação básica sobre o comportamento atmosférico, através de normas e processos internacionalizados de sistematização e padronização, tendo uma aplicação prática, como a previsão do tempo, por exemplo (MONTEIRO, 1991; LECHA, 2009).

A climatologia é uma área de estudo da Geografia e o estudo dos climas consiste em um dos vários tópicos de seu objeto de estudo. A construção do conhecimento climatológico apoia-se na informação produzida pela observação meteorológica, mas centraliza sua preocupação naquela camada mais complexa e turbulenta da atmosfera – a troposfera inferior (MONTEIRO 1991, p.17).

Por tempo, entende-se o estado médio da atmosfera numa dada porção de tempo em determinado lugar. E clima refere-se à síntese do tempo num dado lugar

durante um período de aproximadamente 30 a 35 anos. Estes dois conceitos são objetos da meteorologia e da climatologia respectivamente (AYOADE, 2004). As outras ciências, como a geografia, arquitetura, agronomia, utilizam parte dos conhecimentos de tempo e clima.

A variabilidade diz respeito aos fatores do tempo atmosférico, como precipitação, temperatura, ventos, umidade relativa (SOUZA, 2007). As variações na atmosfera interferem na vida e na saúde do homem. As variações do tempo atmosférico e variações climáticas são distintas, pois o tempo atmosférico é extremamente variável. Já as mudanças climáticas agregadas compreendem o clima. Existem evidências das variações do clima, que são as *tendências climáticas* ou quando acontecem de forma cíclica são conhecidas como *ciclos climáticos*. Quando uma tendência permanece, por um longo período de tempo, tem-se uma *mudança climática* (AYOADE, 2004).

Por ritmo, entende-se o estado natural da atmosfera e os tipos de tempo (SOUZA, 2007). Num determinado lugar, em um determinado período do ano, o clima obedece a uma sazonalidade e um ritmo, mas episódios em escala de tempo pequena são os que trazem as principais consequências para a saúde. Ou seja, o que afeta, diretamente e instantaneamente, o homem são as variações do tempo atmosférico, como exemplo: mudanças bruscas de temperatura, em diferentes sentidos, de frio para quente, ou de quente para frio, produzem diferentes consequências para a saúde humana. A umidade, que sempre está associada à temperatura, também é outro fator importante, mas o efeito de longos períodos secos é o principal causador de problemas de saúde, não se descartando picos repentinos de baixíssima umidade.

O clima é o resultado de um processo complexo, envolvendo atmosfera, oceano, superfícies sólidas (vegetadas ou não), apresentando enorme variabilidade no tempo e no espaço (NIMER, 1979).

As classificações de climas utilizam um tempo cronológico determinado conhecido como escala temporal. Dividem as áreas com características semelhantes conhecidas como escala espacial que possuem diferentes parâmetros como temperatura, precipitação, evapotranspiração. O clima também pode ter diferentes escalas de análise: global, regional local, microclima (NIMER, 1979).

A classificação de um clima pode ser a tradicional como a desenvolvida por Köppen no início do século XX ou classificação moderna, também conhecida como dinâmica, desenvolvida por Strahler na metade do século XX. A classificação tradicional utiliza as médias dos dados fixos na determinação dos tipos climáticos ou a flutuação dos dados ano a ano. Na classificação moderna definem-se tipos de climas de acordo com as circulações atmosféricas e suas características zonais (NIMER, 1979).

A classificação proposta por NIMER (1979) utiliza as bases da classificação dinâmica, moderna, em escala zonal e refina a classificação utilizando as bases da classificação genética, tradicional, para escala regional, ou seja, uma classificação genético-dinâmica.

Os fenômenos conhecidos como “*Enos*”, “*El Niño*” e “*La Niña*”, são variações na temperatura da água na superfície do Oceano Pacífico que influenciam a circulação atmosférica anualmente, globalmente e com diferentes efeitos em determinadas regiões (OLIVEIRA, 2001).

O “*El Niño*” e a “*La Niña*” alteram o regime de chuvas no sudeste brasileiro e afetam a produção agrícola, inclusive da cana-de-açúcar. Desta forma, uma menor ou maior produtividade repercute em mais ou menos queimadas. Os enos, também podem favorecer ou desfavorecer as queimadas diretamente, durante o período da safra e também ter influência sobre a umidade relativa do ar que prejudica ou contribui com uma melhor qualidade do ar para respiração. Estes fenômenos acontecem de forma rítmica, alternando-se, com maior ou menor intensidade, portanto são passíveis de serem previstos.

#### **5.4 A cana-de-açúcar: do global para o local**

A produção de cana-de-açúcar é global, o Sol sempre está sobre um cultivo de cana-de-açúcar, nos 360° de longitude da terra. Mas, do ponto de vista social, ao mesmo tempo em que é global, é desigual, pois ocorre principalmente nos países do sul, conhecidos num contexto passado como subdesenvolvidos. A desigualdade ocorre porque, nestes países, o cultivo de cana-de-açúcar é uma agroindústria

voltada à exportação de açúcar e de etanol. Ou seja, deixa-se de produzir alimentos e produtos de consumo interno para produzir uma “commodity” que gera lucro. Além dos problemas socioambientais indiretos como a poluição advindo das queimadas, as condições de trabalho, o desequilíbrio no ecossistema causado pela monocultura intensiva.

Buscou-se na literatura científica, um panorama da distribuição espacial da cultura de cana-de-açúcar. A figura 6 apresenta o mapa mundo com os países produtores de cana-de-açúcar, a gradação representa a intensidade da produção em 2010.

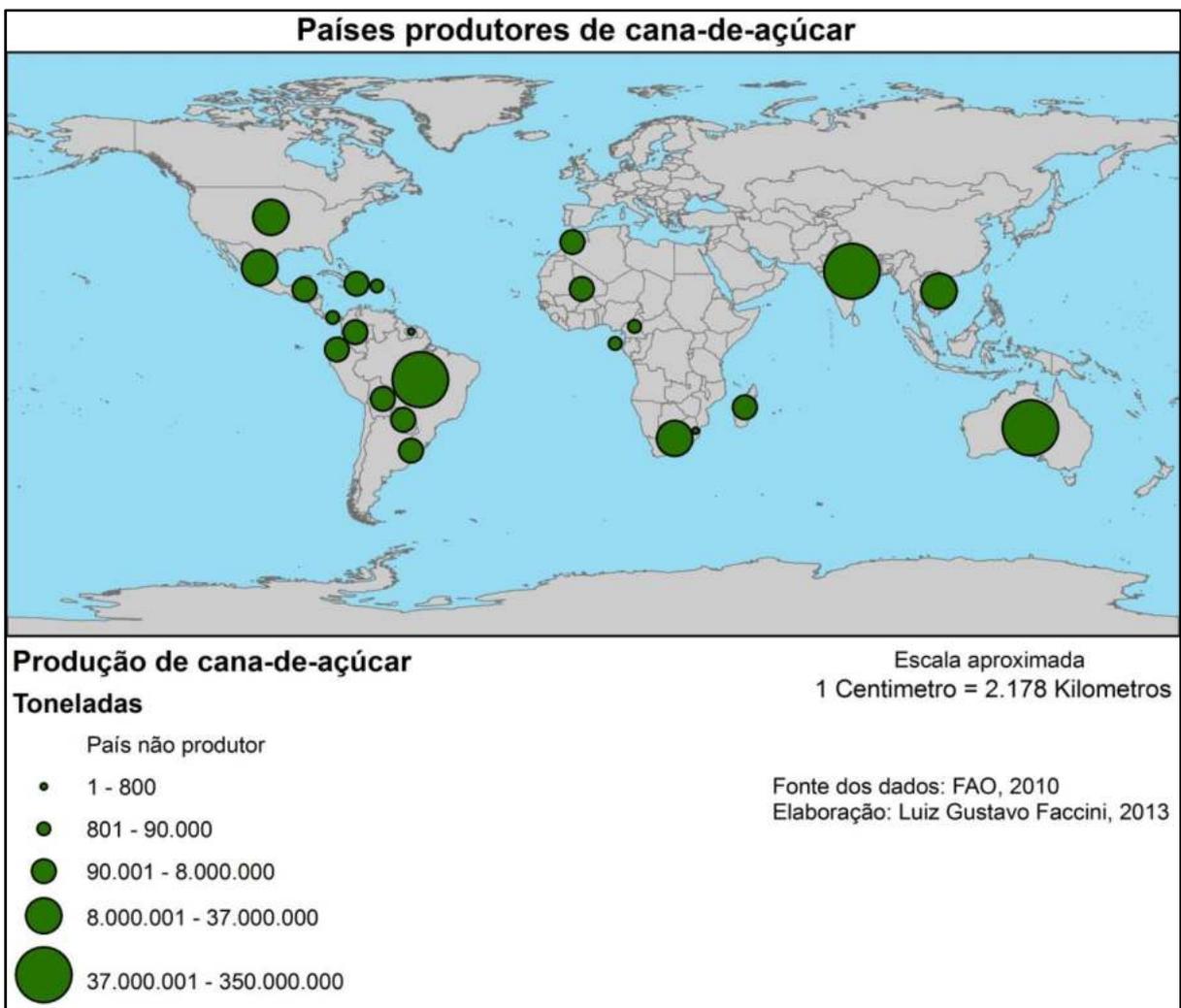


Figura 6: Mapa, países produtores de cana-de-açúcar, 2010.

A cana-de-açúcar pode ser colhida mecanicamente ou manualmente, embora a colheita no mundo seja majoritariamente manual. A colheita manual, geralmente, inicia-se com a queima do campo para remover as folhas secas e mortas. Então, a cana-de-açúcar é colhida por corte de foice. A colheita mecânica utiliza uma máquina de corte, uma colheitadeira especializada. A máquina corta os caules na altura do solo, remove os ponteiros, remove as folhas e divide o caule em partes menores para a moagem. A colheita mecânica é um processo de baixa eficiência, ou seja, resulta em maiores níveis de perda de açúcar a partir de cana cortada. Portanto, as receitas são menores do que na cana colhida manualmente (URIARTE et al., 2009).

Do ponto de vista econômico, os custos trabalhistas, preços de terras e da quantidade de radiação solar, são fatores que sugerem que os países em desenvolvimento, nos trópicos teriam muito a ganhar com o aumento no consumo de biocombustível em todo o mundo (URIARTE et al., 2009). Os países tropicais ou subtropicais com economia em crescimento dependem de energia barata e também podem se beneficiar reduzindo a sua dependência das importações de petróleo. Tendências atuais em expansão dos biocombustíveis apoiam estas afirmações (URIARTE et al., 2009). Por exemplo, a produção de etanol na Índia, aumentou de 665 milhões de litros em 2005 para 823 milhões em 2007 (WWI, 2007).

Grandes áreas estão sendo ocupadas por oleaginosas, para a produção de biodiesel. Claramente, o biocombustível barato pode promover desenvolvimento econômico nos países subdesenvolvidos em crescimento, mas com custos sociais e ambientais. Uma consequência potencial da expansão dos biocombustíveis é que os aumentos de produtividade agrícola requerem gastos com saúde ambiental e com práticas trabalhistas justas. Incorporar estas externalidades e outras, em pesquisas é particularmente importante para os países em desenvolvimento com altos índices de desigualdade social, populações vulneráveis, com fracas ou inaplicáveis leis ambientais e trabalhistas (URIARTE et al., 2009).

Trabalho desenvolvido por DEBAJE e KAKADE (2008), na Índia, utilizou medidores de Ozônio em superfície em cinco pontos diferentes, no oeste da península indiana: urbana, rural, urbano-rural, usina de açúcar e montanha. Os resultados mostraram que na área da usina de açúcar houve um grande aumento na concentração de O<sub>3</sub> durante os dias da semana, e diminuição nos finais de semana em que a usina não trabalhava. O aumento ocorreu somente nos meses da safra da

cana-de-açúcar, ou seja, quando a usina estava funcionando e queimando o bagaço da cana para gerar energia.

Estudo em laboratório, desenvolvido por LE BLOND et al. (2008), teve o objetivo de investigar a produção de cristais de sílica durante a queima de cana-de-açúcar e suas implicações para a saúde humana. Os autores partiram do conhecimento acumulado que os cristais de sílica são causadores de doenças, como câncer, em trabalhadores de diferentes setores da indústria que estão expostos.

As características do experimento são próximas de uma queima rápida em campo. Os resultados obtidos mostraram que as folhas de cana possuem uma quantidade de sílica e que a quantidade inicial é perdida após a queima, ou seja, sílica é liberada no ar (LE BLOND et al., 2008).

As Filipinas começaram a produção de cana-de-açúcar para etanol, tendo uma produção baixa. MENDOZA e SAMSON (1999) estudaram, naquele país, as queimadas na agricultura, como da palha de arroz e da cana-de-açúcar. Sobre a cana, eles tentaram estabelecer os motivos da queima na pré e pós-colheita. Eles concluíram que na pré-colheita a queima é feita para facilitar o corte e empilhamento dos colmos. A cana produz de 25 a 40 folhas por planta, uma cana madura tem apenas 20% das folhas (5 a 8 folhas) ativas na fotossíntese. Assim as canas colhidas sem queima geram muito lixo para ser removido. Isto atrasa a colheita em 40% do tempo. A queima ocorre também para eliminar ervas daninhas que obstruem o fácil corte das hastes e cobras que podem picar os trabalhadores do corte. A partir do reconhecimento do motivo da queima, eles tentaram estabelecer novas estratégias para a não queima. Tentou-se despalhar a cana anteriormente, com 6-7 meses de idade, para reduzir o volume e incorporação do material anteriormente ao solo, os resultados foram satisfatórios, mas não foi viável do ponto de vista dos fazendeiros, pois gera um custo maior de funcionários para fazer este despalhamento, além da baixa incorporação de nutrientes no solo, segundo os fazendeiros. Foi proposto um rearranjo no espaçamento dos sulcos de produção, um espaço maior entre as fileiras de plantação e entre as fileiras, é depositado o resíduo da plantação anterior para decomposição e proteção do solo.

Países como Austrália, Brasil, Estados Unidos, África do Sul, Taiwan e Tailândia, o cultivo de cana-de-açúcar é altamente mecanizado, (SUGARCANECROPS). Estes países são os primeiros que poderão deixar de

queimar a cana-de-açúcar na pré-colheita. E entre eles a Austrália é a pioneira em novas tecnologias.

Na Austrália, uma das soluções encontradas foi a cogeração. A cogeração energética na usina consiste na queima da palha da cana na caldeira para a geração de energia elétrica, que movimenta os maquinários da usina e o excedente pode ser vendido e introduzido na rede externa.

Normalmente, nas usinas é queimado o bagaço para geração de vapor e movimentação do maquinário da usina. Se forem queimados o bagaço, a palha e a ponteira da cana a geração de potência calorífera aumenta em 20% e o excedente de energia calorífera pode ser convertido em eletricidade para a usina para venda (USTULIN & SEVERO, 2001).

O processo consiste na colheita, sem queima, com maquinário especial. O maquinário para a colheita tem um custo alto para pequenos produtores, mas para o sistema de cogeração, este maquinário não necessita alguns itens que limpam e preparam a cana para a moagem, tornando-a mais barata. Além de que com estes itens a menos, a colheitadeira se torna mais leve e evita a compactação do solo que ocorre geralmente na colheita mecânica tradicional. (USTULIN & SEVERO, 2001).

O trabalho de limpeza da cana-de-açúcar para a moagem pode ser feito pelos antigos trabalhadores do corte manual nas instalações da usina separando a palha e a ponteira para a queima. Desta forma, os empregos são mantidos. É evitada a compactação do solo. E a queima “indoor”, é mais controlada e menos prejudicial ao meio ambiente e a saúde das pessoas.

A modernização e alternativas à queima, sempre esbarram em problemas econômicos e lucratividade da usina. Geralmente, as soluções não são implementadas pelos usineiros por resistência aos preços dos equipamentos mais modernos ou baixa lucratividade. Soluções, através de políticas públicas, podem incentivar melhores condições de produção.

Como exemplo, uma empresa na Austrália, tem um contrato de venda de energia elétrica à geradora do estado de Norte Queensland. Desta forma, a empresa não perde em lucratividade, tem seu excedente de energia valorizado e fica menos exposta à volatilidade do mercado de açúcar (JORNALCANA, 2003).

Em relação ao Brasil, a produção e a expansão da produção de cana-de-açúcar estão vinculadas a diversos fatores econômicos e ambientais internos e internacionais.

No Brasil, também, existem usinas com cogeração de energia, pesquisa desenvolvida por ODDONE (2001) mostra a cogeração como alternativa para a produção de eletricidade.

A cogeração é um processo de transformação de uma energia em outras mais úteis. A cogeração apresenta alta eficiência energética, pois não há desperdício de energia térmica, pois essa energia é aproveitada em outros processos da indústria, como secagem, evaporação, aquecimento, cozimento, destilação (ODDONE, 2001).

A cogeração aplica-se didaticamente à cadeia sucroalcooleira. No processamento da cana-de-açúcar, há alta demanda de energia térmica, mecânica e elétrica. Após a extração do caldo, é possível queimar o bagaço obtido em caldeiras, produzindo vapor que é utilizado para obter as três fontes de energia (ODDONE, 2001).

A queima do álcool é um terço do potencial energético da cana, os dois terços restantes estão distribuído entre o bagaço, os ponteiros e a palha. A cogeração pode dobrar a quantidade de energia obtida na produção do álcool (ODDONE, 2001).

O governo brasileiro regulamentou, recentemente, a compra e a venda, de energia elétrica dos autoprodutores, ou seja, pessoa jurídica ou consórcio. Através de concessão ou autorização para gerar eletricidade para seu uso exclusivo e que pode vender os eventuais excedentes. Os compradores são os concessionários de energia elétrica e também o chamado consumidor livre, com autorização para adquirir o excedente de eletricidade de autoprodutores. Foram estabelecidos limites de comercialização pela Agência Nacional de Energia Elétrica – ANEEL, (BIODIESELBR.COM, 2012).

Em síntese, a queima de cana-de-açúcar em diferentes países ocorre assim: Estados Unidos, Filipinas, Índia queimam a maior parte. A África do Sul está criando leis para a regularização e diminuição das queimadas. A Austrália queima uma pequena parte. Cuba não queima. O Brasil, como foi apresentado, queima a maior parte, e tem leis federais, estaduais e municipais referentes a queimadas e emissão de poluentes e prevê o fim das queimadas.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1 Qualidade dos dados

Foi elaborada uma revisão dos dados disponíveis, ou seja, uma análise da qualidade dos dados de acordo com alguns conceitos de dados geoespaciais, como disponibilidade, completeza, atualização, coerência, precisão, acurácia e metadados.

#### ***Saúde.***

Os dados provenientes do DATASUS são em formato de tabelas com diversos campos referentes às internações. O DATASUS disponibiliza tabelas reduzidas das AIHs. A AIH é um instrumento do hospital e do Sistema Único de Saúde (SUS) executarem o serviço e o pagamento pela internação, ou seja, é um mecanismo burocrático não uma pesquisa ou levantamento de dados de saúde, por isso apresenta algumas limitações. Primeiro, as AIHs podem demorar alguns meses ou até anos para entrarem no sistema ou serem disponibilizadas pelo DATASUS, pois o recebimento e a tramitação ocorrem posteriormente à internação. Segundo, a cobertura do dado refere-se apenas a população dependente do SUS, estando portanto excluída a população beneficiada com planos de saúde particulares. E, por fim, também apresenta alguns campos com preenchimento incorreto ou sem preenchimento. Em resumo, os dados de saúde são disponibilizados facilmente ao usuário. Mas, apresentam limitações para alguns usos, não fornecem uma localização de endereço. São incompletos. São desatualizados. Apresentam incoerências no preenchimento das tabelas. E não possuem metadados.

#### ***Clima.***

Os dados de clima são disponibilizados no SISAM. O modelo meteorológico CCATT-BRAMS apresenta limitações, pois ainda está em fase de consolidação em alguns aspectos. Em relação aos dados climáticos, estes são melhores que os dados de poluição.

O modelo CCATT-BRAMS faz estimativas de diferentes parâmetros físicos da atmosfera como temperatura, umidade e pressão. Também simula a circulação, com

base em diferentes parâmetros de entrada e obtêm a direção e velocidade dos ventos. O resultado final do modelo é uma grade tridimensional, horizontal e vertical, de pontos com os valores de diferentes variáveis, como se cada ponto fosse uma estação de medição. Posteriormente, o SISAM transforma os valores da grade de pontos para os municípios, utilizando a camada mais próxima da superfície que fica a 40 metros de altura. Entre as limitações, os dados de clima representam valores estimados pelo modelo meteorológico. Não há um dado medido em superfície, sendo esta representada por um cubo, com altura de 40 metros onde os valores são igualmente estimados.

Ocorrem muitas falhas no banco de dados. O banco teoricamente possibilitaria a obtenção do dado a partir do ano 2000, mas para os anos 2000 e 2001 não existem dados efetivamente, de 2002 a 2005 os dados são quase inexistentes, 2006, 2007 e 2008 são os anos mais completos e nos anos 2009, 2010 e 2011 ocorrem falhas com alguns dias sem dados. A disponibilidade do dado é dificultada não possibilitando a obtenção de grande quantidade de dados por vez.

### ***Queimadas.***

A resolução espacial de alguns dos satélites utilizados é muito baixa, ou seja, um foco precisa ser grande para ser detectado, isto é dado pela característica do satélite, geralmente de alta altitude, meteorológico e geoestacionário, conforme apresentado anteriormente no quadro 2. Desta forma, um foco pequeno no momento em que determinado satélite está sobre a sua área não seria detectado, mas em outro caso este foco seria “visível” para outro satélite com melhor resolução espacial.

O dado de queimada é disponibilizado no formato de pontos, ou seja, coordenadas de focos de calor detectados por sensoriamento remoto. Em virtude da inexistência de alguns satélites, no início dos anos de análise, e pelas características de alguns satélites disponíveis, optou-se por fazer uma seleção somente dos satélites que possibilitaram uma série histórica onde o aumento do número de satélites não se torna um viés na soma dos focos de queimadas por ano, o período de análise para a série temporal foi definido de 2003 a 2011, quadro 5. Os Satélites e sensores utilizados foram: AQUA-M, AQUA-T, AQUA\_M-M, AQUA\_M-T, ATSR, NOAA-12, TERRA-M, TERRA-M, TERRA-T, TERRA\_M-M, TERRA\_M-T, no ano de 2007 o satélite NOAA-12 foi oficialmente substituído pelo NOAA-15. Não foram utilizados os satélites meteorológicos, GOES e Meteosat com resolução de 4Km e

5Km, pela sua baixa resolução e pela inclinação em relação ao leste. Em resumo, os dados de queimadas são disponibilizados facilmente ao usuário. Apresentam limitações para alguns usos, pois não fornecem a área queimada por exemplo. Podem ser incompletos. A atualização é diária e com precisão de horas. São coerentes com o proposto. A precisão e acurácia são as melhores possíveis por se tratarem de dados de satélite. Não possuem metadados.

Quadro 5: Número de satélites por ano. 2000 a 2011.

<b>Ano</b>	<b>Número de satélites</b>
2000	4
2001	4
2002	10
2003	13
2004	13
2005	19
2006	17
2007	17
2008	16
2009	15
2010	18
2011	17

### ***Poluição.***

O modelo CCATT-BRAMS apresenta maiores limitações em relação aos dados de poluição. O modelo sistemático faz estimativas de diversas reações químicas de formação e transformação dos componentes poluidores da atmosfera. Também modela a circulação, e a dissolução, destes componentes na atmosfera. O resultado final do modelo é uma grade tridimensional, horizontal e vertical, de pontos com os valores das diferentes variáveis, como se cada ponto fosse uma estação de medição. Posteriormente, o SISAM transforma os valores da grade de pontos para os municípios, utilizando a camada mais próxima da superfície que fica a 40 metros de altura. Entre as limitações; o dado representa uma concentração estimada de acordo com os parâmetros do modelo. Não existe um dado para a superfície, sendo esta representada por um cubo, com altura de 40 metros onde as concentrações iniciais são dissolvidas. Os dados de poluição apresentam falhas, não existindo para

algumas datas durante os anos disponibilizados. A disponibilidade do dado é dificultada, não possibilitando a obtenção de grande quantidade de dado por vez.

Os dados representam as concentrações de poluentes a partir do CCATT-BRAMS. Foram utilizados os dados de: Monóxido de Carbono (CO) e Material particulado inalável com tamanho de 2,5 micrometros (PM2,5). Foram escolhidos estes dados modelados, visto que há possibilidade de atribuir um valor para cada município da área de estudo, ou seja, estações de medição de poluição existem somente em Araraquara, Ribeirão Preto, Pirassununga, Rio Claro, São Carlos e Jaú, não possibilitando comparações entre todos os municípios. Em resumo, os dados de poluição não são disponibilizados facilmente ao usuário. Apresentam limitações para alguns usos. São bastante incompletos. São atualizados diariamente. Apresentam incoerências. E os metadados são de difícil acesso.

#### ***Socioeconômicos.***

O IFDM, por apresentar uma regularidade maior na sua divulgação, indica ser uma melhor opção ao IDH municipal. Em resumo, os índices são disponibilizados facilmente ao usuário. Apresentam limitações para alguns usos. São atualizados anualmente. Não são disponibilizados metadados.

#### ***Produção de cana.***

Os dados de monitoramento da produção de cana-de-açúcar do CANASAT, em resumo, são disponibilizados facilmente ao usuário. Apresentam limitações para alguns usos, pois são fornecidos somente os dados por município, não são fornecidos polígonos com as áreas de produção. São atualizados somente anualmente. E os metadados são de difícil acesso.

## 6.2 Resultados das análises

### *Evolução da produção de cana-de-açúcar, queimadas e doenças.*

De acordo com os objetivos e metodologias propostos a seguir são apresentados os resultados em forma de mapas, gráficos e tabelas, com respectivas análises e discussões textuais. Os resultados foram ordenados numa sequência que objetivou facilitar o entendimento. Primeiro, são apresentados os resultados do estudo descritivo juntamente com o índice de Moran. Posteriormente, são apresentados os resultados da estatística por varredura, da análise por pesos e dos mapas de comparação. As discussões ocorrem simultaneamente a cada apresentação de resultado.

As figuras 7, 8 e 9 são mapas temáticos que apresentam a evolução das variáveis produção de cana-de-açúcar em hectares por hectares do município; expansão da cana-de-açúcar em hectares por hectares do município; focos de queimadas pela área do município; taxa de internações por doenças respiratórias em crianças de 0 a 4 anos e idosos acima de 65 anos por 1000 habitantes da faixa etária e taxa de internações por doenças cardiovasculares em adultos acima de 40 anos por 1000 habitantes da faixa etária. Foi calculada a autocorrelação espacial, o índice Moran global, para estas variáveis.

A variável produção de cana-de-açúcar apresenta aglomeração em todos os anos (tabela 4), é possível observar a norte e a sul municípios com maior produção e a leste e oeste municípios com menor produção (figuras 7, 8 e 9).

A variável expansão da cana-de-açúcar apresenta aglomerado nos anos 2005, 2006, 2007, 2008, 2009 e 2011, (tabela 4). Os aglomerados ocorrem na direção: leste em 2005; oeste em 2006; a expansão e generalizada em 2007; leste e oeste em 2008; leste em 2009; oeste em 2011 (figuras 7, 8 e 9).

Portanto, comparando-se os mapas de produção com os de expansão, a expansão ocorre em áreas aonde não existia produção. Assim, é possível observar uma tendência de equilíbrio e consolidação da região de Araraquara como uma região canavieira.

No ano de início das análises deste trabalho, a região de estudo já apresentava alta produção de cana-de-açúcar em comparação com o resto do estado de São Paulo. Houve portanto a intensificação da produção de cana-de-açúcar, não a introdução desta cultura na região.

A variável focos de queimadas pela área do município não apresenta aglomeração em nenhum dos anos (tabela 4). Observando a tendência espacial e temporal, comparando com os mapas de produção e expansão de cana-de-açúcar é possível observar que os focos de queimadas ocorrem, principalmente nas áreas canavieiras. Nos anos iniciais, norte e a sul. Posteriormente, há intensificação em toda a área de estudo. A tendência temporal mostra o aumento no número de focos de queimadas, nitidamente em 2010 (figuras 7, 8 e 9).

Tabela 4: Índices de Moran e valores de p das variáveis produção de cana, expansão da cana e focos de queimadas. 2003 a 2011.

Ano	Produção de cana		Expansão da cana		Focos de queimadas	
	Moran	Valor de p	Moran	Valor de p	Moran	Valor de p
2003	0,796	0,000			0,056	0,372
2004	0,789	0,000	0,188	0,010	0,022	0,644
2005	0,772	0,000	0,205	0,006	0,086	0,216
2006	0,775	0,000	0,208	0,006	0,029	0,884
2007	0,742	0,000	0,253	0,001	0,098	0,172
2008	0,738	0,000	0,329	0,000	0,023	0,631
2009	0,738	0,000	0,269	0,000	0,090	0,196
2010	0,630	0,000	0,149	0,030	0,067	0,314
2011	0,633	0,000	0,220	0,001	0,086	0,220

A variável doenças respiratórias apresenta aglomerados nos anos: 2003, 2006, 2008 e 2010 com IMoran alto (tabela 5). Nos anos 2004, 2005 e 2009 o aglomerado teve um IMoran menor e valor de p entre 0,05 e 0,01, indicando uma menor aglomeração, é possível observar maior intensidade a oeste (figuras 7, 8 e 9). Nos anos de 2007 e 2011 há maior tendência de dispersão, com IMoran baixo e valor de p entre 0,05 e 0,1.

Tabela 5: Índice de Moran e valor de p da variável doenças respiratórias. 2003 a 2011.

<b>Ano</b>	<b>Moran</b>	<b>Valor de p</b>
2003	0,217	0,005
2004	0,196	0,011
2005	0,150	0,041
2006	0,206	0,006
2007	0,130	0,071
2008	0,295	0,000
2009	0,181	0,018
2010	0,226	0,003
2011	0,128	0,075

A variável doenças cardiovasculares apresenta aglomerados nos anos: 2004, 2006, 2007 e 2010 com IMoran alto e valor de p menor que 0,01. Nos anos 2003, 2005 e 2011 o aglomerado teve um IMoran menor, e valor de p entre 0,05 e 0,01, indicando uma menor aglomeração. Nos anos 2008 e 2009 a distribuição é aleatória (tabela 6). É possível observar o aglomerado com maiores taxas de internação ao longo dos anos, a tendência de direção é para oeste e sudoeste (figuras 7, 8 e 9).

Tabela 6: Índice de Moran e valor de p da variável doenças cardiovasculares. 2003 a 2011.

<b>Ano</b>	<b>Moran</b>	<b>p</b>
2003	0,156	0,035
2004	0,201	0,009
2005	0,099	0,016
2006	0,236	0,001
2007	0,330	0,000
2008	-0,014	0,965
2009	0,110	0,118
2010	0,213	0,005
2011	0,185	0,015

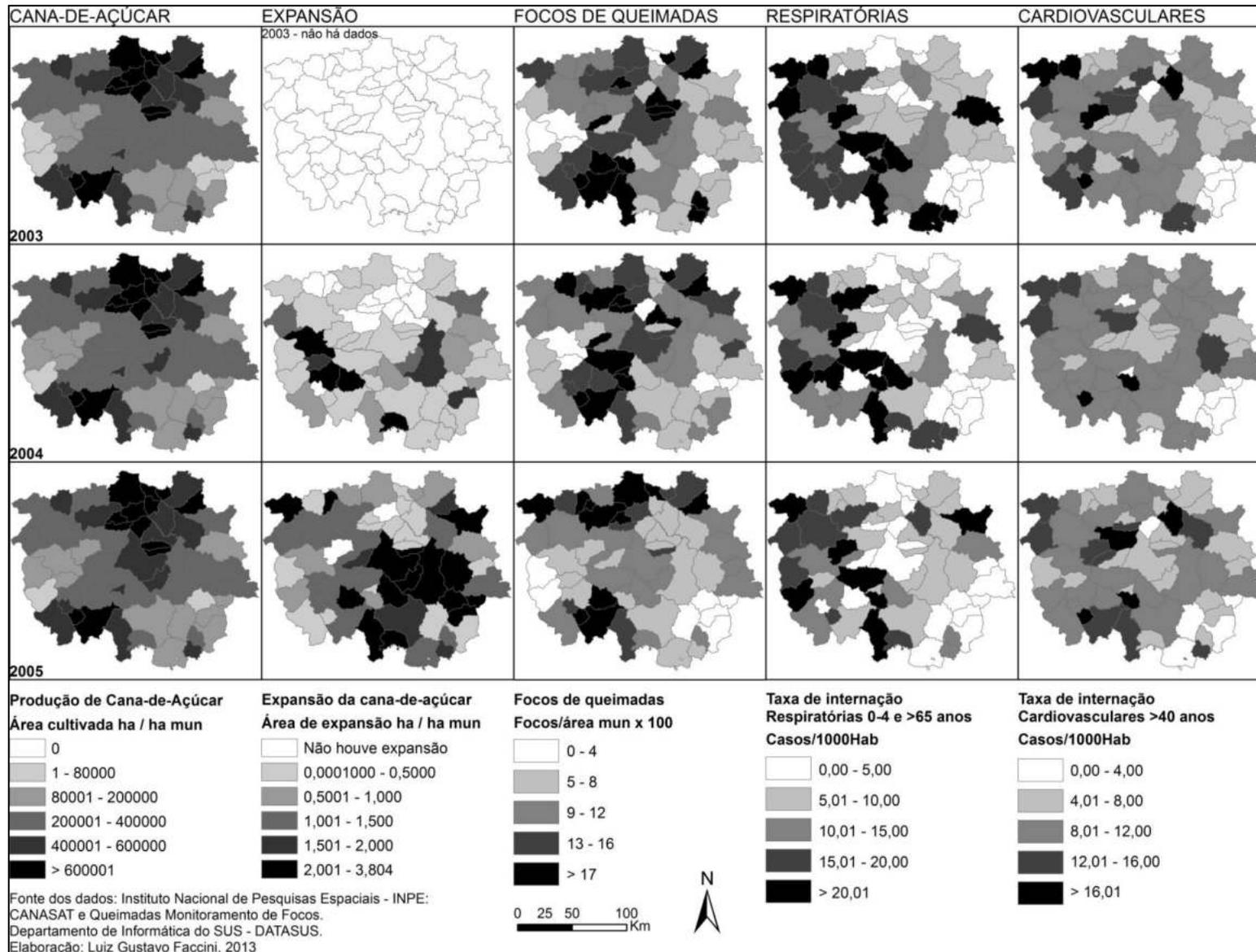


Figura 7: Mapa, Cana-de-açúcar, Queimadas e Internações. 2003 a 2005.

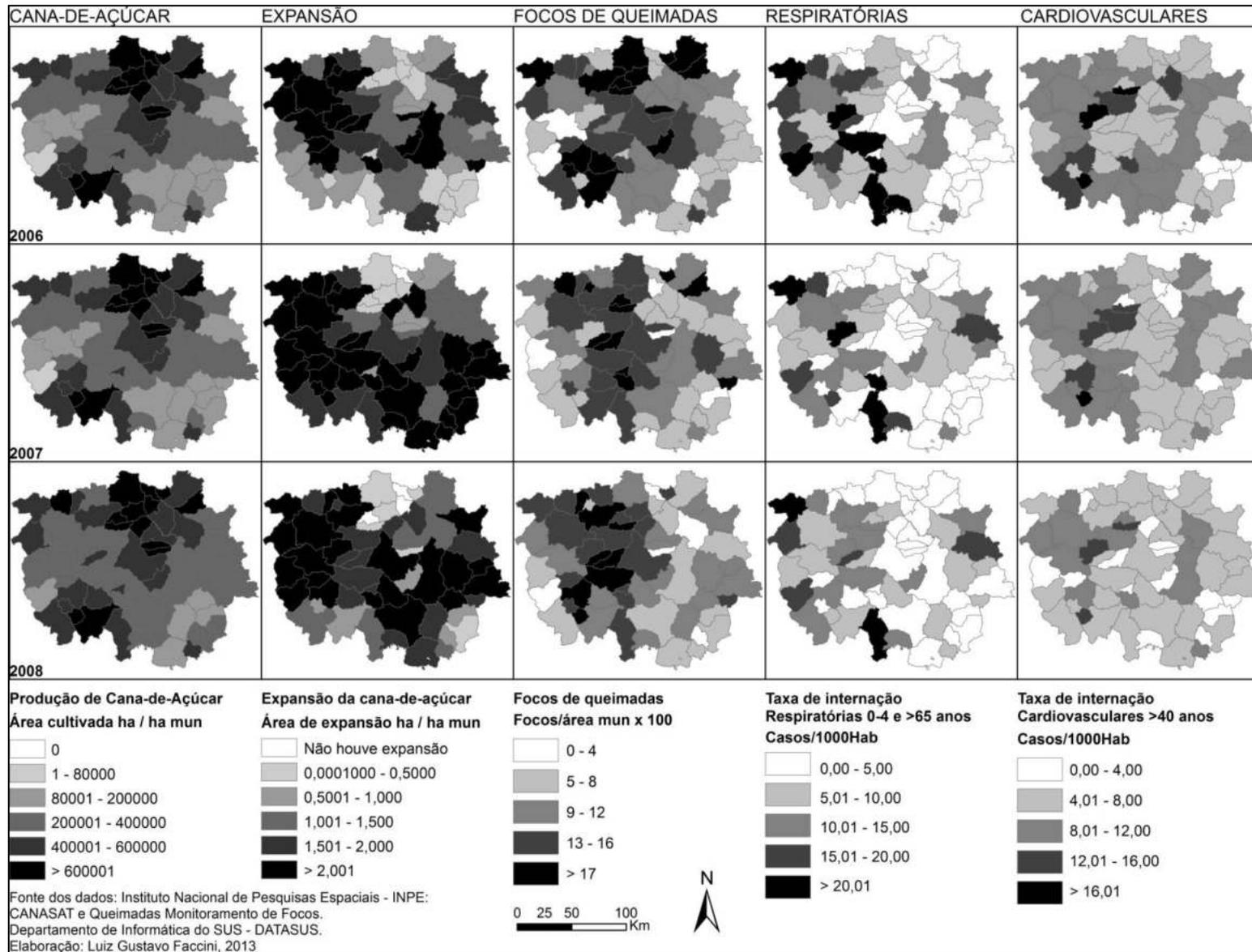


Figura 8: Mapa, Cana-de-açúcar, Queimadas e Internações. 2006 a 2008.

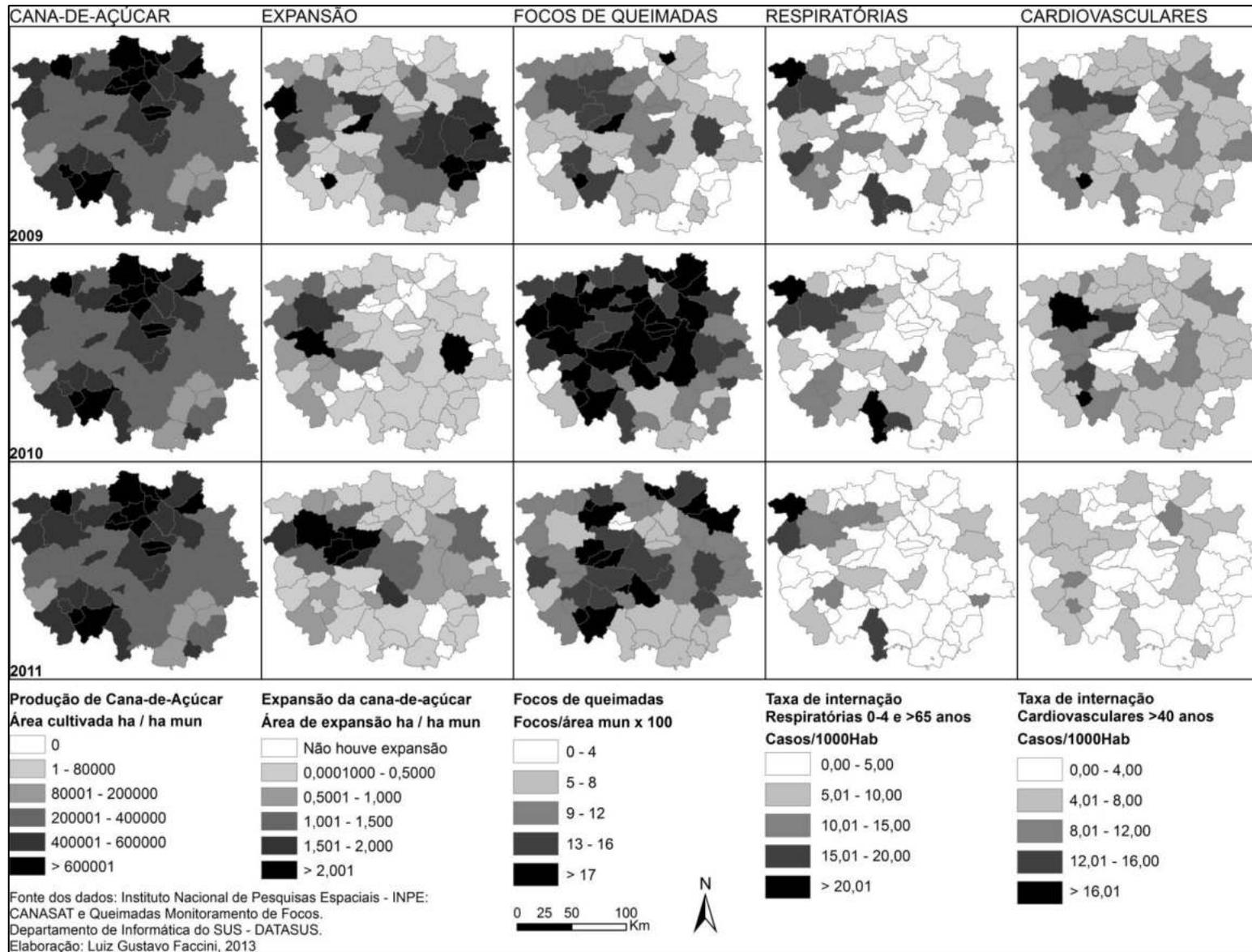


Figura 9: Mapa, Cana-de-açúcar, Queimadas e Internações.2009 a 2011.

A figura 10 apresenta o total para a área de estudo das variáveis produção de cana-de-açúcar, expansão da cana-de-açúcar, focos de queimadas, taxa de internação por doenças respiratórias e taxa de internação por doenças cardiovasculares. Os valores dos dados foram divididos ou multiplicados por diferentes valores para se ajustarem à mesma escala gráfica.

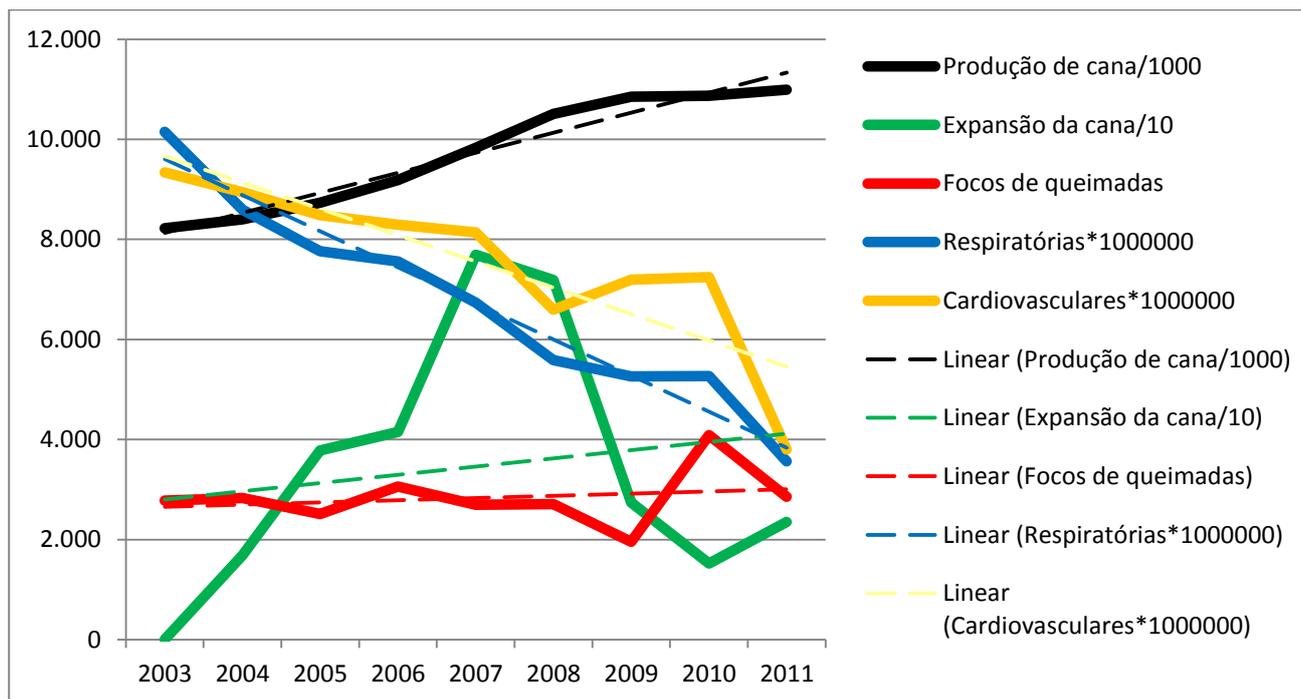


Figura 10: Gráfico da evolução das variáveis, Cana-de-açúcar, Queimadas e Internações. 2003 a 2011.

Foi possível observar aumento na produção de cana-de-açúcar durante todo o período de 2003 a 2011 (figura 10 e tabela 7), confirmando a tendência econômica e regional de expansão deste cultivo. A expansão da cana foi mais intensa nos anos 2007 e 2008, após estes anos a expansão foi inferior a 30 mil hectares por ano.

O número de focos de queimadas de 2003 para 2011 apresentou crescimento de 3%, mas ao longo dos anos apresenta grande oscilação (figura 10 e tabela 7).

Tabela 7: Totais da área de estudo das variáveis área de produção de cana (ha), expansão da cana (ha) e focos de queimadas. 2003 a 2011.

<b>Ano</b>	<b>Área de produção de cana hectares</b>	<b>Expansão da cana hectares</b>	<b>Focos de queimadas</b>
2003	822.203	Não há dado	2.778
2004	840.061	16.874	2.830
2005	873.395	37.797	2.508
2006	918.320	41.518	3.057
2007	983.169	76.947	2.696
2008	1.050.837	71.895	2.706
2009	1.085.431	27.435	1.956
2010	1.087.056	15.192	4.088
2011	1.098.972	23.494	2.857

Em relação às internações por doenças respiratórias, foi possível observar que estão em queda (figura 10 e tabela 8). No total das internações houve uma queda de 61% de 2003 para 2011, a taxa de internação caiu de 10 /1000hab para 4 /1000hab durante o período de 8 anos.

Tabela 8: Totais da área de estudo das variáveis internações por doenças respiratórias, população das faixas etárias de estudo e taxa de internação/1000. 2003 a 2011.

<b>Ano</b>	<b>Internações</b>	<b>Pop 0-5 e &gt;65</b>	<b>Taxa de intern. /1000</b>
2003	3.525	347.314	10
2004	3.021	351.476	9
2005	2.762	355.738	8
2006	2.721	360.010	8
2007	2.452	364.187	7
2008	2.059	368.406	6
2009	1.962	372.709	5
2010	1.988	377.302	5
2011	1.362	382.253	4

Em relação às internações por doenças cardiovasculares, também foi possível observar que estão em queda, (figura 10 e tabela 9). No total das internações houve uma queda de 49% de 2003 para 2011, a taxa de internação caiu de 9 /1000hab para 4 /1000hab durante o período de 8 anos.

Tabela 9: Totais da área de estudo das variáveis internações por doenças cardiovasculares, população das faixas etárias de estudo e taxa de internação/1000. 2003 a 2011.

<b>Ano</b>	<b>Internações</b>	<b>Pop &gt;40</b>	<b>Taxa de internação</b>
2003	7199	771.065	9
2004	7112	795.058	9
2005	6952	819.597	8
2006	7004	844.405	8
2007	7078	869.285	8
2008	5896	894.415	7
2009	6618	919.986	7
2010	6855	946.454	7
2011	3642	958.777	4

Retomando a segunda hipótese e o segundo objetivo apresentados, pode-se concluir que há hipótese está correta. A hipótese foi que não há considerável diminuição de queimadas conforme previsto na legislação, Lei 11.241 e decreto 47.700, e no protocolo agroambiental firmado pelos produtores de cana.

De acordo com o decreto nº47.700, do estado de São Paulo, o número de queimadas era para diminuir em 50%, nas áreas mecanizáveis e 10% nas áreas não mecanizáveis, em 2011 (tabelas 10 e 11).

Tabela 10: Cronograma de redução das queimadas de cana-de-açúcar em áreas mecanizáveis de acordo com o decreto 47.700.

<b>Ano efetuar a queima</b>	<b>Área mecanizável onde não se pode efetuar queima</b>	<b>Porcentagem de eliminação da queima</b>
1º ano (2002)	20% da área cortada	20% da queima eliminada
5º ano (2006)	30% da área cortada	30% da queima eliminada
10º ano (2011)	50% da área cortada	50% da queima eliminada
15º ano (2016)	80% da área cortada	80% da queima eliminada
20º ano (2021)	100% da área cortada	Eliminação total da queima

Fonte: SÃO PAULO (Estado), 2003, p.1.

Tabela 11: Cronograma de redução das queimadas de cana-de-açúcar em áreas não mecanizáveis de acordo com o decreto 47.700.

<b>Ano</b>	<b>Área não mecanizável com declividade superior a 12% e/ou menor de 150ha (cento e cinquenta hectares), onde não se pode efetuar a queima</b>	<b>Porcentagem de eliminação da queima</b>
10º ano (2011)	10% da área cortada	10% da queima eliminada
15º ano (2016)	20% da área cortada	20% da queima eliminada
20º ano (2021)	30% da área cortada	30% da queima eliminada
25º ano (2026)	50% da área cortada	50% da queima eliminada
30º ano (2031)	100% da área cortada	100% da queima eliminada

Fonte: SÃO PAULO (Estado), 2003, p.1.

§ 1º - Para os efeitos deste Decreto, consideram-se: 1. áreas mecanizáveis: as plantações em terrenos acima de 150ha (cento e cinquenta hectares), com declividade igual ou inferior a 12% (doze por cento), em solos com estruturas que permitam a adoção de técnicas usuais de mecanização da atividade de corte de cana;

2. áreas não mecanizáveis: as plantações em terrenos com declividade superior a 12% (doze por cento), em demais áreas com estrutura de solo que inviabilizem a adoção de técnicas usuais de mecanização da atividade de corte de cana.

§ 2º - A existência de estruturas de solo que impossibilitem a mecanização do corte de cana-de-açúcar deverão ser comprovadas e delimitadas pelo interessado, mediante laudo técnico elaborado pela Secretaria de Agricultura e Abastecimento ou por entidade pública ou privada por ela credenciada, a ser encaminhado à Secretaria do Meio Ambiente. (São Paulo (Estado), 2003, p.1).

O protocolo agroambiental assinado pelos produtores de cana-de-açúcar antecipa os prazos do decreto 47.700. De acordo com o protocolo 70% da queima deveria ser eliminada em 2010 nas áreas mecanizáveis e 30% nas não mecanizáveis (tabelas 12 e 13).

Tabela 12: Cronograma de redução das queimadas de cana-de-açúcar em áreas mecanizáveis de acordo com o protocolo agroambiental.

<b>Ano</b>	<b>Área mecanizável onde não pode efetuar queima da cana-de-açúcar</b>
	<b>Porcentagem</b>
2010	70% da queima eliminada
2014	Eliminação total da queima

Fonte: SÃO PAULO (Estado) e União das Indústrias de Cana-de-açúcar – UNICA, 2007, p.2.

Tabela 13: Cronograma de redução das queimadas de cana-de-açúcar em áreas não mecanizáveis de acordo com o protocolo agroambiental.

Ano	Área não mecanizável / declive superior a 12% e/ou da queima menor de 150ha
	Porcentagem
2010	30% da queima eliminada
2017	Eliminação total da queima

Fonte: SÃO PAULO (Estado) e União das Indústrias de Cana-de-açúcar – UNICA, 2007, p.2.

De acordo com os dados de focos de queimadas levantados de 2010 para 2011 o número de focos de queimadas foi de 4.088 para 2.857, igual a 43% de diminuição. Analisando toda a série histórica de 2003 para 2011 o número de focos de queimadas foi de 2.778 para 2.857, igual a 3% de aumento (tabela 7).

Também observa-se grande oscilação no dado de queimada que é influenciado pela produtividade, pelo clima e pelos preços das mercadorias do setor. A queda de 43% no número de focos de queimadas de 2010 para 2011 também é resultado da elevação da produção em 2010 e da queda no setor sucroalcooleiro em 2011 que foram influenciados pelo clima (CONAB, 2011).

A área de produção de cana durante estes anos apresentou crescimento, 1.087.056 ha em 2010 para 1.098.972 ha em 2011 um crescimento de 1%. De 2003 para 2011 o crescimento é mais representativo, 822.203 ha em 2003 para 1.098.972 ha em 2011 um crescimento de 25%.

Pode-se concluir que o grande aumento na área de produção de cana-de-açúcar ao longo dos anos proporcionou aumento no número de focos, e anulou a diminuição esperada no número de focos de queimadas.

Portanto o objetivo da legislação e do protocolo agroambiental de redução das queimadas de cana-de-açúcar não ocorreu consideravelmente, pois foi influenciada pela expansão da cana-de-açúcar.

## ***Variáveis socioeconômicas***

Para análises socioeconômicas foram obtidos dados do IFDM. As características socioeconômicas de uma população tem influência na sensibilidade das pessoas ficarem doentes. Frequentemente pessoas com menores índices de educação, renda, saúde tem mais fatores que facilitam o adoecimento como maior taxa de tabagismo, deficiência nutricional, deficiência habitacional, cuidado com a própria saúde e percepção de risco ambiental.

O dado de saúde utilizado neste trabalho, AIH, refere-se somente a uma parcela da população que depende do SUS. Com a melhora na renda da população há migração do SUS para os planos de saúde. Portanto também foram obtidos dados de beneficiários de planos de saúde para análises.

Foram elaborados mapas, gráficos, tabelas e calculado o índice de Moran para as variáveis socioeconômicas.

A figura 11 é um mapa temático com a tendência temporal de variáveis socioeconômicas: proporção de pessoas com plano de saúde; IFDM subíndice saúde; IFDM subíndice educação; IFDM subíndice emprego e renda; e IFDM geral; para os anos de 2005, 2007, 2009 e 2011.

Em relação ao número de pessoas com plano de saúde é possível observar um aumento. Em 2005 somente 5 municípios tinham mais de 41% da população com plano de saúde, e 12 municípios entre 31 e 40%. Já no ano de 2011, 16 municípios têm mais de 41% e 11 tem entre 31% e 40%. Este dado mostra a entrada dos planos e a migração das pessoas para a saúde suplementar.

O cálculo do índice Moran global mostrou que no ano de 2005, a distribuição foi dada como aleatória. Para os anos 2007 e 2009 ocorreu aglomeração. Para o ano de 2011, a distribuição foi dada como aleatória, mas com um índice muito próximo do valor de aglomeração (tabela 14).

Tabela 14: Índice de Moran e valor de p da variável plano de saúde. 2005, 2007, 2009 e 2011.

<b>Ano</b>	<b>Moran</b>	<b>Valor de p</b>
2005	0,063	0,341
2007	0,516	0,000
2009	0,525	0,000
2011	0,237	0,050

Outra variável socioeconômica é o IFDM, que está dividido nos subíndices: saúde, educação e emprego e renda (figura 11). Em relação aos temas saúde e educação, observa-se que a grande maioria dos municípios tem uma classificação como: alto desenvolvimento ou muito alto desenvolvimento, com variação temporal indicando muita aleatoriedade, ou seja com altas e baixas nestes índices.

Em relação à distribuição espacial, com a autocorrelação espacial, índice de Moran global, a tabela 15 mostra os valores da variável IFDM com seus subíndices.

A variável saúde apresentou aglomeração nos anos 2005 e 2007, e a variável educação apresentou aglomeração em 2005. No ano 2009 saúde e educação não apresentaram aglomeração.

Portanto, foi possível concluir que, ao longo dos anos, foi ocorrendo uma melhora generalizada nas condições de saúde e educação, ou seja, os municípios maiores, que já eram desenvolvidos, foram seguidos pelos municípios vizinhos.

Em relação ao subíndice emprego e renda do IFDM, observa-se que este é o mais crítico em relação aos outros. No ano de 2005, 14 municípios tinham desenvolvimento baixo, 27 desenvolvimento regular, 16 desenvolvimento moderado e apenas 4 tinham desenvolvimento alto. Em 2009, houve desenvolvimento, apenas 9 municípios tinham baixo desenvolvimento, a maioria dos municípios, 36, tinham desenvolvimento regular, 12 desenvolvimento moderado, mas continuavam 4 com desenvolvimento alto ou muito alto. De acordo com o índice de Moran a variável emprego e renda não apresentou aglomeração em nenhum dos anos.

O IFDM Geral, para o ano de 2005, mostra dois grupos, um com 45 municípios com desenvolvimento moderado e outro, com 16 municípios, com desenvolvimento alto. Não há aglomeração.

Para o ano de 2009, Araraquara e Ribeirão Preto passaram a ter o desenvolvimento muito alto, 44 municípios tinham desenvolvimento moderado, 14

municípios desenvolvimento alto e 1 município desenvolvimento regular. De acordo com o índice de Moran o IFDM Geral não apresentou aglomeração em nenhum dos anos.

Tabela 15: Índice de Moran e valor de p da variável IFDM. 2005, 2007 e 2009.

<b>Índice</b>	<b>Ano</b>	<b>Moran</b>	<b>Valor de p</b>
Saúde	2005	0,189	0,016
	2007	0,185	0,016
	2009	0,061	0,352
Educação	2005	0,339	0,000
	2007	-0,048	0,706
	2009	-0,020	0,965
Renda	2005	-0,005	0,892
	2007	-0,037	0,808
	2009	-0,090	0,372
Geral	2005	0,033	0,556
	2007	-0,003	0,871
	2009	-0,096	0,336

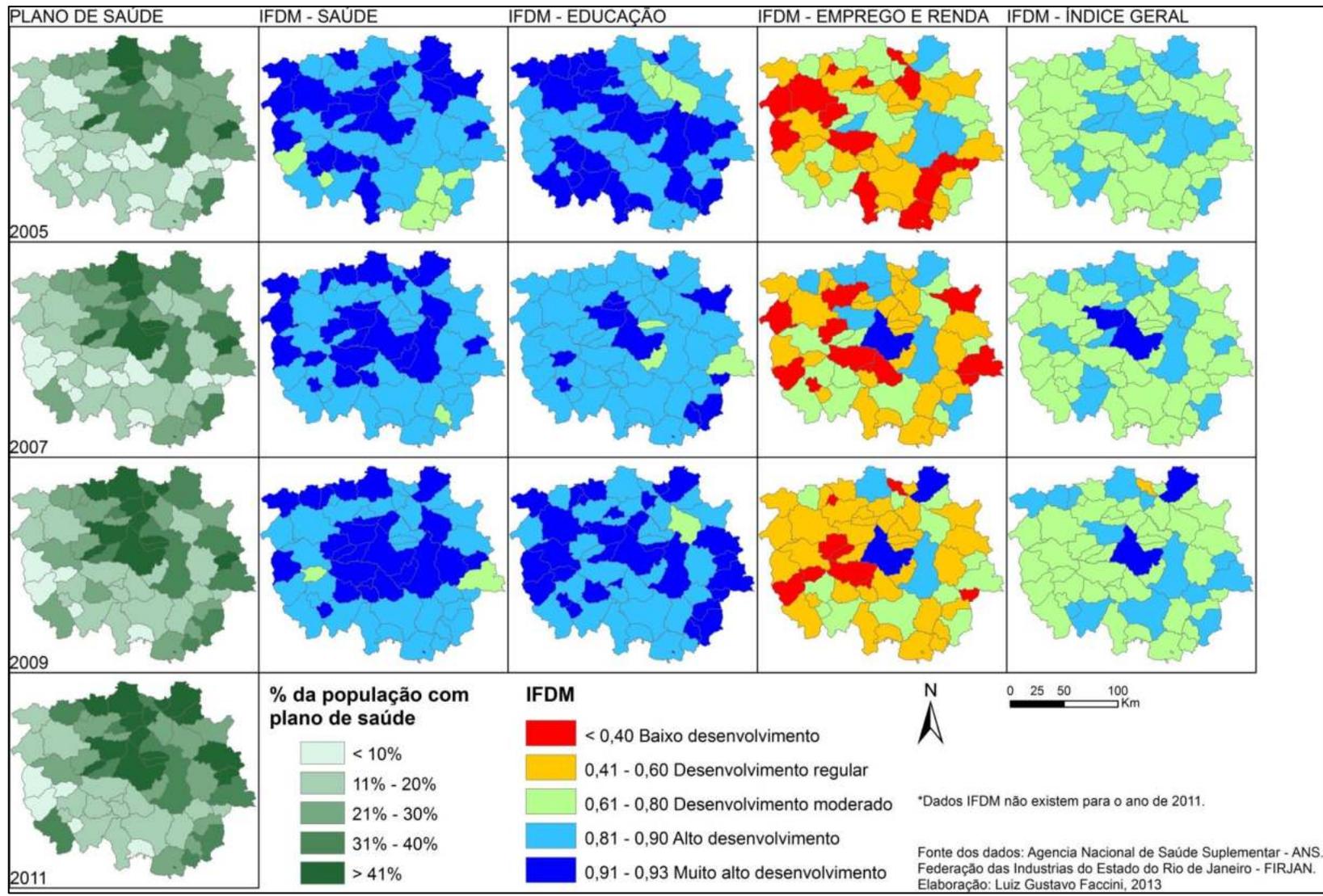


Figura 11: Mapa, variáveis socioeconômicas. 2005, 2007, 2009 e 2011.

A figura 12 apresenta a evolução dos planos de saúde, as médias totais para a área de estudo para os anos de 2003 a 2011. É possível observar a tendência de aumento na porcentagem da população beneficiária. No total para a área de estudo no ano de 2003 apenas 19,01% da população possuía plano de saúde, e em 2011 este valor foi para 28,6%. Ou seja, um aumento de 9,6% o aumento no número de beneficiários (tabela 16).

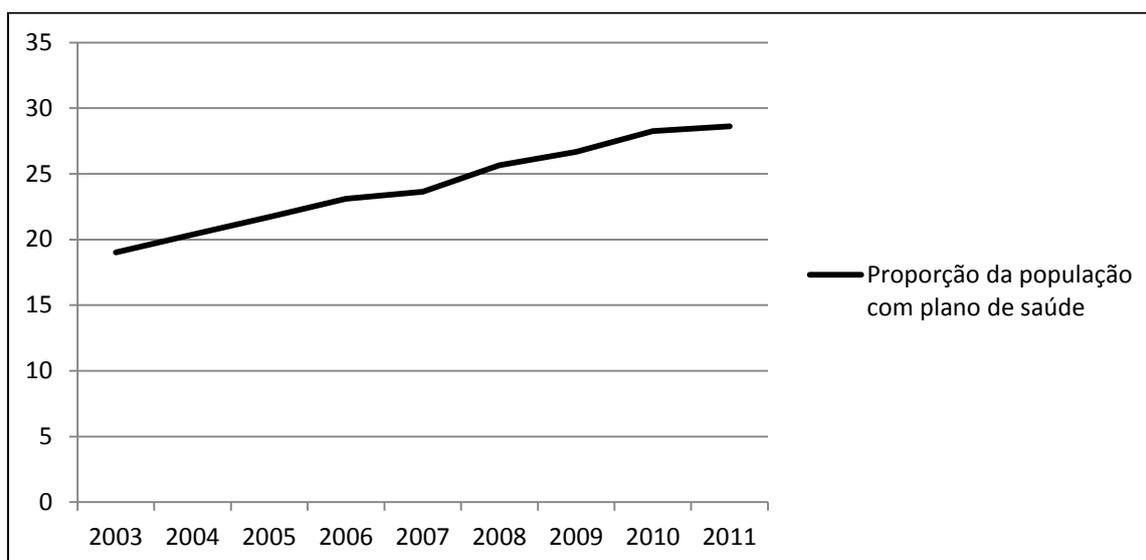


Figura 12: Gráfico da evolução dos planos de saúde, Porcentagem da população com plano de saúde, para a área de estudo. 2003 a 2011.

Tabela 16: Totais da área de estudo da variável plano de saúde. 2003 a 2011.

<b>Ano</b>	<b>Porcentagem da população com plano de saúde</b>
2003	19,01%
2004	20,39%
2005	21,72%
2006	23,09%
2007	23,64%
2008	25,66%
2009	26,69%
2010	28,25%
2011	28,62%

A figura 13 apresenta a evolução do IFDM, as médias para a área de estudo para os anos 2000, 2005, 2007 e 2009. Em relação ao IFDM, é possível observar a tendência de aumento. O subíndice saúde é o que mais melhorou, não oscilando negativamente ao longo dos anos. O subíndice educação apresenta quedas durante o período. E o pior subíndice é o emprego e renda, que apresenta os menores valores, e oscilações negativas.

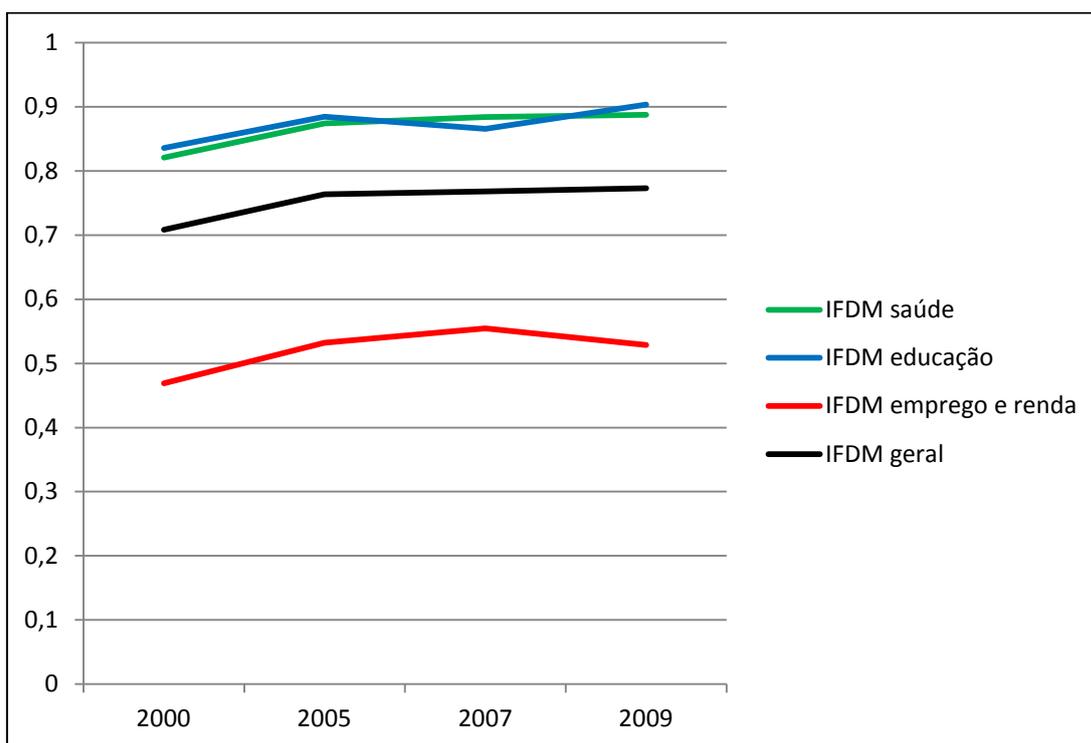


Figura 13: Gráfico da evolução do IFDM, média para a área de estudo. 2000, 2005, 2007 e 2009.

### ***Estatística por varredura dos focos de queimadas.***

A partir dos resultados obtidos no SaTScan, foram selecionados os aglomerados com valor de "p" significativa, menor que 0,05 e com raio do aglomerado maior que 5 quilômetros. Os aglomerados menores que 5 quilômetros foram excluídos porque ocorreram principalmente em meses como Fevereiro e Dezembro, que não são período de safra de cana-de-açúcar e podem corresponder a outros tipos de queimadas. A janela de tempo dos focos de queimadas definida em 5 dias apresentou resultados satisfatórios.

É possível observar que em 2000 a distribuição está mais centralizada, com focos menores e mais dispersos, indicando uma menor área plantada com cana-de-açúcar. Posteriormente, a partir de 2004, toda área de estudo parece conter aglomerados de focos de queimadas, além de focos mais concentrados (figura 14).

Analisando os dados temporais gerados pelo SaTScan foi possível observar que os aglomerados ocorrem principalmente nos meses Junho, Julho, Agosto, Setembro e Outubro. Normalmente a safra de cana-de-açúcar vai de maio a novembro, no estado de São Paulo, podendo ocorrer casos de retardo ou adiantamento da safra. Portanto, as datas dos aglomerados indicam uma maior ocorrência de queimadas no período de safra da cana-de-açúcar.

O resultado dos aglomerados de focos de queimadas além do período mais susceptível às queimadas mostra as áreas onde ocorrem mais focos. Desta forma a população das proximidades dos aglomerados pode sofrer maiores efeitos quando ocorrem muitas queimadas em um curto período de tempo em uma pequena área.

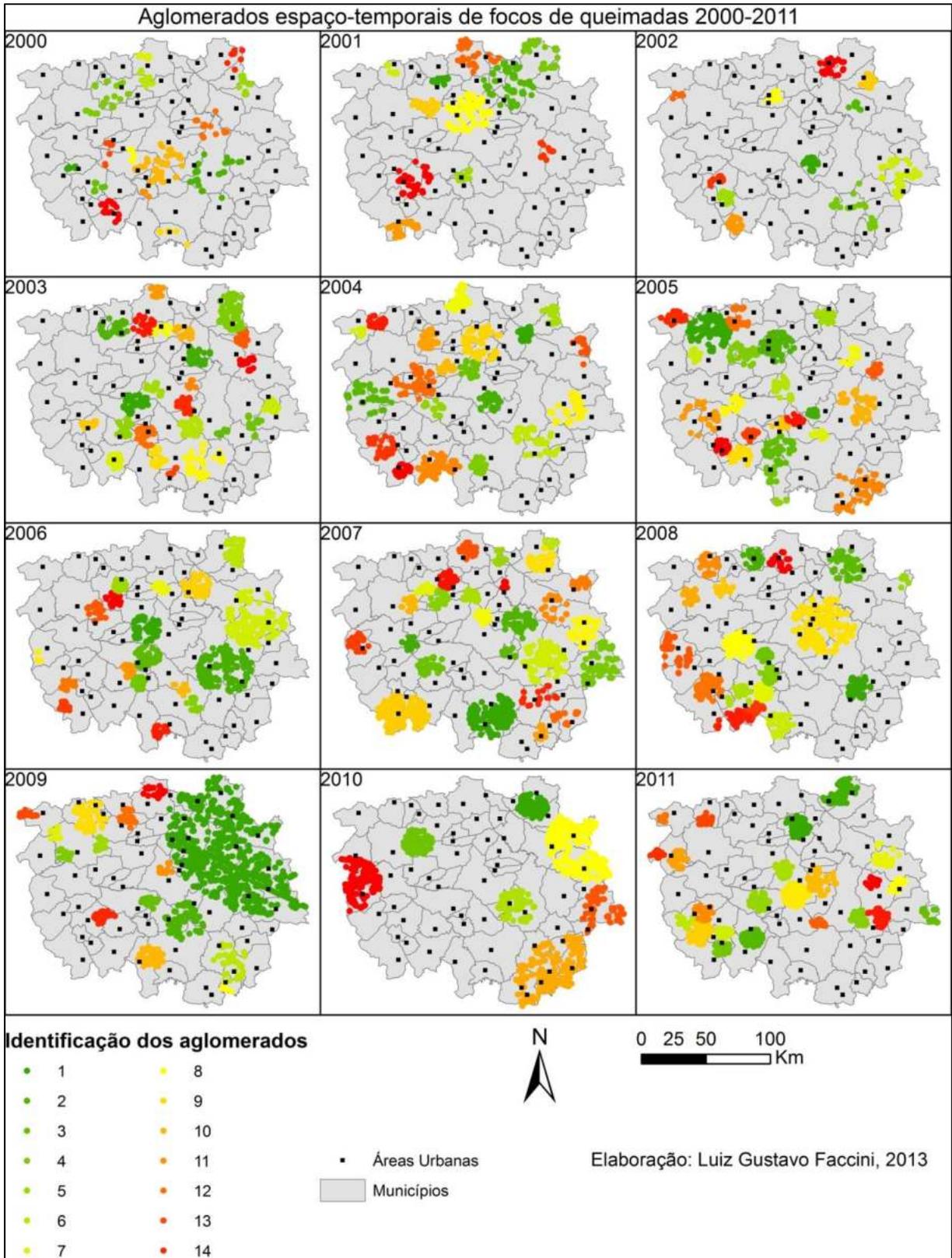


Figura 14: Mapa, aglomerados de focos de queimadas. 2000 a 2011.

### ***Estatística por varredura, respiratórias.***

A figura 15 e a tabela 17 são os resultados dos aglomerados espaço-temporais para as internações por doenças respiratórias. A informação espacial está representada no mapa com uma divisão anual. A informação temporal está representada na tabela com as datas de início e fim de cada aglomerado. Para esta análise foram utilizados dados de 2000 a 2011. A partir dos resultados do SaTScan foram selecionados apenas os aglomerados com valor de "p" significativa (tabela 17).

Os aglomerados espaço-temporais podem ser interpretados como uma região e um período de tempo em que o risco relativo é maior em comparação com as outras regiões que não fazem parte do aglomerado a tabela 17 também apresenta o valor do risco relativo que é no mínimo 3 vezes maior que no restante da área de estudo.

Na figura 15 é possível observar a predominância espacial dos aglomerados é para o oeste e sudoeste, com aglomerados também a sul e a nordeste.

De acordo com o resultado dos aglomerados temporais a maior ocorrência é para os meses de Abril e Junho, depois Março, Julho, Maio e Agosto respectivamente (tabela 17). Portanto, observa-se que as maiores taxas de internações ocorrem principalmente no período do outono/inverno quando as temperaturas estão sofrendo maior variação de um dia após o outro e maior amplitude diária.

Em relação aos aglomerados temporais, a janela de tempo fixada em 5 dias mostrou-se eficiente em encontrar os aglomerados de maior risco. Sendo que ocorreram aglomerados de somente 1 dia até 5 dias. Em comparação com diferentes testes, 2 dias, os aglomerados não apresentavam-se significantes. E 10 dias a maioria dos aglomerados tinham no máximo 6 dias. Portanto optou-se por uma janela de 5 dias.

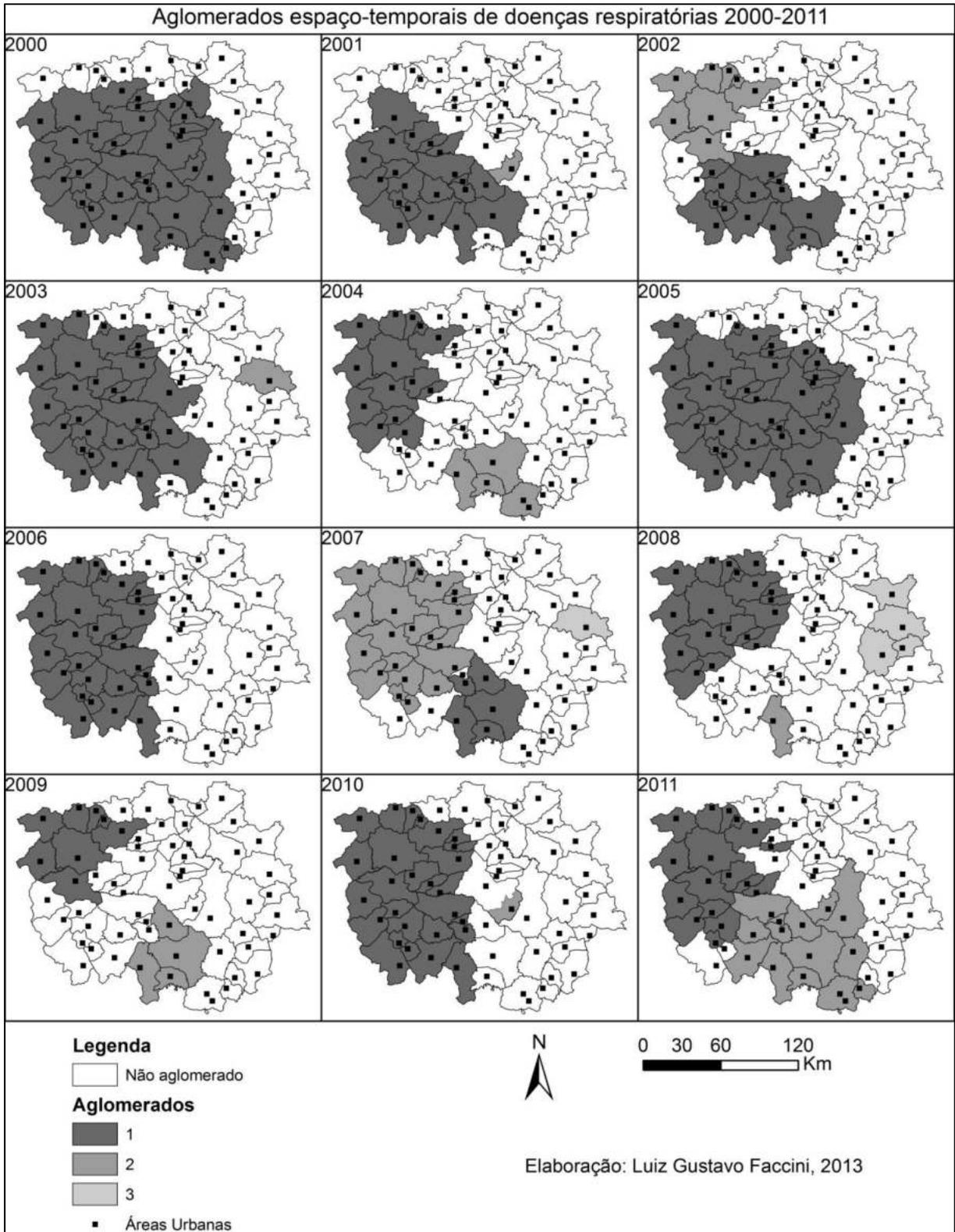


Figura 15: Mapa, aglomerados espaço-temporais, respiratórias. 2000 a 2011.

Tabela 17: Aglomerados temporais, respiratórias. 2000 a 2011.

<b>Ano</b>	<b>Aglomerados</b>	<b>Data Início</b>	<b>Data Fim</b>	<b>Valor de p</b>	<b>Risco relativo</b>
2000	1	10/04/2000	12/04/2000	0,001	3,897
2001	2	01/06/2001	05/06/2001	0,001	5,201
		23/04/2001	26/04/2001	0,002	17,657
2002	2	09/06/2002	12/06/2002	0,001	6,503
		31/07/2002	02/08/2002	0,002	6,688
2003	2	07/07/2003	11/07/2003	0,001	3,504
		25/08/2003	25/08/2003	0,036	39,127
2004	2	05/07/2004	08/07/2004	0,001	6,385
		21/09/2004	24/09/2004	0,003	10,094
2005	1	13/06/2005	17/06/2005	0,001	3,498
2006	1	05/06/2006	09/06/2006	0,001	5,099
2007	3	21/03/2007	24/03/2007	0,001	14,291
		11/06/2007	15/06/2007	0,001	4,585
		10/06/2007	14/06/2007	0,002	18,130
2008	3	31/03/2008	04/04/2008	0,001	6,389
		18/05/2008	20/05/2008	0,001	37,094
		15/04/2008	18/04/2008	0,011	9,166
2009	2	25/05/2009	27/05/2009	0,001	12,631
		30/03/2009	31/03/2009	0,001	24,972
2010	2	12/04/2010	15/04/2010	0,001	5,151
		13/04/2010	13/04/2010	0,001	67,602
2011	2	25/03/2011	29/03/2011	0,001	12,431
		25/04/2011	29/04/2011	0,021	4,638

A figura 16 apresenta o resultado dos aglomerados puramente espaciais para as internações por doenças respiratórias. Nos aglomerados espaciais não é considerada a data, ou seja, o SaTScan analisa todos os dados somente por uma distribuição espacial das incidências.

Na figura 16 é possível observar a predominância espacial dos aglomerados é para o oeste e sudoeste, com aglomerados também a sul e a nordeste.

Comparando as análises espaço-temporal e puramente espacial nota-se a importância da variável tempo, pois a partir da variável tempo, juntamente com o espaço, é possível estabelecer as mudanças no ambiente que provocaram o aglomerado. Também foi possível observar semelhança entre os aglomerados encontrados.

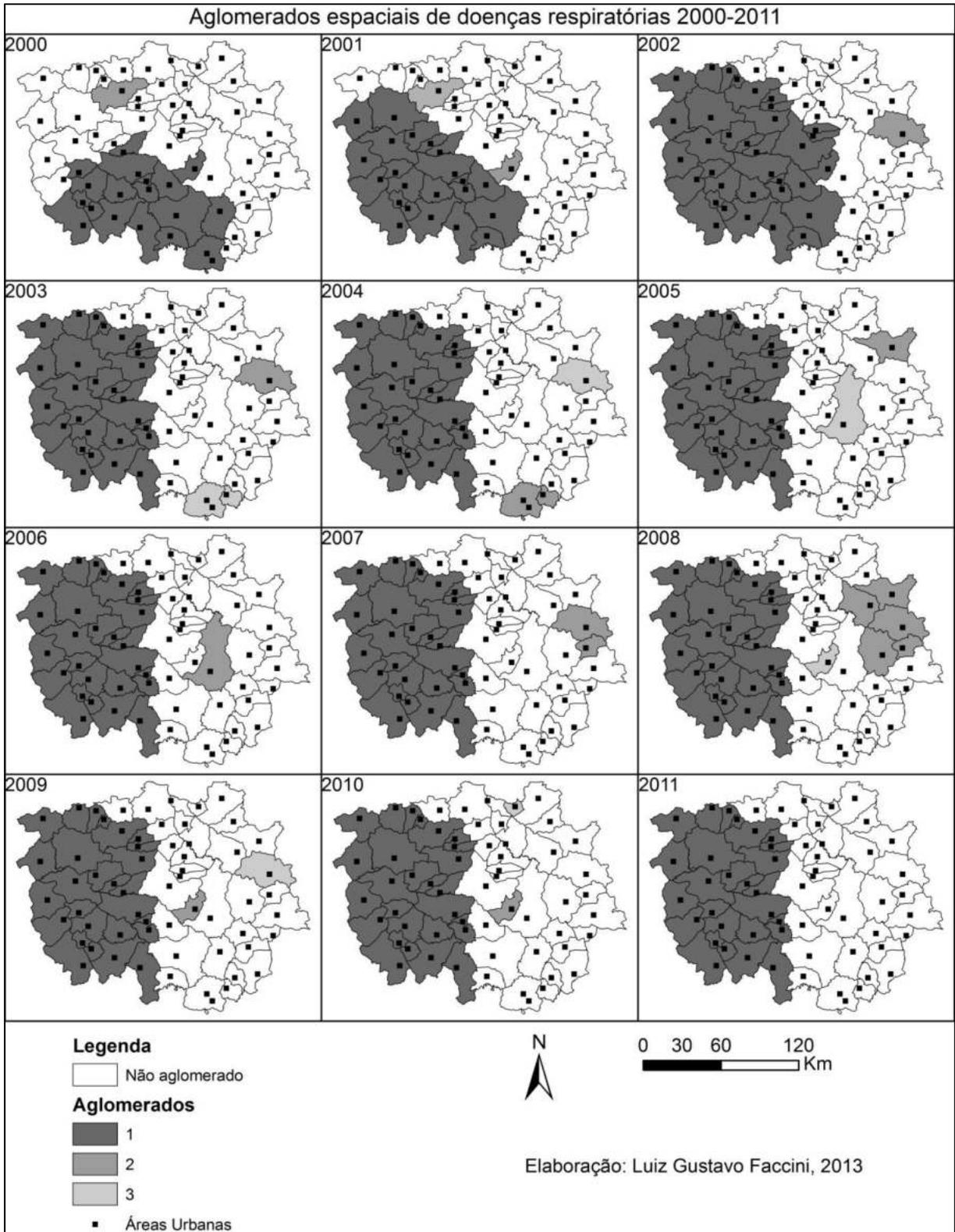


Figura 16: Mapa, aglomerados espaciais, respiratórias. 2000 a 2011.

### ***Estatística por varredura, cardiovasculares.***

A figura 17 e a tabela 18 são os resultados dos aglomerados espaço-temporais para as internações por doenças cardiovasculares.

A informação temporal está representada na tabela com as datas de início e fim de cada aglomerado. Para esta análise foram utilizados dados de 2000 a 2011. A partir dos resultados do SaTScan foram selecionados apenas os aglomerados com valor de "p" significativo (tabela 18).

A tabela 18 apresenta o valor do risco relativo que é no mínimo 2 vezes maior que no restante da área de estudo. O risco relativo para doenças cardiovasculares é do que o encontrado para doenças respiratórias.

Na figura 17 é possível observar a predominância espacial dos aglomerados é para o oeste e norte.

Em relação aos aglomerados temporais para as doenças cardiovasculares, a janela de tempo fixada em 5 dias também mostrou-se eficiente em encontrar os aglomerados de maior risco.

A tabela 18 apresenta as datas de início e fim dos aglomerados temporais, a maior ocorrência é para o mês de Março, mas com distribuição pelo ano todo. Portanto, não observou-se maiores taxas em um determinado período ou estação do ano.

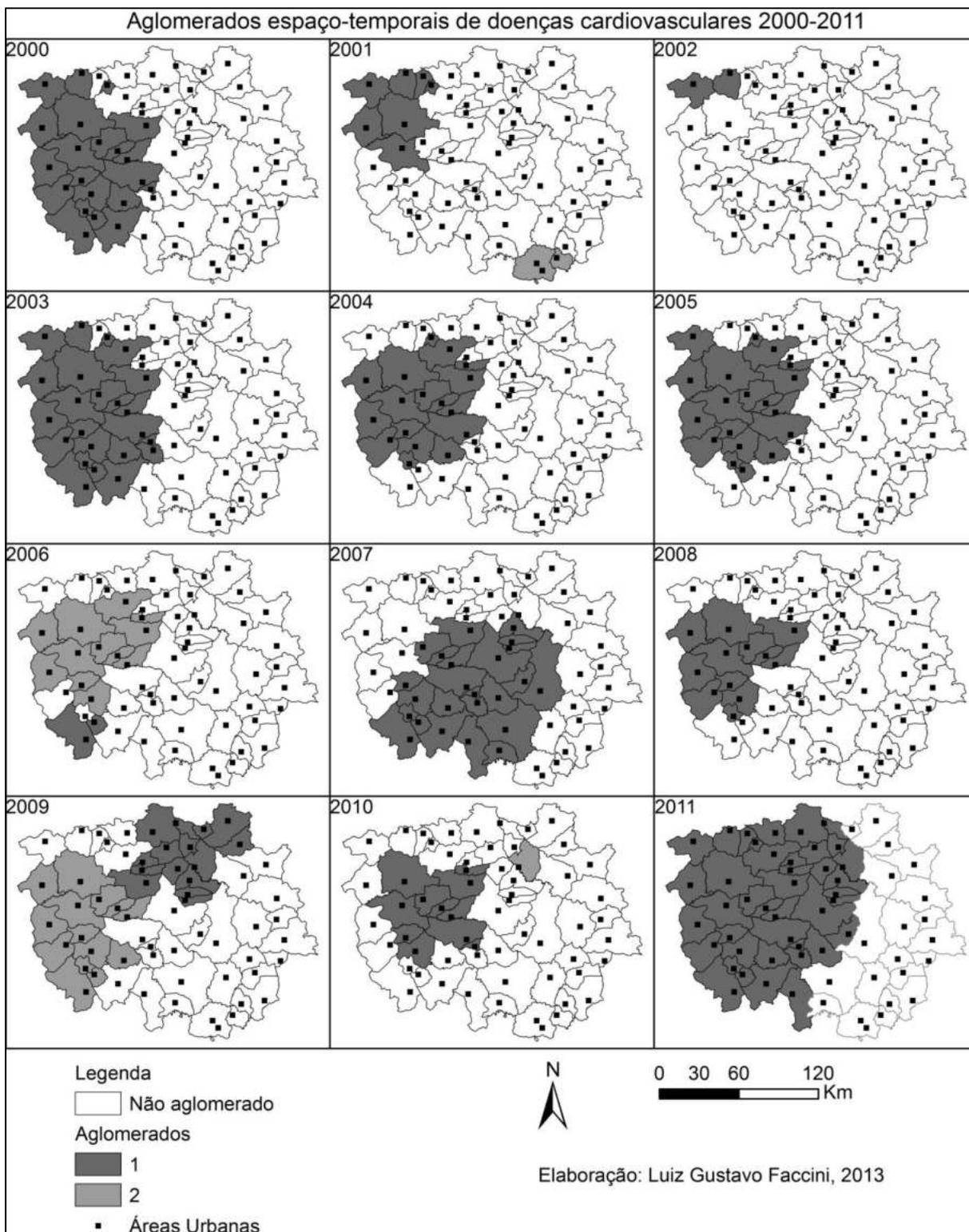


Figura 17: Mapa, aglomerados espaço-temporais, cardiovasculares. 2000 a 2011.

Tabela 18: Aglomerados temporais, cardiovasculares, início e fim. 2000 a 2011.

<b>Ano</b>	<b>Aglomerados</b>	<b>Data Início</b>	<b>Data Fim</b>	<b>Valor de p</b>	<b>Risco relativo</b>
2000	1	20/03/2000	22/03/2000	0,004	3,11
2001	2	09/07/2001	13/07/2001	0,000	4,52
		18/08/2001	20/08/2001	0,005	10,27
2002	1	25/02/2002	01/03/2002	0,005	9,20
2003	1	24/03/2003	26/03/2003	0,048	2,66
2004	1	01/09/2004	03/09/2004	0,022	3,28
2005	1	13/12/2005	17/12/2005	0,015	2,66
2006	2	18/11/2006	22/11/2006	0,031	7,83
		09/01/2006	13/01/2006	0,001	2,81
2007	1	05/02/2007	07/02/2007	0,000	2,61
2008	1	07/04/2008	11/04/2008	0,019	3,28
2009	2	23/03/2009	27/03/2009	0,002	2,16
		18/05/2009	22/05/2009	0,036	3,09
2010	1	16/10/2010	20/10/2010	0,000	3,56
2011	1	15/04/2011	19/04/2011	0,000	3,17

A figura 18 apresenta o resultado dos aglomerados puramente espaciais para as interações por doenças cardiorrespiratórias. Nos aglomerados espaciais não é considerada a data, ou seja, o SaTScan analisa todos os dados somente por uma distribuição espacial das incidências.

Na figura 18 é possível observar a predominância espacial dos aglomerados é para o oeste, com aglomerados também a sudeste, leste e a nordeste.

Idem às doenças respiratórias, comparando as análises espaço-temporal e puramente espacial nota-se a importância da variável tempo.

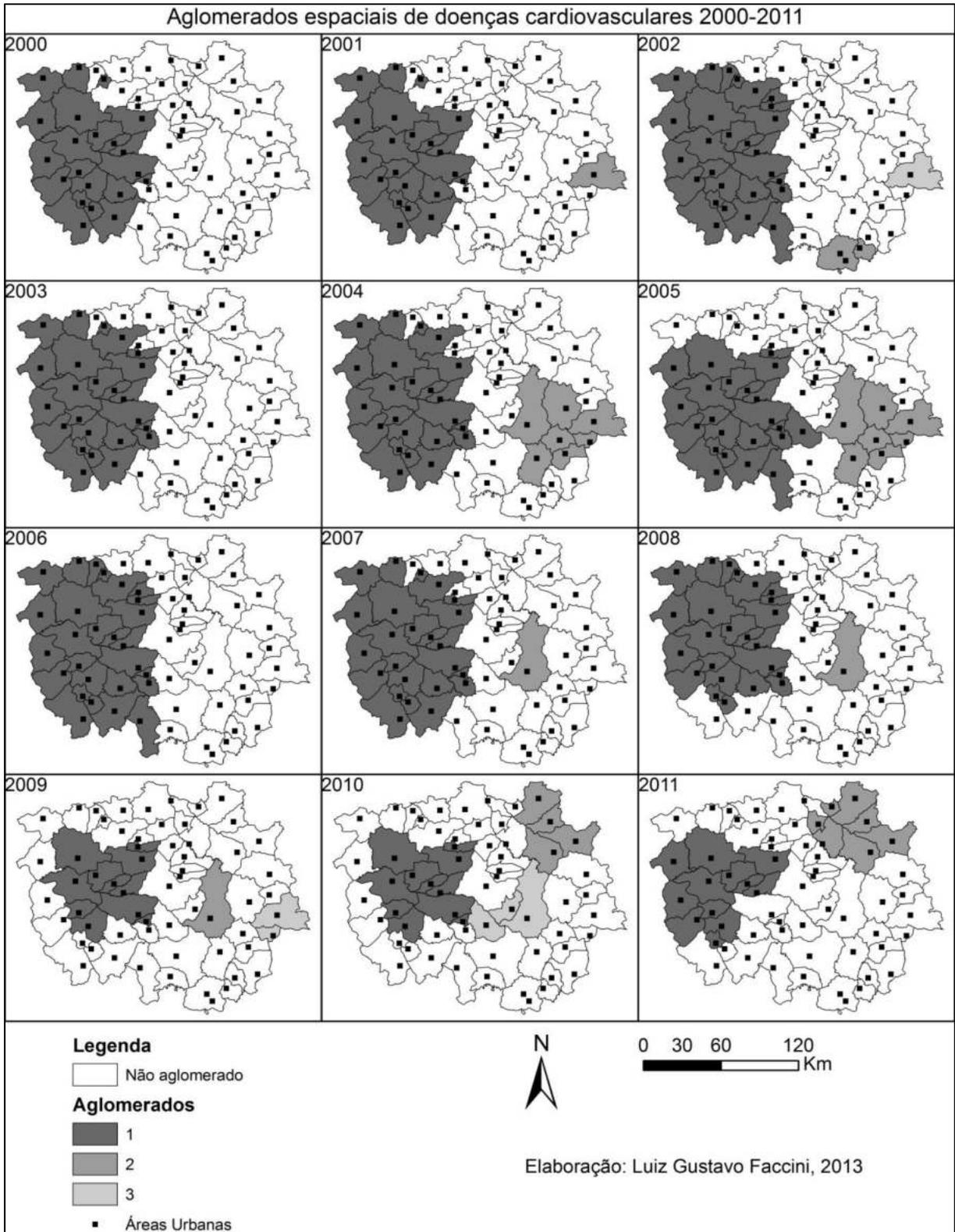


Figura 18: Mapa, aglomerados espaciais, cardiovasculares. 2000 a 2011.

Em uma análise geral dos resultados da estatística por varredura das doenças ressalta-se que os aglomerados espaço-temporais apresentaram melhor resultado que os aglomerados puramente temporais, pois a variável tempo mostrou outro ponto de vista além do espacial, a sazonalidade das doenças. Desta forma foi possível observar que as doenças respiratórias estão mais relacionadas às queimadas que as doenças cardiovasculares. Para as análises seguintes foram descartados os aglomerados puramente espaciais.

Fazendo-se uma comparação dos aglomerados com os dados socioeconômicos e de produção de cana-de-açúcar apresentados, observa-se a importância na seleção dos dados.

Foi possível observar que os aglomerados ocorrem aonde as taxas de internação são maiores de acordo com as figuras 7, 8 e 9, isso provavelmente pela característica dos dados de AIH que são da população SUS dependente ou mais pobre, portanto também é possível observar que os aglomerados ocorrem principalmente aonde menos pessoas têm acesso a planos de saúde (figura 11).

Ressalta-se a maior importância em estudar a população SUS dependente, pois as condições socioeconômicas desta população deixa-a mais vulnerável às doenças, portanto os aglomerados também mostram as diferentes condições socioeconômicas na região de Araraquara.

Também foi possível observar que os aglomerados coincidem com as áreas de expansão de cana-de-açúcar (figuras 7, 8 e 9), portanto os aglomerados também mostram que o aumento do número de canaviais e conseqüentemente de queimadas traz mais agravos à saúde da população.

### ***Análise pesos.***

A partir da análise feita no SaTScan foram elaborados os mapas de vulnerabilidade ambiental para os aglomerados de doenças respiratórias e para as doenças cardiovasculares. Foi selecionada uma data próxima à ocorrência do aglomerado mais significativo.

A análise inicial do SaTScan apontou os aglomerados com altas taxas de incidência. Para comparar, foi elaborada uma nova análise, de teste, com as baixas taxas de incidência. Desta forma foi possível verificar que as altas taxas estão associadas a maior concentração de poluentes e aos fatores meteorológicos.

A vulnerabilidade é um mapa síntese elaborado para indicar um efeito de proteção/estabilidade ou vulnerabilidade de diferentes variáveis que se inter-relacionam. A partir do mapa de vulnerabilidade é possível estabelecer valores de maior ou menor risco, possibilitando comparações entre diferentes áreas.

A figura 19 é o mapa da vulnerabilidade ambiental, a partir dos aglomerados de doenças cardiovasculares. Para o dia e mês do ano 2005 não existem dados, assim como para os anos anteriores a 2005.

De acordo com a escala de vulnerabilidade (quadro 4), os resultados ficaram entre o medianamente vulnerável e o estável, ou seja, com valor máximo igual a 2,2 e valor mínimo igual a 1,2, respectivamente.

Por existirem limitações nesta análise, não é possível observar a correspondência direta entre os aglomerados obtidos no SaTScan e as áreas com maior vulnerabilidade. É possível observar apenas o ano de 2010, com melhor correspondência, e 2008 e 2009 com menor correspondência. Temporalmente, foi possível observar que, quando o ambiente pode ser considerado mais vulnerável, ocorrem maiores taxas de incidência.

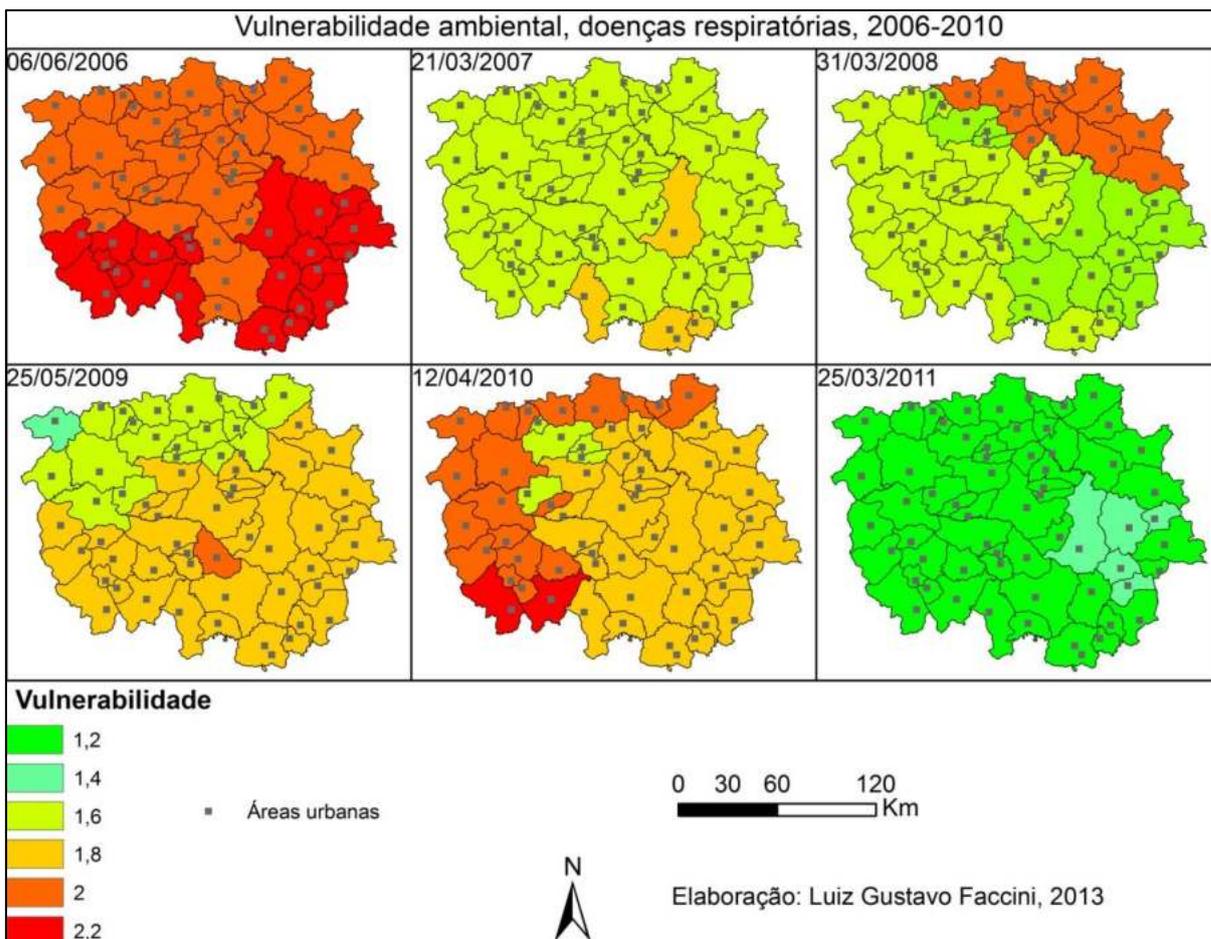


Figura 19: Mapa de vulnerabilidade ambiental, doenças respiratórias. 2006 a 2011.

A figura 20 é o mapa da vulnerabilidade ambiental, a partir dos aglomerados de doenças cardiovasculares. Para o dia e mês do ano 2011 e para os anos anteriores a 2005 não existem dados.

De acordo com a escala de vulnerabilidade (quadro 4), os resultados ficaram entre o medianamente vulnerável e o estável, ou seja, com valor máximo igual a 2 e valor mínimo igual a 1, respectivamente. Os anos 2005, 2006, 2007 e 2010, mostram melhor correspondência dos municípios com maior vulnerabilidade com os aglomerados.

Está análise não produziu resultados satisfatórios que representem bem o efeito das queimadas e do clima sobre a saúde da população. A padronização necessária pode ter minimizado o efeito causado pelas diferentes variáveis. E os diferentes valores em cada época do ano ou situação específica que produziu

agravos à saúde das pessoas acaba sendo neutralizado, pois ocorre um processo dinâmico de interação entre as queimadas, poluição, clima e saúde.

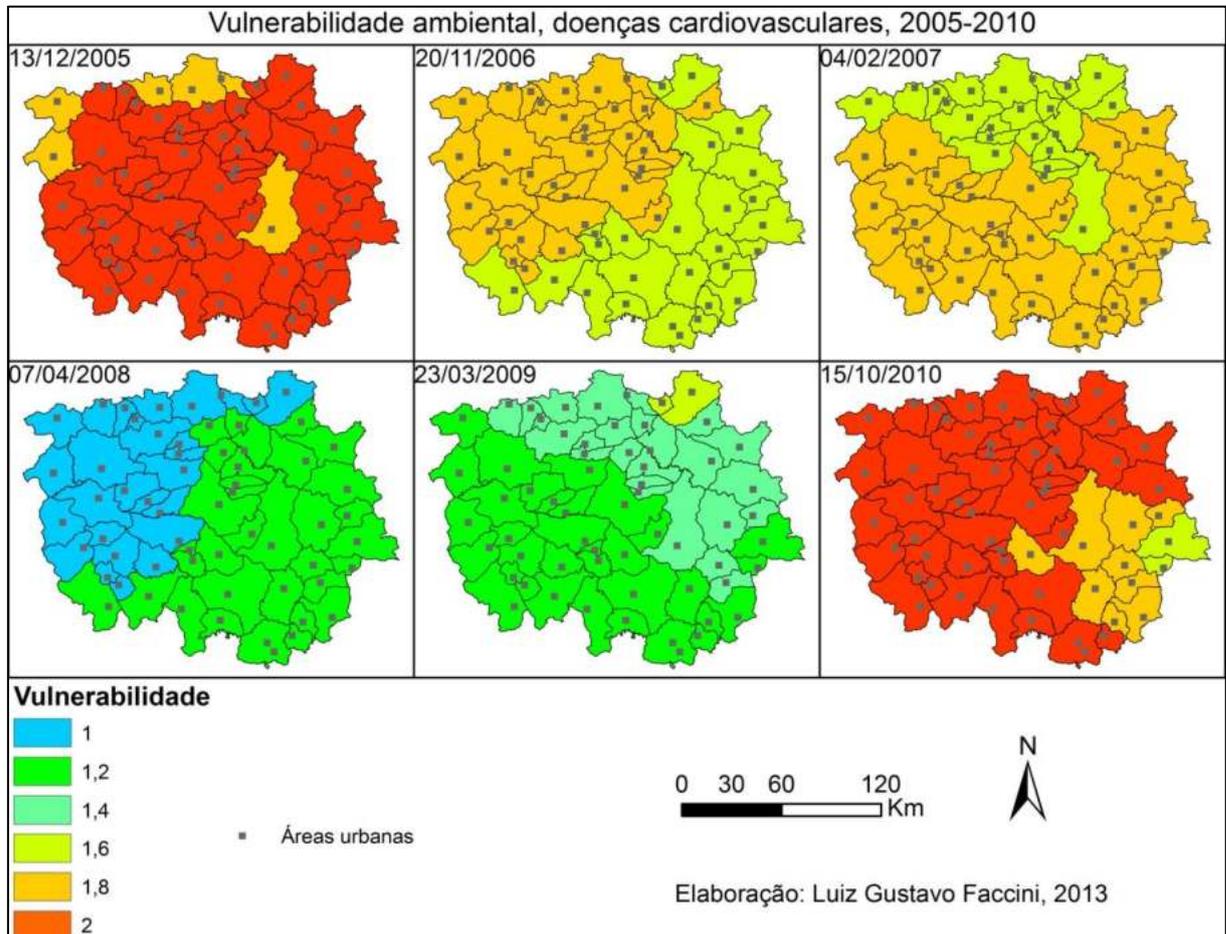


Figura 20: Mapa de vulnerabilidade ambiental, doenças cardiovasculares. 2005 a 2010

Esta análise por pesos apresentou limitações, a necessidade de escolha de 5 variáveis que é o limite da metodologia pode ter sido uma das causas da falha. Também há o problema da padronização e a obtenção de uma média que pode ter diminuído o valor da variável causadora do agravo. Novos testes podem ser feito com diferentes variáveis e com diferentes escalas de pesos. Após esta análise optou-se por produzir mapas de comparação com variáveis que pudessem explicar os aglomerado encontrados no SaTScan.

### ***Direção e velocidade do vento.***

A direção e a velocidade do vento são fatores climáticos que influenciam a poluição pelas queimadas. A direção do vento pode transportar poluentes de uma região para outra e é responsável pela dispersão dos poluentes. A ausência de vento, ou calmaria, também pode trazer consequências como o acúmulo de poluente em determinada área.

Para caracterizar a direção predominante dos ventos, foram utilizados dados do Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde Ambiental (SISAM). Foi elaborado um resumo para a área de estudo. A direção predominante dos ventos durante o ano é de Noroeste e Sudoeste, mas durante épocas do ano ocorre a predominância de uma determinada direção, de acordo com a circulação atmosférica da estação do ano. As direções de menor ocorrência de vento, no ano, são de Nordeste e Leste. A velocidade também varia durante os meses, para os diferentes quadrantes e fica próximo de 4 metros por segundo a 40 metros de altura. O quadro 6 apresenta a direção predominante, a segunda direção predominante, a direção que menos ocorre e a velocidade do vento (m/s) em cada mês e estação do ano.

Quadro 6: Direção e velocidade do vento.

<b>Estação</b>	<b>Mês</b>	<b>Direção 1</b>	<b>Direção 2</b>	<b>Direção 3</b>	<b>Velocidade</b>
Verão	Janeiro	Sul	Sudoeste	Leste	2,77
	Fevereiro	Noroeste	Sudoeste	Nordeste	2,52
	Março	Noroeste	Sudoeste	Nordeste	3,08
Outono	Abril	Noroeste	Norte	Leste	3,51
	Maio	Noroeste	Nordeste	Sudeste	3,58
	Junho	Noroeste	Norte	Leste	4,10
Inverno	Julho	Sudoeste	Noroeste	Leste	3,61
	Agosto	Noroeste	Sudoeste	Sudeste	4,19
	Setembro	Noroeste	Sudoeste	Sudeste	4,28
Primavera	Outubro	Noroeste	Sudoeste	Nordeste	3,89
	Novembro	Noroeste	Sudoeste	Nordeste	4,02
	Dezembro	Noroeste	Sudoeste	Nordeste	3,41

Fonte dos dados: Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde Ambiental - SISAM.

### ***Mapas de comparação.***

Foram elaborados mapas temáticos para comparação com algumas variáveis ambientais e socioeconômicas para os anos de 2006 a 2011. Para os anos 2007 e 2009 são apresentados os aglomerados de doenças cardiovasculares.

O aglomerado de base foi escolhido em função do valor de p mais significativo entre os aglomerados ocorridos em cada ano.

Para as doenças cardiovasculares não há uma relação nítida por isso foram apresentados somente os anos 2007 e 2009 como exemplo.

A figura 21 apresenta os dados do ano 2007. O aglomerado mais significativo foi de 5 a 7 de Fevereiro de doenças cardiovasculares.

Ocorreu precipitação pluviométrica e umidade acima de 80% nos dias anteriores ao aglomerado, os valores de poluentes nos dias antecedentes foram baixos, a temperatura média estava em torno de 22°C. Praticamente não ocorreram focos de queimadas.

Sobre o aglomerado de doenças cardiovasculares foram sobrepostos os focos de queimadas, de 01 a 07 de Fevereiro, e a direção do vento, do dia 05 de Fevereiro. Foi possível observar que praticamente não ocorreram focos de queimadas sobre a área de estudo, pois o mês de fevereiro não é mês de safra de cana-de-açúcar. A direção do vento é de sul e norte, demonstrando grande circulação no dia 05, com velocidade de 3 m/s.

A amplitude térmica diária foi maior em uma faixa a sul, acima de 6,8 °C, a maior amplitude coincide em parte com o aglomerado encontrado. A anomalia da temperatura do mês apresentava valores negativos em toda área de estudo, a maior anomalia ocorre a oeste não coincidindo com o aglomerado encontrado.

A temperatura média diária no dia 05 de Fevereiro não apresentou correspondência ao aglomerado, ou seja, existem áreas de maior e menor temperatura no aglomerado. A umidade relativa do ar estava alta, no período analisado, mas as áreas mais secas coincidem com o aglomerado, abaixo de 83%.

As concentrações de CO e PM<sub>2,5</sub> são maiores a oeste, coincidindo em parte com o aglomerado encontrado. Pela não ocorrência de focos de queimadas os valores são baixos.

É possível observar que a variável plano de saúde apresenta menor proporção de beneficiários na direção sul, próximo à ocorrência do aglomerado, mas com muitos municípios com pessoas com acesso a plano de saúde incluídos no aglomerado. É possível observar que municípios com IFDM mais elevado têm mais pessoas com plano de saúde, a sudoeste e oeste de Araraquara.

Pode-se concluir que não há uma relação nítida e direta entre as variáveis e o aglomerado de doenças cardiovasculares a sul, em 2007.

As variáveis ambientais e socioeconômicas apresentadas não conseguem explicar a localização do aglomerado a sul encontrado no SaTScan. A alta taxa de internação e o alto risco relativo (tabela 18), ocorridos de 5 a 7 de fevereiro de 2007 também não tem relação com as variáveis apresentadas.

Aglomerado espaço-temporal de doenças cardiovasculares e dados de comparação, 2007.

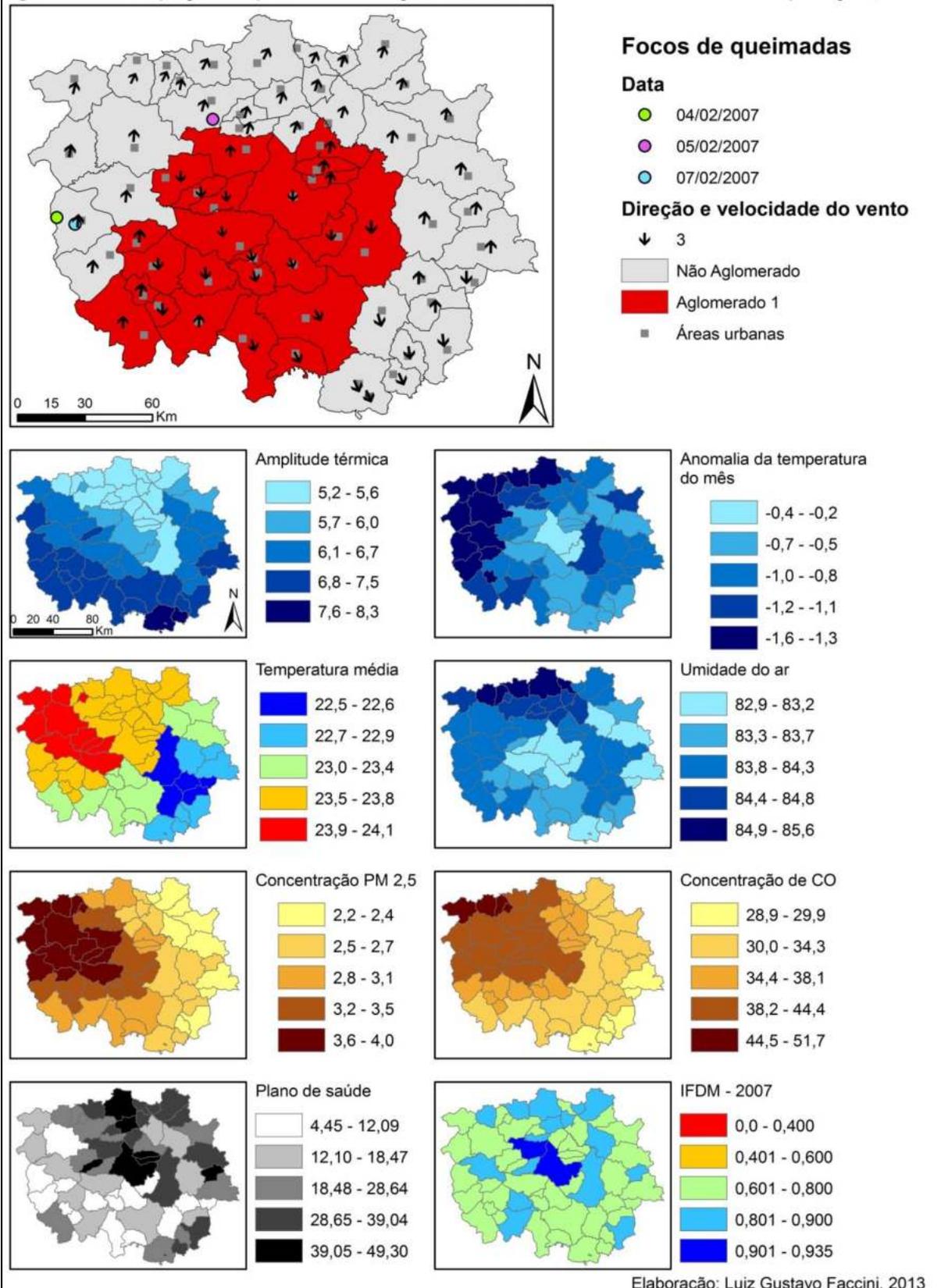


Figura 21: Mapa, aglomerado espaço-temporal e dados de comparação. 2007.

A figura 22 apresenta os dados do ano 2009. O aglomerado mais significativo foi o de 23 a 27 de Março de doenças cardiovasculares.

Observou-se que do dia 18 ao 22 ocorreu precipitação pluviométrica e umidade acima de 90%. Os valores de poluentes nestes dias foram próximos de zero, a temperatura média estava em torno de 21°C. No dia 23 diminuiu a precipitação e começaram a ocorrer alguns focos de queimadas.

A partir do aglomerado de doenças cardiovasculares, foram sobrepostos os focos de queimadas, de 17 a 27 de Março, e a direção do vento, do dia 23 de Março. No período, ocorrem poucos focos de queimadas sobre toda a área de estudo, pois o mês de Março não é mês de safra de cana-de-açúcar. A direção do vento é de Noroeste, com velocidade de 4 m/s.

A amplitude térmica diária foi maior em uma faixa a sudoeste, acima de 6,0 °C. A anomalia da temperatura do mês, apresenta valores negativos em toda área de estudo. A temperatura média diária no dia 23 de Março não apresenta correspondência ao aglomerado. Existem áreas de maior e menor temperatura no aglomerado. A umidade relativa do ar estava alta no período analisado, acima de 89%.

A concentração de PM<sub>2,5</sub> é maior a noroeste, a concentração de CO é maior a norte, em parte ocorre coincidência com o aglomerado encontrado. Pela ocorrência de poucos focos de queimadas os valores são medianos. A direção dos ventos, de noroeste, pode ter transportado para a área do aglomerado poluentes produzidos fora da área de estudo.

É possível observar que a variável plano de saúde apresenta menor proporção de beneficiários na direção sul e oeste em direção oposta ao aglomerado. É possível observar que, de maneira geral, municípios com IFDM mais elevado têm mais pessoas com plano de saúde.

Pode-se concluir que, não há uma relação nítida e direta entre as variáveis e o aglomerado de doenças cardiovasculares a norte, em 2009.

Aglomerado espaço-temporal de doenças cardiovasculares e dados de comparação, 2009.

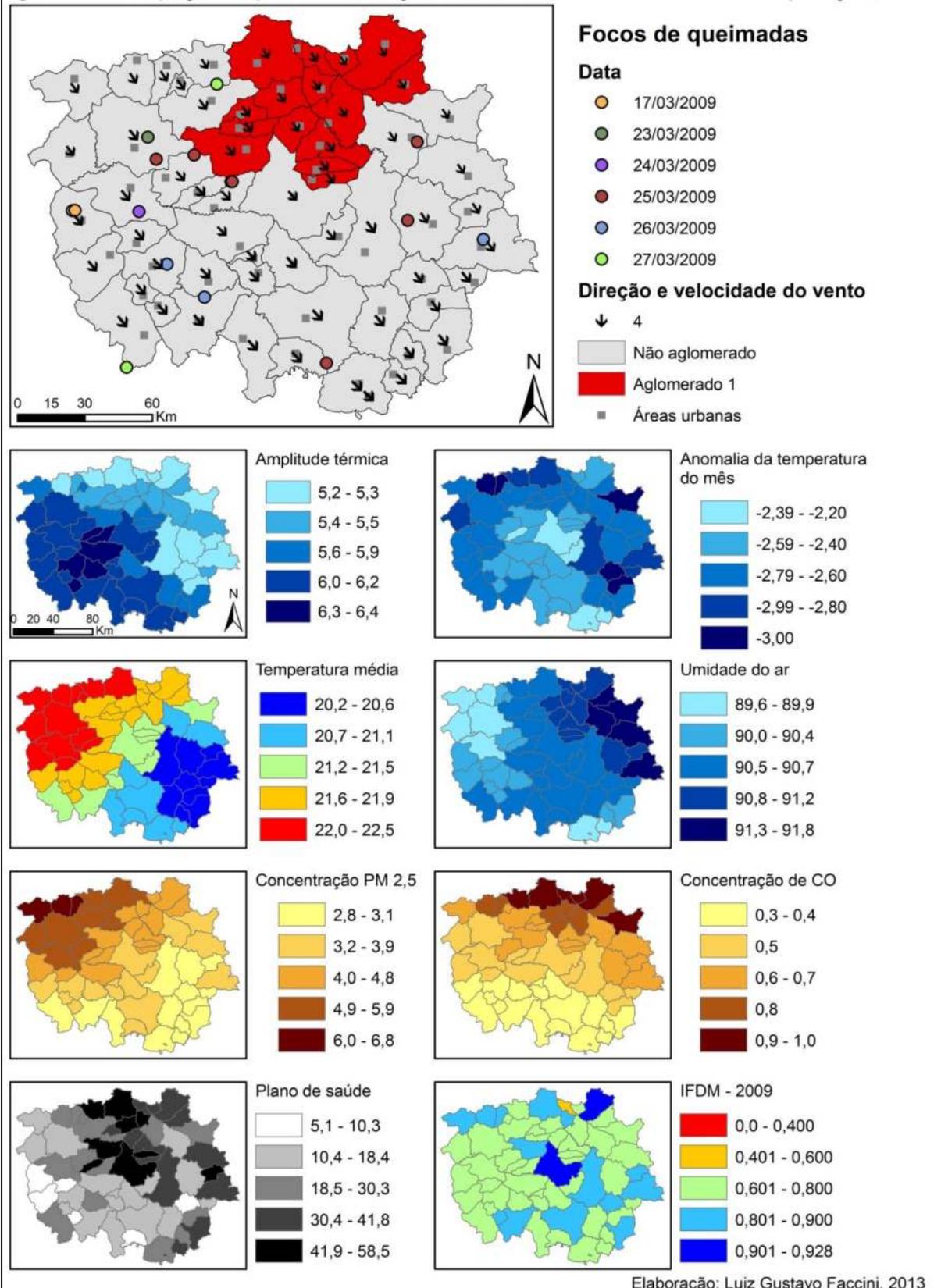


Figura 22: Mapa, aglomerado espaço-temporal e dados de comparação. 2009.

Para as doenças respiratórias foi encontrada relação entre as variáveis estudadas, são apresentados os anos restantes 2006, 2008, 2010 e 2011, como exemplo.

A figura 23 apresenta os dados do ano 2006. O aglomerado mais significativo foi o de 5 a 9 de Junho de doenças respiratórias.

Nos dias 20 e 21 de Maio ocorre à entrada de uma frente úmida que provoca precipitação, de baixa intensidade, até do dia 24 de Maio. A umidade do ar esteve acima de 80%. Os valores de poluentes tiveram redução durante os dias de chuva. A temperatura média estava em torno de 16°C no dia 24 de Maio e subiu para 19,5°C no dia 05 de Junho. Após as chuvas, a partir do dia 24 de Maio, começaram a ocorrer focos de queimadas, com uma média de 20 focos na área de estudo, e um pico de 46 focos no dia 01 de Junho.

Sobre o aglomerado de doenças respiratórias, foram sobrepostos os focos de queimadas, de 01 a 09 de Junho, e a direção do vento, do dia 5 de Junho. Foi possível observar que ocorrem focos de queimadas sobre toda a área de estudo, mas principalmente distribuídos no eixo norte - sul. A direção do vento é de sudoeste, com velocidade de 3 m/s. Foram selecionados outros dados para o dia 05 de Junho apresentados em mapas temáticos (figura 23).

A amplitude térmica diária foi maior a leste, acima de 8,2 °C, não coincidindo com o aglomerado encontrado, mas com valores acima de 7,1 °C na área do aglomerado. A anomalia da temperatura do mês, que é quanto a temperatura diária está acima ou abaixo da média mensal, apresenta valores negativos somente a norte da área de estudo, porém muito próximos de uma variação igual a zero, demonstrando não haver qualquer relação com esta variável neste caso. A temperatura média diária no dia 5 de junho, apresenta média maior na área correspondente ao aglomerado. A umidade relativa do ar estava alta no período analisado, acima de 67%, e apresentava valores mais altos na direção oeste, próximo à área do aglomerado.

As concentrações de Monóxido de Carbono - CO e PM<sub>2,5</sub>, são maiores a sul em uma área que coincide com o aglomerado e que também coincide com a presença de focos de queimadas. As concentrações destes poluentes, também apresentam valores médios na área do aglomerado, ou seja, o ar mais poluído está sobre o aglomerado encontrado.

É possível observar que a variável plano de saúde, apresenta menor proporção de beneficiários na direção oeste e sudoeste, próximo à ocorrência do aglomerado. É possível observar que municípios com IFDM mais elevado têm mais pessoas com plano de saúde, a sudoeste e oeste de Araraquara. Mas alguns deles fazem parte do aglomerado encontrado e apresentam maiores valores de poluentes e focos de queimadas.

Pode-se concluir que os principais fatores que podem ter contribuído com o aglomerado de doenças respiratórias, a oeste, em 2006, foram: presença de focos de queimadas na área, direção dos ventos, presença de poluentes CO e PM<sub>2,5</sub>, e condições socioeconômicas.

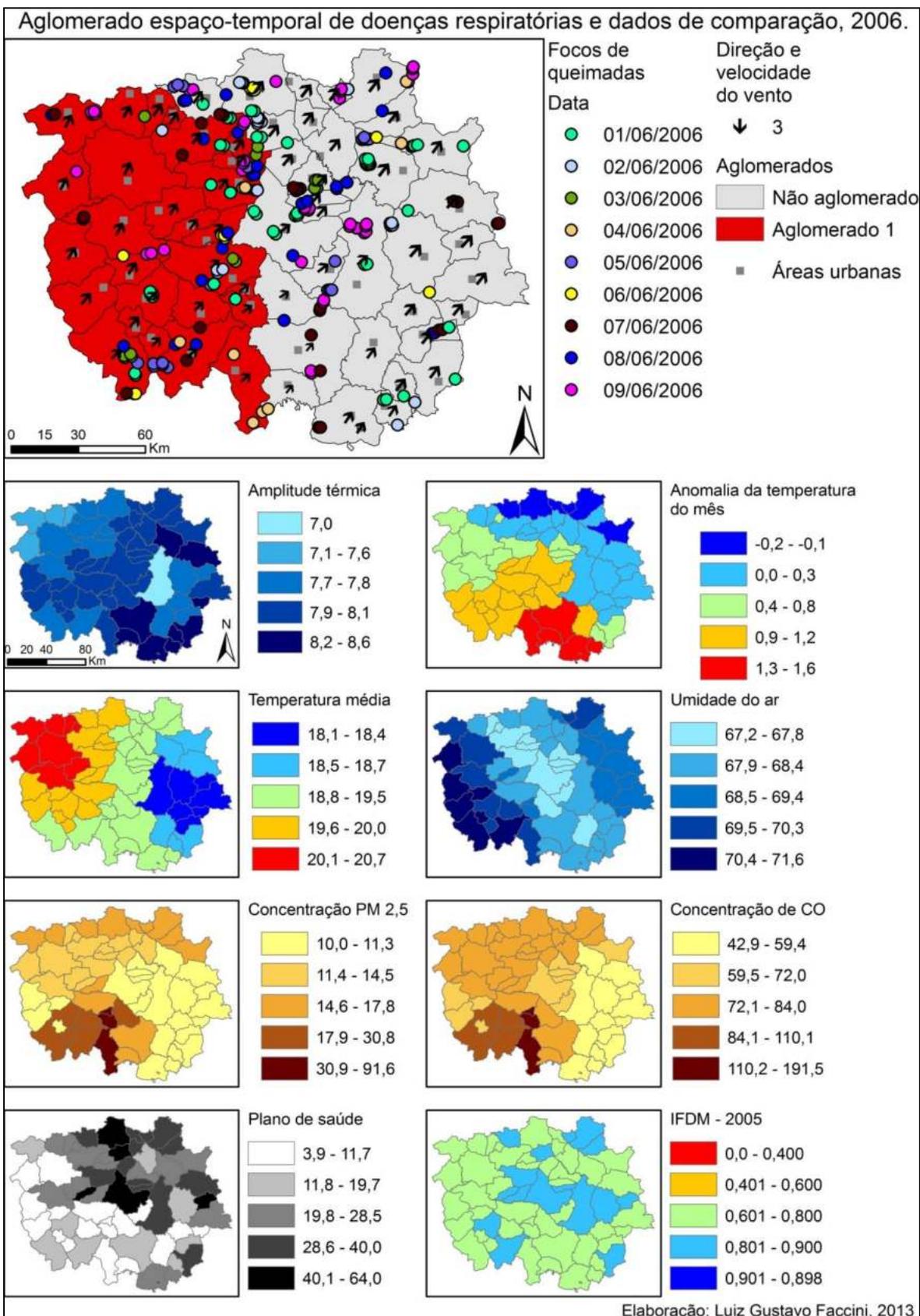


Figura 23: Mapa, aglomerado espaço-temporal e dados de comparação. 2006.

A figura 24 apresenta os dados do ano 2008. O aglomerado mais significativo foi o de 31 de Março a 04 de Abril de doenças respiratórias.

No dia 23 de Março ocorreram precipitação pluviométrica e umidade acima de 87%, com diminuição da quantidade de chuva até o dia 29. Os valores de poluentes nestes dias foram próximos de zero, a temperatura média estava em torno de 21 °C. Até o dia 23 não ocorreram focos de queimadas na área de estudo, ocorrendo focos, principalmente, a partir do dia 25.

Sobre o aglomerado de doenças respiratórias, foram sobrepostos os focos de queimadas, de 25 a 30 de Março, a direção do vento do dia 31 de Março. Ocorreram focos de queimadas sobre a área de estudo. A direção do vento era de noroeste, com velocidade de 5 m/s.

A amplitude térmica diária foi maior a noroeste, acima de 8,8 °C, coincidindo com o aglomerado encontrado. A anomalia da temperatura do mês, apresenta valores negativos em toda a área de estudo. Na área do aglomerado, em média, -4°C, demonstrando uma condição meteorológica mais fria que o normal para o mês. A temperatura média diária apresentou média maior na área correspondente ao aglomerado. A umidade relativa do ar estava alta no período analisado, acima de 79% e apresentava valores mais baixos na direção do aglomerado encontrado.

As concentrações de CO e PM<sub>2,5</sub>, são maiores a nordeste em uma área que não coincide com o aglomerado, mas é possível observar que os valores médios encontram-se sobre o aglomerado.

A variável plano de saúde apresentava menor proporção de beneficiários na direção sul e oeste. É possível observar que municípios com IFDM mais elevado têm mais pessoas com plano de saúde. O aglomerado coincide com municípios com grande ou pouca quantidade de beneficiários de plano de saúde.

Pode-se concluir que os principais fatores que podem ter contribuído com o aglomerado de doenças respiratórias, a noroeste, em 2008, foram: a amplitude térmica, a baixa temperatura, presença de focos de queimadas e presença de poluentes, CO e PM<sub>2,5</sub>. A direção dos ventos, de noroeste, pode ter transportado para a área do aglomerado poluentes provenientes de queimadas ocorridas fora da área de estudo.

Aglomerado espaço-temporal de doenças respiratórias e dados de comparação, 2008.

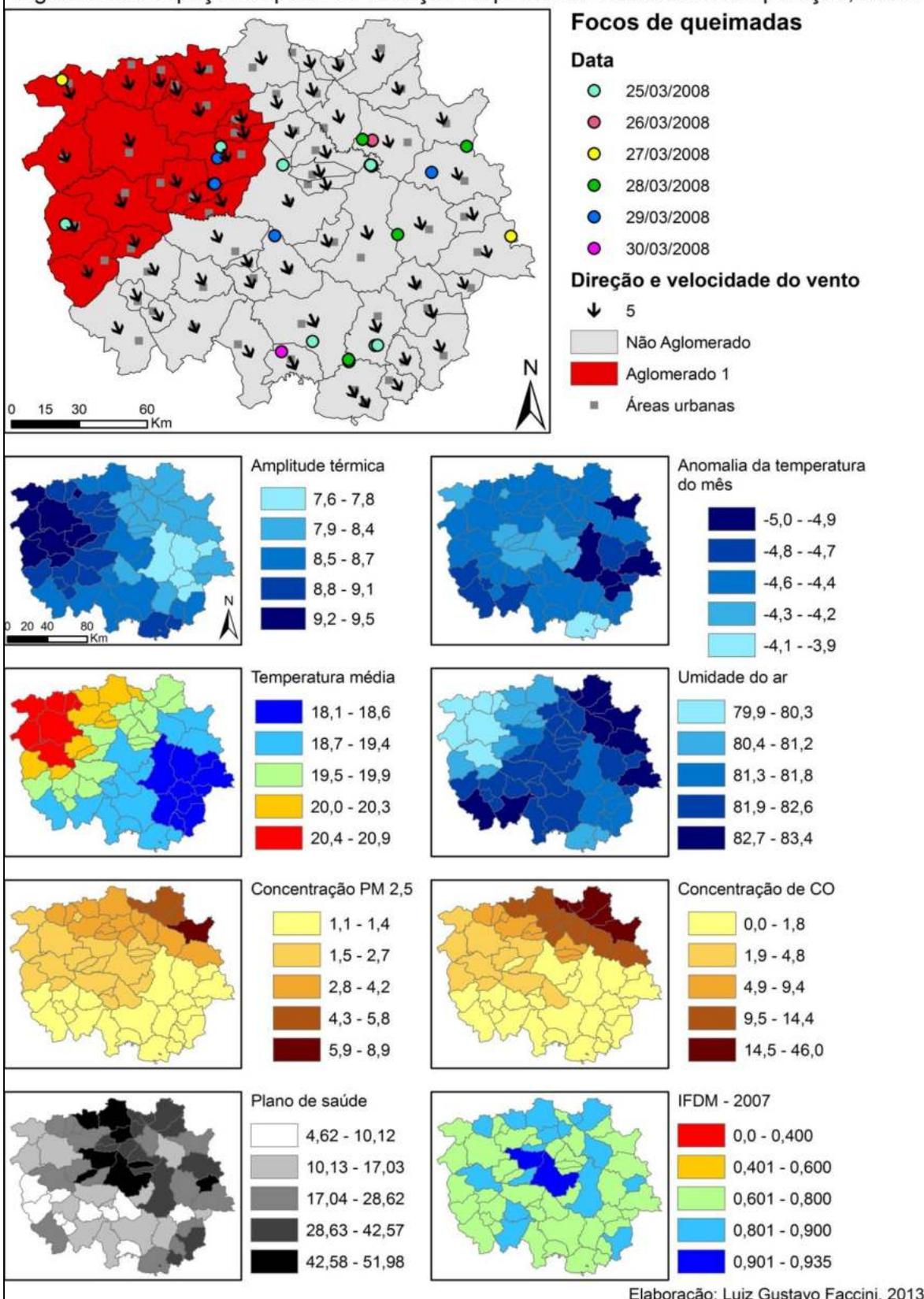


Figura 24: Mapa, aglomerado espaço-temporal e dados de comparação. 2008.

A figura 25 apresenta os dados do ano 2010. O aglomerado mais significativo foi o de 12 a 15 de Abril de doenças respiratórias.

Observou-se que até o dia 05 ocorreram tempestades, com precipitação pluviométrica e umidade acima de 92%, os valores de poluentes neste dia foram próximos de zero, a temperatura média estava em torno de 21°C. Até o dia 06 não ocorrem focos de queimadas no mês de Abril e a partir do dia 07 começam a ocorrer.

A partir do aglomerado de doenças respiratórias, foram sobrepostos os focos de queimadas, de 07 a 15 de Abril, e a direção do vento, do dia 12 de Abril. Foi possível observar que ocorrem focos de queimadas sobre a área de estudo. A direção do vento é de noroeste, com velocidade de 5 m/s.

A amplitude térmica diária foi maior a noroeste, acima de 8,4 °C, coincidindo com o aglomerado encontrado. A anomalia da temperatura do mês apresenta valores negativos em toda a área de estudo. Na área do aglomerado, em média, 3,7°C abaixo da média mensal, demonstrando uma condição meteorológica mais fria que o normal para o mês.

A temperatura média diária no dia 12 de Abril apresenta média maior na área correspondente ao aglomerado, 18,9°C. A umidade relativa do ar estava alta no período analisado, acima de 76%, e apresentava valores mais baixos a noroeste, coincidindo em parte com o aglomerado.

A concentração de PM<sub>2,5</sub> é maior a sudoeste, coincidindo numa pequena parte com o aglomerado. A concentração de CO é maior a oeste, sudoeste e nordeste, e coincide com o aglomerado. É possível observar que os valores de CO mais altos coincidem com áreas aonde ocorrem focos de queimadas.

O aglomerado coincide com municípios com grande, média ou pouca quantidade de beneficiários de plano de saúde.

Pode-se concluir que os principais fatores que podem ter contribuído com o aglomerado de doenças respiratórias, a oeste, em 2010, foram: a amplitude térmica, a baixa temperatura, presença de focos de queimadas e presença de poluentes, CO e PM<sub>2,5</sub>. A direção dos ventos, de noroeste, pode ter transportado para a área do aglomerado poluentes provenientes de queimadas ocorridas fora da área de estudo.

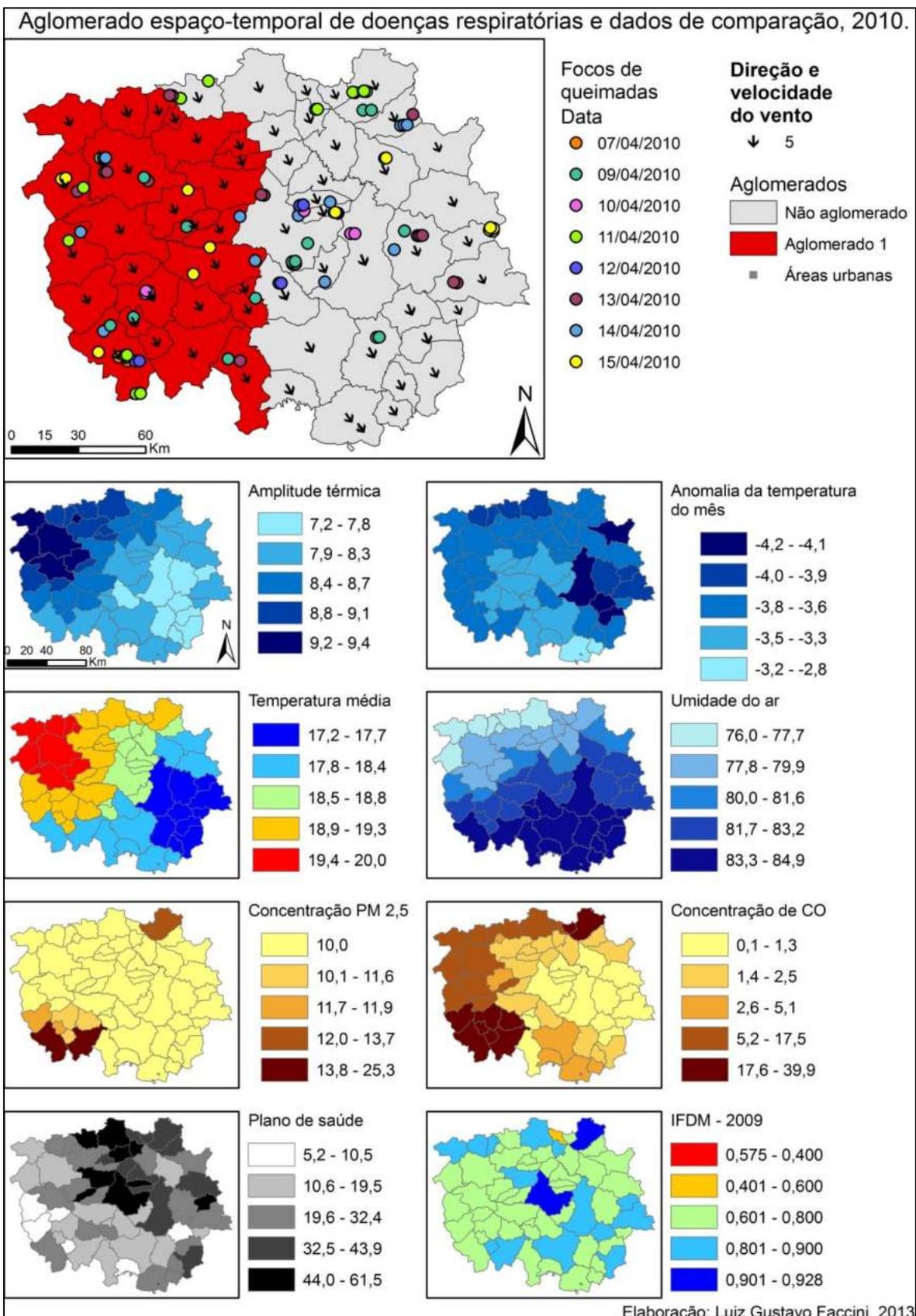


Figura 25: Mapa, aglomerado espaço-temporal e dados de comparação. 2010.

A figura 26 apresenta os dados do ano 2011. O aglomerado mais significativo foi o de 25 a 29 de Março de doenças respiratórias.

Observou-se que no dia 23 ocorreram tempestades, com precipitação pluviométrica e umidade acima de 95%. Os valores de poluentes nesse dia foram próximos de zero, a temperatura média estava em torno de 19 °C. Do dia 15 ao dia 23 não ocorreram focos de queimadas, ocorrendo focos a partir do dia 24, somente.

Sobre o aglomerado de doenças respiratórias foram sobrepostos os focos de queimadas, de 24 a 29 de Março, e a direção do vento, do dia 25. No período ocorreram focos de queimadas sobre os municípios do aglomerado, principalmente no dia 26. A direção do vento é de sudoeste, com velocidade de 3 m/s.

A amplitude térmica diária foi maior a oeste, coincidindo com o aglomerado encontrado. A anomalia da temperatura do mês apresentou valores negativos em toda a área de estudo, com menores valores a norte e noroeste.

A temperatura média diária no dia 25, apresenta média maior na área correspondente ao aglomerado. A variação da temperatura é a temperatura do dia menos a temperatura do dia anterior. Portanto, dia 25 menos dia 24. Mostrou uma maior variação na área correspondente ao aglomerado. A umidade relativa do ar estava alta no período analisado, acima de 86%, e apresentava valores mais altos na direção sudoeste, próximo à área do aglomerado.

A concentração de CO é maior a leste, em uma área oposta ao aglomerado encontrado. O dado de PM<sub>2,5</sub> não existe para o período deste aglomerado.

A variável plano de saúde apresenta menor proporção de beneficiários na direção oeste e sudoeste, próximo à ocorrência do aglomerado. A variável socioeconômica IFDM apresenta mais municípios com menores índices a oeste.

Pode-se concluir que os principais fatores que podem ter contribuído com o aglomerado de doenças respiratórias, a oeste, em 2011, foram: presença de focos de queimadas na área, a direção dos ventos, a amplitude térmica alta, altas temperaturas médias, alta umidade e as condições socioeconômicas.

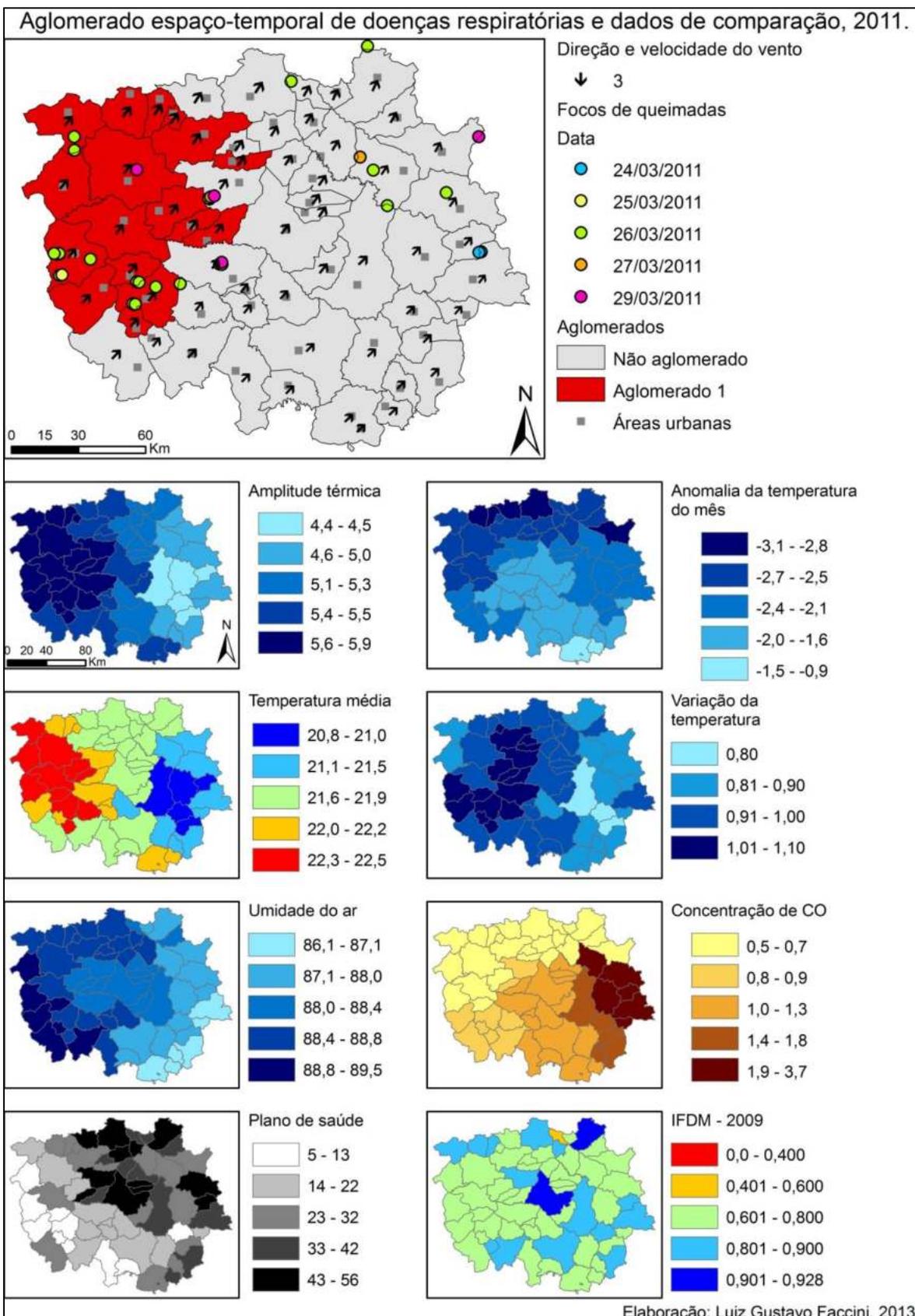


Figura 26: Mapa, aglomerado espaço-temporal e dados de comparação. 2011.

Retomando a primeira hipótese e o primeiro objetivo apresentados, pode-se concluir que há hipótese está correta para as doenças respiratórias. A hipótese foi que há piora nas condições de saúde da população provocada pela poluição pelas queimadas, associada aos fatores meteorológicos e as condições socioeconômicas da população.

De acordo com o objetivo inicial foram utilizados diferentes métodos para estudar a relação entre os fatores climáticos, variáveis socioeconômicas, queimadas e saúde da população.

Conclui-se que através dos diferentes métodos, mas principalmente dos mapas temáticos de comparação, foi possível associar os aglomerados espaço-temporais de internações por doenças respiratórias à presença de poluição decorrente de focos de queimadas, amplitude térmica alta, baixa temperatura, queda de temperatura, direção dos ventos e condições socioeconômicas. Em 2011 pode ter associação com altas temperaturas.

Estes resultados para as doenças respiratórias corroboram com os resultados de URIARTE et al. (2009); VIEGAS et al. (2004) e TANNER e LAW (2004), que encontraram associação entre e morbidade respiratória e poluentes atmosféricos, elevada umidade relativa do ar, baixa ou alta temperatura.

Conclui-se também que através dos diferentes métodos não foi possível encontrar associação entre as doenças cardiovasculares, as queimadas, os fatores climáticos e as condições socioeconômicas da população.

Este trabalho também encontrou outros resultados relevantes através da análise dos dados e da estatística por varredura.

A análise inicial e exploratória mostrou que houve ampliação das áreas com plantação de cana-de-açúcar na região de Araraquara, houve, portanto aumento no número de focos de queimadas. A análise dos dados socioeconômicos mostrou que houve mudanças nas condições socioeconômicas da população que contribuíram com melhoras nas condições de saúde.

A análise estatística por varredura dos focos de queimadas mostrou principalmente a sazonalidade e a influência do clima sobre as safras de cana-de-açúcar e que quando o clima interfere na safra há reflexo na quantidade de queimadas. A análise temporal dos focos de queimadas também mostrou a influência do clima.

A análise estatística por varredura das internações apresentou diferentes resultados para as análises espaço-temporais e puramente espaciais e para as internações por doenças respiratórias e cardiovasculares.

A análise espaço-temporal das doenças respiratórias foi o resultado mais importante, pois mostrou a sazonalidade da doença possibilitando a elaboração dos mapas de comparação com dados diários que mostraram o efeito do clima sobre a saúde das pessoas.

## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que os objetivos do trabalho foram atingidos, pois foram utilizados diferentes métodos de estudo das relações entre fatores climáticos, variáveis socioeconômicas, queimadas de cana-de-açúcar e doenças respiratórias e cardiovasculares.

Com este trabalho foi possível definir as variáveis climáticas, de poluição e socioeconômicas que tem relação com os agravos à saúde das pessoas.

Foi possível observar, quais fatores climáticos têm influência nas condições de saúde da população associados aos poluentes provenientes das queimadas de cana-de-açúcar. Também foi possível observar, os processos meteorológicos que influenciam nas queimadas e na poluição, ou seja, ocorre um período de chuvas e logo após um período de queimadas.

Foi possível observar, através das análises elaboradas, que a produção de cana-de-açúcar e as queimadas associadas apresentaram evolução, ou seja, ao longo dos anos mais áreas que não eram ocupadas por cana foram sendo ocupadas, e conseqüentemente as áreas sujeitas às queimadas aumentaram.

As propostas governamentais e particulares de redução das queimadas ficaram aquém do esperado, justamente pela expansão da área sujeita à queima. Portanto, não verificou-se uma diminuição considerável da quantidade de queimadas. A oscilação na quantidade de focos de queimadas, e conseqüente diminuição, acontece principalmente por fatores climáticos, econômicos e agrônômicos.

Em relação às condições socioeconômicas da população foi possível observar melhoras nos índices saúde, educação e renda do IFDM, redução nas taxas de internação pelas diferentes doenças estudadas e aumento no número de pessoas que optaram por planos de saúde.

Este trabalho apresentou algumas limitações. Primeiro, os dados de saúde referem-se somente a população SUS dependente. A migração para planos de saúde ao longo do tempo provocou redução das taxas de internação e não puderem ser quantificados exatamente para toda a população da região. Nos anos finais do

estudo a representatividade de pessoas com ou sem plano de saúde é de 72% sem plano de saúde e 28% com plano de saúde.

Outras variáveis que podem ter relação com os agravos à saúde das pessoas não foram estudadas como hábito de fumar, tempo de residência no local, susceptibilidade individual, fatores psicológicos e emocionais (RIBEIRO, 1988). Acrescenta-se também poluição de fonte urbana, outras variáveis socioeconômicas e população rural e urbana.

As dificuldades encontradas neste trabalho foram: adequar a metodologia de pesos, trabalhar com grande quantidade de variáveis e dados de diferentes fontes com diferentes características.

Novos trabalhos que abordem a questão das queimadas de cana-de-açúcar podem utilizar e aprimorar as metodologias utilizadas neste trabalho.

A estatística por varredura que pode ser aplicada em outras áreas com cultivo de cana-de-açúcar para análise dos focos de queimadas e de doenças respiratórias.

Novos trabalhos também podem utilizar métodos estatísticos de correlação, regressão e regressão espacial a partir das variáveis de poluição, climáticas e socioeconômicas utilizadas e a partir do método de aglomerados espaço-temporais como base.

Também podem ser elaborados estudos de caso controle espacial, com as variáveis utilizadas, tendo como base aglomerados espaço-temporais de focos de queimadas ou de doenças respiratórias onde estão os expostos e fora dos aglomerados os não expostos.

Na revisão bibliográfica foram apresentadas soluções viáveis para a redução das queimadas sem afetar a produtividade e a economia do setor canavieiro, como a cogeração e o conjunto de processos associados. A cogeração pode melhorar lucratividade do setor, manter o emprego de milhares de trabalhadores, melhorar as condições de trabalho, melhorar as condições ambientais, contribuir com necessidade energética regional.

## 8. REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Saúde Suplementar - ANS. **Beneficiários de planos privados de saúde**. Disponível em: <<http://www.ans.gov.br/index.php/materiais-para-pesquisas/perfil-do-setor/dados-e-indicadores-do-setor>>. Acesso em: 29 out. 2012.

AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. 10a. Edição. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

ARBEX, M. A. **Avaliação dos efeitos do material particulado proveniente da queima da plantação de cana-de-açúcar sobre a morbidade respiratória na população de Araraquara – SP**. Tese (Doutorado em medicina) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo, 2001.

ARBEX, M. A. CANÇADO, J. E. D. PEREIRA, L. A. A. BRAGA, A. L. F. SALDIVA, P. H. N. **Queima de biomassa e efeitos sobre a saúde**. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*. v.30 n.supl2 p.158-175. Mar/Abr. 2004.

AUDY, J.R. **Measurement and diagnosis of health**. In Shepard, P. & McKinley, D. (eds.) *Environ/mental. essays on the planet as a home*. New York, Houghton Mifflin, 1971.

BASCOM, R. et al. Health effects of outdoor air pollution. Committee of the Environmental and Occupational Health Assembly of the American Thoracic Society. **American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine**, v. 153, n. 1, p. 3-50, 1996. Disponível em: <<http://ajrccm.atsjournals.org/content/153/1/3.abstract>>. Acesso em: 29 nov. 2012.

BIODIESELBR.COM, **Cogeração de energia - Processamento do álcool**. 2012 Disponível em: <<http://www.biodieselbr.com/energia/alcool/cogerao-energia-etanol.htm>>. Acesso em: 29 de nov. 2012.

BONITA, R. **Epidemiologia básica**. 2. Ed. Tradução e revisão científica Juraci A. Cesar São Paulo, Santos. 2010.

BRASIL. Ministério da Saúde. DATASUS – Departamento de Informática do SUS. **Tabelas reduzidas do AIH**. Disponível em: <<http://w3.datasus.gov.br/datasus/index.php?area=0701&item=1&acao=11>>. Acesso em: 05 nov. 2012.

BRASIL. Ministério da Saúde & Ministério de Ciências e Tecnologia. **Sistema de Informações Ambientais Integrado à Saúde Ambiental - SISAM**. Disponível em: <<http://sisam.cptec.inpe.br/sisam/>>. Acesso em: 05 nov. 2012.

CÂMARA, G. DAVIS, C. e MONTEIRO, A. M. V. **Introdução à Ciência da Geoinformação**, 2005. disponível em: <http://www.dpi.inpe.br/gilberto/livro/introd/cap1-introducao.pdf>. Acesso em: 28 out. 2011.

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

CANÇADO, J. E. D. BRAGA, A. PEREIRA, L. A. A. ARBEX, M. A. SALDIVA, P. H. N. SANTOS, U. P. Repercussões clínicas da exposição à poluição atmosférica. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**. v.32 n.supl2 p.5-11. Mai. 2006.

Companhia Nacional de Abastecimento – CONAB. **Acompanhamento safra brasileira de cana-de-açúcar**. terceiro levantamento, dezembro/2011 - Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília: Conab 2011. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11\\_12\\_08\\_11\\_00\\_54\\_08.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/11_12_08_11_00_54_08.pdf)> Acesso em: 04 jan. 2013.

COSTA, M. A; ASSUNÇÃO, R. M. **Uma análise de desempenho dos métodos SCAN e BESAG&NEWELL na detecção de conglomerados espaciais**, In: Anais GeoInfo 2003, V Simpósio Brasileiro de Geoinformática, 3 a 5 de novembro de 2003, Campos do Jordão, SP, Brazil. 2003. Disponível em: <<http://mtc-m18.sid.inpe.br/col/dpi.inpe.br/geoinfo@80/2006/08.29.12.40/doc/36.pdf>>. Acesso em: 28 set. 2012.

CREPANI, E. *et al.* **Sensoriamento remoto e geoprocessamento aplicados ao zoneamento ecológico-econômico e ao ordenamento territorial**. São José dos Campos: INPE, 2001. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/dsr/simeao/Publicacoes/SERGISZEE3.pdf>>. Acesso em: 02 mai. 2010.

DEBAJE, S. B.; KAKADE, A. D. Surface ozone variability over western Maharashtra, India. **Journal of Hazardous Materials**, v. 161, n. 2-3, p. 686-700, 2009

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. **Agência de Informação Embrapa: cana-de-açúcar**. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01\\_60\\_22122006154840.html](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_60_22122006154840.html)> Acesso em: 08 set. 2011.

ESRI. **ArcGis**, 9.3. Redlands : ESRI, 2008.

FERREIRA, E. R. **A formação da região canavieira de Araraquara: o papel do estado e das agroindústrias do açúcar e do álcool no processo de organização do espaço**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas Universidade Estadual Paulista - Unesp, Rio Claro, 1987.

Federação das Indústrias do Estado do Rio de Janeiro – FIRJAN. **Índice Firjan de Desenvolvimento Municipal - IFDM**. Disponível em: <<http://www.firjan.org.br/IFDM/>>. Acesso em: 15 mar. 2012.

Fundação Sistema Estadual de Análise de Dados - SEADE. **Projeções Populacionais**. 2012. Disponível em: <<http://www.seade.gov.br/produtos/projpop/>>. Acesso em: 07 nov. 2012.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. **IBGE Cidades, Araraquara-SP - Censo agropecuário 2006**. Brasília: IBGE, 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 09 mar. 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. **Malha digital do estado de São Paulo**. Disponível em <[ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/malhas\\_digitais/municipio\\_2007/Malha\\_Municipal\\_Digital\\_2007\\_2500/Disseminacao\\_2007/Proj\\_Geografica/SIRGAS2000/ArcView\\_Shp/2007/E2500/UF/SP/](ftp://geoftp.ibge.gov.br/mapas/malhas_digitais/municipio_2007/Malha_Municipal_Digital_2007_2500/Disseminacao_2007/Proj_Geografica/SIRGAS2000/ArcView_Shp/2007/E2500/UF/SP/)>. Acesso em: 03 ago. 2010.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. **IBGE Cidades, Araraquara-SP - Censo demográfico 2010**. Brasília: IBGE, 2011. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/topwindow.htm?1>>. Acesso em: 09 mar. 2011.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, IBGE. **Atlas Geográfico Escolar - Clima**. Brasília: IBGE. Disponível em: <[http://atlasescolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas\\_brasil/brasil\\_clima.pdf](http://atlasescolar.ibge.gov.br/images/atlas/mapas_brasil/brasil_clima.pdf)>. Acesso em: 09 mar. 2011.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. Departamento de processamento de imagens (INPE/DPI). **Monitoramento de Queimadas. [Banco de dados sobre queimadas]**. Disponível em <[http://www.dpi.inpe.br/proarco/bd\\_queimadas/](http://www.dpi.inpe.br/proarco/bd_queimadas/)>. Acesso em: 19 mai. 2011.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, INPE. Divisão de Sensoriamento Remoto - DSR. **Monitoramento da cana-de-açúcar via imagens de satélites - CANASAT**. Disponível em: <<http://www.dsr.inpe.br/laf/canasat/>>. Acesso em: 21 mai. 2011.

JORNALCANA, **Empresa australiana investe em cogeração**. 2003. Disponível em: <<http://www.jornalcana.com.br/noticia/Jornal-Cana/43053+Empresa-australiana-investe-em-cogeracao>>. Acesso em: 29 nov. 2012.

KIRCHHOFF, V. W. J. H. et al. Enhancements of CO and O<sub>3</sub> from burnings in sugar cane fields. **Journal of Atmospheric Chemistry**, v. 12, n. 1, p. 87-102, 1991. ISSN 0167-7764. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1007/BF00053935> >.

KULLDORFF, M. **Software for the Spatial and Spatial-Time Scan Statistics - SaTScan**, 9.1.1. Silver Spring. 2011.

KULLDORFF, M. **SaTScan User Guide**. Disponível em: <[http://www.SaTScan.org/cgi-bin/SaTScan/register.pl/Current%20Version:%20SaTScan%20v9.1.1%20released%20March%209%202011.?todo=process\\_userguide\\_download](http://www.SaTScan.org/cgi-bin/SaTScan/register.pl/Current%20Version:%20SaTScan%20v9.1.1%20released%20March%209%202011.?todo=process_userguide_download)>. Acesso em: 25 jul. 2012.

LE BLOND, J. S. WILLIAMSON, B. J. HORWELL, C. J. MONRO, A. K. KIRK, C. A. OPPENHEIMER, C. Production of potentially hazardous respirable silica airborne particulate from the burning of sugarcane. **Atmospheric Environment**, v. 42, n. 22, p. 5558-5568, 2008. ISSN 1352-2310. Disponível em: <<http://www.science-direct.com/science/article/pii/S1352231008002756> >. Acesso em: 29 nov. 2012.

LECHA, L. B. E. **Situações sinópticas e seu impacto sobre a saúde humana**. [Texto não publicado] 2009.

LEE-MEDDI, J. **O mundo e a crise do petróleo de 1973**. 2009. Disponível em: <<http://jeocaz.wordpress.com/2009/05/28/o-mundo-e-a-crise-do-petroleo-de-1973/>>. Acesso em: 10 jul. 2012.

LOPES, F. S. **A utilização de sistemas de informação geográfica no estudo da exposição humana aos produtos da queima da palha da cana-de-açúcar (Saccharum SP) no Estado de São Paulo**. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2005.

LOPES, F. S. **Análise dos agravos à saúde e possíveis associações aos produtos da queima de cana-de-açúcar**. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Faculdade de Saúde Pública da Universidade de São Paulo - USP, São Paulo, 2010.

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**, São Paulo, v. 9, n. 2, p. 215-25, jun. 2006.

NIMER, E. **Um modelo metodológico de classificação de clima**. Revista Brasileira de Geografia, Rio de Janeiro, v. 1, n. 4, p. 59-89, out./dez. 1979.

MANO, M. **Os campos de Araraquara: Um estudo de história indígena no interior paulista**. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) - Instituto de Filosofia e Ciências Humanas, Universidade Estadual de Campinas - Unicamp, Campinas, 2006.

MENDOZA, T. C.; SAMSON, R. **Strategies to avoid crop residue burning in the Philippine context**. Prepared for Frostbites and Sunburns: Canadian International Initiatives Toward Mitigating Global Climate Change, April 24 to May 2, 1999, San Salvador, El Salvador. Disponível em: <[http://www.reap-canada.com/online\\_library/IntDev/id\\_eco\\_sugarcane/9%20Strategies%20to.pdf](http://www.reap-canada.com/online_library/IntDev/id_eco_sugarcane/9%20Strategies%20to.pdf)>. Acesso em: 23 mar. 2012.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise Rítmica em Climatologia**. Climatologia. IG/USP. São Paulo, p. 01-20, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e Excepcionalismo. Conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Editora da UFSC, Florianópolis: 1991.

ODDONE, D. C. **Cogeração: uma alternativa para produção de eletricidade**. Dissertação (Mestrado em Energia) - Programa Interunidades de Pós-Graduação em Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001.

OLIVEIRA, G. S. de. **O El Niño e você: O fenômeno climático**. São José dos Campos: Transtec, 2001.

PINHEIRO, J. G.; VIEIRA, C. A. O.; SANTOS, N. T.; BALIEIRO, A. A. S. **O uso do Sensoriamento Remoto e da Estatística de Varredura (Scan) na detecção e quantificação em significância de agrupamentos de desmatamento no sul da Amazônia**. In: Simpósio brasileiro de sensoriamento remoto, 14. (SBSR), 2009, Natal. Anais... São José dos Campos: INPE, 2009. p. 5359-5365. DVD, On-line. ISBN 978-85-17-00044-7. Disponível em: <<http://urlib.net/3ERPFQRTBW/348PADG>>. Acesso em: 23 mar. 2012.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento – PNUD, **Atlas do desenvolvimento humano no Brasil**. PNUD – 2003.

RIGUEIRA, D. **Prevalência de asma e rinite em escolares expostos às emissões da queima de cana de açúcar**. Dissertação (Mestrado em ciências da saúde) – Faculdade de Medicina de São José do Rio Preto – FAMERP, São José do Rio Preto, 2010.

RIGUERA, D.; ANDRE, P. A.; ZANETTA, D. M. T. Poluição da queima de cana e sintomas respiratórios em escolares de Monte Aprazível, SP. **Rev. Saúde Pública**, São Paulo, v. 45, n. 5, Oct. 2011 . Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-89102011000500009&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-89102011000500009&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em 29 nov. 2012.

RIBEIRO, H. **Poluição do ar e doenças respiratórias em crianças da grande São Paulo: Um estudo de Geografia Médica**. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo USP, São Paulo, 1988.

RIBEIRO, H; ASSUNÇÃO, J. V. **Efeitos das queimadas na saúde humana**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 16, n. 4, p. 125-148, abr. 2002

SÃO PAULO (Estado). **Lei nº 11.241**, de 19 de Setembro de 2002.

SÃO PAULO (Estado). **Decreto nº 47.700**, de 11 de Março de 2003.

SÃO PAULO (Estado) e União das indústrias de cana-de-açúcar - UNICA. **Protocolo agroambiental do setor sucroalcooleiro paulista**, 2007. Disponível em: <<http://www.ambiente.sp.gov.br/etanolverde/files/2011/10/protocoloAgroindustriais.pdf>> Acesso em: Acesso em: 14 de set. 2012.

SILVA, E. N. **Ambientes atmosféricos intraurbanos na cidade de São Paulo e possíveis correlações com doenças dos aparelhos: respiratório e circulatório**. 2010. Tese (Doutorado em Saúde Ambiental) - Faculdade de Saúde Pública, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

SNOW, J. **Sobre a maneira de transmissão do cólera**. Segunda edição brasileira, rev e ampl. Direção Jose Ruben de Alcantara Bonfim primeira reimpressão São Paulo Hucitec, Rio de Janeiro. abrasco, 1999.

SOUZA, C. G. de, **A influência do ritmo climático na morbidade respiratória em ambientes urbanos**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia de Presidente Prudente, Universidade Estadual Paulista - Unesp, Presidente Prudente, 2007.

SORRE, M. **A adaptação ao meio climático e biossocial geografia psicológica**. In MEGALE, J. F. (org.) Max. Sorre Geografia. São Paulo: Editora Ática. 1984, pág.29-86.

SUGARCANECROPS. **Gerenciamento da colheita**. Disponível em: <[http://www.sugarcane crops.com/p/agronomic\\_practices/harvesting\\_management/](http://www.sugarcane crops.com/p/agronomic_practices/harvesting_management/)> Acesso em: 15 set. 2012

TANNER, P.; LAW, P. T. Effects of Synoptic Weather Systems Upon the Air Quality in an Asian Megacity. **Water, Air, and Soil Pollution**, v. 136, n. 1-4, p. 105-124, 2002. ISSN 0049-6979. Disponível em: < <http://dx.doi.org/10.1023/A%3A1015275404592> >. Acesso em: 29 out. 2012.

TURN, S. Q. et al. Elemental characterization of particulate matter emitted from biomass burning: Wind tunnel derived source profiles for herbaceous and wood fuels. **Journal of Geophysical Research: Atmospheres**. Washington, v. 102, n.(D3), p. 3683–3699, Janeiro 1997.

União da Indústria de Cana-De-Açúcar, UNICA. **Usinas de São Paulo avançam para banir queimada no campo**. 2012. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/clipping/show.asp?cppCode=BC7489F6-0433-42F4-9849-EE4DFB0F06DE>> Acesso em: 01 set. 2012

União Da Indústria de Cana-De-Açúcar - UNICA. **UNICADATA**. 2012. disponível em <<http://www.unicadata.com.br/>>

URIARTE, M. et al. Expansion of sugarcane production in São Paulo, Brazil: Implications for fire occurrence and respiratory health. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 132, n. 1-2, p. 48-56, Jul 2009. ISSN 0167-8809. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167880909000760> >. Acesso em: 29 out. 2012.

USTULIN, J.E.; SEVERO, J.R. **Cana-de-açúcar – Proteger o ambiente e continuar gerando empregos**. Informativo técnico da Revista Gleba. 2001.

Disponível em: <<http://www.cna.org.br/gleba99/2001/set/cana01.htm>>. Acesso em: 23 set. 2012.

VIEGAS, M. et al. Respiratory viruses seasonality in children under five years of age in Buenos Aires, Argentina: a five-year analysis. In: (Ed.). **The Journal of Infection**. England, v.49, 2004. p.222-8. ISBN 0163-4453. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/15337339>>. Acesso em: 29 out. 2012.

WHO - World Health Organization. **Guias para la Calidad del Aire**. Genebra: World Health Organization; 1999. Disponível em: <<http://cdam.minam.gob.pe:8080/bitstream/123456789/114/1/CDAM0000017.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2012.

WHO - World Health Organization. **Health Guidelines for Vegetation Fire Events**. Genebra: World Health Organization; 1999. Disponível em: <<http://www.fire.uni-freiburg.de/vfe/WHO%20Health%20Guidelines%20Vegetation%20Fires-Complete.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2012.

WHO - World Health Organization. **Air Quality Guidelines for Europe**. 2. ed. Copenhagen. 2000. Disponível em: <[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0005/74732/E71922.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/74732/E71922.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2012.

WHO - World Health Organization. **Air Quality Guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide, Global Update 2005**. Geneva World Health Organization; 2005. Disponível em: <[http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_eng.pdf](http://whqlibdoc.who.int/hq/2006/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_eng.pdf)>. Acesso em: 01 de set. 2012.

WHO - World Health Organization. **Guidelines for indoor air quality : dampness and mould**. Copenhagen. 2009. Disponível em: <[http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0017/43325/E92645.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/43325/E92645.pdf)>. Acesso em: 01 set. 2012.

Worldwatch Institute - WWI. **Biofuels for Transport: Global Potential and Implications for Sustainable Energy and Agriculture**. Earthscan: London. 2007.

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