

Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos  
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável  
Fundação Estadual do Meio Ambiente  
Diretoria de Qualidade e Gestão Ambiental

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS  
POLUENTES ATMOSFÉRICOS NA  
QUALIDADE DO AR DO MUNICÍPIO DE  
VESPASIANO POR SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Belo Horizonte  
Janeiro de 2010

Sistema Estadual do Meio Ambiente e Recursos Hídricos  
Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável  
Fundação Estadual do Meio Ambiente  
Diretoria de Qualidade e Gestão Ambiental

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS  
POLUENTES ATMOSFÉRICOS NA  
QUALIDADE DO AR DO MUNICÍPIO DE  
VESPASIANO POR SIMULAÇÃO NUMÉRICA

Relatório Final da Bolsa de Gestão em  
Ciência e Tecnologia (BGCT) referente ao  
período de abril/2009 a janeiro/2010,  
apresentado à Fundação Estadual do Meio  
Ambiente, como parte das exigências da  
FAPEMIG.

BOLSISTA: Ms. Fernanda Vasconcelos Fonseca Tavares  
ORIENTADOR(A): Dra. Elisete Gomides Dutra

Belo Horizonte  
Janeiro de 2010

# **AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DOS POLUENTES ATMOSFÉRICOS NA QUALIDADE DO AR DO MUNICÍPIO DE VESPASIANO UTILIZANDO SIMULAÇÃO NUMÉRICA**

Fernanda Vasconcelos Fonseca Tavares

## **RESUMO**

Após a revolução industrial, os impactos causados pela ação do homem no meio ambiente tornaram-se mais significativos, em decorrência do crescimento populacional e da expansão industrial, principalmente nos centros urbanos e/ou industriais. Dentre esses impactos, destacam-se aqueles relacionados à degradação do meio ambiente, provocada principalmente pelas emissões de poluentes na atmosfera decorrentes dos processos de geração de energia, produção industrial e das emissões veiculares. O município de Vespasiano, localizado na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), comporta um parque industrial diversificado e possui importantes empreendimentos potencialmente poluidores do ar. O inventário detalhado de emissões das fontes potencialmente poluidoras do ar de Vespasiano, aliado ao uso de modelo de dispersão atmosférica, foi uma ferramenta valiosa para a gestão da qualidade do ar do município. Neste trabalho, o modelo de dispersão desenvolvido pela Ecosoft foi utilizado para avaliar a contribuição das emissões de Material Particulado ( $MP_{10}$ ) e de Compostos Orgânicos Voláteis (COV) na qualidade do ar de Vespasiano. Os resultados das simulações numéricas indicam que as fontes fixas de emissão contribuem de maneira mais significativa com a emissão de  $MP_{10}$  para a atmosfera do que as fontes móveis. Para os COV's a contribuição das fontes móveis foi maior. As concentrações estimadas pelo modelo de dispersão, subestimaram as concentrações obtidas por monitoramento em 2009. Como as concentrações estimadas pelo modelo de dispersão são diretamente proporcionais aos fatores de emissão utilizados nas simulações, é provável que esses fatores não correspondam aos valores reais de emissão. Considerando que a morbidade por doenças respiratórias é uma das principais causas de morbidade hospitalar no município de Vespasiano, as atividades de pesquisa devem ter como etapa inicial as

medições das emissões dos empreendimentos desse município para atualização dos fatores de emissão e do próprio inventário das fontes.

**Palavras-chave:** Qualidade do Ar, Simulação Numérica.

Data: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

---

Dra. Elisete Gomides Dutra  
ORIENTADORA

---

Ms. Fernanda V. F. Tavares  
BOLSISTA BGCT/FAPEMIG

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 4.1:</b> DISTRIBUIÇÃO DOS EMPREENDIMENTOS EM OPERAÇÃO NO MUNICÍPIO DE VESPASIANO.	14
<b>FIGURA 4.2:</b> POSICIONAMENTO DAS FONTES ESTACIONÁRIAS DE EMISSÕES ATMOSFÉRICAS SIGNIFICATIVAS, VESPASIANO. ....	16
<b>FIGURA 4.3:</b> POSICIONAMENTO DAS FONTES MÓVEIS – DESTAQUE EM VERMELHO.....	19
<b>FIGURA 4.4:</b> MODELO DA PLUMA GAUSSIANA (EAGLEMAN, 1991).....	23
<b>FIGURA 4.5:</b> ÁREA DE ESTUDO UTILIZADA NAS SIMULAÇÕES NUMÉRICAS PARA VESPASIANO. ....	25
<b>FIGURA 5.1:</b> ISOLINHA DE CONCENTRAÇÃO DE $MP_{10}$ PARA MÁXIMA ANUAL EM 24 HORAS, CONSIDERANDO FONTES FIXAS E MÓVEIS (CENÁRIO 1), VESPASIANO. ....	33
<b>FIGURA 5.2:</b> ISOLINHA DE CONCENTRAÇÃO DE $MP_{10}$ PARA MÁXIMA ANUAL EM 24 HORAS, CONSIDERANDO FONTES FIXAS (CENÁRIO 2), VESPASIANO. ....	34
<b>FIGURA 5.3:</b> ISOLINHA DE CONCENTRAÇÃO DE $MP_{10}$ PARA MÁXIMA ANUAL EM 24 HORAS, CONSIDERANDO FONTES MÓVEIS (CENÁRIO 3), VESPASIANO. ....	35
<b>FIGURA 5.4:</b> ESTAÇÕES MANUAIS DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR DE VESPASIANO (PONTOS 3 E 4). ....	37
<b>FIGURA 5.5:</b> ISOLINHA DE CONCENTRAÇÃO DE COV PARA MÁXIMA ANUAL EM 24 HORAS, CONSIDERANDO FONTES FIXAS E MÓVEIS (CENÁRIO 4), VESPASIANO. ....	40
<b>FIGURA 5.6:</b> ISOLINHA DE CONCENTRAÇÃO DE COV PARA MÁXIMA ANUAL EM 24 HORAS, CONSIDERANDO FONTES FIXAS (CENÁRIO 5), VESPASIANO. ....	41
<b>FIGURA 5.7:</b> ISOLINHA DE CONCENTRAÇÃO DE COV PARA MÁXIMA ANUAL EM 24 HORAS, CONSIDERANDO FONTES MÓVEIS (CENÁRIO 6), VESPASIANO. ....	42

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1.1</b> PADRÕES DE QUALIDADE DO AR .....	6
<b>TABELA 1.2</b> ÍNDICES DE QUALIDADE DO AR .....	7
<b>TABELA 4.1</b> CARACTERÍSTICAS DAS FONTES FIXAS EMISSORAS DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS INVENTARIADAS, PARA CADA EMPRESA QUE APRESENTA EMISSÃO SIGNIFICATIVA EM VESPASIANO .....	17
<b>TABELA 4.2</b> CARACTERÍSTICA DAS VIAS INVENTARIADAS EM VESPASIANO PARA A REPRESENTAÇÃO DAS FONTES MÓVEIS VEICULARES .....	20
<b>TABELA 4.3</b> EVOLUÇÃO DA FROTA DE VEÍCULOS LEVES NO BRASIL POR COMBUSTÍVEL.....	21
<b>TABELA 4.4</b> FATORES DE EMISSÃO DOS VEÍCULOS EM USO NA RMSP EM 2006 .....	22
<b>TABELA 5.1</b> FAIXAS DE PALETAS GERADAS AUTOMATICAMENTE PELO ATMOS .....	30
<b>TABELA 5.2</b> FAIXAS DE PALETAS CRIADAS PARA OS CENÁRIOS CONSIDERADOS NAS SIMULAÇÕES NUMÉRICAS.....	31
<b>TABELA 5.3</b> FAIXAS DE PALETAS GERADAS AUTOMATICAMENTE PELO ATMOS .....	38
<b>TABELA 5.4</b> FAIXAS DE PALETAS CRIADAS PARA OS CENÁRIOS CONSIDERADOS NAS SIMULAÇÕES NUMÉRICAS.....	39
<b>TABELA 5.5</b> PROPORÇÃO DE INTERNAÇÕES HOSPITALARES POR LOCAL DE RESIDÊNCIA SEGUNDO O GRUPO DE CAUSA E ANO, VESPASIANO, 2000 A 2008.....	43
<b>TABELA 5.6</b> PROPORÇÃO DE INTERNAÇÕES HOSPITALARES POR LOCAL DE RESIDÊNCIA SEGUNDO O GRUPO DE CAUSA E ANO PARA CRIANÇAS MENORES DE UM ANO DE IDADE , VESPASIANO, 2000 A 2008.....	44
<b>TABELA 5.7</b> PROPORÇÃO DE INTERNAÇÕES HOSPITALARES POR LOCAL DE RESIDÊNCIA SEGUNDO O GRUPO DE CAUSA E ANO PARA CRIANÇAS MAIORES DE UM ANO E MENORES DE CINCO ANOS DE IDADE, VESPASIANO, 2000 A 2008 .....	44
<b>TABELA 5.8</b> PROPORÇÃO DE INTERNAÇÕES HOSPITALARES POR LOCAL DE RESIDÊNCIA SEGUNDO O GRUPO DE CAUSA E ANO PARA CRIANÇAS DE CINCO A QUATORZE ANOS DE IDADE, VESPASIANO, 2000 A 2008 .....	45
<b>TABELA 5.9</b> PROPORÇÃO DE INTERNAÇÕES HOSPITALARES POR LOCAL DE RESIDÊNCIA SEGUNDO O GRUPO DE CAUSA E ANO PARA ADULTOS ACIMA DE 60 ANOS, VESPASIANO, 2000 A 2008 .....	45
<b>TABELA 5.10</b> NÚMERO DE INTERNAÇÕES HOSPITALARES POR DOENÇAS DO APARELHO RESPIRATÓRIO SEGUNDO OS MESES DO ANO, VESPASIANO, 2000 A 2008 .....	46
<b>TABELA 5.11</b> RAZÃO DE INTERNAÇÕES POR DOENÇAS RESPIRATÓRIAS SEGUNDO O PERÍODO DE SECA E CHUVA, VESPASIANO, 2000 A 2008 .....	47
<b>TABELA 5.12</b> NÚMERO DE DOENÇAS RESPIRATÓRIAS MAIS FREQUENTES ASSOCIADAS COM AS INTERNAÇÕES HOSPITALARES, VESPASIANO, 2000 A 2008 .....	48
<b>TABELA 5.13</b> NÚMERO DE INTERNAÇÕES HOSPITALARES POR ASMA SEGUNDO FAIXA ETÁRIA, VESPASIANO, 2000 A 2008 .....	49

<b>TABELA 5.14</b> NÚMERO DE INTERNAÇÕES HOSPITALARES POR ASMA SEGUNDO OS PERÍODOS SECO E CHUVOSO, VESPASIANO, 2000 A 2008 .....	50
--	----

# SUMÁRIO

<b>1 – INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>2 – JUSTIFICATIVA .....</b>	<b>9</b>
<b>3 – OBJETIVO.....</b>	<b>11</b>
3.1 – OBJETIVO GERAL.....	11
3.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	11
<b>4 – METODOLOGIA .....</b>	<b>12</b>
4.1 – INVENTÁRIO DAS FONTES DE EMISSÃO .....	13
4.1.1 – Fontes Fixas .....	13
4.1.2 – Fontes Móveis .....	18
4.2 – SIMULAÇÕES NUMÉRICAS .....	22
4.2.1 – Área de estudo.....	24
4.2.2 – Poluentes Considerados nas Simulações .....	25
4.2.3 – Dados de entrada e saída do modelo de simulação numérica .....	26
4.3 – POLUIÇÃO <i>VERSUS</i> SAÚDE.....	27
<b>5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....</b>	<b>29</b>
5.1 – SIMULAÇÕES NUMÉRICAS.....	29
5.1.1 – Isolinhas de concentração $MP_{10}$ .....	29
5.1.1 – Isolinhas de concentração COV.....	38
5.2 – SAÚDE.....	42
5.2.1 – Proporção de internações hospitalares por grupos de causas.....	42
5.2.2 – Proporção de internações hospitalares por grupos de causas por faixa etária.....	43
5.2.3 – Proporção de internações por doenças do aparelho respiratório segundo os meses do ano .....	45
5.2.4 – Proporção de doenças respiratórias mais frequentes associadas com as internações hospitalares.....	47
5.2.5 – Proporção de internações hospitalares por asma segundo faixa etária .....	48
5.2.6 – Proporção de internações por asma segundo os meses do ano .....	49
<b>6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....</b>	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>53</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>57</b>

<b>ANEXO I .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO I .....</b>	<b>59</b>
<b>ANEXO II.....</b>	<b>60</b>

## 1 – INTRODUÇÃO

A atmosfera é uma mistura de gases cujas concentrações são relativamente constantes, mas algumas concentrações variam diariamente, sazonalmente ou sob a influência das atividades humanas. Essa mistura se torna poluída quando a ela é adicionada “...qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde, inconveniente ao bem-estar público, danoso aos materiais, à fauna e flora, prejudicial à segurança, ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade” (Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 1990).

Os poluentes podem ser introduzidos na atmosfera de forma natural (erupções vulcânicas, queimadas de florestas, erosão do solo, processos de decomposição de animais e plantas, emissão de compostos orgânicos voláteis pela vegetação, dentre outros) ou pela ação antrópica (queima de materiais orgânicos ou inorgânicos, queima de combustíveis de origem fóssil, processos industriais, por exemplo). As principais fontes antrópicas de emissão de poluentes atmosféricos são os processos industriais (fontes fixas) e os veículos automotores (fontes móveis), que em decorrência do processo de combustão liberam diversos poluentes no ar.

Os poluentes podem ser classificados como primários, quando emitidos por uma fonte identificável, ou secundários, quando formados a partir de reações químicas que ocorrem na atmosfera envolvendo os poluentes primários. São considerados poluentes atmosféricos os seguintes compostos:

- Monóxido de Carbono (CO);
- Compostos Orgânicos Voláteis (COV);
- Óxidos de Nitrogênio (NO<sub>x</sub>, ou seja NO e/ou NO<sub>2</sub>);
- Óxidos de Enxofre (SO<sub>x</sub>, ou seja SO<sub>2</sub> e/ou SO<sub>3</sub>);
- Material Particulado (MP);

- Ozônio (O<sub>3</sub>).

O Monóxido de Carbono (CO) é um gás inodoro, incolor e insípido, sendo um dos poluentes mais perigosos, uma vez que não é percebido por nossos sentidos. Ele é o principal constituinte das emissões veiculares, produzido em grande quantidade pela queima incompleta de combustíveis fósseis e biomassa. Por possuir maior afinidade com a hemoglobina (Hb), célula sanguínea que transporta oxigênio, uma vez inalado, o CO combina-se rapidamente com essa célula, formando a carboxihemoglobina (COHb), e assim o transporte de O<sub>2</sub> no sangue fica reduzido (LACERDA; LEROUX; MORATA, 2005).

Em baixas concentrações no organismo humano, o CO pode provocar dores de cabeça, náusea, fadiga, vômito, alterar a percepção visual e a habilidade para realizar tarefas; em altas concentrações pode causar morte por asfixia e até provocar má formação em fetos. Também está ligado a ataques cardíacos e problemas cardiovasculares.

Os Compostos Orgânicos Voláteis (COV's) são compostos orgânicos que possuem alta pressão de vapor sob condições normais a tal ponto de vaporizar significativamente e entrar na atmosfera. Uma grande variedade de moléculas a base de carbono (C) tais como aldeídos, cetonas e outros hidrocarbonetos leves são COV. Esses compostos orgânicos gasosos podem ser liberados para a atmosfera pela queima de combustível veicular e pelas emissões industriais. Dentro do grupo dos COV's destacam-se os Hidrocarbonetos (HC's) que são compostos orgânicos cuja estrutura química é formada por hidrogênio (H) e carbono (C), na fase sólida, líquida ou gasosa, dependendo do número de carbonos de suas estruturas moleculares. Seu odor desagradável é facilmente detectável pelos sentidos humanos. São resultantes da queima incompleta e evaporação de combustíveis e de outros produtos orgânicos voláteis. Os COV's irritam os olhos, nariz, pele, garganta e a parte superior do sistema

respiratório; provocam dores de cabeça, perda de coordenação, náusea; danificam o fígado, o sistema nervoso central e podem provocar câncer.

Os Óxidos de Nitrogênio ( $\text{NO}_x$ ) são compostos de 90% de monóxido de nitrogênio (NO) e 10% de dióxido de nitrogênio ( $\text{NO}_2$ ). O NO é um gás incolor, inodoro e insípido. Ainda não foi comprovado que o NO seja perigoso à saúde humana nas concentrações em que é encontrado nas áreas urbanas, porém em dias de radiação solar intensa o NO é oxidado produzindo o  $\text{NO}_2$ . Esse, por sua vez, apresenta alta toxicidade, sua cor é marrom-avermelhada, possui cheiro e gosto desagradáveis e é muito irritante aos olhos e aos tecidos. O  $\text{NO}_2$  reage com a água presente no ar e forma um dos principais componentes da chuva ácida, o ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ). Associado com os COV's o  $\text{NO}_2$  é também responsável pelo surgimento do *smog*<sup>1</sup> fotoquímico e do ozônio troposférico. Em se tratando de saúde humana, este gás irrita a mucosa nasal e, por ser insolúvel, pode penetrar profundo nos pulmões onde ocorrem diversos danos como edema e enfisema pulmonar. Ele pode assim, agrava infecções respiratórias, destruir o sistema de defesa respiratório e pode se transformar dentro do pulmão em nitrosaminas que são compostos químicos cancerígenos, produzidos a partir de nitritos e aminas (DUTRA, 2005).

Os Óxidos de Enxofre ( $\text{SO}_x$ ) são produzidos na utilização dos combustíveis derivados de petróleo (gasolina, óleo diesel) e de carvão mineral, uma vez que o enxofre é uma das principais impurezas presentes nestes compostos. A queima do enxofre produz o  $\text{SO}_2$ , um óxido ácido de cheiro bastante irritante, que ao reagir com o  $\text{O}_2$ , forma o  $\text{SO}_3$ , que por sua vez, ao entrar em contato com a umidade atmosférica transforma-se em ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), um dos constituintes da chuva ácida. Os óxidos de enxofre causam inflamações graves na mucosa, aumentam a secreção nas vias respiratórias superiores e reduz o movimento ciliar do aparelho respiratório, responsável pela filtragem de

---

<sup>1</sup> *Smog*: névoa fotoquímica formada por gases poluentes. Diminui a visibilidade na atmosfera e provoca danos na estrutura pulmonar.

partículas estranhas e remoção do muco. Pode também aumentar a incidência de rinite, faringite e bronquite e causar câncer de pulmão (DUTRA, 2007).

O Material Particulado (MP) corresponde a pequenas partículas, sólidas ou líquidas, presentes na atmosfera sob variado tamanho, geometria e composição química. As partículas que possuem diâmetro menor que 100 micrômetros ( $\mu\text{m}$ ) são denominadas Partículas Totais em Suspensão (PTS), sendo que as partículas com diâmetro menor que 10  $\mu\text{m}$  recebem a denominação de Partículas Inaláveis ( $\text{MP}_{10}$ ) e as de diâmetro menor que 2,5  $\mu\text{m}$  são as Partículas Respiráveis ( $\text{MP}_{2,5}$ ). Os efeitos do MP na saúde dependem de sua capacidade de penetrar o sistema respiratório humano. O PTS aumenta o risco de doenças respiratórias em crianças menores de um ano, afeta a função pulmonar e agrava os sintomas das doenças respiratórias. O  $\text{MP}_{10}$  provoca mal-estar, irritação nos olhos, pele e dor de cabeça; agrava os quadros alérgicos e de bronquite; provoca doenças respiratórias como asma, bronquite e pneumonia e aumenta as internações por problemas respiratórios (morbidade respiratória). Por penetrar profundamente no sistema respiratório, o  $\text{MP}_{2,5}$  pode atingir a corrente sanguínea e os órgãos internos provocando doenças cardiovasculares, respiratórias e câncer de pulmão; ainda pode provocar mortalidade intra-uterina, aumento do número de partos prematuros e das taxas de mortalidade (SALDIVA *et al.*, 2007; SALGADO, 2003).

O Ozônio ( $\text{O}_3$ ) é um gás benéfico que ocorre naturalmente na estratosfera localizada a aproximadamente entre 16 e 48 km acima da superfície da terra, formando uma camada de proteção para a vida na superfície terrestre contra os raios solares ultravioleta. Em contrapartida, a presença deste gás no nível da superfície terrestre produz efeitos maléficos à saúde humana. O  $\text{O}_3$  não é produto da reação de queima dos combustíveis, mas dos gases formados pela reação fotoquímica entre  $\text{NO}_x$  e os COV's, que são poluentes primários das emissões veiculares e industriais. Esses gases poluentes formam o *smog* fotoquímico que diminui a visibilidade na atmosfera, provoca problemas respiratórios, danos na estrutura dos pulmões, agravamento dos sintomas

asmáticos e danos à vegetação (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY – USEPA, 2009).

Os Padrões de Qualidade do Ar (TAB. 1.1), estabelecidos pelo Instituto Brasileiro de Meio Ambiente (IBAMA) e aprovados pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), por meio da Resolução CONAMA 03 de 1990, definem legalmente o limite máximo para a concentração de cada poluente na atmosfera, de forma a garantir a proteção da saúde e do meio ambiente. São estabelecidos dois tipos de padrões de qualidade do ar: os primários e os secundários. São padrões primários de qualidade do ar as concentrações de poluentes que, se ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população. São padrões secundários de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem estar da população, assim como o mínimo dano à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral (COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL – CETESB, 2009).

**TABELA 1.1**

Padrões de Qualidade do Ar

<b>Poluente</b>	<b>Tempo de Amostragem</b>	<b>Padrão Primário (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>	<b>Padrão Secundário (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</b>
Partículas Totais em Suspensão (PTS)	24 horas <sup>1</sup>	240	150
	MGA <sup>2</sup>	80	60
Partículas Inaláveis (MP <sub>10</sub> )	24 horas <sup>1</sup>	150	150
	MAA <sup>3</sup>	50	50
Fumaça	24 horas <sup>1</sup>	150	100
	MAA <sup>3</sup>	60	40
Dióxido de Enxofre (SO <sub>2</sub> )	24 horas <sup>1</sup>	365	100
	MAA <sup>3</sup>	80	40
Dióxido de Nitrogênio (NO <sub>2</sub> )	1 hora <sup>1</sup>	320	190
	MAA <sup>3</sup>	100	100
Monóxido de Carbono (CO)	1 hora <sup>1</sup>	40000	40000
	8 horas <sup>1</sup>	(35ppm)	(35ppm)
		10000	10000
Ozônio (O <sub>3</sub> )		(9ppm)	(9ppm)
	1 hora <sup>1</sup>	160	160

<sup>1</sup> Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano. <sup>2</sup> Média geométrica anual. <sup>3</sup> Média aritmética anual.

Fonte: CETESB, 2009.

Com o objetivo de permitir uma informação precisa, rápida e facilmente compreendida sobre os níveis diários de qualidade do ar, de uma dada região, foram estabelecidos os Índices de Qualidade do Ar (IQAr), desenvolvidos pela United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2000).

O IQAr, como concebido pela USEPA, também é adotado pelos órgãos ambientais estaduais brasileiros. O IQAr permite à população conhecer a qualidade do ar em função do nível de poluição de acordo com a seguinte escala: boa, regular, inadequada, má, péssima ou crítica (TAB. 1.2). Além

disso, as instituições públicas (ligadas ao meio ambiente ou à saúde) utilizam o IQAr como ferramenta para alertar a população e para determinar a adoção de medidas de emergência que possam tornar-se necessárias, caso os níveis de poluição atinjam valores perigosos para a saúde humana.

O IQAr converte a concentração medida de cada poluente para um número inteiro na escala de 0 a 500. O número 100 corresponde ao padrão diário de qualidade do ar estabelecido pelo CONAMA. Se o IQAr excede o valor 100, significa que um determinado poluente ultrapassou a faixa de concentração aceitável naquele dia; um IQAr abaixo de 100 significa que a concentração do poluente é aceitável. Para cada poluente medido é calculado um IQAr (TAB. 1.2), sendo que a qualidade do ar de uma região é determinada pelo pior caso dentre os poluentes medidos.

**TABELA 1.2**

Índices de Qualidade do Ar

Qualidade	Índice	PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	CO (ppm)	NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )
Boa	0 - 50	0 - 50	0 - 80	0 - 4,5	0 - 100	0 - 80
Regular	50 - 100	50 - 150	80 - 160	4,5 - 9	100 - 320	80 - 365
Inadequada	100 - 200	150 - 250	160 - 400	9 - 15	320 - 1130	365 - 800
Má	200 - 300	250 - 420	400 - 800	15 - 30	1130 - 2260	800 - 1600
Péssima	300 - 400	420 - 500	800 - 1000	30 - 40	2260 - 3000	1600 - 2100
Crítica	400 - 500	500 - 600	1000 - 1200	40 - 50	3000 - 3750	2100 - 2620

Fonte: FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE – FEAM, 2009.

É por meio da implantação de uma rede de monitoramento da qualidade do ar que se pode constatar a evolução das concentrações dos poluentes e aferir a eficácia dos processos de controle de emissões (ROMANO *et al*, 2002). Uma vez medida as concentrações dos poluentes na atmosfera pelas redes de

monitoramento, o resultado da qualidade do ar se dá por meio da comparação destas concentrações medidas com as concentrações estabelecidas pela Resolução.

Aliada à rede de monitoramento, modelos numéricos são amplamente utilizados para obter estimativas teóricas dos níveis de poluentes no ar, bem como fornecer informações espaciais e temporais da evolução destes poluentes na atmosfera (SHARMA & KHARE, 2001). O crescente aumento da capacidade computacional, aliado ao desenvolvimento de novas técnicas numéricas tem contribuído para uma intensa utilização de modelos numéricos mais complexos, capazes de considerar topografias irregulares bem como diversos fenômenos físicos e químicos envolvidos no processo de dispersão de poluentes atmosféricos. No entanto, mesmo os modelos numéricos mais complexos, tem dificuldades para a representação da maioria das condições presentes na atmosfera, assim, a investigação científica tem buscado cada vez mais desenvolver modelos que consigam representar de forma adequada os fenômenos envolvidos nos problemas atmosféricos reais (SOUZA *et al.*, 2000). Por isso, a combinação de abordagens teóricas e experimentais pode fornecer uma avaliação mais satisfatória da qualidade do ar, tendo sido cada vez mais comum verificar que uma técnica é utilizada para validar a outra.

## 2 – JUSTIFICATIVA

O crescimento urbano e industrial que vem ocorrendo nas últimas décadas contribui para o aumento da concentração de poluentes na atmosfera e conseqüentemente na deterioração da qualidade de vida da população. Uma das principais fontes antrópicas de emissão de poluentes atmosféricos são os processos industriais (fontes fixas), que apesar de serem importantes sócio-economicamente, acarretam prejuízos à saúde da população.

O município de Vespasiano, localizado na Região Metropolitana de Belo Horizonte (RMBH), está a 27 Km da capital e ocupa uma área de 70 Km<sup>2</sup>, cuja população é de aproximadamente 97.436 habitantes, sendo que mais de 90% residente em área urbana. O município comporta um parque industrial diversificado e possui importantes empreendimentos potencialmente poluidores do ar. Existem dois pontos de monitoramento manual da qualidade do ar localizados em Vespasiano e segundo os dados do ano de 2008, a qualidade do ar é regular em 51% dos dias e inadequada 9% (ponto 1) e a qualidade é regular em 42% dos dias e inadequada 2% (ponto 2), o poluente responsável por esses resultados é o MP<sub>10</sub>.

A escolha do município de Vespasiano nesse estudo baseou-se nas seguintes premissas:

- possui empreendimentos potencialmente poluidores do ar, localizados na área urbana;
- 90% da população reside na área urbana;
- as características geográficas do município (relevo) podem ou não favorecer a dispersão de poluentes atmosféricos;
- a análise da série histórica dos resultados de monitoramento manual da qualidade do ar do município revelou que nos pontos monitorados ocorreram ultrapassagens dos padrões legais;
- constantes reclamações da população.

Com o objetivo de avaliar a qualidade do ar no município de Vespasiano, a Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM) contratou a Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC), para monitorar a qualidade do ar no município de Vespasiano, no período de novembro de 2008 a outubro de 2009.

O inventário detalhado de emissões das fontes potencialmente poluidoras de Vespasiano será uma ferramenta valiosa para a gestão da qualidade do ar do município. Os dados do inventário, associados aos resultados obtidos nas simulações numéricas, ao monitoramento da qualidade do ar e aos dados relativos à saúde da população (morbidade por doenças respiratórias), permitirão propor ações de prevenção e/ou controle da poluição no município, bem como auxiliar na configuração da rede de monitoramento do mesmo.

## **3 – OBJETIVO**

### **3.1 – OBJETIVO GERAL**

Estimar as concentrações de poluentes atmosféricos no município de Vespasiano por simulação numérica.

### **3.2 – OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Realizar um inventário de emissões de todas as fontes potencialmente poluidoras do município com estimativa de carga poluidora.
- Verificar o impacto dos poluentes atmosféricos na saúde da população.
- Auxiliar na configuração da rede de monitoramento da qualidade do ar no município.

## 4 – METODOLOGIA

Para estimar as concentrações de poluentes na atmosfera de uma região por meio de simulação numérica, faz-se necessário primeiro a realização de um inventário de emissões de todas as fontes potencialmente poluidoras presentes na região em estudo. Posteriormente é importante a escolha de um modelo de dispersão apropriado e o levantamento dos dados necessários para a sua execução.

Nesse estudo, o modelo de dispersão utilizado foi o ATMOS, desenvolvido pela empresa brasileira Ecosoft Consultoria e Softwares Ambientais Ltda. Os modelos matemáticos de dispersão utilizados no ATMOS são baseados no modelo Industrial Source Complex (ISC), recomendado pela United States Environmental Protection Agency (USEPA). Os algoritmos do ISC utilizados originalmente no ATMOS vêm sendo modificados e complementados, trazendo melhoria contínua dos resultados de cenários de qualidade do ar modelados para diversas áreas e condições testadas no Brasil, elevando-se sensivelmente o nível de correlação entre dados medidos e calculados por simulação (SANTOLIN *et al.*, 2003).

Após o levantamento das fontes fixas e móveis potencialmente poluidoras do município de Vespasiano e de todos os dados necessários para a execução do modelo ATMOS, foram realizadas simulações numéricas para estimar as concentrações de poluentes na atmosfera de Vespasiano.

Por último, foi realizada uma análise dos dados referentes à morbidade por doenças respiratórias do município no período de 2000 a 2008, utilizando o registro de internações hospitalares do Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde (DATASUS).

## **4.1 – INVENTÁRIO DAS FONTES DE EMISSÃO**

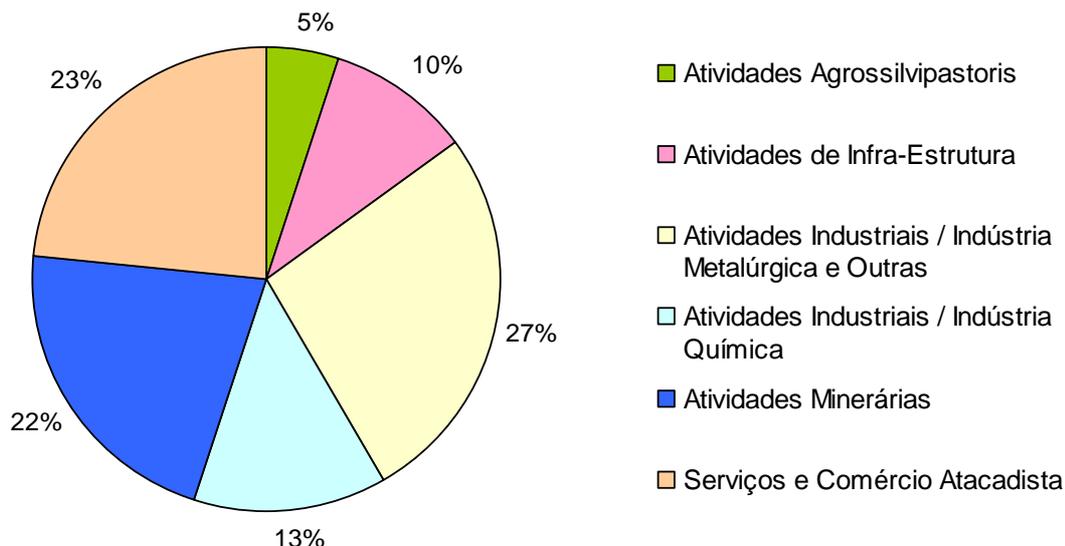
As fontes de emissão podem ser caracterizadas como fixas, por exemplo chaminés, ou móveis, por exemplo, automóveis, trens e aviões, e suas características, tais como localização, altura da fonte, taxa de emissão de poluentes, dentre outras, definem seu maior ou menor grau de contribuição à poluição do ar.

### **4.1.1 – Fontes Fixas**

A Deliberação Normativa (DN) COPAM número 74 de 9 de setembro de 2004 estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente e para tal define as seguintes atividades:

- Minerárias,
- Industriais (Metalúrgica, Química, Alimentícia e Outras),
- Infra-Estrutura,
- Serviços e Comércio Atacadista,
- Agrossilvipastoris.

Foi realizado um levantamento no Sistema Integrado de Informação Ambiental (SIAM) da FEAM de todos os empreendimentos que possuem licença de operação (LO) concedida no município de Vespasiano. Em seguida, todos os empreendimentos foram classificados, segundo as atividades estabelecidas pela DN 74/2004 (ANEXO I). Conforme indicado na FIG. 4.1, as atividades: metalúrgica, de serviços e comércio atacadista e minerárias são as predominantes no município.



**FIGURA 4.1:** Distribuição dos empreendimentos em operação no município de Vespasiano.

De acordo com a DN 74/2004, “...os empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente sujeitas ao licenciamento ambiental no nível estadual são aqueles enquadrados nas classes 3, 4, 5 e 6, conforme a lista constante no Anexo Único desta Deliberação Normativa, cujo potencial poluidor/degradador geral é obtido após a conjugação dos potenciais impactos nos meios físico, biótico e antrópico...”.<sup>2</sup>

Como no SIAM, as classificações anteriores a DN 74/2004 não foram atualizadas, dessa forma, para esse estudo foram selecionados

<sup>2</sup> Existe uma correspondência para a classificação de empreendimentos entre a DN anterior (01/1990) e a DN em vigência (74/2004):

I – Pequeno porte e pequeno ou médio potencial poluidor: Classe 1;

II – Médio porte e pequeno potencial poluidor: Classe 2;

III – Pequeno porte e grande potencial poluidor ou médio porte e médio potencial poluidor: Classe 3;

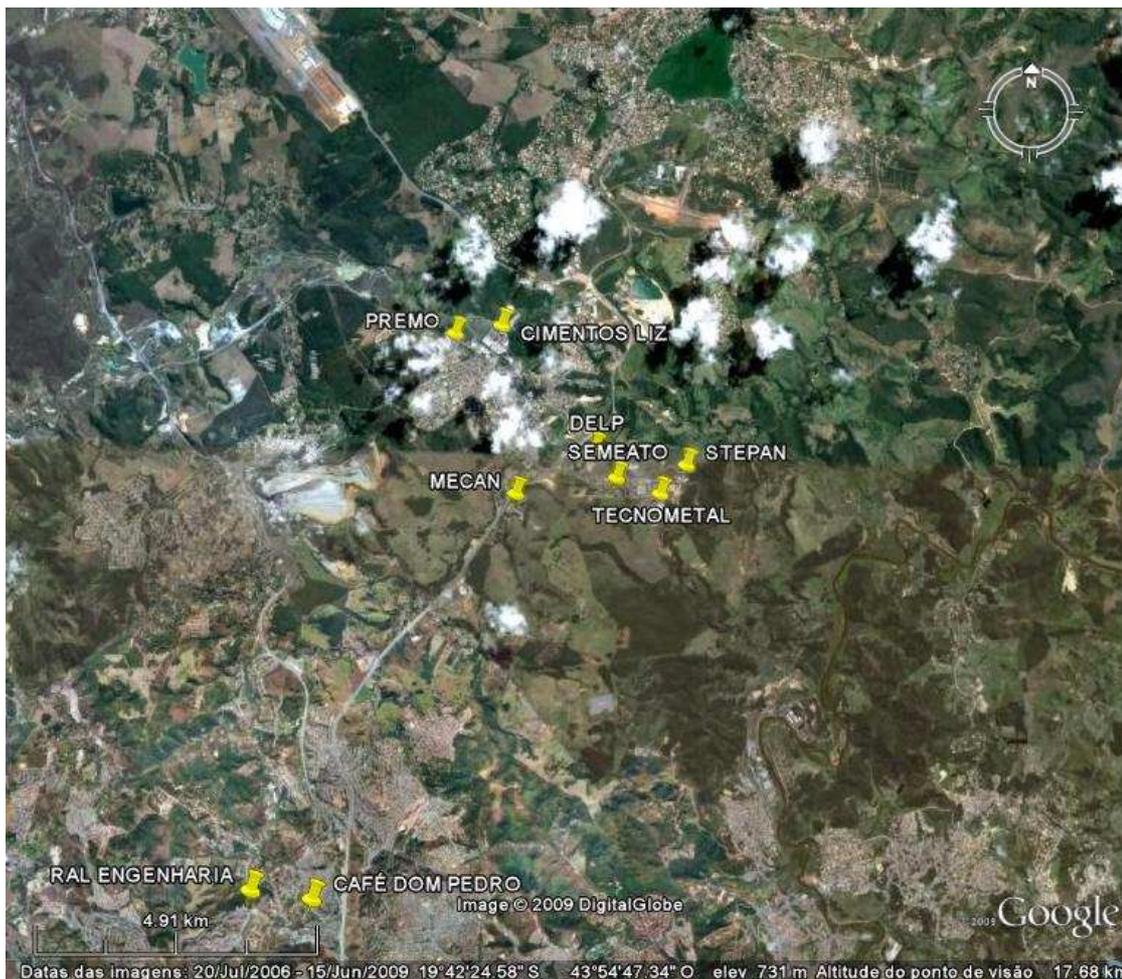
IV – Grande porte e pequeno potencial poluidor: Classe 4;

V – Grande porte e médio potencial poluidor ou médio porte e grande potencial poluidor: Classe 5;

empreendimentos de classe II e III (DN 01/1990) e classes 3, 4, 5 e 6 (DN 74/2004), que possuem emissões atmosféricas significativas, conforme pode ser verificado no ANEXO II.

Foram selecionados um total de 60 empreendimentos em Vespasiano, desse total foram descartados 42 por pertencerem às classes mais baixas (classes 1 e 2 segundo a DN 74/2004) e classe I (segundo a DN 01/1990) e ainda foram descartados 9 empreendimentos por não possuírem emissões atmosféricas significativas. O empreendimento Café Dom Pedro apesar de pertencer à classe 1, segundo a DN 74/2004, fez parte do inventário de emissões de Vespasiano por possuir emissões atmosféricas significativas. Ao todo foram selecionados 9 empreendimentos: Café Dom Pedro, Empresa de Cimentos Liz, Delp Serviços Industriais, Mekan Indústria e Locação de Equipamentos para construção, Tecnometal engenharia e Construções Mecânicas, Premo construções e empreendimentos, Companhia Semeato de Aços, Stepan Química e Ral Engenharia.

A FIG. 4.2 mostra o posicionamento das fontes estacionárias dentro dos limites do município de Vespasiano. As coordenadas geográficas de todos os empreendimentos foram coletadas durante a pesquisa de campo, utilizando o equipamento de posicionamento global Garmim 76S.



Fonte da imagem original: GOOGLE EARTH (2009).

**FIGURA 4.2:** Posicionamento das fontes estacionárias de emissões atmosféricas significativas, Vespasiano.

Segundo Jacomino *et al.* (2008), a quantificação e qualificação das emissões de poluentes nas fontes inventariadas constituem-se em subsídio fundamental para uma modelagem do processo de dispersão de poluentes. Esses dados são primordiais para uma adequada determinação do impacto das fontes emissoras de poluentes atmosféricos da qualidade do ar na região de interesse.

As características de cada fonte inventariada, tais como altura, diâmetro e vazão das chaminés; foram fornecidas pelos empreendimentos inventariados.

A TAB. 4.1 apresenta as principais características das fontes fixas inventariadas para o município de Vespasiano.

**TABELA 4.1**

Características das fontes fixas emissoras de poluentes atmosféricos inventariadas, para cada empresa que apresenta emissão significativa em Vespasiano

Nome da fonte Emissora (CHAMINÉ)	Empresa	Latitude	Longitude	Altura Fonte (m)	Diâmetro (m)	Temperatura (K)	Vazão (Nm <sup>3</sup> /h)
TORRADOR LENHA	CAFÉ D. PEDRO	-19,773472	-43,954700	4,2	0,5	735,98	1584,78
TORRADOR BIOMASSA	CAFÉ D. PEDRO	-19,773472	-43,954700	4,0	0,5	772,54	2214,33
USINA DE ASFALTO	RAL ENG.	-19,772328	-43,964833	14,0	0,6	319,98	9306,33
CABINE DE PINTURA	DELP	-19,701630	-43,909978	7,8	1,4	310,96	20412,07
CABINE DE JATO DE GRANALHAS	DELP	-19,701630	-43,909978	7,8	0,74	312,72	26482,58
FORNO DE CLINQUER	CIMENTOS LIZ	-19,681736	-43,924977	76,0	3,7	381,35	417265,46
TROCADOR DE CALOR DA GRELHA	CIMENTOS LIZ	-19,681822	-43,925560	49,0	2,2	361,32	153942,62
MOINHOS 1	CIMENTOS LIZ	-19,683214	-43,926187	40,5	1,1	357,18	40039,08
MOINHOS 2	CIMENTOS LIZ	-19,683139	-43,926285	40,5	1,1	351,98	38152,36
MOINHOS 3	CIMENTOS LIZ	-19,683090	-43,926430	40,5	1,1	362,34	35654,16
SULFONAÇÃO	STEPAN	-19,703809	-43,894673	20,2	0,75	302,15	10684,00
CABINE DE PINTURA	MECAN	-19,708999	-43,922849	7,2	1,0	303,04	16605,76
CONFORMADORA DE TUBOS	MECAN	-19,708999	-43,922849	1,7	0,3	301,92	879,33
LAVADOR	SEMEATO	-19,706115	-43,906223	23,0	0,85	300,69	42060,50
SILO DE CIMENTO	PREMO	-19,684028	-43,933556	21,8	0,3	305,15	508,99
CALDEIRA A ÓLEO	PREMO	-19,684028	-43,933556	16,3	0,42	408,15	1158,05
CABINE DE PINNTURA 1	TECNOMETAL	-19,708413	-43,898938	7,3	0,4	295,72	9322,67
CABINE DE PINNTURA 2	TECNOMETAL	-19,708413	-43,898938	7,3	0,4	298,75	12179,67
CABINE DE PINNTURA 3	TECNOMETAL	-19,708413	-43,898938	7,3	0,4	298,98	9245,33
CABINE DE PINNTURA 4	TECNOMETAL	-19,708413	-43,898938	7,3	0,6	300,72	17160,33

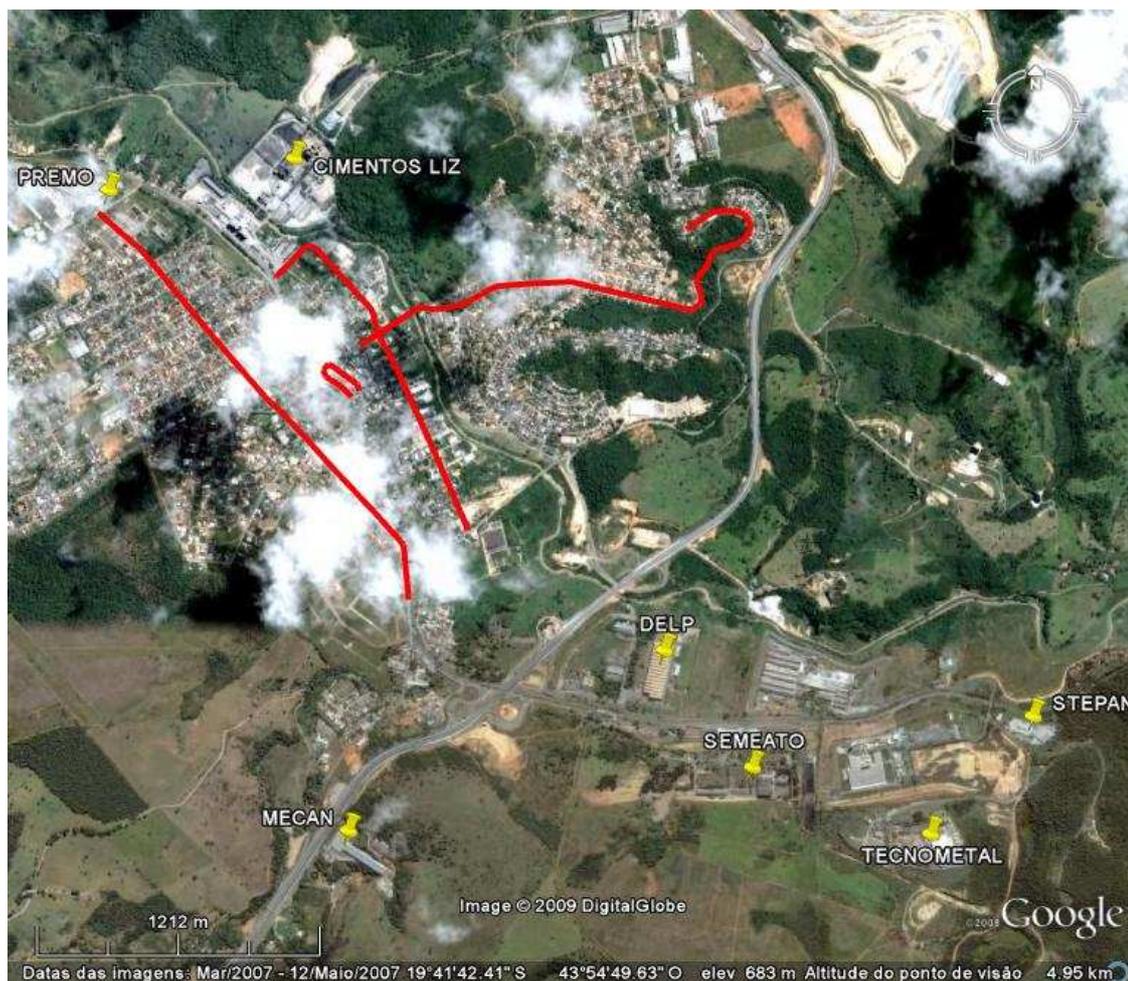
Nota: As unidades m, K e Nm<sup>3</sup>/h representam metro, kelvin e normal metro cúbico por hora.

Com relação à taxa de emissão de poluentes, dentre os poluentes inventariadas (MP<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, COV e NO<sub>2</sub>) o poluente comum a todas as fontes fixas inventariadas é o MP<sub>10</sub>. O COV é emitido por cinco fontes, o SO<sub>2</sub> por quatro fontes e o NO<sub>2</sub> por uma única fonte. Portanto, os principais poluentes emitidos no município são o MP<sub>10</sub> e o COV.

#### **4.1.2 – Fontes Móveis**

Segundo Godish (1997) e Sharma & Khare (2001), a capacidade poluente dos veículos automotores é a maior dentre quaisquer outras atividades desenvolvidas pelo homem nos grandes centros urbanos. A queima do combustível pelos motores dos veículos libera diversos gases e partículas para a atmosfera, alterando sua constituição original e tornando-a poluída.

As principais vias de tráfego do município de Vespasiano foram incluídas no inventário de fontes móveis em decorrência da grande significância desse tipo de fonte. Para tanto, foram realizadas pesquisas junto à Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal visando selecionar as vias de maior porte e fluxo de veículos, bem como de investigar a existência de dados relativos à movimentação de veículos nessas vias, variável essa fundamental para a realização das estimativas de emissão. Ao final, foram selecionadas cinco vias, cujo posicionamento (destaque em vermelho) é mostrado na FIG. 4.3.



Fonte da imagem original: GOOGLE EARTH (2009).

**FIGURA 4.3:** Posicionamento das fontes móveis – destaque em vermelho.

Devido à inexistência de dados de fluxo de veículos para as vias de tráfego do município, foi realizada a contagem do fluxo de veículos leves (automóveis de passeio e motos) e pesados (caminhões e ônibus) nas principais vias de tráfego existentes no município. Essa contagem, realizada por técnicos da Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura Municipal, teve por objetivo estimar a ordem de grandeza da contribuição das fontes móveis na composição total das emissões de material particulado na região. Foram efetuadas contagens no horário de fluxo mais intenso dessas vias, de 11:20h às 12:20h. Na TAB 4.2 são apresentados os resultados de fluxo médio horário de veículos (leves e pesados) para cada uma das vias de tráfego de interesse e também dados relativos às características das vias, tais como, coordenadas, número de pistas,

largura e comprimento. Essas informações foram obtidas tanto por meio de medições locais, quanto por análise de imagens de satélite.

**TABELA 4.2**

Característica das vias inventariadas em Vespasiano para a representação das fontes móveis veiculares

Nome da Rua/Avenida	Lat (início)	Long (início)	Lat (fim)	Long (fim)	Nº de Pistas	Largura (m)	Comprimento (km)	Fluxo Horário de Veículos		
								Diesel	Gasolina	Álcool
Av. Pref. Sebastião Fernandes	-19,696583	-43,918089	-19,685500	-43,925091	2	10	1,5	400	405	64
Av. Portugal	-19,412110	-43,555900	-19,411350	-43,555030	2	8	0,2	93	405	64
Av. Thales Chagas	-19,699387	-43,920496	-19,684470	-43,933765	4	15	2,4	192	904	142
R. Dona Mariana da Costa	-19,689293	-43,922716	-19,684592	-43,909419	2	7	2,3	100	407	64
Trincheira Rosana Murta	-19,691399	-43,923048	-19,690613	-43,923299	1	11	0,4	130	898	141

Após a contagem do fluxo de veículos, os veículos foram agrupados por tipo de combustível: gasolina, álcool e diesel. A estimativa do número de veículos movidos a gasolina e álcool existentes em Vespasiano, foi realizada com base em informações do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento – MAPA (BRESSAN, 2007) sobre a evolução da frota de veículos por combustível no Brasil, as quais são apresentadas na TAB. 4.3. Foram adotados como referência os percentuais obtidos no ano de 2005 (81,4% dos veículos leves são movidos à gasolina e 12,8% à álcool). Assumiu-se ainda, que todos os veículos pesados (ônibus e caminhões) computados durante a contagem do fluxo de veículos nas principais vias de tráfegos de Vespasiano eram movidos a óleo diesel.

**TABELA 4.3**

Evolução da frota de veículos leves no Brasil por combustível

Ano	Gasolina		Álcool		Flex		Total de Veículos
	Nºtotal de veículos	Percentual relativo ao nºtotal de veículos leves	Nºtotal de veículos	Percentual relativo ao nºtotal de veículos leves	Nºtotal de veículos	Percentual relativo ao nºtotal de veículos leves	
1980	8212	97,1	244	2,9	0	0	8456
1985	7676	76,4	2375	23,6	0	0	10051
1990	6754	60,9	4334	39,1	0	0	11088
1995	9132	67	4488	33	0	0	13620
2000	13978	79,8	3541	20,2	0	0	17519
2005	16598	81,4	2605	12,8	1188	5,8	20391
2010	13039	50,9	1502	5,9	11054	43,2	25595
2015	9276	29,9	616	2	21066	68	30958

Fonte: BRESSAN, 2007.

Uma vez que não existem dados disponíveis sobre os fatores de emissão (FE) da frota de veículos do município de Vespasiano, foram empregados os fatores de emissão dos veículos em uso da Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) no ano de 2006 (CETESB, 2007) e esses são apresentados na TAB. 4.4.

Assim, a taxa de emissão, expressa em gramas por segundo (g/s), de cada uma das vias de tráfego foi estimada levando-se em conta: os fatores de emissão veicular (TAB. 4.4), o volume de tráfego horário de veículos a gasolina, a álcool e a diesel e a distância percorrida por veículo em cada uma das vias selecionadas (TAB. 4.2). Assim o fator de emissão por tipo de combustível ( $FE_c$ ) para cada via de tráfego foi calculado utilizando-se as seguintes equações:

$$\begin{aligned}
 FE_{cd} &= FE_d \cdot V_d \cdot d \\
 FE_{cg} &= FE_g \cdot V_g \cdot d \\
 FE_{ca} &= FE_a \cdot V_a \cdot d
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

onde,  $FE_c$  é o fator de emissão da via de tráfego por tipo de combustível e FE é o fator de emissão veicular; os índices d, g e a referem-se aos combustíveis

diesel, gasolina e álcool respectivamente;  $V$  o volume de tráfego horário da via por tipo de veículo e  $d$  a distância percorrida pelo veículo (comprimento da via).

O fator de emissão composto da via de tráfego é dado por (equação 2):

$$FE_c = FE_{cd} + FE_{cg} + FE_{ca} \quad (2)$$

**TABELA 4.4**

Fatores de Emissão dos Veículos em Uso na RMSP em 2006

Fonte de Emissão	Tipo de Veículo	Fator de emissão <sup>3</sup> (g/km)	
		COV	MP
Tubo de Escapamento	Gasolina C <sup>1</sup>	1,12	0,08
	Álcool	2,12	-
	Diesel <sup>2</sup>	2,29	0,55
Emissão do Câter e Evaporativa	Gasolina C <sup>1</sup>	2,0	-
	Álcool	1,5	-
Pneus	Todos os Tipos	-	0,07

1 - Gasolina C: gasolina contendo 22% de álcool anidro e 450ppm de enxofre (massa).

2 - Diesel: com 350 ppm de enxofre (massa).

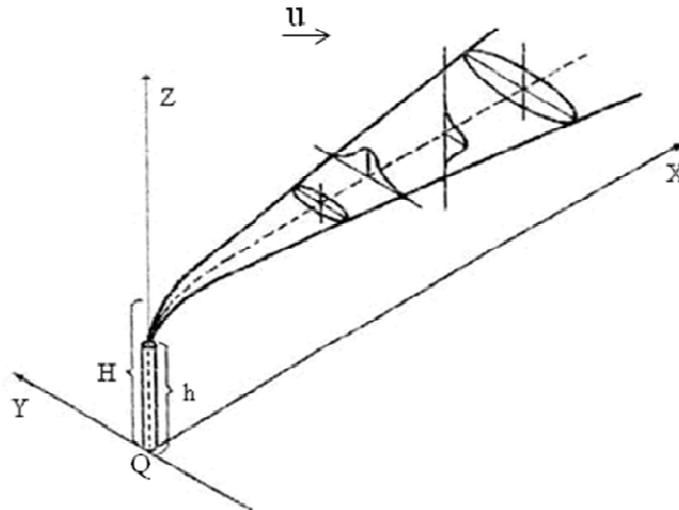
3 - MP refere-se ao total de material particulado, sendo que as partículas inaláveis são uma fração deste total e COV, refere-se aos compostos orgânicos voláteis, para os quais foram utilizados os fatores de emissão de hidrocarbonetos.

Fonte: CETESB, 2007.

## 4.2 – SIMULAÇÕES NUMÉRICAS

Modelos computacionais são amplamente utilizados para se realizar estudos de dispersão de poluentes na atmosfera. Sob certas condições idealizadas, a concentração média das espécies emitidas de uma fonte obedece a uma distribuição gaussiana (TAVARES, 2009; SANTOLIN *et al.*, 2003).

O modelo Gaussiano é baseado em uma fonte contínua de emissão  $Q$  (g/s), localizada a uma altura  $h$  (m) do nível do solo, que emite poluentes para a atmosfera onde a velocidade do vento é  $u$  (m/s) (EAGLEMAN, 1991). Os poluentes são emitidos para a atmosfera a uma altura efetiva  $H$  (m), que corresponde à altura da fonte que os emite ( $h$ ) somada à altura de elevação da pluma ( $h_{el}$ ) quando essa é lançada para a atmosfera (FIG. 4.4).



**FIGURA 4.4:** Modelo da Pluma Gaussiana (EAGLEMAN, 1991).

O espalhamento do efluente de uma fonte contínua tem uma distribuição normal ao eixo horizontal da pluma, tanto no plano horizontal como no vertical da pluma cuja concentração é dada por:

$$C(x, y, z, H) = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \cdot \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \cdot \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-H}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+H}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\} \quad (3)$$

onde:

- $C$  é a concentração do poluente na posição  $x$ ,  $y$  e  $z$  ( $\text{g}/\text{m}^3$ );
- $Q$  é a taxa de emissão uniforme ( $\text{g}/\text{s}$ );
- $H$  é a altura efetiva de emissão dos poluentes (m);
- $u$  é a velocidade média do vento ( $\text{m}/\text{s}$ );
- $\sigma_y$  é o coeficiente de dispersão horizontal (m);

- $\sigma_z$  é o coeficiente de dispersão vertical (m);
- x, y, e z são as coordenadas do ponto.

O processo de dispersão de poluentes na atmosfera depende principalmente do relevo da região, do tipo de ocupação do terreno, das condições meteorológicas e das características das fontes emissoras (TAVARES, 2009).

O modelo de dispersão ATMOS, desenvolvido pela empresa brasileira Ecosoft Consultoria e Softwares Ambientais Ltda, foi adquirido em 2003 pela Gerência de Qualidade do Ar (GESAR) da FEAM para auxiliar no monitoramento da qualidade do ar do estado. A utilização do ATMOS nas simulações numéricas desse estudo baseou-se nas seguintes premissas:

- o ATMOS é um modelo que se baseia no ISC, recomendado pela USEPA;
- os cenários simulados reproduzem as condições brasileiras;
- esse software tem sido utilizado na FEAM.

#### **4.2.1 – Área de estudo**

A área de estudo, ilustrada pela FIG. 4.5, foi definida considerando-se a localização de todas as fontes fixas e móveis inventariadas no município de Vespasiano. Definiu-se uma região que abrange uma área de estudo de 21 km (leste-oeste) por 21 km (norte-sul) como sendo o domínio do problema. As coordenadas que limitam esta região são as seguintes:

- Limite Inferior: latitude  $-19.818625^\circ$  e longitude  $-44.037036^\circ$
- Limite Superior: latitude  $-19.626588^\circ$  e longitude  $-43.851891^\circ$



Fonte da imagem original: GOOGLE EARTH (2009).

**FIGURA 4.5:** Área de estudo utilizada nas simulações numéricas para Vespasiano.

#### 4.2.2 – Poluentes Considerados nas Simulações

Conforme mencionado na Seção 4.1.1, dentre os poluentes investigados o poluente comum a todas as fontes fixas inventariadas é o  $MP_{10}$  e o COV é o segundo poluente emitido por essas fontes. Além disso, ambos os poluentes são também emitidos pelas fontes móveis.

As concentrações de poluentes medidas pela estação automática móvel em Vespasiano no período de novembro de 2008 a outubro de 2009, mostraram que os poluentes indicadores da qualidade do ar em Vespasiano, nesse período,

foram o Ozônio e o Dióxido de Enxofre (DUTRA, FERREIRA & FIORAVANTE, 2009).

Sendo o  $MP_{10}$  o poluente comum emitido por todas as fontes de emissão inventariadas em Vespasiano e o  $O_3$  um poluente indicador da qualidade do ar do município, esses foram os poluentes considerados nas simulações numéricas desse estudo. Lembrando que o  $O_3$  é um poluente secundário, ou seja, que não é emitido diretamente pelas fontes, as simulações devem ser realizadas com os seus poluentes precursores: COV e  $NO_2$ . Uma vez que apenas uma fonte é emissora de  $NO_2$  (Seção 4.1.1), o COV foi o poluente considerado nas simulações juntamente com o  $MP_{10}$ .

#### **4.2.3 – Dados de entrada e saída do modelo de simulação numérica**

Em um modelo de dispersão os principais dados de entrada são relativos às características das fontes emissoras e às condições meteorológicas.

Os dados relativos às fontes de emissão estacionárias necessários para a execução do modelo ATMOS são os seguintes:

- localização da fonte (coordenadas geográficas),
- taxa de emissão (g/s),
- altura da chaminé (m),
- diâmetro da chaminé (m),
- temperatura do gás na saída da chaminé (K),
- vazão do gás na saída da chaminé ( $Nm^3/h$ ).

Os dados meteorológicos são:

- dados horários para classe de estabilidade (A-E),
- velocidade (m/s) e direção (graus) do vento,
- temperatura (K) e
- valores da altura da camada de mistura (m);

Todas as características das fontes emissoras foram obtidas com a colaboração de cada um dos empreendimentos participantes do inventário de emissões mediante o envio dos Relatórios de Automonitoramento de emissões realizado pelos mesmos.

Os dados meteorológicos utilizados nas simulações são referentes ao ano de 2001 e foram coletados na estação meteorológica do Aeroporto de Confins, situada à 10 km de Vespasiano, que corresponde à área de estudo. Embora esses dados estejam desatualizados, esses eram os dados disponíveis no banco de dados do ATMOS para as simulações.

Após especificar as informações necessárias para a execução do modelo, esse é capaz calcular as concentrações<sup>3</sup> de poluentes na atmosfera e de mostrar a distribuição espacial dos mesmos através das isolinhas de concentrações. Além disso, o ATMOS gera médias de 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10, 12 e 24 horas e estatísticas descritivas como média aritmética, média geométrica, desvio padrão, desvio padrão geométrico, percentual de influência e cenários de pico.

#### **4.3 – POLUIÇÃO *versus* SAÚDE**

O principal objetivo do monitoramento da qualidade do ar é identificar os pontos mais atingidos pelos poluentes atmosféricos visando à proteção da saúde da população.

As concentrações de poluentes no ar são influenciadas por diversos parâmetros tais como sazonalidade, velocidade e direção do vento, pluviosidade, radiação, dentre outros.

---

<sup>3</sup> São disponibilizadas as concentrações máximas e mínimas globais do período considerado nas simulações.

A morbidade, ou seja, as internações hospitalares, por doenças respiratórias pode ser diretamente relacionada com as mudanças climáticas e também com os níveis de concentração de poluentes na atmosfera. No inverno, por exemplo, espera-se um aumento no número de internações por doenças respiratórias devido às características de baixa umidade do ar e condições atmosféricas estáveis dessa estação.

O Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH-SUS) contém somente informações das internações realizadas pela rede pública de saúde, que correspondem a 70% e 80% das internações. O SIH-SUS não identifica, reinternações, transferências, etc. o que leva eventualmente a duplas ou triplas contagens de um mesmo paciente (RADICCHI *et al.*, 2008). Apesar de todos esses fatores, essa base de dados continua sendo de extrema importância para o conhecimento do perfil dos atendimentos na rede hospitalar.

A metodologia adotada neste estudo foi desenvolvida por Radicchi *et al.* (2008). Para caracterização do perfil de morbidade da população foi selecionada como fonte de dados as estatísticas de morbidade hospitalar da população residente disponibilizados pelo SIH-SUS. Utilizando o banco de dados do Sistema de Informações Hospitalares do SUS (SIH-SUS), foi realizado um levantamento dos dados de morbidade por doenças respiratórias no município de Vespasiano para o período de 2000 a 2008.

Os indicadores de morbidade hospitalar selecionados foram: proporção de internações hospitalares por local de residência segundo o grupo de causa, proporção de internações hospitalares por local de residência segundo o grupo de causa por faixa etária, número de internações hospitalares por doenças do aparelho respiratório, segundo os meses do ano, número de doenças respiratórias mais frequentes associadas com as internações hospitalares, número de internações hospitalares por asma segundo faixa etária e número de internações hospitalares por asma, segundo os meses do ano.

## 5 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

A análise dos resultados, apresentada neste capítulo, está dividida em duas seções, as quais contêm os resultados das simulações numéricas e a análise dos dados referentes à morbidade causada por doenças respiratórias.

### 5.1 – SIMULAÇÕES NUMÉRICAS

Nas simulações numéricas, foram considerados seis cenários, a saber:

- Cenário 1: liberação simultânea de  $MP_{10}$  por todas as fontes fixas e móveis;
- Cenário 2: liberação simultânea de  $MP_{10}$  por todas as fontes fixas;
- Cenário 3: liberação simultânea de  $MP_{10}$  por todas as fontes móveis.
- Cenário 4: liberação simultânea de COV por todas as fontes fixas e móveis;
- Cenário 5: liberação simultânea de COV por todas as fontes fixas;
- Cenário 6: liberação simultânea de COV por todas as fontes móveis.

#### 5.1.1 – Isolinhas de concentração $MP_{10}$

Para determinar a escala de cores das isolinhas de concentração, o modelo ATMOS utiliza uma escala padrão que fixa oito faixas. Essas faixas, denominadas faixas de paletas, variam de acordo com o percentual acumulado de concentração calculado em cada simulação (10%, 20%, 50%, 75%, 90%, 95%, 99%, 100%). A primeira faixa informa que 10% das concentrações estimadas estão compreendidas entre os valores mínimos e máximos dessa primeira faixa. A segunda faixa informa que 10% das concentrações estimadas estão compreendidas entre os valores mínimos e máximos dessa segunda escala. A terceira faixa informa que 30% das concentrações estimadas estão compreendidas entre os valores mínimos e máximos dessa terceira escala. De forma análoga, pode-se dizer que 1% das concentrações estimadas encontram-se entre os valores mínimos e máximos da última escala.

A escala de cores das isolinhas de concentração de  $MP_{10}$  para os cenários 1, 2 e 3 foram estabelecidas de acordo com as oito faixas de paletas geradas automaticamente pelo ATMOS para o cenário 1, que considera a liberação simultânea de  $MP_{10}$  por todas as fontes fixas e móveis. A TAB. 5.1 contem os valores das oito faixas de paletas geradas automaticamente pelo ATMOS para o cenário 1.

**TABELA 5.1**

Faixas de Paletas geradas automaticamente pelo ATMOS

Faixa de Paleta	Mínimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Máximo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Frequência Relativa (%)
1	0,4	0,8	10
2	0,8	1,1	10
3	1,1	1,6	30
4	1,6	2,4	25
5	2,4	3,7	15
6	3,7	5,0	5
7	5,0	8,4	4
8	8,4	47,8	1

Os valores máximos e mínimos de concentração estimados nas simulações para os cenários 1, 2 e 3 foram:

- Cenário 1: mínimo:  $0,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e máximo:  $47,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Cenário 2: mínimo:  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e máximo:  $29,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Cenário 3: mínimo:  $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e máximo:  $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Analisando os valores máximos e mínimos de concentração estimados para os cenários 1, 2 e 3, foi estabelecida uma nova faixa de paletas, com cinco faixas, que foi adotada para as isolinhas de concentração de  $MP_{10}$  desse estudo. A nova faixa de paletas está apresentada na TAB. 5.2. Observa-se que o limite inferior mínimo ( $0,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e o limite superior máximo ( $50,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) da nova

faixa de paletas englobam todos os valores de concentração estimados nas simulações para os cenários 1, 2 e 3.

**TABELA 5.2**

Faixas de Paletas criadas para os cenários considerados nas simulações numéricas

Faixa de Paleta	Mínimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Máximo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Frequência Relativa (%)
1	0,0	1,6	50
2	1,6	3,7	40
3	3,7	5,0	5
4	5,0	8,4	4
5	8,4	50,0	1

A FIG. 5.1 mostra a isolinha de concentração de  $\text{MP}_{10}$  para máxima anual em 24 horas para o cenário 1 (fontes fixas e móveis).

Considerando os Índices de Qualidade do Ar (Capítulo 1), as isolinhas de concentração indicam que a qualidade do ar é BOA em toda a região no período simulado, com concentrações atingindo o máximo de  $47,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

As FIG. 5.2 e 5.3 mostram as isolinhas de concentração dos cenários 2 e 3, respectivamente. Assim como para o cenário 1, a qualidade do ar é BOA em toda a região no período simulado, com concentrações atingindo o máximo de  $29,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para o cenário 2 e  $3,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  para o cenário 3. O padrão de qualidade do ar de MP ( $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) não foi ultrapassado para nenhum dos três cenários considerados.

Comparando a influência das fontes fixas (FIG. 5.2) e móveis (FIG. 5.3), separadamente, no cenário de qualidade do ar de Vespasiano, observa-se que

as fontes fixas contribuem de maneira mais significativa com a emissão de  $MP_{10}$  para a atmosfera.

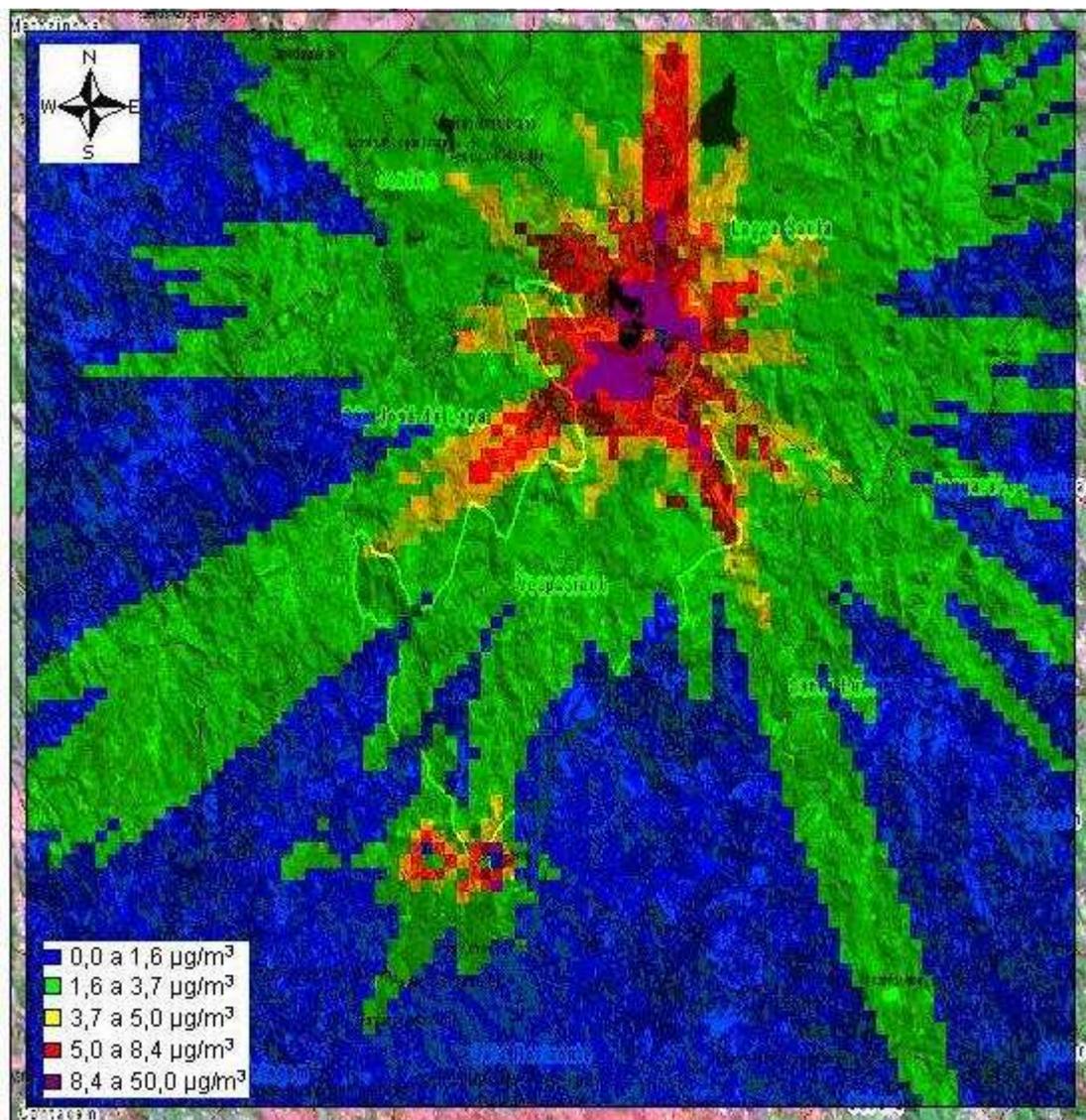
Os baixos valores de concentração de  $MP_{10}$  estimados nas simulações numéricas não eram esperados, uma vez que esse é um poluente comum a todas as fontes de emissão fixas e móveis do município. Além disso, o parque industrial de Vespasiano é composto por importantes empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente, onde se destacam as atividades Minerárias e Metalúrgicas (Seção 4.1.1), que têm como principal poluente emitido o  $MP_{10}$ . No entanto os resultados das simulações estão condizentes com os resultados do monitoramento da qualidade do ar realizado em Vespasiano no período de novembro de 2008 à outubro de 2009, em que o  $MP_{10}$  não foi o poluente indicador da qualidade do ar no município (DUTRA *et al.*, 2009).

Para comparar os valores de concentração previstos nas simulações e os observados experimentalmente, utilizou-se o parâmetro estatístico *Fractional Bias*<sup>4</sup> para os resultados de concentração do cenário 1. A concentração média de MP observada experimentalmente, no período de monitoramento da qualidade do ar em Vespasiano (DUTRA *et al.*, 2009), foi  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , ao passo que a concentração média de MP estimada pelo modelo ATMOS para o mesmo local de amostragem onde foi instalada a estação automática móvel de monitoramento da qualidade do ar foi  $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . O valor de FB para esse cenário foi igual a -1,90, ou seja, a concentração média de MP estimada pelo modelo de simulação subestimou ao máximo o valor médio de concentração de MP

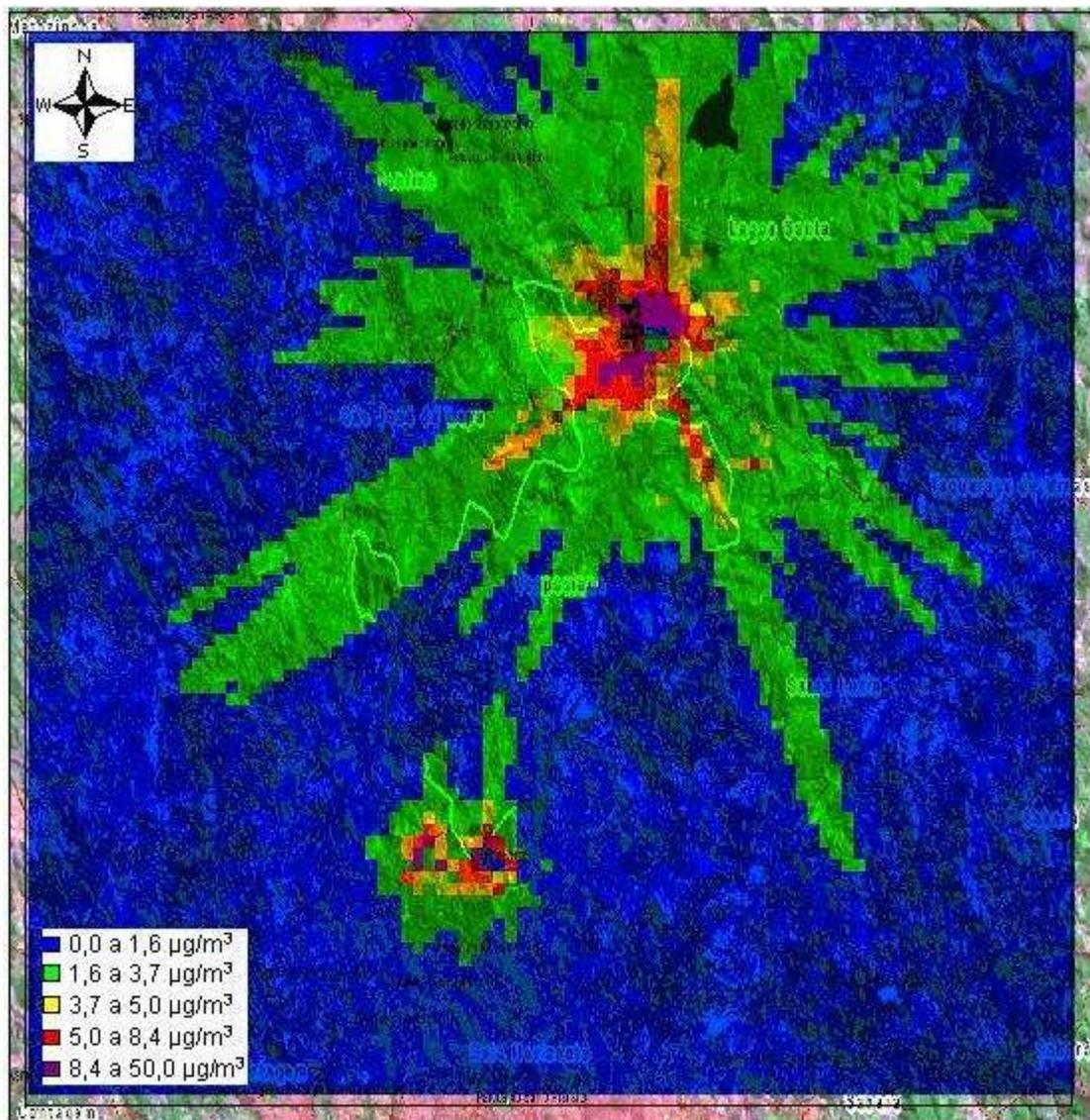
---

<sup>4</sup> O parâmetro estatístico *Fractional Bias* (FB), recomendado pela USEPA (USEPA, 1992), é utilizado para comparar os valores previstos nas simulações numéricas ( $C_p$ ) com os observados experimentalmente ( $C_o$ ).  $FB = \frac{(\bar{C}_p - \bar{C}_o)}{0,5(\bar{C}_p + \bar{C}_o)}$ ,  $-2 < FB < +2$ , sendo  $\bar{C}_p$  a média de todas as concentrações previstas e  $\bar{C}_o$  a média de todas as concentrações observadas (TAVARES, 2009).

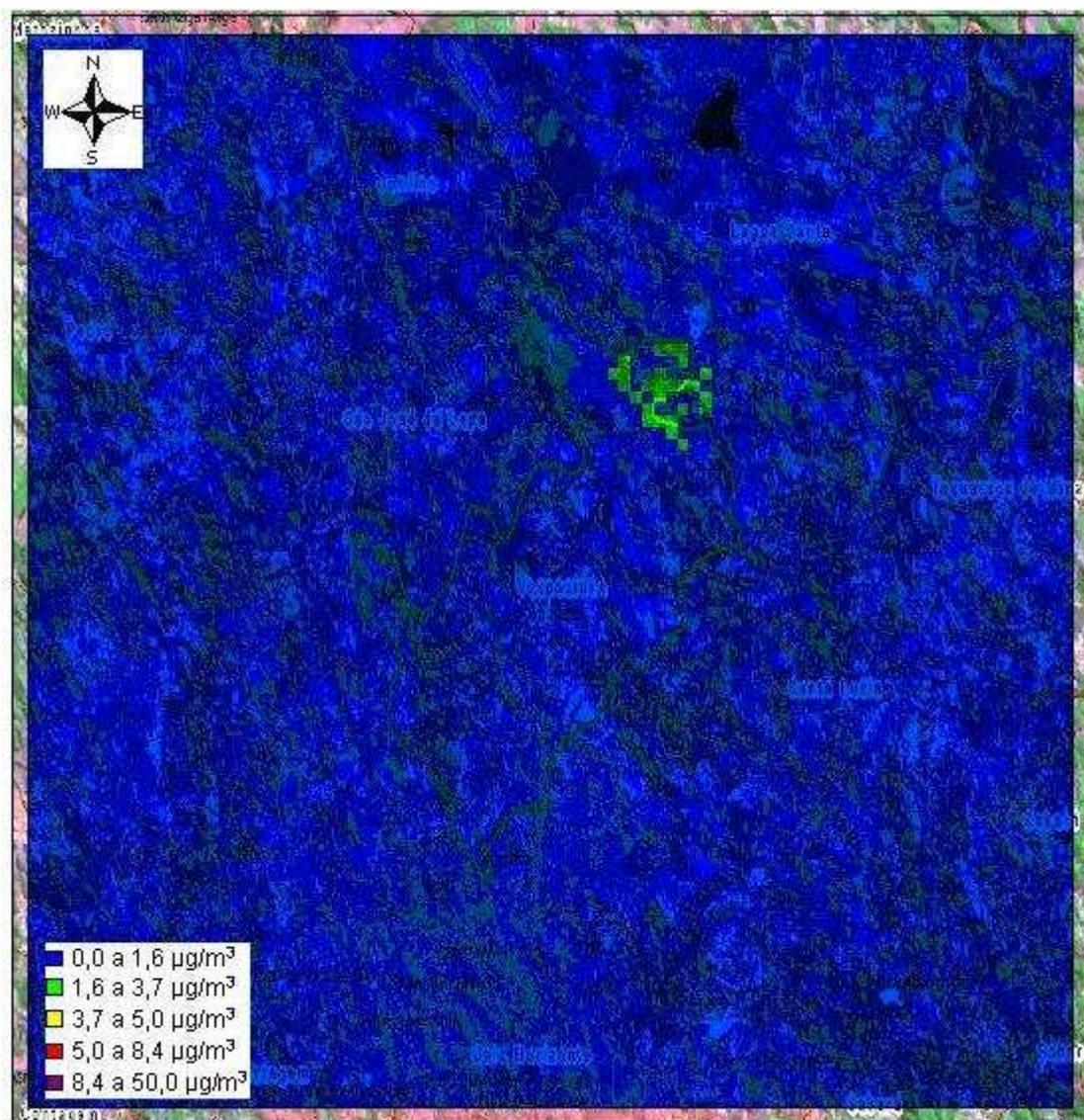
observado experimentalmente. Considerando que os valores de concentração estimados pelo modelo são diretamente proporcionais aos fatores de emissão utilizados nas simulações, provavelmente esse resultado foi encontrado porque os FE utilizados nas simulações foram baixos, não correspondendo aos valores reais de emissão.



**FIGURA 5.1:** Isolinha de concentração de MP<sub>10</sub> para máxima anual em 24 horas, considerando fontes fixas e móveis (Cenário 1), Vespasiano.



**FIGURA 5.2:** Isolinha de concentração de MP<sub>10</sub> para máxima anual em 24 horas, considerando fontes fixas (Cenário 2), Vespasiano.

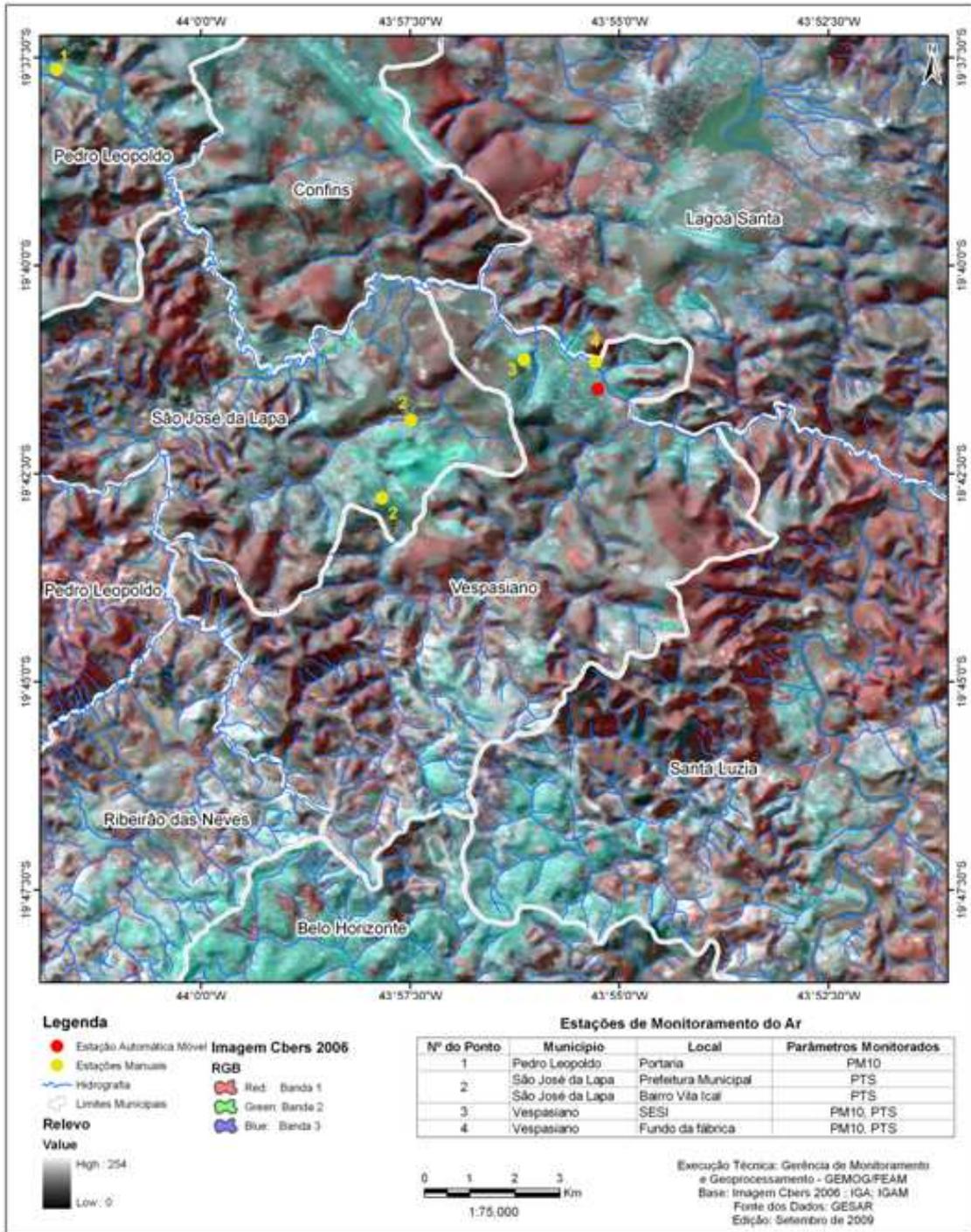


**FIGURA 5.3:** Isolinha de concentração de MP<sub>10</sub> para máxima anual em 24 horas, considerando fontes móveis (Cenário 3), Vespasiano.

Em Vespasiano existem duas estações manuais de monitoramento da qualidade do ar (pontos 3 e 4 da FIG. 5.4). Os parâmetros monitorados são Partículas Totais em Suspensão (PTS) e Partículas Inaláveis (MP<sub>10</sub>). As medições são realizadas em períodos de 6 em 6 dias em um período de 24 horas, conforme normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT (ABNT, 1986, 1995).

Essas estações manuais foram instaladas pela Empresa de Cimentos Liz em resposta a um auto de fiscalização. A primeira estação está localizada no bairro Sélvia no Clube do Trabalhador do Serviço Social da Indústria (SESI), a sudoeste do empreendimento, e a segunda a sudeste do mesmo empreendimento, em uma propriedade rural localizada no centro do município. Ambas as estações estão localizadas no centro urbano de Vespasiano.

Analisando as isolinhas de concentração para  $MP_{10}$  (FIG. 5.1, 5.2 e 5.3) e a localização das estações de monitoramento da qualidade do ar (FIG. 5.4), observa-se que os locais onde estão instaladas as estações manuais estão dentro da região onde há maior concentração de poluentes. Sendo assim, é pertinente o monitoramento da qualidade do ar do município nesses locais.



**FIGURA 5.4:** Estações manuais de monitoramento da qualidade do ar de Vespasiano (pontos 3 e 4).

### 5.1.1 – Isolinhas de concentração COV

Assim como foi feito para o  $MP_{10}$ , a escala de valores e cores das isolinhas de concentração de COV para os cenários 4, 5 e 6 foram estabelecidas de acordo com as oito faixas de paletas geradas automaticamente pelo ATMOS para o cenário 4, que considera a liberação simultânea de COV por todas as fontes fixas e móveis. A TAB. 5.3 contem os valores das oito faixas de paletas geradas automaticamente pelo ATMOS para o cenário 4.

**TABELA 5.3**

Faixas de Paletas geradas automaticamente pelo ATMOS

Faixa de Paleta	Mínimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Máximo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Frequência Relativa (%)
1	0,3	0,5	10
2	0,5	0,7	10
3	0,7	1,0	30
4	1,0	1,6	25
5	1,6	2,7	15
6	2,7	4,1	5
7	4,1	11,8	4
8	11,8	47,7	1

Os valores máximos e mínimos de concentração estimados nas simulações para os cenários 4, 5 e 6 foram:

- Cenário 4: mínimo:  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e máximo:  $47,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Cenário 5: mínimo:  $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e máximo:  $8,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- Cenário 6: mínimo:  $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e máximo:  $47,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$

Tomando como referência os valores máximos e mínimos de concentração estimados para os cenários 4, 5 e 6, foi estabelecida uma nova faixa de paletas, com cinco faixas, que foi adotada para as isolinhas de concentração

de COV desse estudo. A nova faixa de paletas está apresentada na TAB. 5.4. Observa-se que o limite inferior mínimo ( $0,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) e o limite superior máximo ( $50,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) da nova faixa de paletas englobam todos os valores de concentração estimados nas simulações para os cenários 4, 5 e 6.

**TABELA 5.4**

Faixas de Paletas criadas para os cenários considerados nas simulações numéricas

Faixa de Paleta	Mínimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Máximo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Frequência Relativa (%)
1	0,0	1,0	50
2	1,0	2,7	40
3	2,7	4,1	5
4	4,1	11,8	4
5	11,8	50,0	1

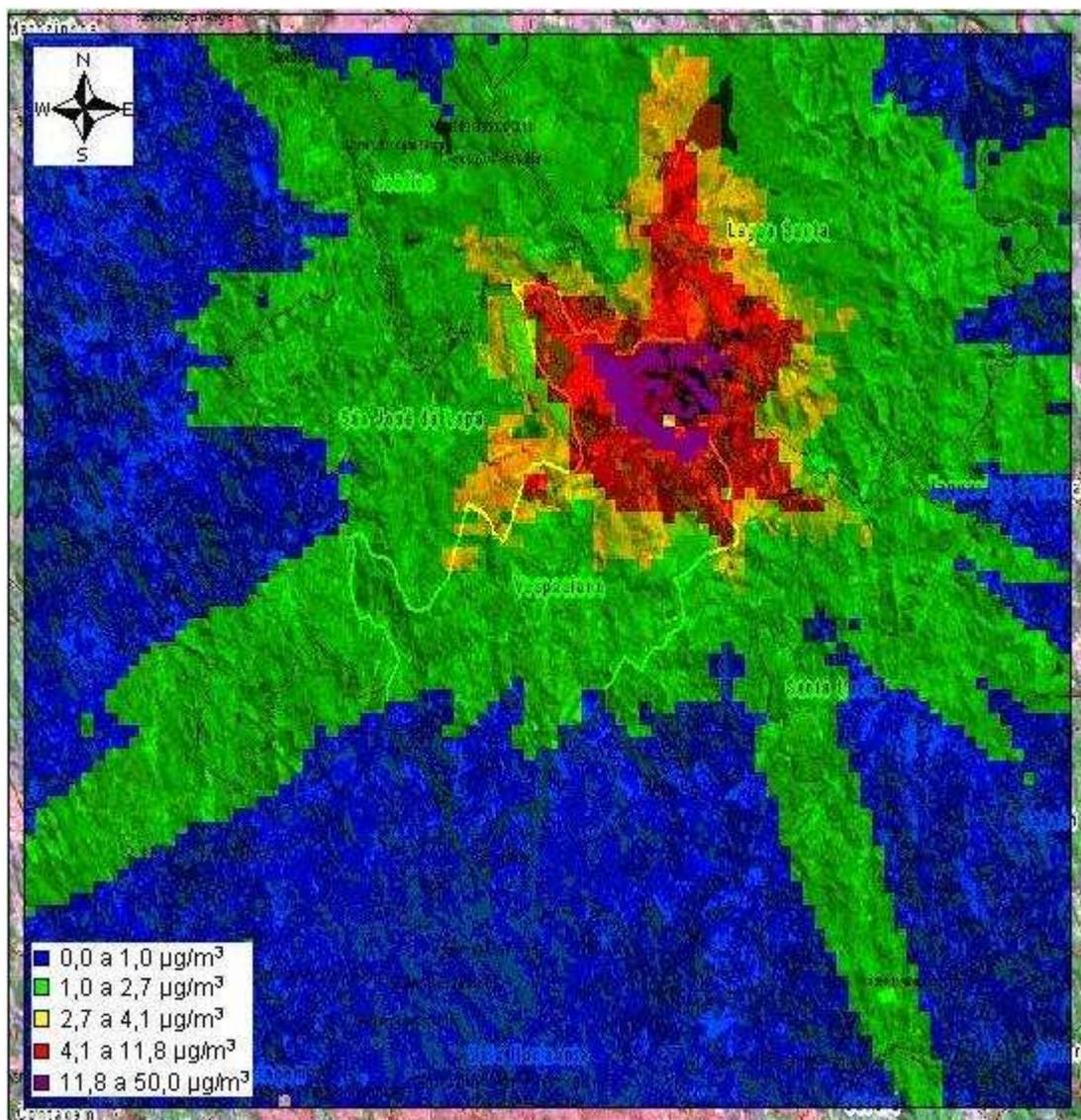
A FIG. 5.5, 5.6 e 5.7 mostram as isolinhas de concentração de COV para máxima anual em 24 horas para os cenários 4 (fontes fixas e móveis), 5 (fontes fixas) e 6 (fontes móveis), respectivamente.

Comparando a influência das fontes fixas (FIG. 5.6) e móveis (FIG. 5.7), separadamente, no cenário de qualidade do ar de Vespasiano, observa-se que as fontes móveis contribuem de maneira mais significativa com a emissão de COV para a atmosfera.

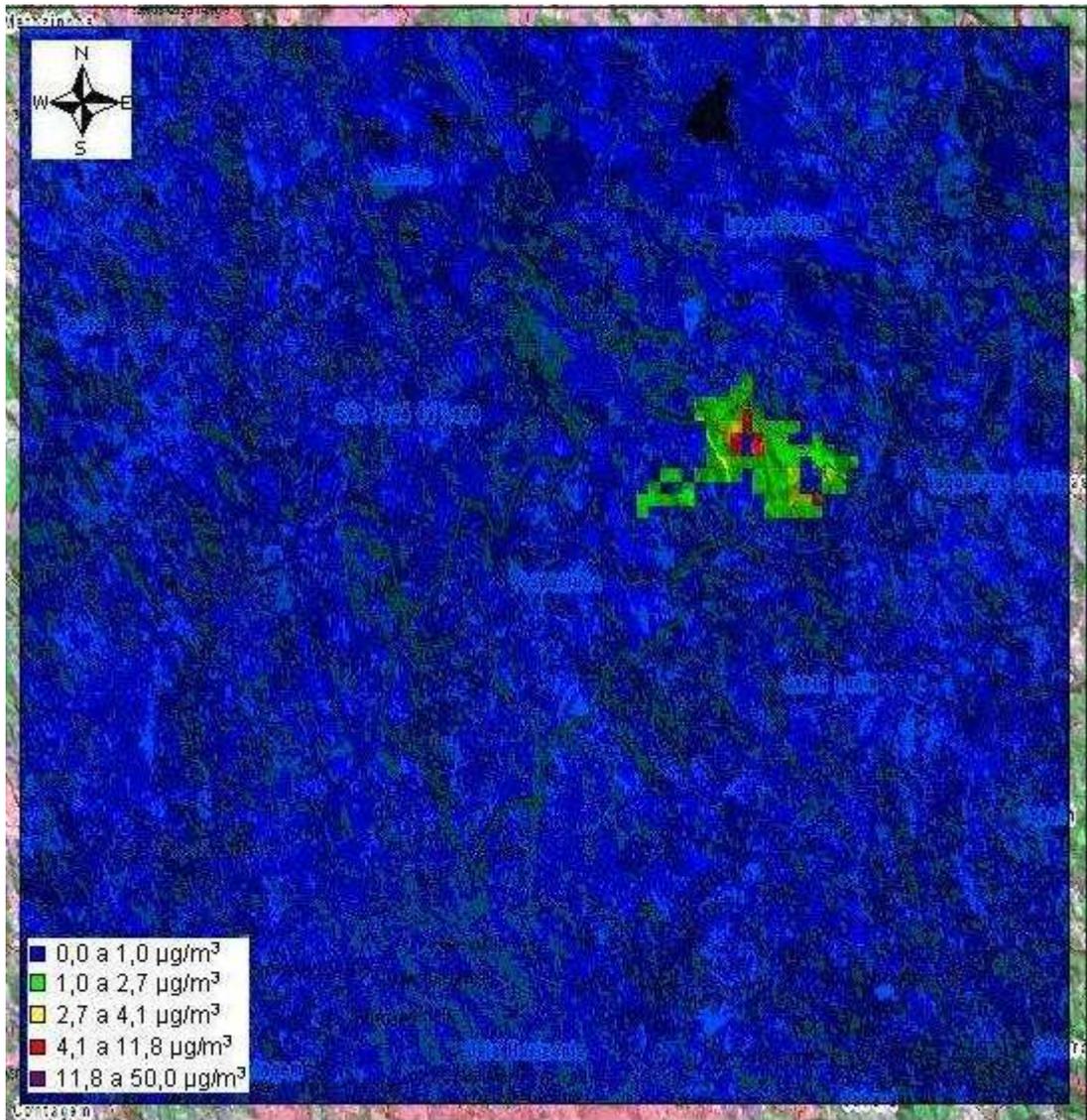
Não existem padrões de qualidade do ar para os COV's, no entanto esses são poluentes importantes por serem precursores do Ozônio,

A concentração média de COV observada experimentalmente, no período de monitoramento da qualidade do ar em Vespasiano (DUTRA *et al.*, 2009), foi  $1424 \mu\text{g}/\text{m}^3$  e a concentração média de COV estimada pelo modelo ATMOS

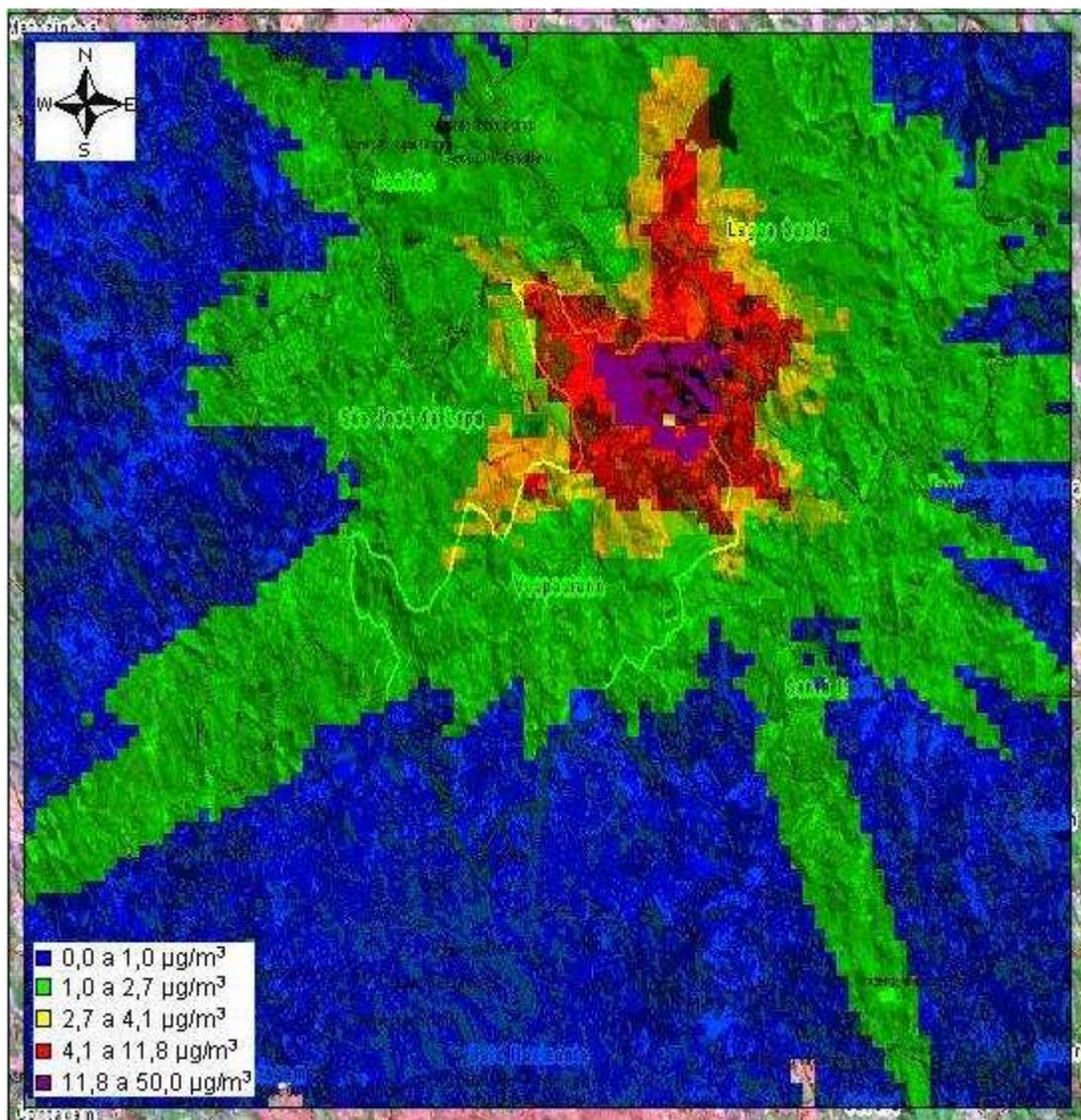
(cenário 4) foi  $5,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . O valor de FB para esse cenário foi igual a  $-1,98$ , ou seja, a concentração média de COV estimada pelo modelo de simulação subestimou ao máximo o valor médio de concentração de COV observado experimentalmente. Assim como para as simulações para o MP, provavelmente os FE utilizados nas simulações para o COV também foram baixos, não correspondendo aos valores reais de emissão.



**FIGURA 5.5:** Isolinha de concentração de COV para máxima anual em 24 horas, considerando fontes fixas e móveis (Cenário 4), Vespasiano.



**FIGURA 5.6:** Isolinha de concentração de COV para máxima anual em 24 horas, considerando fontes fixas (Cenário 5), Vespasiano.



**FIGURA 5.7:** Isolinha de concentração de COV para máxima anual em 24 horas, considerando fontes móveis (Cenário 6), Vespasiano.

## 5.2 – SAÚDE

### 5.2.1 – Proporção de internações hospitalares por grupos de causas<sup>5</sup>

*“Esse indicador reflete a demanda hospitalar que, por sua vez, é condicionada pela oferta de serviços no Sistema Único de Saúde (SUS). Não expressa,*

---

<sup>5</sup> Distribuição percentual de internações hospitalares pagas pelo SUS, por grupos de causas selecionadas, na população residente em determinado espaço geográfico, no ano considerado.

*necessariamente, o quadro nosológico da população residente. Entretanto, a concentração de internações hospitalares em determinado grupo de causas sugere correlações com contextos econômicos, sociais e ambientais” (RADICCHI et al., 2008).*

Conforme apresentado na TAB. 5.5, a maior parcela das internações realizadas no SUS refere-se ao atendimento à gravidez, parto e puerpério. Depois desse grupo, as doenças do aparelho circulatório e as doenças do aparelho respiratório se constituem nas principais causas de morbidade hospitalar no município de Vespasiano.

**TABELA 5.5**

Proporção de internações hospitalares por local de residência segundo o grupo de causa e ano, Vespasiano, 2000 a 2008

Grupo de Causa	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Doenças infecciosas e parasitárias	4,37	4,17	4,81	5,19	4,18	4,16	4,15	4,09	4,43
Neoplasias (tumores)	2,67	3,21	4,86	5,49	5,03	3,79	5,03	5,08	4,76
Doenças do aparelho circulatório	10,30	9,83	9,74	10,57	12,02	13,84	13,58	12,28	10,14
Doenças do aparelho respiratório	10,92	11,14	12,45	9,93	10,81	10,87	12,47	12,17	10,22
Doenças do aparelho digestivo	6,50	8,47	7,52	7,50	8,51	8,52	7,63	8,83	7,86
Doenças do aparelho geniturinário	11,31	8,44	7,47	10,71	8,66	7,74	8,70	9,24	6,24
Gravidez parto e puerpério	32,60	31,21	31,78	28,02	28,93	25,35	25,14	22,72	25,52
Lesões envenenamentos	5,89	6,79	7,20	8,80	7,69	8,80	7,63	8,85	10,33
Demais causas	15,44	16,74	14,17	13,78	14,17	16,94	15,67	16,73	20,49

Fonte: BRASIL, 2009.

### **5.2.2 – Proporção de internações hospitalares por grupos de causas por faixa etária<sup>6</sup>**

Nesse estudo foram selecionadas as seguintes faixas etárias: menores de um ano, menores de cinco anos de idade, crianças de cinco a quatorze anos e pessoas acima de 60 anos de idade.

<sup>6</sup> Distribuição percentual de internações hospitalares pagas pelo SUS, por grupos de causas e faixa etária selecionadas, na população residente em determinado espaço geográfico, no ano considerado.

No período de 2000 a 2008, os maiores percentuais de internações hospitalares em menores de um ano se devem às doenças respiratórias (TAB. 5.6).

**TABELA 5.6**

Proporção de internações hospitalares por local de residência segundo o grupo de causa e ano para crianças menores de um ano de idade, Vespasiano, 2000 a 2008

Grupo de Causa	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Doenças infecciosas e parasitárias	18,13	18,18	16,97	18,43	14,53	11,83	13,68	11,00	12,81
Doenças do aparelho respiratório	35,12	36,59	42,67	32,32	32,68	28,40	36,81	31,72	32,81
Afecções originadas no período perinatal	31,40	31,49	24,16	30,30	32,68	40,83	33,88	39,81	36,88
Demais causas	15,35	13,75	16,20	18,95	20,11	18,93	15,64	17,48	17,50

Fonte: BRASIL, 2009.

Também para as crianças maiores de um ano e menores de cinco anos de idade, as doenças do aparelho respiratório apresentaram-se como a principal causa de internações hospitalares, chegando a representar em alguns anos (2002 e 2006), mais de 50% das causas de internações (TAB. 5.7).

**TABELA 5.7**

Proporção de internações hospitalares por local de residência segundo o grupo de causa e ano para crianças maiores de um ano e menores de cinco anos de idade, Vespasiano, 2000 a 2008

Grupo de Causa	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Doenças infecciosas e parasitárias	19,68	16,67	17,46	17,89	13,19	17,27	17,11	14,56	15,27
Doenças do aparelho respiratório	49,06	46,92	53,44	43,99	45,40	40,61	52,35	48,10	46,95
Demais causas	31,27	36,41	29,10	38,12	41,41	42,12	30,54	37,34	37,79

Fonte: BRASIL, 2009.

As doenças respiratórias também representaram a principal causa de internações hospitalares para o grupo etário de cinco a quatorze anos de idade. Como pode ser observado na TAB. 5.8, ocorreu, ao longo do período estudado,

um aumento da proporção de internações por doenças respiratórias, de cerca de 20% (2000) para cerca de 30% (2006 e 2007).

**TABELA 5.8**

Proporção de internações hospitalares por local de residência segundo o grupo de causa e ano para crianças de cinco a quatorze anos de idade, Vespasiano, 2000 a 2008

Grupo de Causa	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Doenças infecciosas e parasitárias	8,56	9,32	8,89	8,74	7,10	6,38	7,46	6,30	8,36
Doenças do aparelho respiratório	19,82	19,00	18,89	16,83	30,00	22,49	30,66	28,57	20,43
Doenças do aparelho digestivo	13,06	14,70	13,33	15,86	13,55	11,85	13,54	14,29	12,38
Lesões, envenenamentos	15,32	11,11	15,00	15,86	13,87	18,24	16,02	17,92	19,81
Demais causas	43,24	45,88	43,89	42,72	35,48	41,03	32,32	32,93	39,01

Fonte: BRASIL, 2009

As doenças do aparelho circulatório e as doenças do aparelho respiratório, juntas, correspondem a quase metade das causas de internações hospitalares na população acima de 60 anos de Vespasiano (TAB. 5.9).

**TABELA 5.9**

Proporção de internações hospitalares por local de residência segundo o grupo de causa e ano para adultos acima de 60 anos, Vespasiano, 2000 a 2008

Grupo de Causa	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Neoplasias (tumores)	5,71	6,61	7,20	11,14	9,38	5,42	10,03	9,47	9,99
Doenças do aparelho circulatório	32,70	35,83	33,12	32,29	32,13	35,44	30,71	31,00	26,42
Doenças do aparelho respiratório	15,92	13,51	18,46	15,89	15,42	16,82	16,34	16,68	16,43
Doenças do aparelho digestivo	11,76	12,04	9,29	9,26	12,72	11,96	10,03	9,99	8,21
Doenças do aparelho geniturinário	8,48	7,93	6,02	5,88	6,04	6,88	8,89	6,49	7,66
Demais causas	25,43	24,08	25,92	25,53	24,29	23,48	23,99	26,36	31,30

Fonte: BRASIL, 2009.

### 5.2.3 – Proporção de internações por doenças do aparelho respiratório segundo os meses do ano

Considerando que a sazonalidade climática constitui-se em um dos fatores de risco para internação hospitalar por doenças respiratórias, foi realizada uma

análise da distribuição das internações por doenças do aparelho respiratório durante os meses dos anos no município de Vespasiano (TAB. 5.10). Observa-se que, no período de 2000 a 2008 os meses onde ocorrem os maiores números de internações são em abril, maio e junho que são caracterizados por estações secas, que não favorecem a dispersão de poluentes, aumentando os agravos relacionados à saúde da população.

**TABELA 5.10**

Número de internações hospitalares por doenças do aparelho respiratório segundo os meses do ano, Vespasiano, 2000 a 2008

Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Total
2000	33	42	77	67	78	48	48	33	45	40	34	39	584
2001	43	23	56	51	66	56	53	47	50	51	66	52	614
2002	62	43	60	85	53	76	60	59	68	53	48	35	702
2003	35	44	54	66	45	52	49	52	43	35	45	52	572
2004	40	40	66	75	53	56	57	45	39	47	49	35	602
2005	54	48	46	58	54	80	49	42	60	42	46	46	625
2006	47	44	50	63	90	77	64	75	58	55	50	61	734
2007	52	52	53	79	65	63	70	48	44	60	43	44	673
2008	23	36	50	71	67	64	49	39	47	28	62	24	560
Total	389	372	512	615	571	572	499	440	454	411	443	388	5666

Fonte: BRASIL, 2009.

Outra forma de analisar a importância da sazonalidade climática é comparar a razão de internações hospitalares entre determinadas estações/períodos do ano. Para esse estudo, considerou-se que os meses de maio a outubro representariam a estação seca e os meses de novembro a abril o período das chuvas. Observou-se que, em média, as internações no período de seca são maiores 10% do que no período de chuva. Destaca-se o ano de 2000 que não apresentou diferenças no número de internações nas estações do ano e o ano de 2006, em que houve 30% mais internações no período de seca quando comparado ao de chuva (TAB. 5.11).

**TABELA 5.11**

Razão de internações por doenças respiratórias segundo o período de seca e chuva, Vespasiano, 2000 a 2008

Ano	Período de Seca <sup>1</sup>	Período de Chuva <sup>2</sup>	Razão
2000	292	292	1,0
2001	323	291	1,1
2002	369	333	1,1
2003	276	296	0,9
2004	297	305	1,0
2005	327	298	1,1
2006	419	315	1,3
2007	350	323	1,1
2008	294	266	1,1

<sup>1</sup> O período de seca compreende os meses de maio à outubro

<sup>2</sup> O período de chuva compreende os meses de novembro à abril

Fonte dos dados básicos: BRASIL, 2009.

#### **5.2.4 – Proporção de doenças respiratórias mais freqüentes associadas com as internações hospitalares**

De acordo com a TAB. 5.12, observa-se que as doenças respiratórias mais freqüentes associadas às internações foram a pneumonia, a asma, a bronquite/enfisema e outras doenças obstrutivas crônicas, nessa ordem. Em 2000, a pneumonia, asma e bronquite/enfisema representavam cerca de 88% das causas de internação e em 2008 esse percentual diminuiu para 70% do total de internações por doenças do aparelho respiratório.

**TABELA 5.12**

Número de doenças respiratórias mais freqüentes associadas com as internações hospitalares, Vespasiano, 2000 a 2008

Morbidade	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Pneumonia	313	326	290	204	201	254	287	282	266
Bronquite, enfisema e outras doenças obstrutivas crônicas	58	65	91	96	58	63	68	73	65
Asma	144	155	192	122	117	104	121	100	62
Demais doenças	69	68	129	150	226	204	258	218	167
Total	584	614	702	572	602	625	734	673	560

Fonte: BRASIL, 2009.

### 5.2.5 – Proporção de internações hospitalares por asma segundo faixa etária

Embora a pneumonia tenha uma representatividade expressiva no total de internações do município de Vespasiano (TAB. 5.12), essa doença do aparelho respiratório não será abordada, pois suas causas dependem de outros fatores além daqueles relacionados estritamente à qualidade do ar. O mesmo não ocorre com as internações por asma, diretamente associada aos momentos críticos de qualidade do ar e que não depende da ação de um agente patológico.

A partir de 2002, observa-se uma redução na proporção de internações hospitalares por asma, enquanto que há um aumento na proporção de internações de 10% para 30%, aproximadamente, devido a um grupo de doenças (demais doenças). Para a bronquite não se observa grandes variações na proporção de internações, aproximadamente 10% no período de 2000 a 2008, com exceção de 2003, cuja proporção corresponde a 10,8%.

De acordo com o número de internações hospitalares por asma segundo faixa etária apresentados na TAB. 5.13, a maior parcela das internações, mais de 60%, ocorreu na população infantil do município com até 4 anos de idade. O grupo etário de 60 anos ou mais foi responsável pela menor proporção no número de internações. Em 2000, esse grupo correspondia a apenas 21% das

internações por asma, entretanto em 2007 e 2008, esse grupo passou a corresponder a 9 e 9,7%, respectivamente.

No ano 2000, 78% do total das internações por asma ocorreu no grupo de crianças com até 4 anos de idade, em 2008 esse percentual caiu para 66% do total.

**TABELA 5.13**

Número de internações hospitalares por asma segundo faixa etária,  
Vespasiano, 2000 a 2008

Ano	Menor 1 ano	1 a 4 anos	5 a 14 anos	15 a 39 anos	40 a 59 anos	60 anos e mais
2000	32	81	13	10	5	3
2001	43	84	13	5	7	3
2002	59	94	24	5	6	4
2003	33	60	13	10	3	3
2004	29	50	19	14	1	4
2005	31	38	14	13	4	4
2006	27	48	18	11	9	8
2007	31	35	15	7	3	9
2008	11	30	9	3	3	6
Total	296	520	138	78	41	44

Fonte: BRASIL, 2009.

### 5.2.6 – Proporção de internações por asma segundo os meses do ano

Conforme apresentado na TAB. 5.14, o número de internações por doenças respiratórias no período da seca, em média, é maior 17% quando comparado ao período chuvoso. Dentro do período analisado destacam-se os anos de 2000, onde o maior número de internações ocorreu no período chuvoso e o ano de 2006, em que houve 47% mais internações no período da seca quando comparado ao de chuva.

**TABELA 5.14**

Número de internações hospitalares por asma segundo os períodos seco e chuvoso, Vespasiano, 2000 a 2008

Ano	Período de Seca <sup>1</sup>	Período de Chuva <sup>2</sup>
2000	61	83
2001	84	71
2002	103	89
2003	65	57
2004	61	56
2005	54	50
2006	72	49
2007	53	47
2008	33	29
Total	586	531

<sup>1</sup> O período de seca compreende os meses de maio à outubro

<sup>2</sup> O período de chuva compreende os meses de novembro à abril

Fonte dos dados básicos: BRASIL, 2009.

## 6 – CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Os resultados de concentração de  $MP_{10}$  das simulações numéricas (isolinhas de concentração) indicam que a qualidade do ar em Vespasiano foi classificada como boa no período simulado e ainda que as fontes fixas de emissão contribuem de maneira mais significativa com a emissão de  $MP_{10}$  para a atmosfera quando comparadas às fontes móveis.

Os baixos valores de concentração de  $MP_{10}$  estimados nas simulações numéricas, foram inesperados, uma vez que esse é um poluente comum a todas as fontes de emissão fixas e móveis do município. Além disso, o parque industrial de Vespasiano é composto por importantes empreendimentos que têm como principal poluente emitido o  $MP_{10}$ . Entretanto, os resultados das simulações estão condizentes com os resultados do monitoramento da qualidade do ar realizado em Vespasiano no período de novembro de 2008 à outubro de 2009, em que o  $MP_{10}$  não foi o poluente indicador da qualidade do ar no município (DUTRA *et al.*, 2009), mas sim o Ozônio e o Dióxido de Enxofre.

Para os COV's não existem padrões de qualidade do ar, no entanto esses são poluentes importantes por serem precursores do poluente Ozônio, que classificou a qualidade do ar no município com regular no período de novembro de 2008 a outubro de 2009 (DUTRA *et al.*, 2009).

Tanto para o  $MP_{10}$  como para o COV, as concentrações estimadas pelo modelo de dispersão subestimaram os valores médios de concentrações observados experimentalmente. Esse resultado foi comprovado pelo parâmetro estatístico *Fractional Bias* (FB), utilizado para comparar os valores previstos nas simulações numéricas com os observados experimentalmente.  $FB = -1,90$  para o  $MP_{10}$  e  $FB = -1,98$  para o COV. Essa subestimação, praticamente atingiu o valor limite da escala de FB que varia de -2 a 2.

Ao contrário do que ocorre para o  $MP_{10}$ , as fontes móveis contribuem de maneira mais significativa com as emissões de COV para a atmosfera quando comparadas às fontes fixas de emissão.

Considerando que os valores de concentração estimados pelo modelo de dispersão são diretamente proporcionais aos fatores de emissão utilizados nas simulações, provavelmente os baixos valores de concentração estimados devem-se aos baixos valores dos fatores de emissão utilizados nas simulações, que não correspondem aos valores reais de emissão. Além disso, no inventário de fontes fixas, foram considerados apenas os empreendimentos de classe II e III (DN 01/1990) e classes 3, 4, 5 e 6 (DN 74/2004). E, no inventário de fontes móveis, foram consideradas somente as principais vias de tráfego do município, localizadas no centro do mesmo. Sendo assim, recomenda-se a realização de um inventário de emissões mais detalhado para a região.

Recomenda-se ainda que em trabalhos posteriores o banco de dados meteorológicos seja atualizado, pois os dados meteorológicos disponibilizados para as simulações desse estudo foram referentes ao ano de 2001.

Analisando os dados referentes à morbidade por doenças respiratórias observa-se que as doenças do aparelho respiratório se constituem nas principais causas de morbidade hospitalar no município de Vespasiano e que o grupo mais atingido por esses males são as crianças de até quatro anos de idade. No período de 2000 a 2008 os maiores números de internações correspondem às estações secas, que não favorecem a dispersão de poluentes na atmosfera aumentando os agravos relacionados à saúde da população.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 9547. Material Particulado em Suspensão no Ar Ambiente: Determinação da concentração total pelo método do amostrador de grande volume – método de ensaio*. São Paulo, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 13412. Material Particulado em Suspensão na Atmosfera: Determinação da concentração de partículas inaláveis pelo método do amostrador de grande volume acoplado a um separador inercial de partículas: método de ensaio*. São Paulo, 1995.

BRESSAN, A. F. *Sustentabilidade Sócio-Econômica da Atividade e das Regiões Produtoras – Mercados e Comercialização*. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), 2007. Disponível em: <[http://faeg.org.br/webfaeg/arquivos/tecnicos/Sustentabilidade\\_Socio\\_Economica\\_Cana\\_MAPA\\_Angelo\\_Bressan.pdf](http://faeg.org.br/webfaeg/arquivos/tecnicos/Sustentabilidade_Socio_Economica_Cana_MAPA_Angelo_Bressan.pdf)>. Acesso em: 03 ago. 2009.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). Disponível em: <<http://www.cetesb.sp.gov.br/>>. Acesso em: 07 jul. 2009.

COMPANHIA DE TECNOLOGIA DE SANEAMENTO AMBIENTAL (CETESB). *Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2006*. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), 2007. 184p. Relatório.

CONSELHO ESTADUAL DE POLÍTICA AMBIENTAL (COPAM). Deliberação normativa nº 74, de 9 set 2004: Estabelece critérios para classificação, segundo o porte e potencial poluidor, de empreendimentos e atividades modificadoras do meio ambiente passíveis de autorização ambiental de funcionamento ou de licenciamento ambiental no nível estadual, determina normas para indenização dos custos de análise de pedidos de autorização ambiental e de licenciamento ambiental, e dá outras providências. *Diário do Executivo – “Minas Gerais”*, Poder Executivo, Belo Horizonte, MG, 02 out 2004.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE (CONAMA). *Resolução número 003, de 28 jun 1990*: Dispõe sobre padrões de qualidade do ar, previstos no PRONAR. Brasília (DF): Diário Oficial da União; 22 ago 1990.

BRASIL. Ministério da Saúde. Sistema Único de Saúde. Datasus. Informações de Saúde: Epidemiológicas e Morbidade. Disponível em: <<http://tabnet.datasus.gov.br/cgi/defthtm.exe?sih/cnv/nimg.def>>. Acesso em: 29 maio 2009.

DUTRA, E. G. *et al.* *Projeto Inspeção Veicular: capacitação e avaliação inicial*. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), 2005. 93p. Relatório.

DUTRA, E. G., TAVARES, F. V. F., FERREIRA, F. D., FIORAVANTE, E. F. *Monitoramento da qualidade do ar no município de Vespasiano – 2009*. Belo Horizonte: Fundação Estadual do Meio Ambiente (FEAM), 2009. 43p. Relatório.

DUTRA, Elisete Gomides. *Metodologia Teórico-Experimental para Determinação dos Parâmetros Básicos para Elaboração de Inventários de Emissão de Veículos Leves do Ciclo Otto*. 2007. 166f. Tese (Doutorado em Calor e Fluidos) – Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

EAGLEMAN, J. R. *Air Pollution Meteorology*. Lenexa: Trimedia Publishing Company, 1991. 255p.

FUNDAÇÃO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE (FEAM). Disponível em: <[www.feam.br/](http://www.feam.br/)>. Acesso em: 06 maio 2009.

GODISH, T. *Air Quality*. 3.ed. New York: Lewis Publishers, 1997. 448p.

GOOGLE EARTH. Disponível em: <<http://earth.google.com/>>. Acesso em: 06 nov. 2009.

JACOMINO, V. M. F.; BARRETO, A. A.; PEIXOTO, C. M.; TAVARES, F. V. F.; SILVA, G.; FILHO, W. C. F.; FELICIANO, A. C. M. *Estudo de Dispersão Atmosférica Município de Sete Lagoas - MG*: Belo Horizonte: W.V.A. Assessoria e Consultoria Empresarial S/C Ltda, 2008. 93p. Relatório.

LACERDA, A.; LEROUX, T.; MORATA, T. Efeitos ototóxicos da exposição ao monóxido de carbono: uma revisão. *Pró-Fono Revista de Atualização Científica*, Barueri (SP), v. 17, n. 3, p. 403-412, set.-dez. 2005.

RADICCHI, A. L. A.; DIAS, E. C.; SILVEIRA, A. M.; SENNA, M. I. B.; FILOGÔNIO, C. J. B.; TRIVELATO, G.. Condições de trabalho e saúde na produção de cimento: proteção da saúde dos trabalhadores e da população residente no entorno da Fábrica de Cimentos Liz Vespasiano, MG. Belo Horizonte, 2008. Relatório Técnico (mimeo).

ROMANO, J. *et al.* *Relatório de Qualidade do Ar no Estado de São Paulo 2001*. São Paulo: Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), 2002. 130p. Relatório.

SALDIVA, P. H. N. *et al.* *Emissões de Poluentes Atmosféricos por Fontes Móveis e Estimativa dos Efeitos em Saúde em 6 Regiões Metropolitanas Brasileiras*. São Paulo: Laboratório de Poluição Atmosférica Experimental (LAPAE) – Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo (FMUSP), 2007. 70p. Relatório.

SALGADO, P. E. T. *Informações Gerais e Ecotoxicológicas de Material Particulado*. Salvador: Centro de Recursos Ambientais (CRA), 2003. (Cadernos de referência ambiental, 14).

SANTOLIM, L. C. D. *et al.* *Inventário de fontes de poluentes atmosféricos, estudo de dispersão atmosférica e projeto de rede otimizada de monitoramento atmosférico para a região metropolitana de Belo Horizonte - Contagem - Betim*. Vitória: ECOSOFT CONSULTORIA E SOFTWARES AMBIENTAIS LTDA, 2003. 517p. Relatório.

SHARMA, P.; KHARE, M. Modelling of vehicular exhausts: a review. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, India, v. 6, n.3, p. 179-198, May 2001.

SOUZA JÚNIOR., P. A. de *et al.* Air pollution investigation in Vitória metropolitan region, ES, Brazil. *Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry*, v. 246, n.1, p. 85-90, 2000.

TAVARES, Fernanda Vasconcelos Fonseca Tavares. *Estudo do Processo de Dispersão de Emissões Veiculares em uma Microrregião de Belo Horizonte Utilizando Simulação Numérica*. 153 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia das Radiações Minerais e Materiais) – Centro de Desenvolvimento da Tecnologia Nuclear, Belo Horizonte, 2009.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA), 1992. *Protocol for Determining the Best Performing Model*. EPA Publication n°. EPA-454/R-92-025 Environmental Protection Agency, Pacific Northwest, December, 1992.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA).  
Automobiles and Ozone. Disponível em:  
<<http://www.epa.gov/oms/consumer/04-ozone.pdf>>. Acesso em jun 2009.

UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (USEPA).  
Electronic Code of Federal Regulations, Title 40 - Protection of Environment.  
Disponível em: <<http://www.epa.gov>>. Acesso em: 11 jul. 2000.

## ANEXO I

### Empreendimentos em operação em Vespasiano por atividade e classe<sup>7</sup>

(Continua)

ATIVIDADE (DN 74/2004)	EMPREENDIMENTO	CLASSE
Atividades Agrossilvipastoris	CAFÉ DOM PEDRO	1
Atividades Agrossilvipastoris	SAINT-GOBAIN QUARTZOLIT LTDA	
Atividades Agrossilvipastoris	INDÚSTRIA E COMÉRCIO MARIANO E BARROS LTDA	1
Atividades de Infra-Estrutura	S & S MG 10 PARTICIPAÇÕES SPE LTDA	1
Atividades de Infra-Estrutura	EMCOP-EMPRESA DE CONTRUÇÕES E PROJETOS LTDA	
Atividades de Infra-Estrutura	CEMIG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A	III - A
Atividades de Infra-Estrutura	RESIDENCIAL PARK EMPREENDIMENTOS IMOBILIÁRIOS S/A	1
Atividades de Infra-Estrutura	GATX BONIFÁCIO LOGÍSTICA LTDA	II - A
Atividades de Infra-Estrutura	COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS	3
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	EMPRESA DE CIMENTOS LIZ S/A	6
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	DELP SERVIÇOS INDUSTRIAIS LTDA	III - A
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	HORÁCIO ALBERTINI COMERCIO INDÚSTRIA MECANICA LTDA	II - A
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	FRIOMAX INDÚSTRIA E COMÚRCIO DE REFRIGERAÇÃO LTDA	
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	MECAN-INDÚSTRIA E LOCAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA CONSTRUÇÃO LTDA	II - A
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	EMPRESA DE CIMENTOS LIZ S/A	5
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	FRIOMAX INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE REFRIGERAÇÃO LTDA	1
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	TECNOMETAL ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES MECÂNICAS.	5
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	BUCYRUS BRASIL LTDA	3
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	LOGGUEL LOCADORA DE EQUIPAMENTOS PARA CONSTRUÇÃO LTDA	1
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	PREMO CONSTRUÇÕES E EMPREENDIMENTOS S/A	4
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	COMPANHIA SEMEATO DE AÇOS- CSA	III - A
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	MIC SUPORTE LTDA	2

Fonte: Consulta de Dados do Sistema Integrado de Meio Ambiente (SIAM) da FEAM.

<sup>7</sup>A classe de um empreendimento é definida segundo o seu porte e potencial poluidor.

## ANEXO I

### Empreendimentos em operação em Vespasiano por atividade e classe

(Continua)

ATIVIDADE (DN 74/2004)	EMPREENHIMENTO	CLASSE
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	BELGO MINEIRA BEKAERT ARTEFATOS DE ARAME LTDA	III - B
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	MDE - MANUFATURA E DESENVOLVIMENTO DE EQUIPAMENTOS LTDA	1
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	FRIOMAX INDÚSTRIA E COMÉRCIO DE REFRIGERAÇÃO LTDA	1
Atividades Industriais / Indústria Química	STAR MIL ILUMINAÇÃO LTDA	
Atividades Industriais / Indústria Química	STEPAN QUÍMICA LTDA	III - A
Atividades Industriais / Indústria Química	INDÚSTRIA FARMACÊUTICA CATEDRAL LTDA.	1
Atividades Industriais / Indústria Química	FLOERVAS BIOCOSMÉTICOS INDÚSTRIA E COMÉRCIO LTDA	1
Atividades Industriais / Indústria Química	COMÉRCIO E INDÚSTRIA REFIA TE LTDA	2
Atividades Industriais / Indústria Química	CENTRAL BETON LTDA.	I - A
Atividades Industriais / Indústria Química	RAL ENGENHARIA LTDA	3
Atividades Industriais / Indústria Química	POLIMIX CONCRETO LTDA	1
Atividades Minerárias	AREIAO CARDOSO LTDA	
Atividades Minerárias	CERÂMICA MARRONI LTDA	
Atividades Minerárias	DRAGAGEM PIONEIRA LTDA	
Atividades Minerárias	ENGECARGA ENG. E CARGA LTDA	
Atividades Minerárias	MINERAÇÃO SINTAGMA	
Atividades Minerárias	OLARIA ESTRELA DALVA	
Atividades Minerárias	PEROBAS LTDA	
Atividades Minerárias	EXTRAÇÃO E COMÉRCIO DE AREIA COSTA LTDA	
Atividades Minerárias	EXTRAÇÃO DE AREIA	
Atividades Minerárias	EXTRAÇÃO DE AREIA	
Atividades Minerárias	CIA CIMENTO PORTLAND ITAU	

Fonte: Consulta de Dados do Sistema Integrado de Meio Ambiente (SIAM) da FEAM.

## ANEXO I

### Empreendimentos em operação em Vespasiano por atividade e classe

(Conclusão)

ATIVIDADE (DN 74/2004)	EMPREENDIMENTO	CLASSE
Atividades Minerárias	EMPRESA DE CIMENTOS LIZ S/A	III - A
Atividades Minerárias	ELISIO EUSTAQUIO DE AGUIAR LAPORAES	1
Serviços e Comércio Atacadista	POSTO CATAVENTO LTDA	1
Serviços e Comércio Atacadista	POSTO MG 10 LTDA	II - A
Serviços e Comércio Atacadista	POSTO SINALEIRO LTDA	3
Serviços e Comércio Atacadista	POSTO TIC TAC MG 010 LTDA	I - A
Serviços e Comércio Atacadista	UNIMETAL IND. COM. E EMPREENDIMENTOS LTDA	1
Serviços e Comércio Atacadista	CIA ATUAL DE TRANSPORTES	1
Serviços e Comércio Atacadista	ICAL - INDÚSTRIA DE CALCINAÇÃO LTDA	1
Serviços e Comércio Atacadista	JD COMBUSTÍVEIS LTDA	1
Serviços e Comércio Atacadista	POSTO DE COMBUSTIVEIS ENERGIA LTDA	1
Serviços e Comércio Atacadista	POSTO DE COMBUSTIVEIS ENERGIA LTDA	1
Serviços e Comércio Atacadista	POSTO TIC TAC MG 010 LTDA	1
Serviços e Comércio Atacadista	VIACAO MORRO ALTO LTDA	1
Serviços e Comércio Atacadista	EMPRESA DE CIMENTOS LIZ S/A	5
Serviços e Comércio Atacadista	TRANSVALENTE LOGÍSTICA LTDA	5

Fonte: Consulta de Dados do Sistema Integrado de Meio Ambiente (SIAM) da FEAM.

## ANEXO II

Empreendimentos de classes II e III (DN 01/1990) e classes 3 a 6 (DN 74/2004)  
em operação em Vespasiano por atividade e significância de emissão  
atmosférica<sup>1</sup>

ATIVIDADE	EMPREENDIMENTO	EMISSIONES ATMOSFÉRICAS
Atividades Agrossilvipastoris	CAFÉ DOM PEDRO LTDA	SIGNIFICATIVA
Atividades de Infra-Estrutura	CEMIG GERAÇÃO E TRANSMISSÃO S.A	NÃO SIGNIFICATIVA
Atividades de Infra-Estrutura	GATX BONIFÁCIO LOGÍSTICA LTDA	NÃO SIGNIFICATIVA
Atividades de Infra-Estrutura	COMPANHIA DE SANEAMENTO DE MINAS GERAIS	NÃO SIGNIFICATIVA
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	HORÁCIO ALBERTINI COMERCIO INDÚSTRIA MECÂNICA LTDA	NÃO SIGNIFICATIVA
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	BUCYRUS BRASIL LTDA	NÃO SIGNIFICATIVA
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	BELGO MINEIRA BEKAERT ARTEFATOS DE ARAME LTDA	NÃO SIGNIFICATIVA
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	EMPRESA DE CIMENTOS LIZ S/A	SIGNIFICATIVA
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	DELP SERVIÇOS INDUSTRIAIS LTDA	SIGNIFICATIVA
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	MECAN-INDÚSTRIA E LOCAÇÃO DE EQUIPAMENTOS PARA CONSTRUÇÃO LTDA	SIGNIFICATIVA
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	TECNOMETAL ENGENHARIA E CONSTRUÇÕES MECÂNICAS.	SIGNIFICATIVA
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	PREMO CONSTRUÇÕES E EMPREENDIMENTOS S/A	SIGNIFICATIVA
Atividades Industriais / Indústria Metalúrgica e Outras	COMPANHIA SEMENTO DE AÇOS- CSA	SIGNIFICATIVA
Atividades Industriais / Indústria Química	STEPAN QUÍMICA LTDA	SIGNIFICATIVA
Atividades Industriais / Indústria Química	RAL ENGENHARIA LTDA	SIGNIFICATIVA
Serviços e Comércio Atacadista	POSTO MG 10 LTDA	NÃO SIGNIFICATIVA
Serviços e Comércio Atacadista	POSTO SINALEIRO LTDA	NÃO SIGNIFICATIVA
Serviços e Comércio Atacadista	TRANSVALENTE LOGÍSTICA LTDA	NÃO SIGNIFICATIVA

<sup>1</sup>Significância definida pela análise das taxas de emissão totais dos empreendimentos.

Fonte: Consulta de Dados do Sistema Integrado de Meio Ambiente (SIAM).