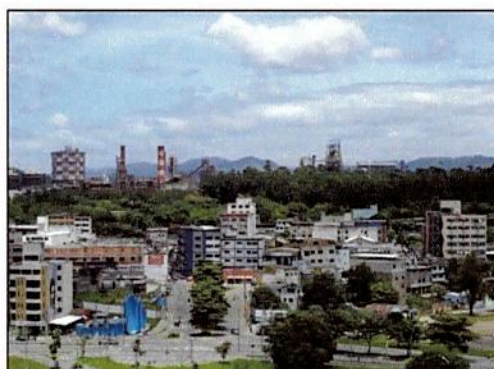




DIMENSIONAMENTO DA REDE AUTOMÁTICA DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR E METEOROLOGIA DE IPATINGA

RTC08045





Usinas Siderúrgicas de Minas Gerais - USIMINAS

**DIMENSIONAMENTO DA REDE AUTOMÁTICA DE
MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR E
METEOROLOGIA DE IPATINGA**

RTC08045

**Ipatinga - MG
Setembro de 2008**

CONTEÚDO

1.	INTRODUÇÃO	3
1.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	3
1.2	METODOLOGIA UTILIZADA	5
1.3	DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	5
2.	INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS	7
2.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	7
2.2	LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DAS FONTES EMISSORAS	8
2.2.1	CARACTERÍSTICAS DAS FONTES EMISSORAS	11
3	MODELAGEM MATEMÁTICA DA DISPERSÃO ATMOSFÉRICA DE POLUENTES	40
3.1	DESCRIÇÃO DO MODELO	40
3.2	ANÁLISE DE CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS APLICADAS À MODELAGEM DA QUALIDADE DO AR	40
3.3	CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	50
3.4	INFLUÊNCIA DAS FONTES INVENTARIADAS NA QUALIDADE DO AR DA REGIÃO DE IPATINGA	51
3.4.1	RESULTADOS DA MODELAGEM	51
4.	DIMENSIONAMENTO DA REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR	60
4.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS	60
4.2	METODOLOGIA DE OTIMIZAÇÃO EMPREGADA NO PROJETO DA REDE.....	61
4.3	FIGURAS DE MÉRITO	62
4.4	ESFERAS DE INFLUÊNCIA	63
4.5	ESTAÇÕES CANDIDATAS A INTEGRAREM A RAMQAM DE IPATINGA	67
4.6	CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA RAMQAM-IPATINGA	73
4.7	ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS DAS TECNOLOGIAS DOS EQUIPAMENTOS	85
4.7.1	EQUIPAMENTOS PARA A MEDIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE GASES E PARTÍCULAS NA ATMOSFERA.....	85
4.7.2	EQUIPAMENTOS PARA A MEDIÇÃO DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS	91
4.7.3	EQUIPAMENTOS PARA A AQUISIÇÃO E TELEMETRIA DE DADOS DE QUALIDADE DO AR E METEOROLOGIA.....	92
5.	CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	96
6.	EQUIPE TÉCNICA	99
7.	BIBLIOGRAFIA	100

1. INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O presente Relatório Técnico apresenta os estudos realizados para o dimensionamento de uma Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia para a cidade de Ipatinga (RAMQAM-Ipatinga), capaz de quantificar continuamente as concentrações dos poluentes atmosféricos regulamentados pela Resolução Conama 03 de 1990, incluindo ainda parâmetros complementares, conforme listado a seguir:

- ☐ Partículas totais em suspensão (PTS);
- ☐ Partículas inaláveis menores que 10 µm (PI);
- ☐ Dióxido de enxofre (SO₂);
- ☐ Óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de nitrogênio (NO) e dióxido de nitrogênio (NO₂);
- ☐ Monóxido de carbono (CO);
- ☐ Ozônio (O₃);
- ☐ Hidrocarbonetos totais (HCT), metano (CH₄) e hidrocarbonetos não-metano (HCnM);
- ☐ Benzeno, tolueno e xileno (BTX);
- ☐ Direção do vento (DV);
- ☐ Velocidade do vento (VV);
- ☐ Temperatura do ar (TA);
- ☐ Umidade relativa do ar (UR);
- ☐ Precipitação pluviométrica (PP);
- ☐ Pressão atmosférica (PA), e
- ☐ Radiação solar (RS).

A RAMQAM-Ipatinga foi projetada para proporcionar a máxima cobertura da área urbana de Ipatinga, notadamente das áreas de maior mérito, a partir da utilização de 4 estações de monitoramento adquiridas pela Usiminas, em cumprimento ao atendimento às condicionantes de nº 3, 4 e 5 da Licença de Instalação Nº 113/2006, referente à implantação da Coqueria nº 3, e ao item nº 6 do Termo de Ajustamento de Conduta com o Ministério Público do Estado de Minas Gerais, firmado em julho de 2006. Além disso, a rede foi projetada para cobrir a influência das fontes emissoras de poluentes atmosféricos de toda cidade e não somente as fontes da Usiminas, no intuito de proporcionar informações mais abrangentes e significativas da qualidade do ar de Ipatinga, viabilizando uma gestão mais integrada e eficaz do tema.

O projeto de rede de monitoramento ora desenvolvido considera a situação atual e as alterações do inventário de emissões atmosféricas decorrentes das melhorias propostas para a Revalidação da Licença de Operação, o que proporciona a obtenção de uma RAMQAM já devidamente adequada a essa realidade.

Para o dimensionamento dessa rede foi elaborado um criterioso inventário de fontes emissoras de poluentes atmosféricos, utilizando-se como base o regime de produção da Usiminas projetada para 2008, além das emissões das principais vias de tráfego urbanas existentes na região de estudo, bem como as emissões atuais provenientes de outras 24 empresas existentes na região de Ipatinga e seu entorno, cujas atividades também contribuem para alterar os níveis de poluentes atmosféricos da região de estudo.

O inventário de emissões atmosféricas da Usiminas e das demais empresas catalogadas foi realizado a partir de informações do processo produtivo fornecidas pelas próprias empresas, documentações de processos de licenciamento, visitas de campo, medições diretas, balanço de massa e fatores de emissão recomendados pela U.S. EPA (*United States Environmental Protection Agency*) e pela EC (*European Commission*). Todas as informações fornecidas foram avaliadas e consistidas, visando garantir a qualidade dos dados utilizados.

No inventário de emissões atmosféricas, foram considerados os seguintes poluentes: material particulado (MP); material particulado menor que 10 μm (MP₁₀), dióxido de enxofre (SO₂); óxidos de nitrogênio (NO_x), monóxido de carbono (CO), compostos orgânicos voláteis (COV) e benzeno. O poluente ozônio (O₃) não foi considerado no inventário de emissões atmosféricas do presente estudo por não ser emitido em escala significativa em nenhuma fonte existente ou prevista.

Para a configuração da rede automática de monitoramento, as respectivas localizações estratégicas das estações foram determinadas com base na metodologia denominada de Figuras de Mérito (FOM) e Esferas de Influência (SOI). Este método já se mostrou bastante eficiente no projeto de redes de monitoramento da qualidade do ar nos Estados Unidos da América e na Europa, já tendo sido utilizado com sucesso também em outros projetos de redes de monitoramento no Brasil, como é o caso de Vitória-ES, Belo Horizonte-MG, Baixada Fluminense-RJ, Itabira-MG, Volta Redonda-RJ, Barra Mansa-RJ, São Luís-MA, Carajás-PA, Ouro Branco-MG, Rio de Janeiro-RJ, dentre outros.

A determinação das Figuras de Mérito e das Esferas de Influência exige a aplicação de um modelo matemático de dispersão atmosférica, que por sua vez necessita do inventário detalhado de emissões atmosféricas, informações refinadas da micrometeorologia da região e ainda das características do relevo, uso e ocupação do solo da área de estudo.

As condições meteorológicas atuam fortemente nos fenômenos de dispersão e remoção de poluentes da atmosfera. Para a aplicação no modelo, foram utilizadas informações meteorológicas geradas pela Estação Meteorológica Usiminas, localizada na Estação de Tratamento de Água Potável (ETAP), além de informações de altitude e superfície (tridimensionais) geradas por modelagem meteorológica de mesoescala. O modelo meteorológico utilizado foi o Weather Research and Forecasting Model (WRF), reproduzindo as condições meteorológicas ocorridas em toda a região, de hora a hora, de agosto de 2004 a agosto de 2007. Trata-se de uma abordagem que representa o estado da arte em modelagem meteorológica para o estudo da qualidade do ar, consagrada e utilizada mundialmente.

A partir da série de dados gerada pelo modelo WRF (WRF, 2008), o estudo de dispersão atmosférica foi realizado utilizando o modelo matemático denominado AERMIC *Model* - AERMOD (EPA, 2004), desenvolvido por um comitê misto composto pela *American Meteorological Society* (AMS) e pela *Environmental Protection Agency* (EPA), denominado AERMIC-AMS/EPA *Regulatory Model Improvement Committee*.

Os cenários de qualidade do ar resultantes da modelagem atmosférica, apresentados na forma de mosaico de concentração de poluentes sobre imagem de satélite, propiciam uma observação direta da distribuição espacial de poluentes em Ipatinga, assim como as áreas mais frequentemente impactadas. Associando-se tais cenários com a distribuição populacional, tem-se o que denominamos de Figuras de Mérito. Na sequência, as Esferas de Influência de cada estação de monitoramento foram calculadas, demonstrando a área coberta por cada estação para cada poluente nela medido.

Finalmente, utilizando-se toda base de informações obtidas nas etapas anteriores, foi realizado o dimensionamento otimizado da RAMQAM, constituída de 4 estações de medição

estrategicamente localizadas, equipadas com monitores automáticos e interligadas via telemetria com um Centro Supervisório de Monitoramento da Qualidade do Ar (CSMQA).

1.2 METODOLOGIA UTILIZADA

Em resumo, as principais etapas desenvolvidas para o dimensionamento otimizado da RAMQAM - Ipatinga são apresentadas a seguir:

- ❑ Reconhecimento e demarcação da área de estudo, caracterização geográfica e de uso e ocupação do solo;
- ❑ Levantamento de informações históricas de meteorologia e obtenção de dados meteorológicos de reanálise através de modelagem numérica. Análise, validação e compilação dos dados obtidos;
- ❑ Compilação do inventário de fontes emissoras de poluentes atmosféricos existentes na Usiminas;
- ❑ Execução de medições de emissões atmosféricas em fontes difusas da Usiminas, visando refinar o inventário desse tipo de fonte;
- ❑ Levantamento e inventário das principais fontes emissoras de poluentes provenientes das demais empresas (além da Usiminas) existentes em Ipatinga. Esta etapa foi executada com o apoio técnico da Secretaria Municipal de Meio Ambiente de Ipatinga;
- ❑ Identificação, contagem de fluxo e quantificação das emissões atmosféricas das vias de tráfego urbanas mais significativas de Ipatinga;
- ❑ Geração de cenários de qualidade do ar abrangendo toda a região de estudo, através de modelagem matemática da dispersão de poluentes;
- ❑ Visita de campo à região estudada para levantamento de locais candidatos a sediar estações de monitoramento;
- ❑ Avaliação das Esferas de Influência de cada local candidato identificado, para cada poluente considerado;
- ❑ Dimensionamento final da RAMQAM, utilizando-se a técnica de Figuras de Mérito e Esferas de Influência;

1.3 DESCRIÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

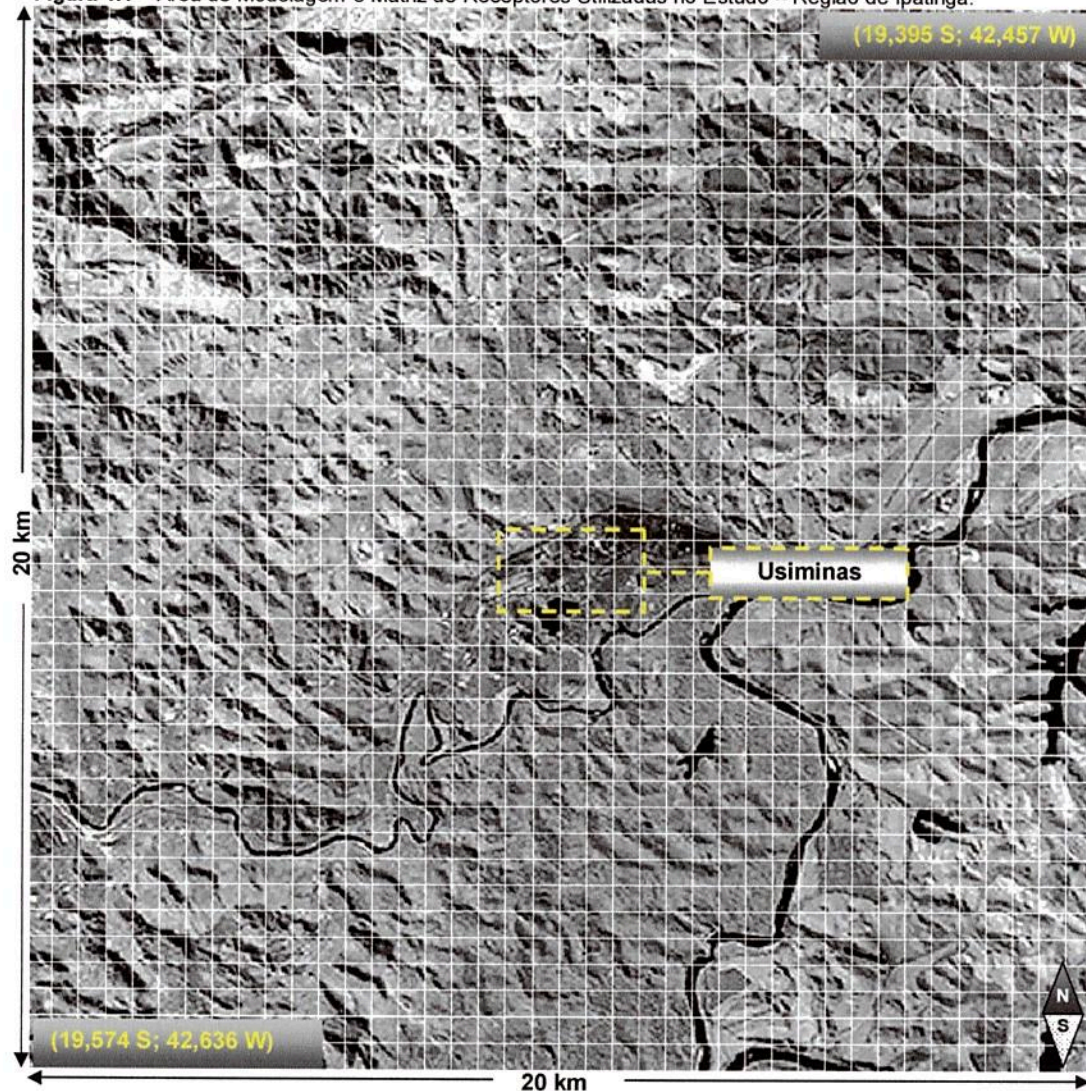
A rede de monitoramento da qualidade do ar, objeto do presente estudo, deverá ser capaz de proporcionar a maior cobertura espacial possível para a área de influência direta das emissões atmosféricas mais significativas de Ipatinga (Usiminas, outras 24 empresas e vias de tráfego), utilizando 4 estações de medição automatizadas.

Desta forma, uma área de estudo de 400 km² foi definida e demarcada (Área de Modelagem), através de sucessivas modelagens preliminares de qualidade do ar, verificando a região de dispersão onde as plumas de poluentes, oriundas das fontes emissoras de poluentes inventariadas, se extinguem, garantido assim a representatividade da área demarcada. Para a aplicação do modelo atmosférico, a área de estudo foi particionada em uma matriz de receptores de 40 linhas e 40 colunas, totalizando 1600 células de aproximadamente 500 metros de lado.

As informações de topografia da região estudada são fundamentais para a modelagem de dispersão dos poluentes. Neste estudo utilizou-se uma matriz de relevo com dimensões idênticas às da matriz de receptores.

A Figura 1.1 apresenta a área de modelagem utilizada neste estudo devidamente particionada, conforme descrito. Essa área serviu de base para a geração dos cenários de qualidade do ar e para o dimensionamento da rede de monitoramento da qualidade do ar.

Figura 1.1 – Área de Modelagem e Matriz de Receptores Utilizadas no Estudo – Região de Ipatinga.



2. INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE POLUENTES ATMOSFÉRICOS

Neste capítulo é apresentado o inventário de emissões atmosféricas utilizado na execução da modelagem matemática da dispersão de poluentes.

2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A identificação das fontes emissoras de poluentes atmosféricos, existentes e previstas para a ampliação da Usiminas, bem como a quantificação e qualificação dessas emissões, constituem-se em subsídio fundamental para o desenvolvimento do projeto da rede otimizada desejado. Como a RAMQAM será projetada para a cidade de Ipatinga, e não somente para a Usiminas, as demais fontes significativas emissoras de poluentes atmosféricos da cidade foram também inventariadas, incluindo outros empreendimentos e as vias de tráfego de Ipatinga.

A partir dessas informações, devidamente consistidas, foi realizada a alimentação do modelo matemático de dispersão empregado para a determinação do impacto desse conjunto de fontes na qualidade do ar de Ipatinga. Como o inventário de fontes envolve as emissões significativas da cidade, os cenários gerados representam uma condição abrangente para a qualidade do ar de Ipatinga para o ano de 2008, envolvendo a sinergia atualmente projetada.

O inventário de emissões atmosféricas das fontes emissoras foi realizado a partir de informações fornecidas pelo empreendedor e/ou obtidas das documentações dos processos de licenciamento ambiental, além da realização de visitas de campo, medições, consulta de dados de monitoramento, projetos e, quando necessário, complementado com fatores de emissão (AP-42) recomendados pela EPA ou EC.

Os poluentes considerados no inventário de emissões são aqueles ditos convencionais, e/ou regulamentados pelas resoluções CONAMA 03/1990 (que estabelece padrões primários e secundários de qualidade do ar a serem obedecidos na região de estudo), e/ou são precursores da formação de poluentes secundários na atmosfera. São eles: material particulado (MP), material particulado menor que 10 μm (MP_{10}), dióxido de enxofre (SO_2), óxidos de nitrogênio (NO , NO_2 , NO_x), o monóxido de carbono (CO), os compostos orgânicos voláteis (COV, incluindo HCT, HCnM e CH_4) e o benzeno. A escolha dos parâmetros citados é ainda justificada pela significância de suas emissões nas tipologias de fontes das atividades produtivas existentes na região de Ipatinga.

Deve ser ressaltado que o poluente ozônio (O_3) não foi considerado no inventário de emissões atmosféricas do presente estudo por não ser emitido em escala significativa em nenhuma fonte existente ou prevista. O ozônio existente na troposfera é um poluente secundário, formado por complexas reações fotoquímicas, com a participação dos óxidos de nitrogênio, compostos orgânicos voláteis e outros catalisadores disponíveis na baixa atmosfera.

2.2 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DAS FONTES EMISSORAS

No inventário de fontes emissoras de poluentes atmosféricos realizado para Ipatinga, foram identificadas e caracterizadas um total de 581 fontes significativas. Destas, 414 estão localizadas na área da Usiminas (30 fontes são vias internas), 86 fontes pertencem às 24 outras empresas identificadas e 81 são vias de tráfego urbanas de maior expressão.

Para melhor organizar os resultados obtidos, as diversas fontes inventariadas foram organizadas em algumas tabelas e imagens classificadas e agrupadas quanto à tipologia, conforme listado na Tabela 2.1.

Tabela 2.1 – Grupos de Fontes Identificadas no Inventário de Emissões Atmosféricas

Grupo	Tipos de Fontes
Fontes Móveis	Vias de tráfego pavimentadas e não pavimentadas.
Fontes Pontuais	Chaminés e dutos de exaustão.
Fontes Áreas	Áreas erosivas expostas à ação dos ventos.
Fontes Difusas	Britadores, correias transportadoras, cargas e descargas de materiais em pátios, granulação de escória, pilhas, chaminés e dutos com difusores, aquecimento de panela, desenformamento e vazamento de portas da coqueria, etc...
Fontes Fugitivas	Processos de manuseio de produtos voláteis, vazamentos em válvulas, bombas, compressores, respiros, etc...

A Figura 2.1 apresenta a localização das fontes internas à Usiminas. A Figura 2.2 apresenta uma vista geral de todas as fontes inventariadas na região de estudo, consideradas no dimensionamento da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia de Ipatinga.

Figura 2.1 – Localização das Fontes Emissoras Inventariadas na Área da Usminas

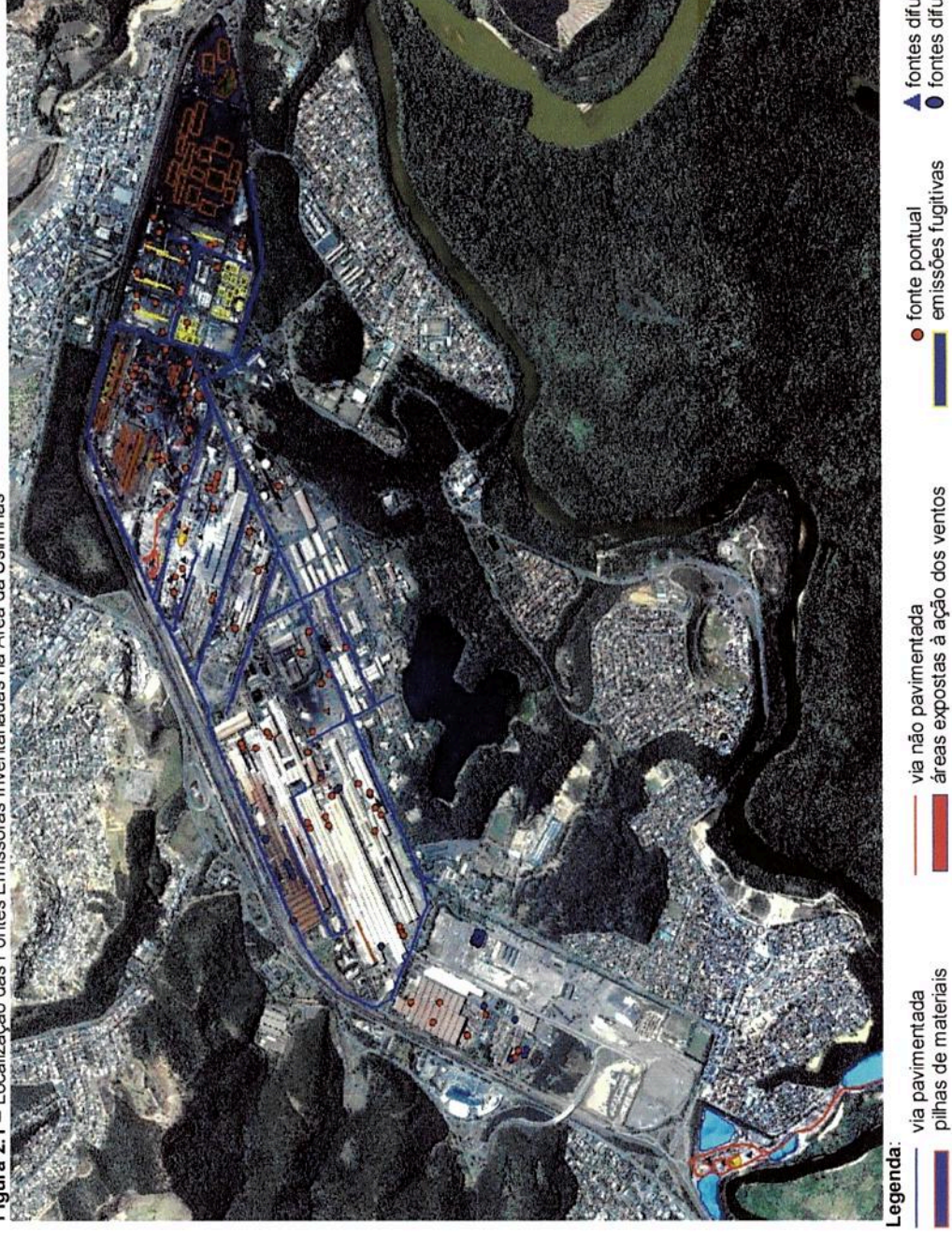
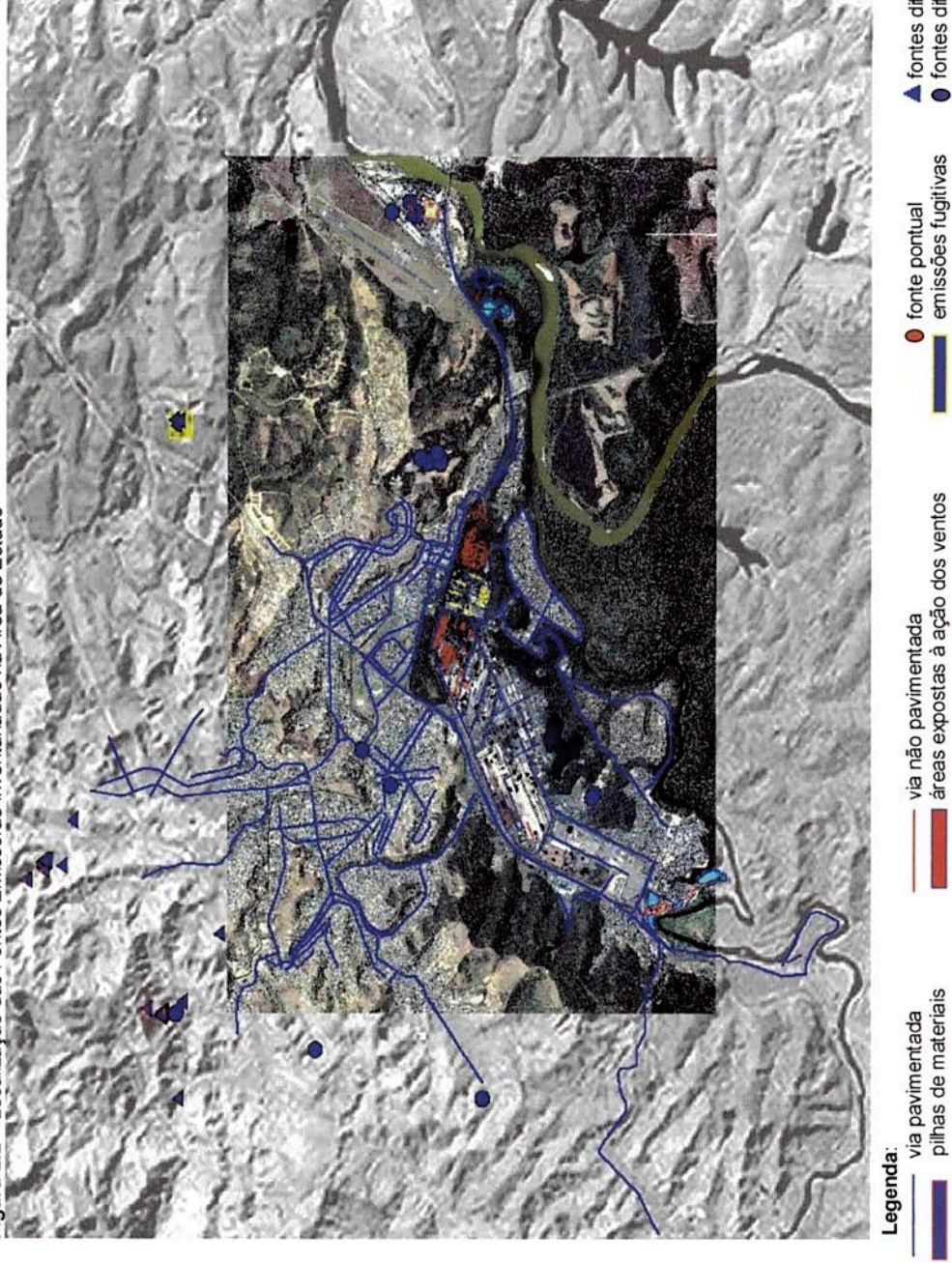


Figura 2.2 – Localização das Fontes Emissoras Inventariadas na Área de Estudo



2.2.1 CARACTERÍSTICAS DAS FONTES EMISSORAS

A Tabela 2.2 apresenta a síntese do inventário das fontes emissoras de poluentes atmosféricos da Usiminas. Vale ressaltar que os valores apresentados nas tabelas abaixo dizem respeito à produção da usina projetada para o ano de 2008, associadas às melhorias propostas para a revalidação da Licença de Operação.

Tabela 2.2 – Resumo do Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas

Grupo	Nº de Fontes	MP [kg/h]	MP ₁₀ [kg/h]	CO [kg/h]	SO ₂ [kg/h]	NO _x [kg/h]	COV [kg/h]	Benzeno [kg/h]
Fontes Pontuais	81	404,54	284,26	13.756,21	863,84	723,05	89,02	6,33
Emissões Difusas	248	373,68	221,08	11,19	59,73	18,72	7,07	1,04
Fontes Móveis Internas	30	107,02	58,28	45,10	0,68	10,17	4,74	-
Emissões Fugitivas	24	-	-	-	-	-	38,44	11,66
Fontes Área	6	30,82	3,43	-	-	-	-	-
Totais	389	916,06	567,05	13.812,50	924,25	751,94	139,27	19,03

A Tabela 2.3 apresenta o percentual de contribuição por poluente, para cada grupo de fontes emissoras da Usiminas, considerado no inventário de emissões atmosféricas realizado.

Tabela 2.3 – Percentual de Contribuição por Grupo de Fonte Emissora

Grupo	MP [%]	MP ₁₀ [%]	CO [%]	SO ₂ [%]	NO _x [%]	COV [%]	Benzeno [%]
Fontes Pontuais	44,16	50,13	99,59	93,46	96,16	63,92	33,26
Fontes Difusas	40,79	38,99	0,08	6,46	2,49	5,08	5,47
Fontes Móveis Internas	11,68	10,28	0,33	0,07	1,35	3,40	-
Emissões Fugitivas	-	-	-	-	-	27,60	61,27
Fontes Área	3,36	0,60	-	-	-	-	-

Analisando os dados apresentados nas Tabelas 2.2 e 2.3, nota-se que o grupo de fontes denominado “Fontes Pontuais” é o principal responsável pela emissão dos poluentes material particulado (MP), material particulado menor que 10 µm (MP₁₀), monóxido de carbono (CO), dióxido de enxofre (SO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e compostos orgânicos voláteis (COV). O grupo “Fontes Difusas” apresenta grandes emissões de MP e MP₁₀, enquanto o grupo “Emissões Fugitivas” é responsável por uma grande contribuição de COV, além das maiores taxas de emissão de benzeno, esse último proveniente prioritariamente das áreas de coquerias e carboquímicos.

A Tabela 2.4 apresenta a quantificação das emissões atmosféricas distribuídas nos principais processos industriais da planta industrial da Usiminas.

Tabela 2.4 – Emissões Atmosféricas por Área/Processo Industrial da Usiminas

Gerência	Taxa de Emissão de Poluentes [kg/h]						
	MP	MP ₁₀	CO	SO ₂	NO _x	COV	Benzeno
Preparação de Carvão e Coqueria	62,94	39,46	102,43	21,54	225,88	27,17	7,29
Matérias-primas e Sinterização	311,22	152,54	12.876,72	518,70	301,38	59,19	-
Alto-forno	181,75	132,30	383,56	200,84	52,87	-	-
Laminação a Frio	7,27	6,45	5,86	29,72	6,99	0,29	-
Laminação a Quente	13,93	12,56	18,12	22,20	13,82	0,96	-
Produção e Distribuição Energia e Utilidades	65,71	59,46	57,85	92,84	53,35	3,49	-
Laminação de Chapas Grossas	25,00	22,50	28,26	17,10	27,18	2,05	-
Aciaria	125,46	68,43	290,43	17,32	57,91	0,43	-
Encruamento e Galvanização Eletrolítica	9,56	9,56	3,38	3,20	1,30	0,11	-
Produtos Carboquímicos e Laboratório	-	-	<0,01	0,11	<0,01	38,44	11,66
Manutenção Mecânica	2,68	2,39	0,24	<0,01	0,44	1,21	-
Fundição e Forjaria	3,53	3,13	0,54	<0,01	0,65	1,19	0,08
Fontes Móveis Internas	107,02	58,28	45,10	0,68	10,17	4,74	-
Aterro Industrial - Feitosa	<0,01	<0,01	-	-	-	-	-
Totais	916,06	567,05	13.812,50	924,25	751,94	139,27	19,03

A Tabela 2.5 apresenta a síntese das outras fontes emissoras de poluentes atmosféricos externas à Usiminas inventariadas da região de estudo. Foram contempladas no inventário as principais vias de tráfego urbanas, bem como a emissão de outras 24 empresas da região de Ipatinga e seu entorno, cujas emissões foram consideradas significativas, ou seja, potencialmente capazes de produzir alterações perceptíveis na qualidade do ar na área de estudo.

Tabela 2.5 – Emissões Atmosféricas das Vias de Tráfego Urbanas e Empresas de Ipatinga

Empreendimento	Nº de Fontes	MP [kg/h]	MP ₁₀ [kg/h]	CO [kg/h]	SO ₂ [kg/h]	NO _x [kg/h]	COV [kg/h]	Benzeno [kg/h]
APRI	1	0,06	0,05	0,11	<0,01	0,09	<0,01	<0,01
CENTRAL DE RESÍDUOS VALE DO AÇO	4	<0,01	<0,01	2,17	-	-	191,30	-
CIMENTO CAUÊ	14	3,97	2,19	-	-	-	-	-
CIPALAM	2	0,25	0,20	0,26	17,46	1,00	-	-
CONSTRUTORA ÁPIA LTDA.	2	0,02	0,02	0,20	2,07	0,14	-	-
EMBASIL	2	-	-	-	-	-	0,34	-
CONCRETOS ROLIM	5	0,33	0,09	-	-	-	-	-
BARROMINAS	1	<0,01	<0,01	<0,01	-	0,03	-	-
INDÚSTRIA DE PRODUTOS ALIMENTÍCIOS ANDRADE	1	0,06	0,05	0,11	<0,01	0,09	<0,01	<0,01
COMPENSADOS TREVO	1	0,06	0,05	0,11	<0,01	0,09	<0,01	<0,01
KAPARAÓ IND. E COM. LTDA	1	0,37	0,33	0,68	0,03	0,55	0,02	<0,01
LATICÍNIO MANIA LTDA	1	0,06	0,05	0,11	<0,01	0,09	<0,01	<0,01
LAVANDERIA SOUZA & FILHO	1	0,09	0,08	0,28	0,10	0,23	<0,01	<0,01
PEDREIRA MADALENA	16	5,83	1,45	-	-	-	-	-
ZUM LAVANDERIA LTDA	1	0,27	0,24	0,50	0,02	0,41	0,01	<0,01
TAC	1	7,50	3,75	-	-	-	-	-
DURALIPTO	1	0,06	0,05	0,10	<0,01	0,08	<0,01	<0,01
TECAP – Chácara Madalena	1	2,22	1,11	-	-	-	-	-
TECAP - Taúbas	1	2,22	1,11	-	-	-	-	-
SUPERMIX CONCRETO	5	0,44	0,11	-	-	-	-	-
PEDREIRA ROLIM	16	2,46	0,62	-	-	-	-	-
SHIARA ALIMENTOS	2	0,11	0,10	0,20	<0,01	0,16	<0,01	<0,01
LAFARGE	5	0,36	0,10	-	-	-	-	-
FUNDILESTE	1	0,31	0,28	3,27	0,02	-	-	-
VIAS DE TRÁFEGO URBANAS (Total das 81 vias inventariadas)	81	10,41	9,96	673,76	3,43	98,03	80,80	-
Totais	167	37,46	22,00	681,87	23,16	100,99	272,49	0,02

As Tabelas 2.6 a 2.10 apresentam o detalhamento do inventário das fontes emissoras da Usiminas, de acordo com o grupo pertencente (Fontes Pontuais, Fontes Móveis Internas, Fontes Difusas, Emissões Fugitivas e Fontes Área), considerando as emissões projetadas para o ano de 2008, associadas às melhorias propostas para a revalidação da Licença de Operação.

Os resultados apresentados nessa seção foram compilados através da utilização do software SIA-Atmos 4.6 e são uma síntese das informações catalogadas durante esse estudo. A caracterização completa do inventário pode ser encontrada no Anexo A, que detalha todo o memorial de cálculo realizado.

Tabela 2.6 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usminas – Fontes Pontuais

Fonte Emissora	X [UTM]		Y [UTM]		D	Q	T	H	Z	MP	MP ₁₀	COV	SO ₂	NO _x	CO	Benzeno
	m	m	m	m	m	Nm ³ /s	°C	m	m	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s
Chaminé - Moagem de Carvão (planta 2) - PCI	759515		7843585		1,8	8,0	91,0	33,5	250,0	169,44	150,00	-	8,33	119,44	-	-
Chaminé - Moagem de Carvão (planta 3) - PCI	759500		7843590		1,8	7,4	95,0	33,5	250,0	130,56	119,44	-	8,33	140,28	-	-
Chaminé - Sist. Desp. Desentramento da Coqueria 2	759289		7844160		3,2	69,1	33,0	35,5	248,0	2.169,44	938,89	1.783,36	2.299,59	455,23	1.501,78	750,89
Chaminé - Exaustor Principal MS 1	758855		7844215		4,3	55,1	134,0	50,0	246,0	2.202,78	1.322,22	2.968,18	32.111,11	15.115,76	645.855,05	-
Chaminé - Exaustor Principal MS 2	758910		7844190		6,7	143,9	144,0	70,0	246,0	7.191,67	4.313,89	6.735,09	73.500,00	34.299,05	1.465.504,74	-
Chaminé - Exaustor Principal MS 3	758945		7844175		4,3	139,2	136,0	77,0	247,0	9.741,67	5.847,22	6.735,09	38.472,22	34.299,05	1.465.504,74	-
Chaminé - PE Desp. Sec. MS 2 (EG-08)	758900		7844125		4,0	133,3	128,0	41,0	246,0	5.330,56	1.705,56	-	-	-	-	-
Chaminé - Desp. Sec. MS 2 (F. 10 câmaras)	758792		7844017		3,2	158,2	33,0	41,0	243,0	4.744,44	1.519,44	-	-	-	-	-
Chaminé - Desp. Sec. MS 2 (F. 8 câmaras)	758750		7844105		2,5	61,0	38,0	32,0	244,0	1.050,00	333,33	-	-	-	-	-
Chaminé - Desp. Sec. MS 3 (EG 49)	759025		7844010		3,8	103,3	122,0	41,0	245,0	4.130,56	1.322,22	-	-	-	-	-
Chaminé - Desp. Sec. MS 3 (F. 8 câmaras)	758990		7844105		3,2	90,2	37,0	35,5	246,0	1.605,56	513,89	-	-	-	-	-
Chaminé - Câmara de combustão Coqueria 2 BAT - 3	759395		7844155		3,5	27,4	50,0	120,0	248,0	1.366,67	1.311,11	1.102,87	572,22	19.241,50	7.978,18	175,99
Chaminé - Câmara de combustão Coqueria 2 BAT - 4	759315		7843915		4,8	27,4	50,0	120,0	247,0	1.366,67	1.311,11	1.102,87	572,22	19.241,50	7.978,18	175,99
Chaminé - Desp. Área de Matéria Prima - AF 1	758795		7843835		3,2	85,4	32,0	35,5	240,0	761,11	683,33	-	-	-	-	-
Chaminé - Desp. Área de Matéria Prima - AF 2	758505		7844040		3,2	92,8	32,0	35,5	243,0	1.461,11	1.313,89	-	-	-	-	-
Chaminé - Sist. Desp. Úmido Lav. Gás AF 3 (S-1,EG11-A)	758850		7843900		1,7	34,0	33,0	10,0	242,0	605,56	544,44	-	-	-	-	-
Chaminé - Sist. Desp. Úmido Lav. Gás AF 3 (S-2, EG11 B)	758815		7843910		1,7	39,7	30,0	10,0	242,0	555,56	500,00	-	-	-	-	-
Chaminé - Bag-filter Desp. Dessulfuração de Gusa	758812		7843840		3,0	56,5	19,0	25,0	240,0	1.111,11	822,22	-	-	-	-	-
Chaminé - Desp. Transp. Coque p/ AF (EG 11-C)	758904		7843851		3,2	68,2	32,0	35,5	242,0	494,44	158,33	-	-	-	-	-
Chaminé - Regenerador de Gás AF's 1 e 2	758653		7843890		5,2	60,1	150,0	80,0	242,0	2.008,33	1.808,33	-	18.350,00	4.256,28	36.334,10	-
Chaminé - Regenerador de Gás AF 3	758470		7843910		4,3	81,4	150,0	80,0	243,0	3.047,22	2.741,67	-	21.550,00	8.224,69	70.210,80	-
Chaminé - Sist. Desp. Úmido Coque-Buncker (EG 24)	758966		7843880		2,5	42,0	38,0	20,0	242,0	1.583,33	505,56	-	-	-	-	-
Chaminé - PE da Máquina de Escarificação	757595		7843300		3,4	69,4	26,0	19,8	244,0	1.838,89	1.655,56	58,67	0,01	800,00	448,00	-
Chaminé - Desp. Sec. da Aciação 1	757715		7843655		3,8	148,8	29,0	24,7	243,0	1.960,00	1.313,89	-	-	-	-	-
Chaminé - Bag-filter do Forno Panela da AC 1	757985		7843530		3,0	44,1	43,0	24,7	245,0	869,44	661,11	-	-	-	-	-

Continuação da Tabela 2.6 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas – Fontes Pontuais

Fonte Emissora	X [UTM]		Y [UTM]		D	Q	T	H	Z	MP	MP ₁₀	COV	SO ₂	NO _x	CO	Benzeno
	m	m	m	m	m	Nm³/s	°C	m	m	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s
Chaminé - Sist. Desp. Forno Vertical Calcinação 1	758000	7843938	5,0	53,2	55,0	25,0	245,0	245,0	245,0	2.800,00	2.527,78	-	4.803,24	9.259,26	4.282,41	-
Chaminé - Sist. Desp. Forno Rotativo Calcinação 2	757892	7843988	1,5	12,2	54,0	11,5	246,0	246,0	246,0	1.416,67	1.277,78	-	1,00	4.375,00	1.281,25	-
Chaminé - Caldeira 1 130 Vh	758435	7843740	2,6	66,9	172,0	40,0	243,0	243,0	243,0	2.394,44	2.152,78	173,90	11.622,22	2.402,95	3.098,54	-
Chaminé - Caldeira 2 130 Vh	758415	7843745	2,6	54,4	169,0	40,0	243,0	243,0	243,0	2.891,67	2.691,67	173,90	4.611,11	2.402,95	3.098,54	-
Chaminé - Forno 1 Contínuo de Chapas Grossas	757175	7843635	3,5	26,1	420,0	40,0	243,0	243,0	243,0	3.302,78	2.972,22	188,89	1.583,33	2.500,00	2.602,78	-
Chaminé - Forno 2 Contínuo de Chapas Grossas	757155	7843625	3,5	26,1	420,0	40,0	242,0	242,0	242,0	3.302,78	2.972,22	188,89	1.583,33	2.500,00	2.602,78	-
Chaminé - Forno Contínuo 5 Tiras a Quente - LQ 2	757225	7843490	3,5	23,3	500,0	40,0	241,0	241,0	241,0	1.447,22	1.302,78	116,67	2.055,56	1.083,33	1.511,11	-
Chaminé - Forno Contínuo 4 Tiras a Quente - LQ 3	757205	7843480	3,5	23,3	500,0	40,0	241,0	241,0	241,0	1.447,22	1.302,78	116,67	2.055,56	1.083,33	1.511,11	-
Chaminé - Bag-filter Ensacamento de Fe ₂ O ₃ (planta 1 e 2)-LTF	756919	7843146	0,6	2,6	41,0	20,0	245,0	245,0	245,0	30,56	27,78	-	-	-	-	-
Chaminé - Bag-filter Ensacamento de Fe ₂ O ₃ (planta 3) - LTF	757005	7843205	0,5	2,0	35,0	20,0	243,0	243,0	243,0	77,78	69,44	-	-	-	-	-
Chaminé - Sist. Desp. Decapagem 4 - LTF	756780	7843165	1,2	12,6	42,0	20,0	244,0	244,0	244,0	150,00	136,11	-	-	-	-	-
Chaminé - Forno de Recozimento Contínuo LTF 2 - CAPL	756750	7842915	1,8	11,2	358,0	20,0	249,0	249,0	249,0	841,67	758,33	48,67	7.561,11	884,89	743,31	-
Chaminé - Exaustor Sist. Limpeza Alcalina - LTF	756285	7842780	0,8	1,7	45,0	15,0	243,0	243,0	243,0	13,89	13,89	-	-	-	-	-
Chaminé - Exaustor Sist. Limpeza Ácida - LTF	756265	7842770	1,5	12,5	29,0	15,0	243,0	243,0	243,0	125,00	113,89	-	-	-	-	-
Chaminé - Exaustor Sist. Preparo de solução zinco (EGL)- LTF	756305	7842790	1,5	12,4	28,0	15,0	243,0	243,0	243,0	136,11	122,22	-	-	-	-	-
Chaminé - Torre de Extinção da Coqueria 2 BAT - 3	759365	7844155	4,4	129,0	84,0	40,0	248,0	248,0	248,0	600,00	136,11	-	-	-	-	-
Chaminé - Torre de Extinção da Coqueria 2 BAT - 4	759295	7843925	4,4	129,0	84,0	40,0	247,0	247,0	247,0	600,00	136,11	-	-	-	-	-
Chaminé - Moagem de Carvão (planta 1) - PCI	759530	7843580	1,8	8,0	95,0	33,5	250,0	250,0	250,0	400,00	363,89	-	8,33	333,33	-	-
Chaminé - Torre de Extinção da Coqueria 3 BAT - 5	759214	7843932	4,4	218,8	84,0	40,0	245,0	245,0	245,0	600,00	180,56	-	-	-	-	-
Chaminé - Câmara de Combustão Coqueria 3 BAT - 6	759111	7844025	4,1	17,2	50,0	130,0	245,0	245,0	245,0	858,33	822,22	657,41	572,22	11.469,76	4.755,75	104,91
Chaminé - Sist. Desp. Desenfornamento da Coqueria 3	759233	7844166	3,2	72,3	33,0	35,5	245,0	245,0	245,0	2.169,44	938,89	1.063,05	1.370,78	271,36	895,20	447,60
Chaminé - 3 Fornos de alcatrão da Usina de Alcatrão	759408	7843720	0,8	0,1	230,0	18,0	246,2	246,2	246,2	-	-	-	1,11	0,15	0,12	-
Chaminé - 4 Fornos da Usina de Óleo Leve	759153	7843890	0,9	0,3	26,0	19,0	248,5	248,5	248,5	-	-	-	30,56	0,27	0,23	-
Chaminé - Forno de Recozimento da Unigal	756824	7842881	1,6	16,9	228,0	42,9	245,0	245,0	245,0	338,89	338,89	30,74	88,89	178,83	469,43	-
Chaminé - Forno de Galvneeling da Unigal	756859	7842911	1,6	5,3	103,0	72,8	245,0	245,0	245,0	10,00	10,00	-	0,28	-	-	-

Continuação da Tabela 2.6 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas – Fontes Portuais

Fonte Emissora	X [UTM] m	Y [UTM] m	D m	Q Nm³/s	T °C	H m	Z m	MP mg/s	MP ₁₀ mg/s	COV mg/s	SO ₂ mg/s	NO _x mg/s	CO mg/s	Benzeno mg/s
Chaminé - Forno de Cromatização da Unigal	756921	7842938	0,4	1,4	21,0	28,0	245,0	3,06	3,06	-	-	-	-	-
Chaminé - Forno Secador da Cromatização da Unigal	756930	7842941	0,7	4,6	170,0	28,0	245,0	10,00	10,00	0,17	0,00	2,27	1,27	-
Chaminé - Sist. Desp. CAS-OB e Forno Panela da AC 2	757851	7843782	2,4	41,4	64,0	30,0	245,0	444,44	341,67	-	-	-	-	-
Chaminé - caldeira 3 130 t/h	758395	7843755	2,6	77,6	175,0	40,0	243,0	6.769,44	6.091,67	173,90	9.519,44	1.944,44	3.098,54	-
Chaminé - Britador de carvão 1	759648	7844062	1,0	14,1	28,0	23,6	245,0	141,67	127,78	-	-	-	-	-
Chaminé - Britador de carvão 2	759577	7844033	1,0	14,2	28,0	23,6	247,0	127,78	113,89	-	-	-	-	-
Chaminé - Torre de Extinção da Coqueria 3 BAT - 6	759249	7844060	4,4	218,8	84,0	40,0	245,0	600,00	180,56	-	-	-	-	-
Chaminé - Câmara de Combustão Coqueria 3 BAT - 5	759111	7844025	4,1	17,2	50,0	130,0	246,0	858,33	825,00	657,41	572,22	11.469,76	4.755,75	104,91
Chaminé - Forno de Recozimento da Unigal 2	756487	7842711	1,5	21,9	228,0	42,9	245,0	1.094,44	1.094,44	-	400,00	178,83	469,43	-
Chaminé - Forno de Galvneeling da Unigal 2	756549	7842738	1,6	14,9	103,0	72,8	245,0	744,44	744,44	-	400,00	-	-	-
Chaminé - Forno de Cromatização da Unigal 2	756618	7842760	0,4	1,1	21,0	28,0	245,0	55,56	55,56	-	-	-	-	-
Chaminé - Forno Sec. de Cromatização da Unigal 2	756635	7842785	0,7	7,9	170,0	28,0	245,0	397,22	397,22	-	<0,01	2,27	1,27	-
Chaminé - Nova Central Termelétrica 2	758388	7843468	2,6	123,9	199,0	40,0	245,0	6.197,22	5.580,56	443,84	36,11	8.089,78	6.778,61	-
Chaminé - Forno Contínuo 6 Tiras a Quente - LQ 4	757243	7843503	3,5	23,3	500,0	40,0	245,0	722,22	650,00	117,00	2.055,56	1.083,33	1.511,11	-
Chaminé - Forno 3 Contínuo de Chapas Grossas	757190	7843647	3,5	26,1	420,0	40,0	245,0	336,11	302,78	188,89	1.583,33	2.500,00	2.602,78	-
Chaminé - Bag-filter Desp. nº 1 da Aciaria 2	758365	7843760	3,8	136,1	29,0	24,7	243,0	4.083,33	3.019,44	-	-	-	-	-
Chaminé - Bag-filter Desp. nº 2 da Aciaria 2	758375	7843790	3,8	148,8	33,0	24,7	243,0	4.463,89	3.302,78	-	-	-	-	-
Flare da Aciaria 1	758166	7843572	1,1	4,8	79,0	62,0	245,0	144,44	130,56	-	-	433,33	59.938,89	-
Flare da Aciaria 2	758276	7843765	1,7	1,1	79,0	71,0	243,0	33,33	30,56	-	-	100,00	13.783,33	-
Chaminé - Sist. de Exaustão do Mat. Calcinado - Calcinação 2	757963	7843979	0,5	0,1	25,0	7,0	243,0	150,28	75,00	-	-	-	-	-
Chaminé - Desp. Transp. Coque p/ AF 2 (BG19)	758531	7844065	3,2	68,2	32,0	35,5	242,0	494,44	158,33	-	-	-	-	-
Chaminé - Jateamento de Granalha 2 - USIMECA	755790	7842429	0,6	3,4	40,0	3,0	249,0	44,44	38,89	-	-	-	-	-
Chaminé - Jateamento de Granalha 3 - USIMECA	755885	7842328	0,9	2,6	28,0	4,7	250,0	19,44	17,50	-	-	-	-	-
Chaminé - Forno 1 - Usiminas Mecânica	755949	7842734	1,0	3,8	149,0	30,0	258,0	72,22	65,00	4,77	<0,01	65,00	36,40	-
Chaminé - Forno 2 - Usiminas Mecânica	755947	7842577	0,8	2,6	172,0	30,0	257,0	44,44	40,00	4,03	<0,01	55,00	30,80	-

Continuação da Tabela 2.6 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas – Fontes Pontuais

Fonte Emissora	X [UTM]	Y [UTM]	D	Q	T	H	Z	MP	MP ₁₀	COV	SO ₂	NO _x	CO	Benzeno
	m	m	m	Nm³/s	°C	m	m	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s
Chaminé - Forno 3 - Usiminas Mecânica	755853	7842615	0,5	0,0	204,0	30,0	257,0	11,11	10,00	0,16	<0,01	2,20	1,23	-
Chaminé - Jato de Granelha BLANKS - USIMECA	755682	7842169	0,2	5,4	30,0	25,0	255,0	88,89	80,56	-	-	-	-	-
CH - Jateamento de Granelha I e IV - USIMECA	755715	7842154	0,9	9,2	36,0	3,0	250,0	77,78	69,44	-	-	-	-	-
Chaminé - Bag-filter Jateamento de Granelha - IPO	757615	7843060	0,6	4,6	30,0	9,0	249,0	63,89	55,56	-	-	-	-	-
FM - Jateamento de Granelha da Laminiação	756342	7843364	1,4	13,9	50,0	7,3	240,0	208,33	187,50	-	-	-	-	-
Chaminé - Filtro de Mangas do Laminador do PL TCM - LTF	756974	7843003	1,7	30,5	25,0	27,5	245,0	416,67	375,00	-	-	-	-	-

Legenda:

X - coordenada geográfica X da fonte emissora no sistema UTM
Y - coordenada geográfica Y da fonte emissora no sistema UTM
D - diâmetro característico da fonte emissora;
Q - vazão de saída dos gases
T - temperatura de emissão do poluente
H - altura da fonte emissora em relação ao solo
Z - altitude do solo

MP - taxa de emissão de material particulado;
MP₁₀ - taxa de emissão de material particulado com diâmetro inferior a 10 µm;
Benzeno - taxa de emissão de benzeno
SO₂ - taxa de emissão de dióxido de enxofre;
NO_x - taxa de emissão de óxidos de nitrogênio
CO - taxa de emissão de monóxido de carbono
COV - taxa de emissão de compostos orgânicos voláteis.

Tabela 2.7 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas – Fontes Móveis Internas

Fonte Emissora	X [UTM]	Y [UTM]	L	H	Z	MP	MP ₁₀	SO ₂	COV	CO	NO _x
	m	m	m	m	m	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s
Via Acesso Mina - Sobremetal	755607	7840018	6,0	1,0	240,0	1.118,54	602,29	0,10	1,64	10,48	7,55
Via Acesso Pátio 3 - Sobremetal	755219	7840787	7,0	1,0	250,0	1.679,17	904,17	0,15	2,46	15,73	11,33
Via Planta de Beneficiamento Pátio 3 - Sobremetal	755185	7841205	6,0	1,0	245,0	1.755,00	945,00	0,16	2,58	16,44	11,85
Via - Pátio 1 Sobremetal	757948	7844117	6,0	1,0	245,0	143,54	77,29	0,01	0,21	1,34	0,97
Tráfego de Veículos Pesados - Pátio 3 - Aciaria	755213	7840965	6,0	1,0	243,0	6,56	5,90	91,68	283,64	3.409,65	880,48
Tráfego de Veículos Pesados - Pátio 1	758046	7844151	6,0	1,0	245,0	4,21	3,79	58,82	181,99	2.187,72	564,94
Avenida 5 - Trecho 2	758085	7843414	10,0	1,0	249,0	1.005,71	548,57	0,70	17,27	147,18	14,82
Rua 6	757336	7842904	10,0	1,0	252,0	248,22	135,39	0,26	8,80	68,22	9,00
Avenida 5 - Trecho 3	758355	7843552	10,0	1,0	255,0	2.538,05	1.384,39	2,00	49,82	426,60	40,22
Avenida 16	758085	7843414	10,0	1,0	250,0	533,45	290,97	0,61	15,62	118,93	28,42
Rua 17	758355	7843552	10,0	1,0	255,0	702,31	383,08	0,86	20,19	149,91	45,19
Rua 21	757989	7842973	10,0	1,0	250,0	239,22	130,48	0,25	8,48	65,74	8,67
Avenida 5 - Trecho 1	758506	7842599	10,0	1,0	250,0	5.707,56	3.113,21	4,38	120,32	991,79	111,10
Rua 15	757174	7843271	10,0	1,0	251,0	217,49	118,63	0,20	5,69	44,72	7,47
Avenida 100	759030	7843496	10,0	1,0	260,0	853,34	465,46	0,67	12,07	108,04	16,35
Rua 153	759854	7843539	10,0	1,0	265,0	39,67	34,81	13,34	324,54	2.722,05	344,80
Rua 19	758771	7843765	10,0	1,0	252,0	1.228,09	669,87	1,11	25,41	207,49	37,52
Rua 1	758210	7843295	10,0	1,0	252,0	2.682,32	1.463,09	2,93	50,14	382,16	151,97
Rua 1 - Trecho 3	758957	7842866	10,0	1,0	250,0	906,51	494,46	1,00	18,21	138,66	51,44
Rua 43 - A	758781	7843406	10,0	1,0	255,0	524,06	285,85	0,70	11,70	80,78	46,06
Rua 2	758299	7843076	10,0	1,0	256,0	637,71	347,84	0,85	14,24	98,30	56,05
Avenida 13	758544	7842676	10,0	1,0	252,0	966,07	526,95	0,99	11,69	134,00	53,85
Rua 1 - Trecho 2	757869	7844101	10,0	1,0	248,0	2.288,34	1.248,18	2,82	47,28	334,97	175,40
Rua 18	758072	7843861	10,0	1,0	260,0	396,06	216,03	0,45	7,55	55,64	25,25
Avenida 5 - Trecho 4	758880	7843815	10,0	1,0	248,0	1.099,52	599,74	1,95	48,59	416,13	39,13

Continuação da Tabela 2.7 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas – Fontes Móveis Internas

Fonte Emissora	X [UTM]	Y [UTM]	L	H	Z	MP	MP ₁₀	SO ₂	COV	CO	NO _x
	m	m	m	m	m	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s
Rua 30	759063	7843981	10,0	1,0	248,0	417,29	227,62	0,59	12,66	89,29	36,81
Rua 29	759404	7843527	10,0	1,0	250,0	433,41	236,41	0,61	13,15	92,74	38,24
Via Feitosa 1	763092	7843769	7,0	1,0	236,0	471,25	253,75	0,04	0,69	4,41	3,18
Via Feitosa 2	763011	7843471	7,0	1,0	230,0	357,50	192,50	0,03	0,52	3,35	2,41
Via Feitosa 3	763157	7843713	7,0	1,0	234,0	528,13	284,38	0,05	0,78	4,95	3,56

Legenda:

- X - coordenada X em metros no sistema UTM;
- Y - coordenada Y em metros no sistema UTM;
- L – Largura da Via;
- H - altura da fonte emissora em relação ao solo;
- Z - altitude do solo

- MP - taxa de emissão de material particulado
- MP₁₀ - taxa de emissão de material particulado com diâmetro inferior a 10 µm
- SO₂ - taxa de emissão de dióxido de enxofre;
- COV - taxa de emissão de compostos orgânicos voláteis
- CO - taxa de emissão de monóxido de carbono
- NO_x - taxa de emissão de óxidos de nitrogênio

Tabela 2.8 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas – Fontes Difusas

Fonte Emissora	X [UTM]	Y [UTM]	D	Q	T	H	Z	MP	MP ₁₀	COV	SO ₂	NO _x	CO	Benzeno
	m	m	m	Nm³/s	°C	m	m	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s
Chaminé - Forno de tratamento térmico de chapas grossas 1	756610	7843395	3,2	4,3	29,0	40,0	240,1	11,11	11,11	8,33	0,89	147,22	125,00	-
Chaminé - Forno de tratamento térmico de chapas grossas 2	756590	7843385	3,2	4,3	29,0	40,0	240,2	11,11	11,11	8,33	0,89	147,22	125,00	-
Chaminé - Forno de tratamento térmico de chapas grossas 3	756570	7843375	3,5	4,3	29,0	40,0	240,3	11,11	11,11	8,33	0,89	147,22	125,00	-
Chaminé - Forno de tratamento térmico de chapas grossas 4	756550	7843365	3,5	4,3	29,0	40,0	240,7	11,11	11,11	8,33	0,89	147,22	125,00	-
Chaminé - Sist. Regeneração de HCl (planta 1) - LTF	756955	7843105	1,0	2,6	75,0	30,0	246,0	40,00	36,11	-	400,00	163,56	137,39	-
Chaminé - Sist. Regeneração de HCl (planta 2) - LTF	756945	7843120	1,0	1,9	76,0	30,0	245,0	69,44	61,11	-	280,56	163,56	137,39	-
Chaminé - Sist. Regeneração de HCl (planta 3) - LTF	757025	7843200	1,0	1,1	83,0	30,0	243,0	75,00	66,67	-	1,11	142,22	119,47	-
Chaminé - Forno de recozimento em caixa - LTF 1 - (6 e 7)	756215	7842890	1,1	-	800,0	25,0	243,0	11,01	2,75	7,97	10,00	144,89	121,71	-
Enfornamento Carro 4 da coqueria 2	759378	7844150	5,0	-	100,0	14,6	247,4	12,44	5,56	-	-	-	-	-
Enfornamento da coqueria 3	759195	7844167	5,0	-	100,0	14,6	247,4	14,83	5,56	-	-	-	-	-
TR - Car Dumper 2 dos pátios de carvão e Coque	760210	7843881	1,5	-	-	1,0	248,0	391,67	547,22	-	-	-	-	-
Pátio de Carvão A - Pilha 1	759808	7843988	40,0	-	-	12,0	247,0	38,99	16,14	-	-	-	-	-
Pátio de carvão C - Pilha 1	759717	7843887	40,0	-	-	12,0	247,0	44,19	18,29	-	-	-	-	-
Pátio de carvão C - Pilha 2	759812	7843791	40,0	-	-	12,0	247,0	25,03	10,36	-	-	-	-	-
Pátio de carvão C - Pilha 3	759917	7843815	40,0	-	-	12,0	247,0	32,48	13,45	-	-	-	-	-
Pátio de carvão D - Pilha 1	759676	7843811	60,0	-	-	12,0	247,0	37,66	15,59	-	-	-	-	-
Pátio de Carvão A - Pilha 2	759946	7843938	40,0	-	-	12,0	247,0	24,45	10,12	-	-	-	-	-
Pátio de Carvão A - Pilha 3	760032	7843909	40,0	-	-	12,0	247,0	40,85	16,91	-	-	-	-	-
Pátio de Carvão B - Pilha 1	759725	7843953	40,0	-	-	12,0	247,0	41,06	17,00	-	-	-	-	-
Pátio de Carvão B - Pilha 2	759866	7843908	40,0	-	-	12,0	247,0	41,40	17,14	-	-	-	-	-
Pátio de Carvão B - Pilha 3	760182	7843806	40,0	-	-	12,0	247,0	61,87	25,61	-	-	-	-	-
Vazamento de Portas PS - Coqueria 2	759378	7844150	15,0	-	60,0	14,6	247,3	185,38	141,67	366,53	-	-	183,26	83,30
Vazamento de Portas da Coqueria 3	759195	7844167	15,0	-	60,0	15,0	247,4	221,00	170,00	436,97	-	-	218,48	99,31
Vazamento das Portinholas da Coqueria 2	759378	7844150	15,0	-	60,0	14,6	247,3	4,04	2,78	4,54	-	-	2,27	1,03
Vazamento das Portinholas da Coqueria 3	759195	7844167	15,0	-	60,0	15,0	247,4	2,41	1,75	2,71	-	-	1,35	0,62

Continuação da Tabela 2.8 - Inventário de Emissões Atmosféricas das Usinas – Fontes Difusas

Fonte Emissora	X [UTM]	Y [UTM]	D	Q	T	H	Z	MP	MP ₁₀	COV	SO ₂	NO _x	CO	Benzeno
	m	m	m	Nm³/s	°C	m	m	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s
Desenformamento da Coqueria 2	759378	7844150	3,0	-	44,0	35,0	248,0	761,11	330,56	-	-	-	-	-
Aquecimento da Panela da Aciaria 1	757999	7843497	0,5	-	50,0	2,0	245,0	18,10	18,06	13,10	1,43	238,22	200,11	-
Aquecimento da Panela da Aciaria 2	757882	7843771	-	-	50,0	2,0	243,0	66,98	66,98	48,47	5,29	881,33	740,32	-
TR - Descarregamento de Vagão com Calcário	758204	7843960	4,0	-	-	2,0	243,0	4,02	1,91	-	-	-	-	-
TR - Formação de Pilhas de Calcário	758174	7843922	1,0	-	-	7,0	243,0	6,73	3,19	-	-	-	-	-
TR - Recuperação de Calcário	758174	7843922	1,0	-	-	3,0	243,0	6,73	3,19	-	-	-	-	-
TR - Recebimento de Coque na Calcinção	758040	7843934	2,0	-	-	2,0	243,0	0,64	0,30	-	-	-	-	-
Pilha de Calcário - Calcinção	758149	7843953	30,0	-	-	6,0	243,0	1,069,19	78,62	-	-	-	-	-
TR - Abastecimento de Silo - Calcinção 2	757949	7844009	4,0	-	-	3,0	250,0	2,71	1,29	-	-	-	-	-
Peneiramento - Calcário	757967	7843937	7,0	-	-	15,0	243,0	51,94	26,25	-	-	-	-	-
TR - Carregamento de Lastro Ferroviário	755172	7841121	2,0	-	-	3,0	248,0	116,81	55,44	-	-	-	-	-
TR - Carga e Descarga de Lastro Ferroviário	755209	7840909	2,0	-	-	3,0	240,0	116,81	55,44	-	-	-	-	-
Pátio de carvão D - Pilha 2	759790	7843777	60,0	-	-	12,0	247,0	71,36	29,54	-	-	-	-	-
Pátio de carvão D - Pilha 3	759952	7843729	60,0	-	-	12,0	247,0	53,08	21,97	-	-	-	-	-
Pátio de Carvão E - Pilha 1	759720	7843681	40,0	-	-	12,0	247,0	25,58	10,59	-	-	-	-	-
TR - Basculamento de Escória da Aciaria	755192	7841135	5,0	-	-	2,0	248,0	371,68	176,39	-	-	-	-	-
Pátio de Carvão E - Pilha 2	759809	7843585	40,0	-	-	12,0	247,0	53,53	22,16	-	-	-	-	-
TR - Recuperação de Escória	755587	7840082	2,0	-	-	2,0	243,0	132,74	63,00	-	-	-	-	-
TR - Peneiramento de Escória - Pátio 3 - Aciaria	755176	7841051	2,0	-	-	5,0	241,0	371,68	176,39	-	-	-	-	-
TR - Britador de Escória - Pátio 3 - Aciaria	755176	7841051	2,0	-	-	5,0	241,0	371,68	176,39	-	-	-	-	-
Peneiramento - Pátio 3 - Aciaria	755176	7841051	2,0	-	-	5,0	241,0	332,95	114,54	-	-	-	-	-
Britador - Pátio 3 - Aciaria	755176	7841051	-	-	-	5,0	241,0	71,92	31,96	-	-	-	-	-
TR - Car Dumper 1 dos pátios de carvão	760248	7843880	1,5	-	-	1,0	248,0	2,97	1,40	-	-	-	-	-
TR - Torre de Transferência 1 - Pátio de Carvão	760222	7843797	1,0	-	-	3,0	247,0	0,91	0,43	-	-	-	-	-
TR - Torre de Transferência 2 - Pátio de Carvão	760202	7843741	1,0	-	-	3,0	247,0	0,91	0,43	-	-	-	-	-

Continuação da Tabela 2.8 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas – Fontes Difusas

Fonte Emissora	X [UTM]	Y [UTM]	D	Q	T	H	Z	MP	MP ₁₀	COV	SO ₂	NO _x	CO	Benzeno
	m	m	m	Nm ³ /s	°C	m	m	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s
TR - Torre de Transferência 3 - Pátio de Carvão	760175	7843659	1,0	-	-	3,0	247,0	0,91	0,43	-	-	-	-	-
TR - Torre de Transferência 4 - Pátio de Carvão	760149	7843665	1,0	-	-	3,0	247,0	1,83	0,86	-	-	-	-	-
TR - Empilhamento de Carvão A - Pátio de Carvão	759982	7843914	-	-	-	8,0	247,0	25,00	22,22	-	-	-	-	-
TR - Recuperação de Carvão A - Pátio de Carvão	760072	7843885	-	-	-	8,0	247,0	44,44	33,33	-	-	-	-	-
TR - Empilhamento de Carvão B - Pátio de Carvão	759971	7843857	-	-	-	8,0	247,0	25,00	22,22	-	-	-	-	-
TR - Recuperação de Carvão B - Pátio de Carvão	760067	7843838	-	-	-	8,0	247,0	44,44	33,33	-	-	-	-	-
TR - Empilhamento de Carvão C - Pátio de Carvão	759948	7843784	-	-	-	8,0	247,0	25,00	22,22	-	-	-	-	-
TR - Recuperação de Carvão C - Pátio de Carvão	760023	7843767	-	-	-	8,0	247,0	44,44	33,33	-	-	-	-	-
TR - Empilhamento de Carvão D - Pátio de Carvão	759860	7843711	-	-	-	8,0	247,0	25,00	22,22	-	-	-	-	-
TR - Recuperação de Carvão D - Pátio de Carvão	759968	7843673	-	-	-	8,0	247,0	44,44	33,33	-	-	-	-	-
TR - Torre de Transferência 5 - Pátio de Carvão	759615	7843730	1,0	-	-	3,0	247,0	1,83	0,86	-	-	-	-	-
TR - Torre de Transferência 6 - Pátio de Carvão	759656	7843841	1,0	-	-	3,0	247,0	2,74	1,29	-	-	-	-	-
TR - Torre de Transferência 7 - Pátio de Carvão	759672	7843917	1,0	-	-	3,0	247,0	3,65	1,73	-	-	-	-	-
TR - Torre de Transferência 8 - Pátio de Carvão	759603	7843976	1,0	-	-	3,0	247,0	4,56	2,16	-	-	-	-	-
TR - Basculamento de Escória - Pátio 1 Sobremetal	757958	7844089	3,0	-	-	3,0	245,0	3.645,59	1.730,11	-	-	-	-	-
TR - Movimentação de Escória - Pátio 1 Sobremetal	758025	7844105	3,0	-	-	3,0	245,0	44,78	21,25	-	-	-	-	-
TR - Torre de Transferência 1 - Pátio de Coque	760249	7843724	-	-	-	6,0	254,0	16,67	11,11	-	-	-	-	-
TR - Torre de Transferência 2 - Pátio de Coque	760450	7843702	-	-	-	6,0	254,0	19,44	13,89	-	-	-	-	-
TR - Torre de Transferência 3 - Pátio de Coque	760410	7843782	-	-	-	6,0	254,0	19,44	13,89	-	-	-	-	-
Pátio de Coque 2 - Pilha 1	760220	7843718	40,0	-	-	12,0	254,0	197,23	165,98	-	-	-	-	-
Pátio de Coque 2 - Pilha 2	760374	7843693	40,0	-	-	12,0	254,0	110,50	92,99	-	-	-	-	-
Pátio de Coque 1 - Pilha 1	760322	7843780	40,0	-	-	12,0	254,0	99,94	84,10	-	-	-	-	-
TR - Empilhamento de Coque - Pátio de Coque	760276	7843747	-	-	-	6,0	254,0	11,11	5,56	-	-	-	-	-
TR - Recuperação de Coque - Pátio de Coque	760308	7843744	-	-	-	6,0	254,0	3,29	1,56	-	-	-	-	-
Pilha de Escória Pátio 3 - Sobremetal	755176	7841012	40,0	-	-	10,0	239,0	31,02	26,11	-	-	-	-	-

Continuação da Tabela 2.8 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas – Fontes Difusas

Fonte Emissora	X [UTM]		Y [UTM]		D	Q	T	H	Z	MP	MP ₁₀	COV	SO ₂	NO _x	CO	Benzeno
	M	m	m	m		Nm³/s	°C	m	m	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s
TR - Movimentação de Escória Pátio 2	758035	7844062	15,0	-	-	-	-	3,0	246,0	132,44	62,85	-	-	-	-	-
Despoejamento Casa de Corrida AF3	758294	7844005	20,0	-	-	-	-	7,0	250,0	4.905,56	4.405,56	-	-	-	-	-
Despoejamento Casa de Corrida AF1	758828	7844035	20,0	-	-	-	-	7,0	250,0	2.761,11	2.480,56	-	-	-	-	-
Despoejamento Casa de Corrida AF2	758804	7843835	20,0	-	-	-	-	7,0	250,0	2.863,89	2.583,33	-	-	-	-	-
Casa de Corrida AF3	758866	7843963	25,0	-	-	-	-	4,0	250,0	627,78	563,89	-	7.326,54	1.485,31	-	-
Casa de Corrida AF2	758718	7843889	20,0	-	-	-	-	4,0	250,0	338,89	302,78	-	1.842,61	368,52	-	-
Casa de Corrida AF1	758597	7843919	20,0	-	-	-	-	4,0	250,0	338,89	302,78	-	1.842,61	368,52	-	-
TR - Pó Balão Coletor AF 1 e 2	758688	7843876	-	-	-	-	-	5,0	250,0	86,11	30,56	-	-	-	-	-
TR - Pó Balão Coletor AF3	758390	7843970	-	-	-	-	-	5,0	250,0	163,89	58,33	-	-	-	-	-
TR - Carregamento de Carro Torpedo AF1	758602	7843911	3,0	-	-	-	-	4,0	250,0	1.616,32	2.283,33	-	-	-	-	-
TR - Carregamento de Carro Torpedo AF2	758708	7843892	3,0	-	-	-	-	4,0	250,0	1.616,32	1.450,00	-	-	-	-	-
TR - Carregamento de Carro Torpedo AF3	758391	7843992	3,0	-	-	-	-	4,0	250,0	6.426,79	5.775,00	-	-	-	-	-
TR - Tremonha C de Coque AF3	758740	7843995	10,0	-	-	-	-	2,0	250,0	26,24	12,45	-	-	-	-	-
TR - Torre S1 AF3	758741	7844032	8,0	-	-	-	-	4,0	250,0	164,07	77,87	-	-	-	-	-
Granulação de Escória AF1	758577	7843944	8,0	-	-	-	-	4,0	250,0	-	-	-	816,01	-	-	-
Granulação de Escória AF2	758746	7843877	8,0	-	-	-	-	4,0	250,0	-	-	-	816,01	-	-	-
Granulação de Escória AF3	758359	7844016	10,0	-	-	-	-	4,0	250,0	-	-	-	3.244,61	-	-	-
Chaminé - Cabine de Pintura 1	755717	7842109	-	10,4	26,0	12,5	250,0	77,78	69,44	66,67	-	-	-	-	-	-
Chaminé - Cabine de Pintura 2	755691	7842120	-	11,7	32,0	12,5	250,0	75,00	66,67	61,11	-	-	-	-	-	-
Chaminé - Cabine de Pintura 3	755859	7842169	-	10,4	26,0	12,5	250,0	77,78	70,00	66,67	-	-	-	-	-	-
Chaminé - Cabine de Pintura 4	755925	7842337	-	10,4	26,0	12,5	250,0	77,78	70,00	66,67	-	-	-	-	-	-
Chaminé - Cabine de Pintura 5	755671	7842194	-	10,4	26,0	12,5	250,0	77,78	70,00	66,67	-	-	-	-	-	-
Chaminé - Forno de Tratamento Térmico Nº 29 - IPO	757636	7843185	0,6	-	-	-	-	13,5	240,0	5,21	1,30	3,77	0,41	68,49	57,53	-
Chaminé - Forno de Tratamento Térmico Nº 25 - IPO	757614	7843153	0,4	-	-	-	-	9,0	240,0	0,55	0,14	0,40	0,04	7,21	6,06	-
Chaminé - Forno de Tratamento Térmico Nº 27 - IPO	757622	7843157	0,5	-	-	-	-	12,0	240,0	1,37	0,34	0,99	0,11	18,02	15,14	-

Continuação da Tabela 2.8 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas – Fontes Difusas

Fonte Emissora	X [UTM] m	Y [UTM] m	D m	Q Nm³/s	T °C	H m	Z m	MP mg/s	MP ₁₀ mg/s	COV mg/s	SO ₂ mg/s	NO _x mg/s	CO mg/s	Benzeno mg/s
Chaminé - Forno de Tratamento Térmico Nº 28 - IPO	757629	7843162	0,8	-	-	10,0	240,0	0,91	0,23	0,66	0,07	12,01	10,09	-
Chaminé - Forno de Trat. Térmico Nº21 Banho de Sal - IPO	757644	7843170	0,3	-	-	9,5	240,0	0,11	0,03	0,08	0,01	1,44	1,21	-
Chaminé - Forno de Trat. Térmico Nº22 Banho de Sal - IPO	757651	7843174	0,3	-	-	9,5	240,0	0,11	0,03	0,08	0,01	1,44	1,21	-
Chaminé - Forno de Reaquecimento Nº 11 - IPO	757609	7843167	-	-	-	9,0	240,0	0,54	0,13	0,39	0,04	7,05	5,92	-
Chaminé - Forno de Reaquecimento Nº 12 - IPO	757616	7843171	-	-	-	9,0	240,0	0,54	0,13	0,39	0,04	7,05	5,92	-
Chaminé - Forno de Reaquecimento Nº 13 - IPO	757628	7843179	0,5	-	-	11,6	240,0	1,07	0,27	0,78	0,08	14,09	11,84	-
Chaminé - Forno de Reaquecimento Nº 14 - IPO	757635	7843184	0,5	-	-	11,6	240,0	1,07	0,27	0,78	0,08	14,09	11,84	-
Chaminé - Forno de Reaquecimento Nº 15 - IPO	757641	7843184	0,5	-	-	11,6	240,0	1,07	0,27	0,78	0,08	14,09	11,84	-
Chaminé - Forno de Reaquecimento Nº 16 - IPO	757651	7843194	0,5	-	-	11,6	240,0	1,07	0,27	0,78	0,08	14,09	11,84	-
Chaminé - Cabine de Pintura 1 - IPO	756229	7842388	-	7,2	30,0	7,9	250,0	22,22	20,00	16,67	-	-	-	2,78
Chaminé - Cabine de Pintura 2 - IPO	756242	7842383	-	9,9	29,0	7,9	250,0	58,33	52,78	22,22	-	-	-	2,78
Chaminé - Cabine de Pintura 3 - IPO	756256	7842375	-	22,3	29,0	7,9	250,0	91,67	83,33	44,44	-	-	-	2,78
Chaminé - Cabine de Pintura 4 - IPO	756272	7842368	-	11,0	26,0	7,9	250,0	155,56	138,89	55,56	-	-	-	2,78
Chaminé - Cabine de Pintura 5 - IPO	756217	7842363	-	12,5	28,0	7,9	250,0	111,11	100,00	27,78	-	-	-	2,78
Chaminé - Cabine de Pintura 6 - IPO	756230	7842355	-	12,4	28,0	7,9	250,0	41,67	37,50	30,56	-	-	-	2,78
Chaminé - Cabine de Pintura 7 - IPO	756248	7842346	-	12,6	39,0	7,9	250,0	72,22	65,00	66,67	-	-	-	2,78
Chaminé - Cabine de Pintura 8 - IPO	756265	7842339	-	13,5	34,0	7,9	250,0	350,00	315,00	55,56	-	-	-	2,78
Chaminé - Forno Queimador de Bobinas - IPO	757664	7843187	-	-	-	8,5	240,0	0,01	<0,01	0,01	<0,01	0,19	0,10	-
Chaminé - Forno de Tratamento Térmico Radiante	756722	7843508	-	-	-	12,0	251,0	2,78	2,78	2,78	0,31	50,00	41,67	-
Forno de recozimento em caixa 3 - LTF1	756440	7843070	2,0	-	80,0	6,0	243,0	9,55	2,39	6,91	0,75	125,63	105,53	-
Vazamento de Portas CS - Coqueria 2	759378	7844150	15,0	-	60,0	14,6	247,3	185,38	141,67	366,53	-	-	183,26	83,30
TR - Calha de Transporte de Coque para AF - Coqueria 2	759267	7843927	2,0	-	-	15,0	242,0	572,22	194,44	-	-	-	-	-
TR - Descarga de Coque na Rampa - Coqueria 2	759378	7844150	10,0	-	-	2,0	242,0	733,33	488,89	-	-	-	-	-
Resfriador MS 2 - Sinterização	758858	7844079	-	-	-	12,0	248,0	902,78	702,78	-	-	-	-	-
PVB1 MS1 e 2 - Sinterização	758927	7844008	-	-	-	8,0	250,0	877,78	450,00	-	-	-	-	-

Continuação da Tabela 2.8 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas – Fontes Difusas

Fonte Emissora	X [UTM]	Y [UTM]	D	Q	T	H	Z	MP	MP ₁₀	COV	SO ₂	NO _x	CO	Benzeno
	m	m	m	Nm³/s	°C	m	m	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s
PVB2 - MS 1 e 2 - Sinterização	758887	7844017	-	-	-	8,0	248,0	30,56	25,00	-	-	-	-	-
PVB-3 - MS1 e 2 - Sinterização	758847	7844027	-	-	-	8,0	250,0	41,67	33,33	-	-	-	-	-
TR - Carregamento de Caminhão de Coque	760361	7843685	-	-	-	2,0	247,0	33,33	19,44	-	-	-	-	-
TR - Silo de Materiais Diversos - AF	758854	7843949	-	-	-	30,0	250,0	20.111,11	8.833,33	-	-	-	-	-
TR - Hopper Recebimento de Materiais	758461	7844403	-	-	-	2,0	247,0	425,00	297,22	-	-	-	-	-
TR - Fundentes CTA 202 / CTA 203	758607	7844402	-	-	-	6,0	248,0	225,00	102,78	-	-	-	-	-
TR - Fundentes CTA 201 / CTA 202	758624	7844433	-	-	-	6,0	248,0	86,11	52,78	-	-	-	-	-
TR - Empilhamento Calcário - Pátio de Materiais Diversos	758871	7844327	-	-	-	10,0	250,0	69,44	61,11	-	-	-	-	-
TR - Empilhamento de Serpentina - Pátio de Mat. Diversos	758944	7844297	-	-	-	10,0	250,0	13,89	8,33	-	-	-	-	-
TR - Empilhamento de Rejeito - Pátio de Materiais Diversos	758994	7844281	-	-	-	10,0	250,0	1,67	1,39	-	-	-	-	-
TR - Desempenhamento de Materiais Diversos	758823	7844344	-	-	-	10,0	250,0	21,25	10,08	-	-	-	-	-
Pilha 1 - Pátio de Materiais Diversos	758887	7844403	-	-	-	10,0	247,0	546,52	223,17	-	-	-	-	-
TR - Car Dumper Recebimento de Minério	758389	7844406	-	-	-	2,0	250,0	141,67	52,78	-	-	-	-	-
TR - Formação e recuperação da Pilha de Minério 1	758640	7844372	-	-	-	10,0	248,0	9,98	4,99	-	-	-	-	-
Pilha de Materiais Diversos - Sinterização	758472	7844100	-	-	-	10,0	250,0	129,71	52,97	-	-	-	-	-
TR - Minério A 206/ 205/ 204	758583	7844398	-	-	-	10,0	248,0	258,33	222,22	-	-	-	-	-
TR - Minério A 109/ 104/ 103	758562	7844377	-	-	-	10,0	248,0	19,96	9,98	-	-	-	-	-
TR - Formação e recuperação da Pilha de Minério 2	758716	7844365	-	-	-	10,0	248,0	9,98	4,99	-	-	-	-	-
TR - Formação e recuperação da Pilha de Minério 3	758808	7844317	-	-	-	10,0	248,0	9,98	4,99	-	-	-	-	-
TR - Formação e recuperação da Pilha de Minério 4	759018	7844237	-	-	-	10,0	247,0	4,74	1,96	-	-	-	-	-
Pilha de Minério I	758661	7844374	-	-	-	10,0	248,0	15,48	6,41	-	-	-	-	-
Pilha de Minério II	758690	7844362	-	-	-	10,0	248,0	21,32	8,83	-	-	-	-	-
Pilha de Minério III	758819	7844315	-	-	-	10,0	250,0	22,66	9,38	-	-	-	-	-
Pilha de Minério IV	758913	7844277	-	-	-	10,0	251,0	3,42	1,63	-	-	-	-	-
TR - Pátio de Materiais Diversos para AF - Sinterização	758605	7844058	-	-	-	10,0	250,0	-	-	-	-	-	-	-

Continuação da Tabela 2.8 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas – Fontes Difusas

Fonte Emissora	X [UTM] m	Y [UTM] m	D m	Q Nm³/s	T °C	H m	Z m	MP mg/s	MP ₁₀ mg/s	COV mg/s	SO ₂ mg/s	NO _x mg/s	CO mg/s	Benzeno mg/s
Pilha de Pelota - Pátio A	758584	7844094	-	-	-	10,0	247,0	132,58	54,14	-	-	-	-	-
Pilha de NPO - Pátio A	758498	7844126	-	-	-	10,0	247,0	223,57	91,26	-	-	-	-	-
TR - Pelotas e NPO - Pátio A	758644	7844078	-	-	-	10,0	250,0	208,02	98,72	-	-	-	-	-
TR - Formação e Recuperação de Pelotas - Sinterização	758605	7844100	-	-	-	10,0	250,0	5,91	2,71	-	-	-	-	-
TR - Formação e Recuperação de NPO - Sinterização	758520	7844133	-	-	-	10,0	250,0	63,19	45,17	-	-	-	-	-
TR - Formação e Recuperação de Materiais Diversos	758507	7844086	-	-	-	10,0	250,0	0,98	0,46	-	-	-	-	-
Pilha de Sinter I - Pátio 40	758865	7843984	-	-	-	10,0	250,0	545,57	222,78	-	-	-	-	-
Pilha de Sinter II - Pátio 40	758917	7843963	-	-	-	10,0	249,0	485,45	190,07	-	-	-	-	-
Pilha de Sinter III - Pátio 40	758899	7844001	-	-	-	10,0	249,0	448,28	183,05	-	-	-	-	-
Pilha de Blendado - Pátio de Homogeneização B	758376	7844241	-	-	-	10,0	248,0	1.508,89	616,15	-	-	-	-	-
TR - A 109/ Silos da Blendagem 1 - Sinterização	758494	7844368	-	-	-	20,0	247,0	27,24	12,93	-	-	-	-	-
Pilha de Blendado - Pátio de Homogeneização C	758395	7844264	-	-	-	10,0	248,0	1.439,26	587,72	-	-	-	-	-
Pilha de Blendado - Pátio de Homogeneização D	758492	7844272	-	-	-	10,0	247,0	483,54	189,29	-	-	-	-	-
Pilha de Blendado - Pátio de Homogeneização E	758512	7844302	-	-	-	10,0	247,0	61,23	25,00	-	-	-	-	-
TR - A 206/ Silos da Blendagem 2 - Sinterização	758463	7844349	-	-	-	20,0	247,0	27,24	12,93	-	-	-	-	-
TR - Silo de Blendagem 2 / A 207/ 208 - Sinterização	758335	7844263	-	-	-	8,0	247,0	27,24	12,93	-	-	-	-	-
TR - Silo de Blendagem 1 / A 110/ 111 - Sinterização	758462	7844302	-	-	-	8,0	247,0	27,24	12,93	-	-	-	-	-
TR - Formação e Recuperação de Blendados Pátio B	758476	7844173	-	-	-	10,0	250,0	13,62	3,53	-	-	-	-	-
TR - Formação e Recuperação de Blendados Pátio C	758573	7844213	-	-	-	10,0	250,0	13,62	3,53	-	-	-	-	-
TR - Formação e Recuperação de Blendados Pátio D	758585	7844249	-	-	-	10,0	250,0	13,62	3,53	-	-	-	-	-
TR - Formação e Recuperação de Blendados Pátio E	758605	7844281	-	-	-	10,0	250,0	4,09	3,53	-	-	-	-	-
TR - Silo das MS 1 e 2/C101 - Sinterização	758688	7844141	-	-	-	8,0	247,0	27,24	61,60	-	-	-	-	-
TR - Silo de Pós F4/ C102 - Sinterização	758739	7844228	-	-	-	8,0	247,0	0,75	1,49	-	-	-	-	-
TR - Silo Retorno/F103/ F104/ F101 MS 1 e 2 - Sinterização	758738	7844190	-	-	-	8,0	247,0	196,31	93,16	-	-	-	-	-
TR - Mixer MS 1 e 2 - Sinterização	758771	7844217	-	-	-	8,0	247,0	207,31	98,38	-	-	-	-	-

Continuação da Tabela 2.8 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas – Fontes Difusas

Fonte Emissora	X [UTM] m	Y [UTM] m	D m	Q Nm³/s	T °C	H m	Z m	MP mg/s	MP ₁₀ mg/s	COV mg/s	SO ₂ mg/s	NO _x mg/s	CO mg/s	Benzeno mg/s
TR - Mixer MS 1 e 2 / C105R – Sinterização	758771	7844217	-	-	-	8,0	247,0	24,19	32,79	-	-	-	-	-
TR - C105R/ Mixer MS 1 – Sinterização	758795	7844202	-	-	-	8,0	247,0	34,83	68,87	-	-	-	-	-
TR - C105R/ Mixer MS 2 – Sinterização	758795	7844202	-	-	-	8,0	247,0	32,34	63,95	-	-	-	-	-
TR - Descarga MS 2/ Briador – Sinterização	758865	7844123	-	-	-	15,0	247,0	3.283,08	1.050,59	-	-	-	-	-
TR - Descarga MS 1/ Briador – Sinterização	758822	7844124	-	-	-	15,0	247,0	1.767,81	565,70	-	-	-	-	-
TR - Resfriador MS 1 e 2/ E101 - Sinterização	758858	7844079	-	-	-	8,0	247,0	459,63	656,62	-	-	-	-	-
TR - PV B1/ E104 – Sinterização	758927	7844008	-	-	-	8,0	247,0	229,82	328,31	-	-	-	-	-
TR - PV B1/ E102 – Sinterização	758927	7844008	-	-	-	8,0	247,0	229,82	328,31	-	-	-	-	-
TR - PV B2/ D101 – Sinterização	758887	7844017	-	-	-	8,0	247,0	114,91	164,15	-	-	-	-	-
TR - PV B2/ E103 – Sinterização	758887	7844017	-	-	-	8,0	247,0	114,91	164,15	-	-	-	-	-
TR - E106 – Sinterização	758804	7844021	-	-	-	8,0	247,0	820,77	410,39	-	-	-	-	-
TR - D101/ D102/ D103/ Bedding MS2 - Sinterização	758863	7844150	-	-	-	8,0	247,0	328,31	164,15	-	-	-	-	-
TR - D101/ D102/ D1/ Bedding MS1 - Sinterização	758818	7844170	-	-	-	8,0	247,0	328,31	164,15	-	-	-	-	-
TR - E103/ PV B3 – Sinterização	758847	7844027	-	-	-	8,0	247,0	164,15	82,08	-	-	-	-	-
TR - E103/ PV B3 - 1 – Sinterização	758847	7844027	-	-	-	8,0	247,0	328,31	164,15	-	-	-	-	-
TR - F106/F113/ F102/Silo Retorno MS 1 e 2 - Sinterização	758738	7844190	-	-	-	8,0	247,0	1.870,40	935,20	-	-	-	-	-
TR - E107 – Sinterização	758839	7844034	-	-	-	8,0	247,0	1.214,74	607,37	-	-	-	-	-
TR - E108 – Sinterização	758814	7844008	-	-	-	8,0	247,0	1.214,74	607,37	-	-	-	-	-
TR - E108/ E3 para Pátio de Sinter - Sinterização	758814	7844008	-	-	-	8,0	247,0	121,47	60,74	-	-	-	-	-
TR - E108/ E109/ para AF3 – Sinterização	758814	7844008	-	-	-	8,0	247,0	1.093,27	546,63	-	-	-	-	-
TR - Empilhamento 2 de Sinter - Pátio 40	758878	7843987	-	-	-	10,0	249,0	300,00	161,11	-	-	-	-	-
TR - Recuperação 1 de Sinter - Pátio 40	758957	7843972	-	-	-	10,0	249,0	200,00	100,00	-	-	-	-	-
TR - Empilhamento 1 de Sinter - Pátio 40	758928	7843999	-	-	-	10,0	249,0	300,00	161,11	-	-	-	-	-
TR - Silos MS3/ C201/ C202 – Sinterização	759045	7844161	-	-	-	8,0	248,0	8,72	17,24	-	-	-	-	-
TR - Silos Retorno MS3/ Póis F3/ C202/ C203 - Sinterização	759015	7844143	-	-	-	8,0	248,0	30,83	60,96	-	-	-	-	-

Continuação da Tabela 2.8 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas – Fontes Difusas

Fonte Emissora	X [UTM] m	Y [UTM] m	D m	Q Nm³/s	T °C	H m	Z m	MP mg/s	MP ₁₀ mg/s	COV mg/s	SO ₂ mg/s	NO _x mg/s	CO mg/s	Benzeno mg/s
TR - PVB2/ E207A - MS3 – Sinterização	758911	7844009	-	-	-	8,0	248,0	107,09	152,99	-	-	-	-	-
TR - D. Mixer/TR Mistura MS3 - Sinterização	758962	7844134	-	-	-	8,0	248,0	134,81	63,98	-	-	-	-	-
TR - PVB2/ E202 - MS3 – Sinterização	758921	7844025	-	-	-	8,0	248,0	53,41	76,30	-	-	-	-	-
TR - PVB3/ F204 - MS3 – Sinterização	758940	7844024	-	-	-	8,0	248,0	26,71	38,15	-	-	-	-	-
TR - PVB3-1/ F204 - MS3 – Sinterização	758940	7844024	-	-	-	8,0	248,0	26,71	38,15	-	-	-	-	-
TR - F205/ F206/ F209 PE - MS3 - Sinterização	758977	7844147	-	-	-	8,0	248,0	686,72	343,36	-	-	-	-	-
TR - F204/ F209/ F201 - MS3 - Sinterização	758989	7844126	-	-	-	8,0	248,0	381,51	190,76	-	-	-	-	-
TR - F201/ F202/ Silos de Retorno - MS3 - Sinterização	759014	7844125	-	-	-	8,0	248,0	763,02	381,51	-	-	-	-	-
TR - Descarga MS3 / Peneiramento Quente - Sinterização	758912	7844060	-	-	-	12,0	248,0	2.942,12	941,48	-	-	-	-	-
TR - Resfriador/ PVB1 - MS3 - Sinterização	758901	7844026	-	-	-	8,0	248,0	267,73	382,48	-	-	-	-	-
TR - PVB-1/ E207-A - MS3 - Sinterização	758911	7844009	-	-	-	8,0	248,0	133,87	191,24	-	-	-	-	-
TR - PVB1/ PVB2 - MS3 – Sinterização	758921	7844025	-	-	-	8,0	248,0	267,73	382,48	-	-	-	-	-
TR - PVB2/ E205 - MS3 - Sinterização	758921	7844025	-	-	-	8,0	248,0	66,93	95,62	-	-	-	-	-
TR - PVB2/ TR BEDDING - MS3 - Sinterização	758969	7844116	-	-	-	8,0	248,0	53,55	76,50	-	-	-	-	-
TR - E205/ PVB3 - MS3 – Sinterização	758940	7844024	-	-	-	8,0	248,0	33,47	47,81	-	-	-	-	-
TR - E205/ PVB31 - MS3 – Sinterização	758940	7844024	-	-	-	8,0	248,0	33,47	47,81	-	-	-	-	-
TR - PVB-3/ PVB31/ E206 - MS3 - Sinterização	758911	7844009	-	-	-	8,0	248,0	66,93	95,62	-	-	-	-	-
TR - E206/ E207A - MS3 – Sinterização	758911	7844009	-	-	-	8,0	248,0	191,24	95,62	-	-	-	-	-
TR - E207/ E207B/ E208/ E209 - MS3 - Sinterização	758871	7844024	-	-	-	8,0	248,0	2.294,86	1.147,43	-	-	-	-	-
TR - E209/ E-3 - Sinter Pátio 40 - MS3 - Sinterização	758829	7844009	-	-	-	8,0	248,0	76,50	38,25	-	-	-	-	-
TR - E209/ E210/ Sinter para AF1 e 2 - MS3 - Sinterização	758829	7844025	-	-	-	8,0	248,0	688,46	344,23	-	-	-	-	-
Resfriador MS3 – Sinterização	758928	7844048	-	-	-	8,0	248,0	625,00	488,89	-	-	-	-	-
PVB-1 MS3 – Sinterização	758901	7844026	-	-	-	8,0	248,0	597,22	305,56	-	-	-	-	-
PVB-2 MS3 – Sinterização	758921	7844025	-	-	-	8,0	248,0	22,22	16,67	-	-	-	-	-
PVB-3 MS3 - Sinterização	758940	7844024	-	-	-	8,0	248,0	30,56	25,00	-	-	-	-	-
TR - Silo de Pós Captados MS3 - Sinterização	759036	7844142	-	-	-	12,0	248,0	86,11	63,89	-	-	-	-	-
TR - C203/D. Mixer MS3 - Sinterização	759036	7844124	-	-	-	8,0	248,0	6,47	12,80	-	-	-	-	-

Continuação da Tabela 2.8 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas – Fontes Difusas

Fonte Emissora	X [UTM]		Y [UTM]		D	Q	T	H	Z	MP	MP ₁₀	COV	SO ₂	NO _x	CO	Benzeno
	m	m	m	m		Nm ³ /s	°C	m	m	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s
TR - Torre de Transferência - Pátio de Sinter	758852	7843997	-	-	-	-	-	10,0	249,0	83,11	39,44	-	-	-	-	-
TR - Descarga Vagão Coque na Rampa 6 - Pátio de Coque	760317	7843821	-	-	-	-	-	3,0	254,0	58,33	44,44	-	-	-	-	-
TR - Peneiramento de Coque - Pátio de Coque	760363	7843696	-	-	-	-	-	5,0	254,0	38,89	25,00	-	-	-	-	-
TR - Carregamento de Caminhão com Cal Super Fina	757942	7843922	-	-	-	-	-	4,0	248,0	0,56	0,28	-	-	-	-	-
TR - Movimentação Silo Subterrâneo p/ AC 2 - Calcinção	757860	7843949	-	-	-	-	-	6,0	248,0	6,39	4,44	-	-	-	-	-
TR - Torre de Peneiramento de Cal - Calcinção	758147	7843840	-	-	-	-	-	30,0	248,0	873,38	436,11	-	-	-	-	-
TR - Silo de Coque dos AF - Sinterização	758832	7843937	-	-	-	-	-	30,0	250,0	2.833,33	2.205,56	-	-	-	-	-
Forno de recozimento em caixa 4 - LTF1	756292	7843000	2,0	-	-	-	80,0	6,0	243,0	9,64	2,41	6,98	0,76	126,90	106,58	-
Forno de recozimento em caixa 5 - LTF1	756144	7842929	2,0	-	-	-	80,0	6,0	243,0	14,49	3,62	10,49	1,14	190,65	160,15	-
TR - Recuperação 2 de Sinter - Pátio 40	758958	7843950	-	-	-	-	-	10,0	249,0	200,00	100,00	-	-	-	-	-
TR - Descarga MS 3/ Britador - Sinterização	758947	7844117	-	-	-	-	-	15,0	247,0	2.942,12	941,48	-	-	-	-	-
TR - Descarga MS2 / Peneiramento Quente - Sinterização	758878	7844132	-	-	-	-	-	12,0	248,0	3.283,08	1.050,59	-	-	-	-	-
TR - Silo de Pós Captados MS1 e 2 - Sinterização	758888	7844146	-	-	-	-	-	12,0	248,0	141,67	105,56	-	-	-	-	-
TR - Hopper Recebimento de Calcário	758437	7844382	-	-	-	-	-	2,0	247,0	433,33	327,78	-	-	-	-	-
TR - Hopper Recebimento de Pó AF	758421	7844383	-	-	-	-	-	2,0	247,0	69,44	25,00	-	-	-	-	-
TR - Empilhamento Materiais Diversos - Pátio Mat Div	758915	7844312	-	-	-	-	-	10,0	250,0	27,78	22,22	-	-	-	-	-
Pilha 2 - Pátio de Materiais Diversos	758808	7844360	-	-	-	-	-	10,0	247,0	661,93	270,30	-	-	-	-	-
Pilha 3 - Pátio de Materiais Diversos	758929	7844316	-	-	-	-	-	10,0	246,0	955,69	390,26	-	-	-	-	-
TR - Movimentação Silo Subterrâneo p/ AC 1 - Calcinção	758111	7843519	-	-	-	-	-	6,0	248,0	1,94	1,39	-	-	-	-	-
Enfornamento Carro 5 da coqueria 2	759360	7844097	5,0	-	-	-	100,0	14,6	247,4	12,44	5,56	-	-	-	-	-
Desenformamento da Coqueria 3	759191	7844048	3,0	-	-	-	44,0	35,0	248,0	761,11	330,56	-	-	-	-	-

Legenda

X - coordenada X em metros no sistema UTM;
Y - coordenada Y em metros no sistema UTM;
D - diâmetro - característica da fonte emissora
H - altura da fonte emissora em relação ao solo;
Z - altitude do solo
T - temperatura de emissão de poluente
Q - vazo de saída dos gases

MP - taxa de emissão de material particulado
MP₁₀ - taxa de emissão de material particulado com diâmetro inferior a 10 µm
Benzeno - taxa de emissão de benzeno;
SO₂ - taxa de emissão de dióxido de enxofre;
COV - taxa de emissão de compostos orgânicos voláteis
CO - taxa de emissão de monóxido de carbono
NO_x - taxa de emissão de óxidos de nitrogênio

Tabela 2.9 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas – Emissões Fugitivas

Fonte Emissora	X [UTM]	Y [UTM]	D	T	H	Z	COV	Benzeno
	m	m	m	°C	m	m	mg/s	mg/s
Decantação de Alcatrão	759193	7843755	-	40,0	4,0	248,0	1.063,55	478,60
Estocagem Óleo Leve	759082	7843956	-	40,0	4,0	248,0	73,57	51,40
Estocagem Óleo BTX	759082	7843956	-	40,0	4,0	248,0	73,57	51,40
Estocagem Licor Amoniacal	759193	7843755	-	40,0	4,0	248,0	168,41	115,23
Circulação de Licor Amoniacal	759193	7843755	-	40,0	4,0	248,0	168,41	115,23
Circulação de Óleo Lavador	759193	7843755	-	40,0	4,0	248,0	47,85	33,68
Decantação de Óleo Lavador	759193	7843755	-	40,0	4,0	248,0	47,85	33,68
Estocagem de Alcatrão	759193	7843755	-	40,0	4,0	248,0	1.418,06	58,50
Centrifugação de Alcatrão	759193	7843755	-	40,0	10,0	248,0	285,89	186,14
Interceptação de Alcatrão	759193	7843755	-	40,0	4,0	248,0	1.240,80	84,19
Interceptação de Óleo Leve	759082	7843956	-	40,0	4,0	248,0	186,14	132,96
Estocagem de Excesso de Amônia	759082	7843956	-	40,0	4,0	248,0	17,73	12,40
Estocagem de Naftaleno	759082	7843956	-	40,0	4,0	248,0	1,14	0,72
Adição de Resíduo de Alcatrão	759615	7844012	-	40,0	1,0	248,0	0,05	<0,01
Estocagem de Solução Fosfórica	759082	7843956	-	40,0	4,0	248,0	47,85	33,68
Coleta de Efluentes	759193	7843755	-	40,0	2,0	248,0	47,85	33,68
Processamento de Naftaleno	759082	7843956	-	40,0	4,0	248,0	1.506,69	974,92
Condensador de Óleo Leve	759082	7843956	-	40,0	4,0	248,0	1.152,18	788,81
Bombas	759193	7843755	-	40,0	1,0	248,0	569,68	-
Sopradores de Gás	759193	7843755	-	40,0	1,0	248,0	31,25	-
Válvulas de Instrumentação	759193	7843755	-	40,0	2,0	248,0	64,00	-
Válvulas de Bloqueio	759193	7843755	-	40,0	1,0	248,0	2.430,56	-
Torre de Abatimento de Amônia	759193	7843755	-	40,0	6,0	248,0	24,13	24,13
Filtros de Carvão Ativado	759082	7843956	-	40,0	6,0	248,0	32,82	32,82

Legenda:

X - coordenada geográfica X da fonte emissora no sistema UTM;
Y - coordenada geográfica Y da fonte emissora no sistema UTM;
D - diâmetro característico da fonte emissora;
T – temperatura de emissão;
H - altura da fonte emissora em relação ao solo;
Z - altitude do solo;
COV - taxa de emissão de compostos orgânicos voláteis;
Benzeno – taxa de emissão de benzeno.

Tabela 2.10 - Inventário de Emissões Atmosféricas da Usiminas – Fontes Área

Fonte Emissora	X [UTM]	Y [UTM]	H	Z	MP	MP ₁₀
	m	m	m	m	mg/s	mg/s
Área Exposta 1 - Sobremetal	755261	7841172	2,0	252,0	2.025,00	205,56
Área Exposta 2 - Sobremetal	754922	7841064	2,0	243,0	1.425,00	144,44
Área Exposta 3 - Sobremetal	755246	7840641	1,0	237,0	875,00	175,00
Área Exposta 4 - Sobremetal	755537	7840010	1,0	240,0	4.236,11	427,78
Área Exposta 1 - Feitosa	763172	7843563	1,0	230,0	<0,01	<0,01
Área Exposta 2 - Feitosa	763468	7843759	1,0	235,0	<0,01	<0,01

Legenda

X - coordenada geográfica X da fonte emissora no sistema UTM;
Y - coordenada geográfica Y da fonte emissora no sistema UTM;
H - altura da fonte emissora em relação ao solo;
Z - altitude do solo;
MP - taxa de emissão de material particulado;
MP₁₀ - taxa de emissão de material particulado com diâmetro inferior a 10 µm

As Tabelas 2.11 e 2.12 apresentam as características das fontes emissoras externas à Usiminas, inventariadas em 24 empresas da região de Ipatinga e nas vias de tráfego urbanas.

Tabela 2.11 – Inventário de Emissões Atmosféricas – Empresas da Região de Ipatinga - 2008

Fonte Emissora	Empresa	X [UTM] m	Y [UTM] m	D m	Q Nm³/s	T °C	H m	Z m	MP mg/s	MP ₁₀ mg/s	COV mg/s	SO ₂ mg/s	NO _x mg/s	CO mg/s	Benzeno mg/s
Caldeira Babcock	APRI	751313	7852945	0,4	-	-	6,0	462,0	17,19	15,10	0,89	1,30	25,52	31,25	0,22
Aterro Sanitário - Vale do Aço		761411	7848445	350,0	-	-	2,0	275,0	-	-	53.138,89	-	-	604,44	-
TR - Retro-escavadeira 1		761568	7848332	1,0	-	-	3,0	275,0	0,05	0,02	-	-	-	-	-
TR - Retro-escavadeira 2		761645	7848369	1,0	-	-	3,0	275,0	0,05	0,02	-	-	-	-	-
TR - Trator Esteira		761630	7848292	1,0	-	-	3,0	275,0	0,05	0,02	-	-	-	-	-
Moinho de Mistura	Central de Resíduos Vale do Aço	764413	7844711	0,9	-	-	20,0	248,0	161,94	145,75	-	-	-	-	-
Chaminé do Secador de Escória		764283	7844604	0,9	82,0	82,0	20,0	252,0	123,06	110,75	-	-	-	-	-
Pilha de Escória		764216	7844517	105,0	-	-	30,0	248,0	468,02	393,86	-	-	-	-	-
TR - Pilha de Escória/Moinho		764405	7844693	3,0	-	-	4,0	250,0	155,00	73,56	-	-	-	-	-
TR - Pilha de Areia/Moinho		764405	7844693	3,0	-	-	4,0	250,0	9,65	4,58	-	-	-	-	-
TR - Pilha de Clinquer/Moinho	Cimento Cauê	764405	7844693	3,0	-	-	4,0	250,0	251,98	119,59	-	-	-	-	-
Pilha de Areia		764308	7844698	8,0	-	-	10,0	243,0	99,54	9,99	-	-	-	-	-
Pilha de Calcário		764222	7844676	8,0	-	-	10,0	241,0	357,67	146,05	-	-	-	-	-
TR - Pilha de Calcário/Moinho		764405	7844693	3,0	-	-	4,0	250,0	1,69	0,80	-	-	-	-	-
TR - Silo de Cimento/Caminhão		764405	7844693	3,0	-	-	4,0	251,0	161,52	76,65	-	-	-	-	-
TR - Descar. de Caminhão/Pilha de Escória		764211	7844621	3,0	-	-	4,0	246,0	51,67	24,52	-	-	-	-	-
TR - Descar. de Caminhão/Pilha de Areia		764248	7844696	3,0	-	-	4,0	244,0	3,22	1,53	-	-	-	-	-
TR - Descar. de Caminhão/Pilha de Calcário		764215	7844705	3,0	-	-	4,0	241,0	0,56	0,27	-	-	-	-	-
TR - Descar. de Caminhão/Pilha de Clinquer		764246	7844585	3,0	-	-	4,0	251,0	83,99	39,86	-	-	-	-	-

Continuação da Tabela 2.11 – Inventário de Emissões Atmosféricas – Empresas da Região de Ipatinga - 2008

Fonte Emissora	Empresa	X [UTM]	Y [UTM]	D	Q	T	H	Z	MP	MP ₁₀	COV	SO ₂	NO _x	CO	Benzeno
Carregamento da Balança	Concretos Rolim LTDA	m	m	m	Nm³/s	°C	m	m	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s
TR - Carregamento de Agregado		755874	7850162	2,0	-	-	1,0	300,0	2,26	1,13	-	-	-	-	-
TR - Carregamento de Areia		755943	7850424	1,0	-	-	2,0	300,0	1,62	0,79	-	-	-	-	-
TR - Carregamento de Cimento Pneumático		755943	7850424	1,0	-	-	2,0	300,0	0,32	0,15	-	-	-	-	-
TR - Carregamento do Caminhão		755943	7850424	1,0	-	-	2,0	300,0	0,06	0,02	-	-	-	-	-
Chaminé da Caldeira a Gás	Construtora Ápia LTDA	755943	7850424	1,0	-	-	3,0	300,0	86,81	21,70	-	-	-	-	-
Chaminé do Forno		753916	7848440	0,2	-	-	8,0	305,0	1,00	0,90	-	<0,01	35,00	6,00	-
Cabine de Pintura com Cortina de Água		753917	7848436	0,4	-	-	10,0	305,0	5,26	3,38	-	576,17	3,13	50,10	-
Cabine de Pintura e Verniz	Embasil Embalagens Siderúrgicas LTDA	756703	7841975	0,8	-	-	12,0	270,0	-	-	47,22	-	-	-	-
Chaminé da Caldeira		756648	7842018	0,8	-	-	12,0	270,0	-	-	47,22	-	-	-	-
Chaminé - Forno Cubilô	FUNDILESTE	761170	7844338	0,4	-	-	8,0	264,0	0,23	0,21	-	<0,01	6,875,00	0,96	-
Chaminé do Forno à Lenha		752742	7843750	0,8	-	-	12,0	297,0	85,92	77,32	-	5,60	-	908,97	-
Chaminé da Caldeira	Ind. e Com. de Prod Alim. Andrade	761085	7844284	0,4	-	-	9,0	249,0	17,19	15,10	0,89	1,30	25,52	31,25	0,22
Caldeira Simili	JMF Com. - Compensados Trevo	757323	7845639	0,4	-	-	9,0	248,0	17,19	15,10	0,89	1,30	25,52	31,25	0,22
TR - Carregamento de Areia	Lafarge	753199	7852918	0,4	-	-	7,0	533,0	103,12	90,62	5,31	7,81	153,13	187,50	1,31
Carregamento da Balança		754018	7848399	1,0	-	-	2,0	275,0	0,36	0,16	-	-	-	-	-
TR - Carregamento de Cimento Pneumático		754018	7848399	1,0	-	-	2,0	275,0	1,81	0,88	-	-	-	-	-
Caldeira Mepam		754018	7848399	2,0	-	-	1,0	275,0	2,51	1,25	-	-	-	-	-
Chaminé - Caldeira a Lenha		754018	7848399	1,0	-	-	2,0	275,0	0,06	0,02	-	-	-	-	-
Chaminé da Caldeira	Laticínio Mania LTDA	754018	7848399	1,0	-	-	3,0	275,0	96,41	24,10	-	-	-	-	-
Chaminé - Forno Slim		753424	7846309	0,4	-	-	10,0	289,0	17,19	15,10	0,89	1,30	25,52	31,25	0,22
Chaminé - Forno Principal	Lavanderia Souza & Filho	761038	7844477	0,3	-	-	4,0	267,0	25,00	22,50	2,21	3,26	63,80	78,13	0,55
	Duralipto	764286	7844991	0,6	-	-	12,0	239,0	15,28	13,43	0,79	1,16	22,69	27,78	0,19
	CIPALAM - Ind. e Com. de Laminados LTDA	756861	7845102	0,6	-	-	4,0	244,0	11,73	9,35	-	808,50	46,44	12,22	-
		756861	7845102	0,6	-	-	4,0	244,0	58,67	46,75	-	4,042,50	232,22	61,11	-

Continuação da Tabela 2.11 – Inventário de Emissões Atmosféricas – Empresas da Região de Ipatinga - 2008

Fonte Emissora	Empresa	X [UTM] m	Y [UTM] m	D m	Q Nm³/s	T °C	H m	Z m	MP mg/s	MP ₁₀ mg/s	COV mg/s	SO ₂ mg/s	NO _x mg/s	CO mg/s	Benzeno mg/s
Chaminé – Calderia Tipo B	Zum Lavanderia LTDA	761098	7844595	0,3	-	-	9,0	269,0	75,91	66,71	3,91	5,75	112,72	138,02	0,97
Chaminé do Forno à Lenha rotativo 1	Produtos de Milho Brasil	761032	7844285	0,2	-	-	6,0	251,0	15,28	13,43	0,79	1,16	22,69	27,78	0,19
Chaminé do Forno à lenha rotativo 2		761032	7844285	0,2	-	-	6,0	251,0	15,28	13,43	0,79	1,16	22,69	27,78	0,19
Britador Primário		753988	7848883	2,0	-	-	5,0	358,0	6,11	2,75	-	-	-	-	-
Britador Secundário	Pedreira Madalena LTDA	753894	7848679	2,0	-	-	5,0	330,0	27,50	12,22	-	-	-	-	-
Peneiramento		753916	7848669	7,0	-	-	15,0	326,0	1.527,78	366,67	-	-	-	-	-
Tr - Carregamento de Caminhão na Pedreira		753988	7848883	3,0	-	-	4,0	385,0	0,16	0,16	-	-	-	-	-
Detonação		753915	7848876	40,0	-	-	0,5	435,0	0,52	0,27	-	1,66	27,49	71,39	-
Tr - Britador Secundário/Peneira		753903	7848676	2,0	-	-	15,0	326,0	15,28	5,60	-	-	-	-	-
Tr - Peneira/Pilha de Brita ¾		753924	7848650	2,0	-	-	6,0	316,0	5,73	2,10	-	-	-	-	-
Tr - Peneira/Pilha de Brita 0		753884	7848663	2,0	-	-	6,0	316,0	3,82	1,40	-	-	-	-	-
Tr - Peneira/Pilha de Pó de Pedra		753942	7848654	2,0	-	-	6,0	316,0	3,82	1,40	-	-	-	-	-
Tr - Peneira/Britador Secundário		753910	7848682	2,0	-	-	6,0	316,0	1,91	0,70	-	-	-	-	-
Pilha de Brita 0		753960	7848639	4,8	-	-	6,0	318,0	2,64	2,22	-	-	-	-	-
Pilha de Brita ¾	Supermix Concreto S/A	753896	7848619	5,4	-	-	10,0	303,0	1,02	0,86	-	-	-	-	-
Pilha de Pó de Pedra		753940	7848615	4,4	-	-	15,0	304,0	85,84	35,05	-	-	-	-	-
Tr - Carr. de Caminhão - Pilha de Brita 0		753946	7848633	3,0	-	-	4,0	318,0	7,64	2,80	-	-	-	-	-
Tr - Carr. de Caminhão - Pilha de Brita ¾		753927	7848625	3,0	-	-	4,0	303,0	11,46	4,20	-	-	-	-	-
Tr - Carr. de Caminhão - Pilha de Pó de Pedra		753953	7848643	3,0	-	-	4,0	304,0	7,64	2,80	-	-	-	-	-
TR - Carr. de cimento pneumático		753909	7848662	1,0	-	-	2,0	267,0	0,08	0,03	-	-	-	-	-
Carregamento da balança		754072	7848338	2,0	-	-	1,0	267,0	3,01	1,50	-	-	-	-	-
TR - Carr. do caminhão		753909	7848662	1,0	-	-	3,0	267,0	115,74	28,94	-	-	-	-	-
TR - Carr. de Agregado		753909	7848662	1,0	-	-	2,0	267,0	2,19	1,06	-	-	-	-	-
TR - Carr. de Areia		753909	7848662	1,0	-	-	2,0	267,0	0,42	0,19	-	-	-	-	-

Continuação da Tabela 2.11 – Inventário de Emissões Atmosféricas – Empresas da Região de Ipatinga - 2008

Fonte Emissora	Empresa	X [UTM] m	Y [UTM] m	D m	Q Nm³/s	T °C	H m	Z m	MP mg/s	MP ₁₀ mg/s	COV mg/s	SO ₂ mg/s	NO _x mg/s	CO mg/s	Benzeno mg/s
Jateamento de Granalha	TAC - Jateamento e Pintura	752808	7848421	11,0	-	-	10,0	260,0	2.083,33	1.041,67	-	-	-	-	-
Cabine de Jateamento	TECAP - Chácara Madalena	754958	7847757	7,0	-	-	9,0	305,0	616,67	308,33	-	-	-	-	-
Cabine de Jateamento	TECAP - Taubas	756464	7849989	4,0	-	-	9,0	309,0	616,67	308,33	-	-	-	-	-
Detonação		755651	7850734	20,0	-	-	0,5	363,0	0,18	0,09	-	1,41	22,58	59,93	-
Pilha de Brita 0		755787	7850510	4,8	-	-	6,0	377,0	9,74	8,19	-	-	-	-	-
Tr - Carregamento de Caminhão na Pedreira		755697	7850711	3,0	-	-	4,0	357,0	0,07	0,07	-	-	-	-	-
Pilha de Brita ¾		755858	7850490	5,4	-	-	10,0	297,0	6,26	5,27	-	-	-	-	-
Pilha de Pó de Pedra		755804	7850440	17,0	-	-	15,0	297,0	386,28	157,74	-	-	-	-	-
Tr - Britador Secundário/Peneira		755946	7850433	2,0	-	-	15,0	290,0	6,37	2,33	-	-	-	-	-
Britador Secundário		755946	7850446	2,0	-	-	5,0	290,0	11,46	5,09	-	-	-	-	-
Britador Primário		755924	7850472	2,0	-	-	5,0	293,0	11,46	5,09	-	-	-	-	-
Peneiramento	Pedreira Rolim LTDA	755943	7850424	7,0	-	-	15,0	290,0	636,51	152,76	-	-	-	-	-
Tr - Peneira/ Pilha de Brita 0		755927	7850429	2,0	-	-	6,0	292,0	1,59	0,58	-	-	-	-	-
Tr - Peneira/ Pilha de Brita ¾		755944	7850401	2,0	-	-	6,0	289,0	2,39	0,88	-	-	-	-	-
Tr - Peneira/ Pilha de Pó de Pedra		755928	7850408	2,0	-	-	6,0	292,0	1,59	0,58	-	-	-	-	-
Tr - Peneira/ Britador Secundário		755946	7850433	2,0	-	-	6,0	290,0	0,79	0,29	-	-	-	-	-
Tr - Carregamento de Caminhão - Pó de Pedra		755821	7850443	3,0	-	-	4,0	305,0	3,18	1,17	-	-	-	-	-
Tr - Carregamento de Caminhão - Pilha de Brita 0		755913	7850435	3,0	-	-	4,0	293,0	3,18	1,17	-	-	-	-	-
Tr - Carregamento de Caminhão - Pilha de Brita ¾		755881	7850482	3,0	-	-	4,0	298,0	4,77	1,75	-	-	-	-	-

Legenda

X - coordenada geográfica X da fonte emissora no sistema UTM;

Y - coordenada geográfica Y da fonte emissora no sistema UTM;

H - altura da fonte emissora em relação ao solo;

Z - altitude do solo

MP - taxa de emissão de material particulado;

MP₁₀ - taxa de emissão de material particulado com diâmetro inferior a 10 µm

COV - taxa de emissão de compostos orgânicos voláteis

SO₂ - taxa de emissão de dióxido de enxofre;

CO - taxa de emissão de monóxido de carbono;

NO_x - taxa de emissão de óxido de nitrogênio;

Benzeno - taxa de emissão de benzeno.

Tabela 2.12 – Inventário de Emissões Atmosféricas – Vias de Tráfego Urbanas - 2008

Fonte Emissora	X [UTM]	Y [UTM]	Largura	H	Z	MP	MP ₁₀	SO ₂	COV	CO	NO _x
	m	m	m	m	m	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s
Av. das Nações	759346	7843109	6,0	0,5	260,0	69,08	65,88	25,96	594,78	5.185,39	507,20
Av. Kiyoshi Tsunawaki	758191	7842320	12,0	0,5	280,0	49,52	47,22	18,52	416,08	3.626,21	379,34
Av. Monteiro Lobato	756533	7845235	6,0	0,5	247,0	19,69	18,76	6,41	149,78	1.242,88	190,64
BR 458 - TRECHO 1	759476	7844242	12,0	0,5	268,0	159,81	153,74	54,32	1.307,79	11.011,84	1.377,44
Av. José Julio da Costa	756741	7843812	12,0	0,5	285,0	91,68	87,38	30,76	732,48	6.141,73	822,30
Av. Brasil	756557	7845194	6,0	0,5	248,0	54,29	51,71	17,03	387,13	3.165,67	573,84
Av. Usiminas	756744	7841216	12,0	0,5	263,0	37,70	35,92	13,98	278,22	2.434,53	344,12
Av. Pero Vaz de Caminha	755818	7841113	6,0	0,5	258,0	34,79	33,17	11,42	298,68	2.481,78	318,04
Rua Fernando de Noronha	755019	7841490	6,0	0,5	250,0	43,26	41,25	14,51	382,14	3.197,55	337,99
Av. Carlos Chagas	756393	7845439	6,0	0,5	249,0	44,90	42,79	14,88	351,42	2.933,97	416,43
Av. Londrina	760598	7844906	12,0	0,5	240,0	44,16	42,09	14,82	352,70	2.957,02	396,43
Av. Livramento	759933	7845436	12,0	0,5	264,0	19,35	18,43	6,20	143,02	1.179,27	195,10
Av. Juscelino Kubitschek	758850	7846012	12,0	0,5	237,0	0,75	0,71	0,23	5,21	42,35	8,17
Av. Minas Gerais	757473	7845901	12,0	0,5	252,0	34,85	33,19	10,77	242,42	1.970,51	379,80
Av. Selim José de Sales	756911	7846360	12,0	0,5	255,0	84,93	80,90	26,64	605,95	4.955,65	897,23
Av. Guido Marlieri	757419	7845930	12,0	0,5	242,0	10,87	10,36	3,61	85,24	711,97	100,48
Av. Itália	759357	7843091	12,0	0,5	233,0	106,22	101,26	39,41	865,25	7.530,33	857,31
Av. João Valentim Pascoal	759329	7844516	12,0	0,5	245,0	45,74	43,56	13,96	317,46	2.566,82	503,07
Av. Vinte Otto de Abril	759453	7844835	12,0	0,5	244,0	17,48	16,65	5,59	128,73	1.060,53	177,16
Av. Macapá	758924	7845967	12,0	0,5	229,0	46,70	44,49	14,93	343,96	2.833,70	473,37
Rua Felipe dos Santos	755826	7846732	6,0	0,5	269,0	32,02	30,50	10,03	227,74	1.861,18	339,58
Rua Alexandre Fleming	756612	7846823	6,0	0,5	254,0	23,67	22,55	7,84	185,22	1.546,39	219,50
Av. José Anatório Barbosa	754688	7846871	6,0	0,5	252,0	12,43	11,83	3,56	75,20	588,96	156,48
Av. Roberto Burle Marx	757375	7845531	12,0	0,5	239,0	27,35	26,06	9,07	214,46	1.791,26	252,79
Av. Santa Helena	758650	7844732	6,0	0,5	247,0	3,07	2,93	1,04	24,82	208,62	27,03

Continuação da Tabela 2.12 – Inventário de Emissões Atmosféricas – Vias de Tráfego Urbanas - 2008

Fonte Emissora	X [UTM]	Y [UTM]	Largura	H	Z	MP	MP ₁₀	SO ₂	COV	CO	NO _x
	m	m	m	m	m	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s
Rua Fortaleza	758782	7845626	12,0	0,5	245,0	35,99	34,29	11,50	265,09	2.183,90	364,83
Rua São Simão	754618	7847053	3,0	0,5	264,0	0,61	0,58	0,21	5,20	44,13	4,87
Rua Acesaia	754557	7846800	3,0	0,5	268,0	0,25	0,23	0,09	2,09	17,74	1,96
Rua Betula	754482	7846752	3,0	0,5	253,0	2,12	2,02	0,74	18,05	153,28	16,92
Rua Begônia	754609	7846631	3,0	0,5	263,0	2,55	2,43	0,89	21,71	184,39	20,35
Av. Esperança	754814	7846498	3,0	0,5	250,0	5,10	4,86	1,78	43,43	368,76	40,70
Av. Simon Bolívar	756869	7846326	6,0	0,5	249,0	39,69	37,82	13,06	306,87	2.555,49	374,99
Av. José Assis Vasconcelos	756761	7848804	6,0	0,5	263,0	4,71	4,49	1,56	36,62	305,29	44,13
Av. José Fabrício Gomes	756827	7849066	12,0	0,5	263,0	27,64	26,32	8,54	192,23	1.562,57	301,18
Rua Gaspar de Lemos	756266	7840848	6,0	0,5	252,0	15,90	15,15	5,38	117,85	993,21	154,26
Rua Estados Unidos	758624	7842987	6,0	0,5	244,0	18,44	17,68	6,68	160,83	1.382,67	137,31
Av. Gerasa	756945	7846341	12,0	0,5	250,0	78,60	74,85	24,30	546,71	4.444,02	856,55
Rua dos Cânticos	757296	7847711	12,0	0,5	274,0	44,72	42,59	13,83	311,07	2.528,56	487,36
Rua Antônio Boa Ventura Batista	756852	7847009	3,0	0,5	251,0	15,92	15,16	5,05	115,66	949,93	164,24
Av. Forquilha	755852	7847938	3,0	0,5	251,0	10,27	9,78	3,26	74,59	612,63	105,92
Av. Brasília	755211	7841340	6,0	0,5	228,0	105,20	100,33	35,28	929,39	7.776,60	822,01
Av. Vitória	754490	7839169	6,0	0,5	243,0	11,11	10,59	3,73	98,13	821,12	86,80
Rua Alfa	760760	7843494	12,0	0,5	251,0	17,88	17,04	5,72	131,71	1.085,06	181,26
Rua Artur Azevedo	754928	7845134	6,0	0,5	261,0	7,04	6,71	2,32	54,71	456,15	65,94
Rua Nárciso	754296	7845152	6,0	0,5	258,0	2,43	2,32	0,80	18,93	157,79	22,81
Rua Florianópolis	760224	7844750	12,0	0,5	244,0	14,07	13,41	4,72	112,36	942,05	126,29
Av. das Flores	752951	7843734	3,0	0,5	258,0	30,86	29,76	10,34	244,04	2.036,86	290,19
Rua Niterói	760521	7844917	12,0	0,5	246,0	37,70	35,93	12,65	301,05	2.524,03	338,38
Av. Getúlio Vargas	758847	7846088	12,0	0,5	247,0	41,79	39,80	12,92	290,71	2.363,07	455,46
Av. Galiléia	758098	7847055	12,0	0,5	263,0	40,64	38,70	12,56	282,66	2.297,64	442,85

Continuação da Tabela 2.12 – Inventário de Emissões Atmosféricas – Vias de Tráfego Urbanas - 2008

Fonte Emissora	X [UTM]	Y [UTM]	Largura	H	Z	MP	MP ₁₀	SO ₂	COV	CO	NO _x
	m	m	m	m	m	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s
Rua Graciliano Ramos	756236	7846770	6,0	0,5	248,0	34,88	33,24	11,56	272,84	2.278,07	323,58
Rua Caramurus	756033	7845319	12,0	0,5	256,0	14,83	14,13	4,98	118,48	993,43	133,00
Rua Xingus	755971	7845276	12,0	0,5	271,0	38,22	36,43	12,82	305,34	2.560,20	342,77
Rua Lírio do Vale	754568	7846674	3,0	0,5	278,0	1,62	1,55	0,57	13,81	117,29	12,94
Rua Vitória Régia	754487	7846576	3,0	0,5	258,0	0,92	0,87	0,32	7,80	66,22	7,31
Rua dos Caetés	757812	7844439	6,0	0,5	249,0	35,83	34,12	11,24	255,48	2.089,13	378,70
Rua Maraque	757815	7844513	6,0	0,5	254,0	19,12	18,21	6,00	136,34	1.114,93	202,11
Rua Jaspe	757038	7844918	6,0	0,5	248,0	19,74	18,80	6,19	140,77	1.151,15	208,67
Rua Jês	757033	7844919	6,0	0,5	254,0	7,93	7,55	2,37	51,77	414,05	92,82
Rua Turquesa	756959	7844444	6,0	0,5	247,0	7,34	6,99	2,17	47,14	375,45	87,31
Rua Quartzo	757079	7844369	6,0	0,5	247,0	8,28	7,88	2,45	53,15	423,26	98,43
Rua Belo Horizonte	760113	7844748	12,0	0,5	244,0	11,80	11,24	3,96	94,20	789,80	105,88
Rua Poços de Caldas	760031	7844544	12,0	0,5	244,0	10,53	10,03	3,37	77,57	639,08	106,76
Rua Barbacena	759746	7844570	12,0	0,5	241,0	5,18	4,93	1,66	38,13	314,17	52,48
Av. Concórdia	759727	7844385	12,0	0,5	243,0	5,10	4,86	1,63	37,58	309,58	51,71
Rua Juiz de Fora	759778	7844147	12,0	0,5	241,0	10,48	9,99	3,35	77,20	636,02	106,25
Rua Teresina	760313	7844965	12,0	0,5	250,0	31,67	30,17	10,14	234,10	1.930,27	319,36
Rua Campinas	759579	7845069	12,0	0,5	233,0	27,63	26,33	8,83	203,51	1.676,61	280,08
Av. Marechal Cândido Rondon	758782	7845526	12,0	0,5	228,0	24,86	23,68	7,87	183,05	1.508,03	251,92
Rua dos Guajajares	756369	7844506	6,0	0,5	275,0	13,60	12,95	4,05	88,73	709,70	159,11
Rua Pedro Nolasco	755843	7844686	6,0	0,5	264,0	4,02	3,83	1,33	31,25	260,50	37,65
BR 458 - TRECHO 2	759476	7844242	12,0	0,5	268,0	60,43	62,97	20,49	481,63	4.054,10	539,63
BR 458 - TRECHO 3	760446	7843923	12,0	0,5	268,0	297,62	288,45	102,30	2.502,75	21.144,13	2.451,32
BR 381 - Trecho 1	753752	7841228	12,0	0,5	258,0	333,49	317,74	104,18	2.508,34	20.486,75	3.354,59
BR 381 - Trecho 2	757663	7844127	12,0	0,5	258,0	67,67	64,49	22,47	538,56	4.498,29	614,45

Continuação da Tabela 2.12 – Inventário de Emissões Atmosféricas – Vias de Tráfego Urbanas - 2008

Fonte Emissora	X [UTM]	Y [UTM]	Largura	H	Z	MP	MP ₁₀	SO ₂	COV	CO	NO _x
	m	m	m	m	m	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s	mg/s
BR 381 - Trecho 3	758165	7845013	12,0	0,5	258,0	29,69	28,30	9,75	233,38	1.941,80	276,45
Av. Marechal Floriano Peixoto	755634	7841458	18,0	0,5	247,0	7,42	7,05	1,72	29,60	196,30	122,15
Rua Dom Manoel	755645	7841710	12,0	0,5	250,0	4,74	4,51	1,20	25,12	183,76	67,56
Estrada das Lavadeiras	755421	7842560	12,0	0,5	252,0	2,77	2,65	0,87	25,83	211,43	21,00
BR 381 - Trecho 4	753752	7841228	12,0	0,5	258,0	26,44	25,20	8,68	207,85	1.887,71	245,06
Rua Hortência	754494	7845946	3,0	0,5	257,0	2,43	2,32	0,85	20,71	175,86	19,41

Legenda:

X - coordenada geográfica X da fonte emissora no sistema UTM;
Y - coordenada geográfica Y da fonte emissora no sistema UTM;
L - largura da via
H - altura da fonte emissora em relação ao solo;
Z - altitude do solo
MP - taxa de emissão de material particulado;

MP₁₀ - taxa de emissão de material particulado com diâmetro inferior a 10 µm
COV - taxa de emissão de compostos orgânicos voláteis
SO₂ - taxa de emissão de dióxido de enxofre;
CO - taxa de emissão de monóxido de carbono;
NO_x - taxa de emissão de óxido de nitrogênio;

3 MODELAGEM MATEMÁTICA DA DISPERSÃO ATMOSFÉRICA DE POLUENTES

3.1 DESCRIÇÃO DO MODELO

O modelo de dispersão utilizado foi o AERMOD (EPA, 2004), que é um modelo de pluma gaussiana, recomendado como regulatório pela EPA. Este modelo é um aprimoramento do modelo ISC3 (Industrial Source Complex), sendo o seu substituto natural, aplicável à áreas urbanas ou rurais, terrenos planos ou com variações topográficas, emissões a baixos ou elevados níveis de altitude, contando com a capacidade de trabalhar com diferentes tipos de fontes (pontual, área ou volumétrica).

O AERMOD considera a pluma de poluentes em estado estacionário. Na camada limite estável (SBL), a distribuição da concentração é gaussiana na vertical e horizontal. Contudo, na condição de camada limite convectiva (CBL) a distribuição horizontal é dada como gaussiana, mas a distribuição vertical é descrita por uma função de densidade probabilidade bi-gaussiana. O AERMOD também possibilita o cálculo da reentrada de poluentes lançados acima da camada limite. Uma das principais melhorias trazidas pelo AERMOD é sua habilidade de caracterizar a CLP (camada limite planetária) através de informações de superfície e dados de estratificações das camadas simultaneamente. Para descrever a atmosfera, o AERMOD utiliza os perfis verticais das variáveis meteorológicas geradas pelo modelo meteorológico numérico de mesoescala WRF.

3.2 ANÁLISE DE CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS APLICADAS À MODELAGEM DA QUALIDADE DO AR

A qualidade do ar de uma determinada região ou bacia aérea é determinada por complexos fenômenos e relacionamentos envolvendo a quantidade, regime e condições de lançamento de poluentes por fontes emissoras influentes, além de mecanismos de remoção, transformação e dispersão desses poluentes na massa de ar. Desta forma, as condições meteorológicas de micro e mesoescala exercem um papel determinante na frequência, duração e concentração dos poluentes a que estão expostos os possíveis receptores situados na área de influência direta dessas fontes.

As variáveis meteorológicas comumente medidas em estações de superfície mais importantes para a análise da dispersão de poluentes na atmosfera são a direção e a velocidade do vento, o desvio padrão de direção do vento ($\sigma\theta$), o gradiente vertical de temperatura da atmosfera, a altura da camada de mistura, a radiação solar, a nebulosidade e a precipitação pluviométrica.

Entretanto, para a execução da modelagem matemática da dispersão dos poluentes na atmosfera, a partir da utilização do AERMOD, é necessária a utilização de parâmetros, que via de regra, não são mensurados em estações meteorológicas de superfície existentes no Brasil. A estação meteorológica da Usiminas, localizada na Estação de Tratamento de Água Potável (ETAP) em Ipatinga, não foge a essa regra. A necessidade desses parâmetros torna-se mais acentuada quando se trata da utilização de modelos de dispersão mais avançados.

Diante dessa situação, foi utilizada uma abordagem metodológica de vanguarda para suprimento de informações da micrometeorologia local, fazendo uso de modernos métodos de simulação meteorológica de mesoescala. Nesta tarefa, o modelo meteorológico de previsão numérica WRF, desenvolvido pela Pennsylvania State University / National Center

for Atmospheric Research Numerical (PSU/NCAR Weather Research and Forecasting Model), foi utilizado para reproduzir as condições atmosféricas (meteorológicas) da área demarcada, ao nível do solo e em diversas altitudes (níveis de pressão atmosférica). Informações meteorológicas históricas de reanálise, obtidas junto ao NCEP (National Centers for Environmental Prediction-USA), foram utilizadas como base para alimentação do modelo WRF.

A modelagem com o WRF exige o processamento em computadores de alto desempenho (cluster), o que por sua vez também impõe uma limitação ao tamanho do período de dados a ser reproduzido. Mesmo assim, optou-se pela reprodução completa da base de dados meteorológicos fornecida, para o período de 28 de novembro de 2005 a 29 de novembro de 2007 (2 anos consecutivos), tomados como médias horárias, 24 horas por dia. Este conjunto de dados serviu de base para o estudo da dispersão dos poluentes atmosféricos, e conseqüentemente, para o projeto da RAMQAM.

Para suprir de informações o modelo meteorológico de mesoescala, foram utilizados dados providos por modelos globais, compilados num acervo de reanálises. É importante distinguir as definições de análise e reanálise. Na prática da meteorologia moderna, a denominação análise é referente aos procedimentos de interpolação dos dados observados (nas estações em pontos aleatoriamente distribuídos sobre a esfera terrestre e em alturas diversas e também aleatórias) em matrizes tridimensionais previamente definidas. Esta interpolação é feita com a utilização de um modelo numérico global da atmosfera, que permite um fácil processamento gráfico e analítico dessas informações e é imprescindível para a inserção dos dados observados em modelos numéricos regionais. As reanálises são projetos específicos de grandes centros mundiais de meteorologia operacional, nos quais uma determinada versão de um modelo atmosférico global é utilizada para a reconstrução de análises num longo período de tempo, permitindo assim o uso confiável das séries temporais produzidas por este procedimento de análise, uma vez que as eventuais variações nestas séries não se devem a mudanças nos modelos utilizados.

A partir dos campos meteorológicos calculados pela simulação tridimensional de mesoescala, foram geradas séries históricas representativas para Ipatinga contendo 17.292 registros médios horários, referentes ao período de novembro de 2005 a novembro de 2007, para cada um dos parâmetros apresentados na Tabela 3.1. Esses dados foram inseridos em uma estação virtual, denominada de Estação WRF, cuja localização geográfica coincide com a da estação pertencente à Usiminas, localizada na ETAP.

Tabela 3.1 – Modelagem WRF

Parâmetros Meteorológicos
Altura da camada limite convectiva
Altura da camada limite mecânica
Comprimento do Monin-Obukhov
Velocidade do Vento
Direção do vento
Radiação solar global
Escala de velocidade convectiva
Fluxo de calor latente
Temperatura do ar
Fluxo de calor sensível
Gradiente vertical de temperatura potencial
Perfis verticais de direção e velocidade do vento
Perfis verticais de temperatura do ar
Velocidade de fricção

O comportamento do vento (velocidade e direção) pode ser resumido numa representação gráfica denominada rosa dos ventos. As rosas dos ventos apresentadas a seguir foram geradas com base nas séries históricas de dados horários das estações meteorológicas consideradas no presente estudo. A Estação Meteorológica Usiminas – ETAP (existente) forneceu dados horários medidos no período de 01/01/2005 a 19/09/2007 (Figura 3.1). A Estação WRF (virtual) forneceu dados horários modelados para o período de 28/11/2005 a 29/11/2007 (Figura 3.2).

Tomando-se os devidos cuidados, a representatividade dos dados de meteorologia gerados por modelagem com o WRF pode ser verificada, comparando-se as rosas dos ventos das Figuras 3.1 e 3.2. Observa-se dessa comparação que, apesar do assincronismo do período de dados, os ventos apresentam comportamentos similares, principalmente em relação às predominâncias registradas para os quadrantes nordeste e sudoeste. A ocorrência de calmaria também é bem reproduzida pelo modelo meteorológico utilizado. Cabe ressaltar que a estrita comparação dos resultados modelados e medidos não é cabível, uma vez que, além da diferença dos períodos de referência, há ainda uma significativa diferença no que diz respeito à representatividade espacial de cada dado.

Os dados medidos pela estação ETAP são representativos da localidade onde a estação está instalada e a estação virtual modelada representa uma condição média de uma região de 25 km² no grid de modelagem. Sendo o parâmetro vento próximo do nível do solo altamente dependente de fatores de microescala, as características do relevo e do uso do solo do sítio e arredores da estação de monitoramento, em geral interferem nas medições realizadas. Os ventos de maior intensidade são menos suscetíveis a essas condições de superfície, ao contrário dos ventos fracos, cujas direções variam mais intensamente em decorrência de obstáculos e alterações da rugosidade do solo.

Figura 3.1 – Rosa dos Ventos da Estação Meteorológica Usiminas - ETAP

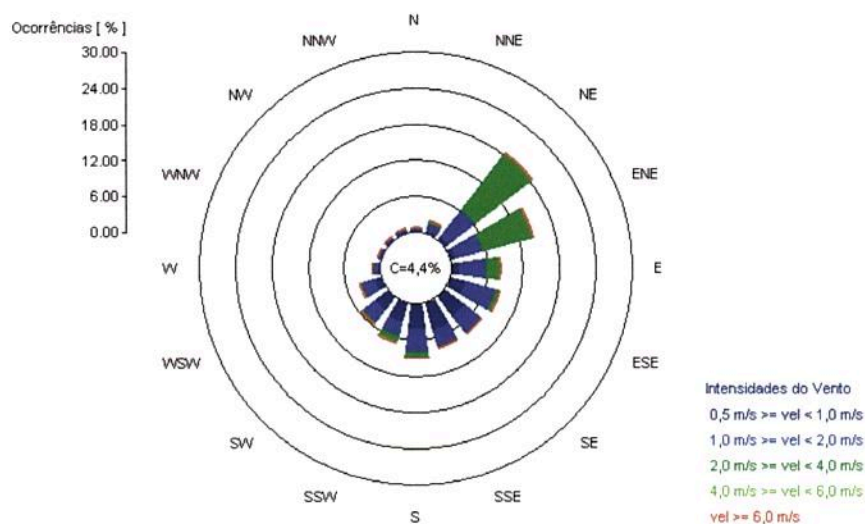
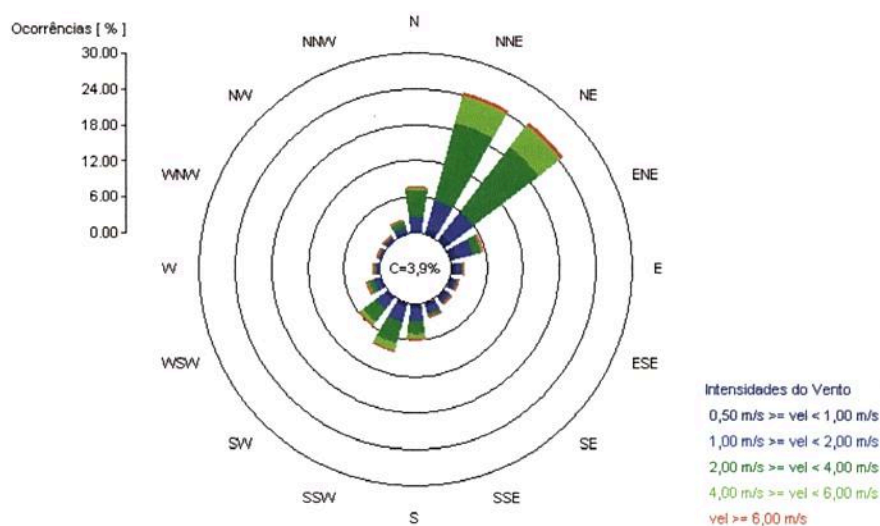


Figura 3.2 – Rosa dos Ventos da Estação Virtual – WRF



Analisando as Figuras 3.1 e 3.2, constata-se que os ventos na região de Ipatinga apresentam-se em geral com intensidade de fraca a média (médias aritméticas de 1,5 m/s para a Estação ETAP e de 2,4 m/s para a Estação WRF), com índice de calma de aproximadamente 4%. As direções predominantes são aquelas provenientes do quadrante nordeste (NE e NNE).

A caracterização meteorológica de mesoescala, elaborada com detalhes utilizando o modelo WRF para a área de estudo, é composta de volumosas matrizes numéricas cuja reprodução é praticamente inviável num relatório impresso. Dessa forma, assim como realizado para o vento, as demais variáveis meteorológicas utilizadas no modelo de dispersão atmosférica serão a seguir apresentadas na forma de um extrato resumindo seu comportamento típico em Ipatinga. As Figuras 3.3 e 3.4 demonstram dois exemplos de campos de ventos obtidos para a região estudada, ilustrando as diferentes condições de dispersão as quais os poluentes podem se submeter em uma mesma área.

Figura 3.3 – Exemplo de Campos de Ventos Obtidos com a Simulação de Mesoescala – Campo Típico

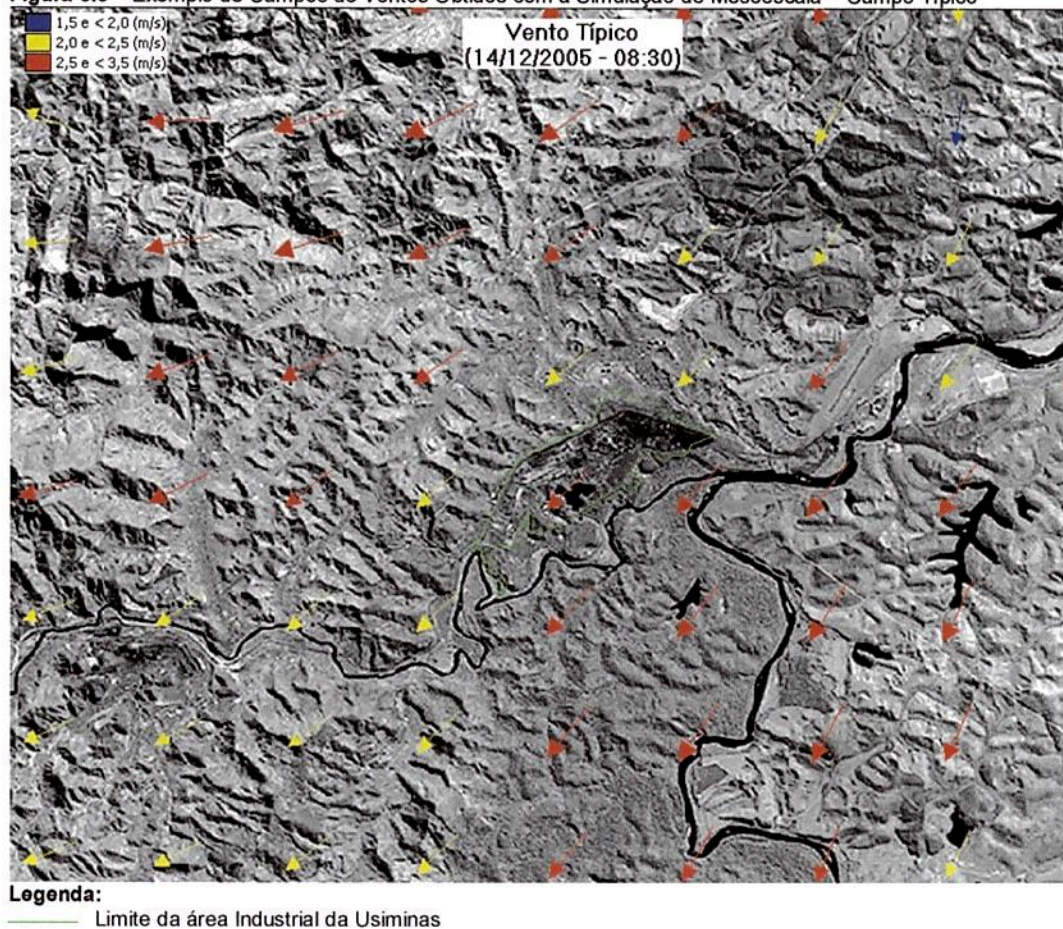
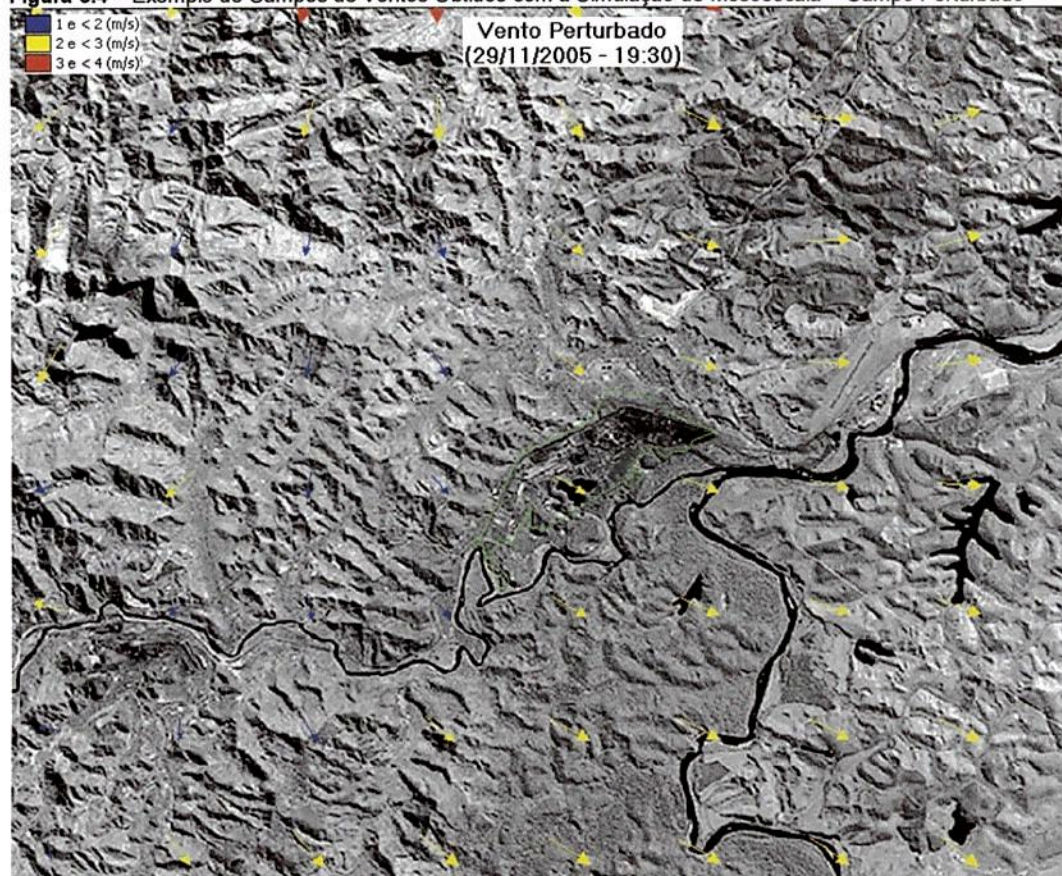


Figura 3.4 – Exemplo de Campos de Ventos Obtidos com a Simulação de Mesoescala – Campo Perturbado



Legenda:

— Limite da área Industrial da Usiminas

As Figuras 3.5 e 3.6 demonstram os campos de temperatura do ar que ocorrem na região estudada, respectivamente para as duas situações apresentadas anteriormente.

Figura 3.5 – Campos de Temperatura Obtidos com a Simulação de Mesoescala associado aos Campos de Ventos de 14/12/2005 às 08:30 horas

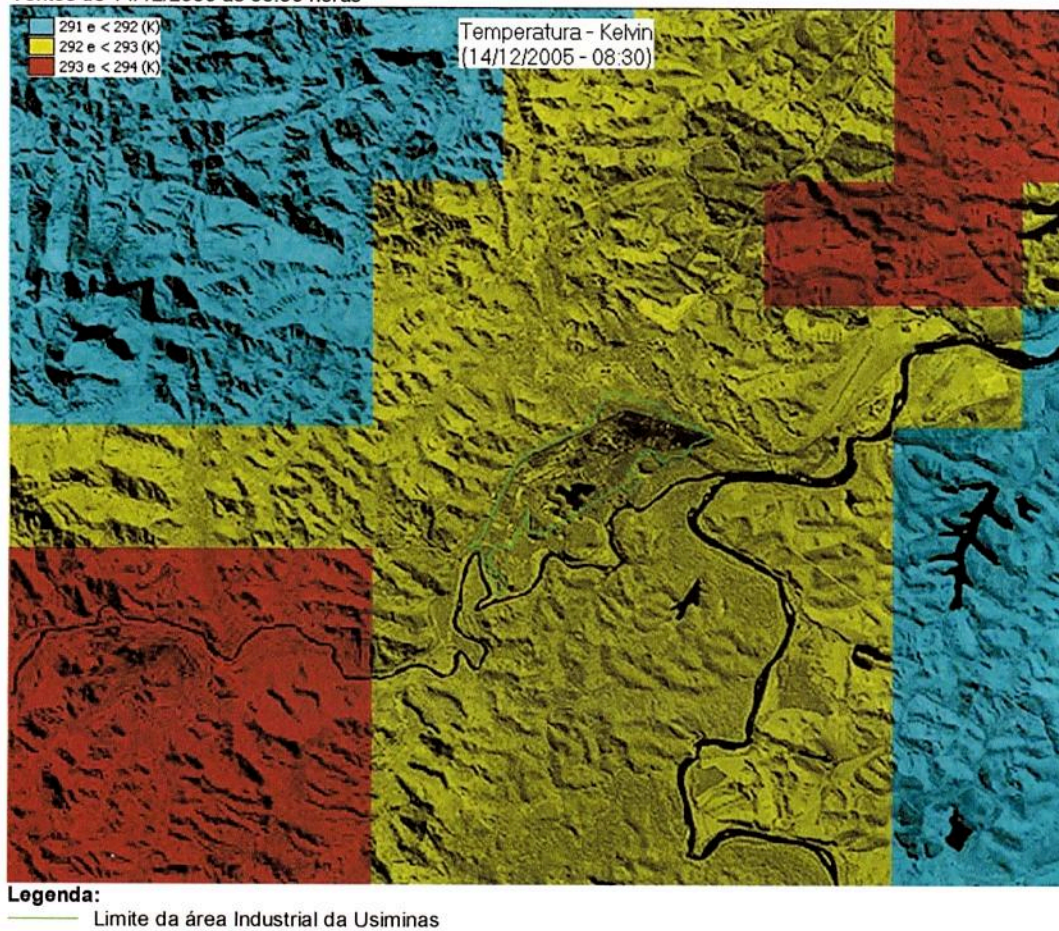
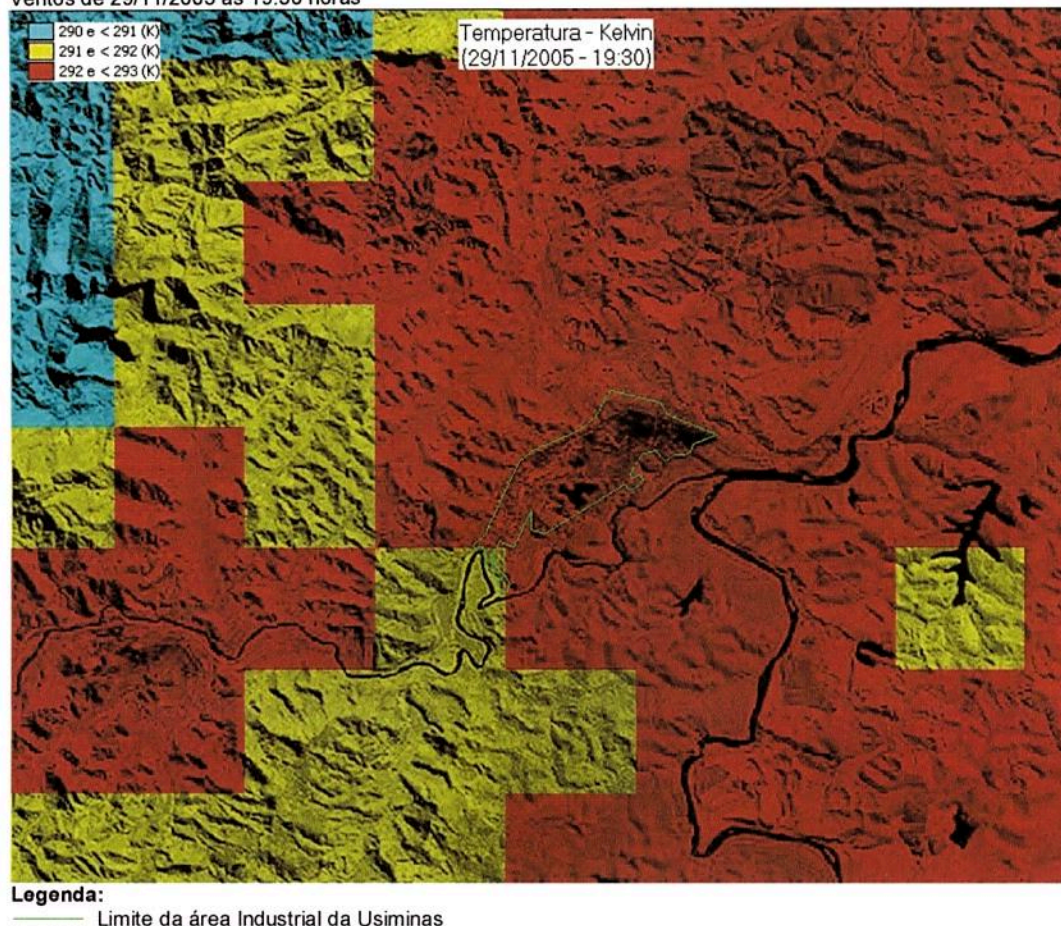


Figura 3.6 – Campos de Temperatura Obtidos com a Simulação de Mesoescala associado aos Campos de Ventos de 29/11/2005 às 19:30 horas



A Figura 3.7 descreve a curva típica das médias mensais de temperatura do ar que ocorrem na região estudada. A curva típica das médias horárias de radiação solar é exibida na Figura 3.8. As curvas de comportamento das médias horárias de altura da camada limite convectiva e altura da camada limite mecânica são apresentadas nas Figura 3.9 e 3.10, respectivamente.

Figura 3.7 – Curva das Médias Mensais Típicas da Temperatura do Ar em Ipatinga - Estação WRF Virtual

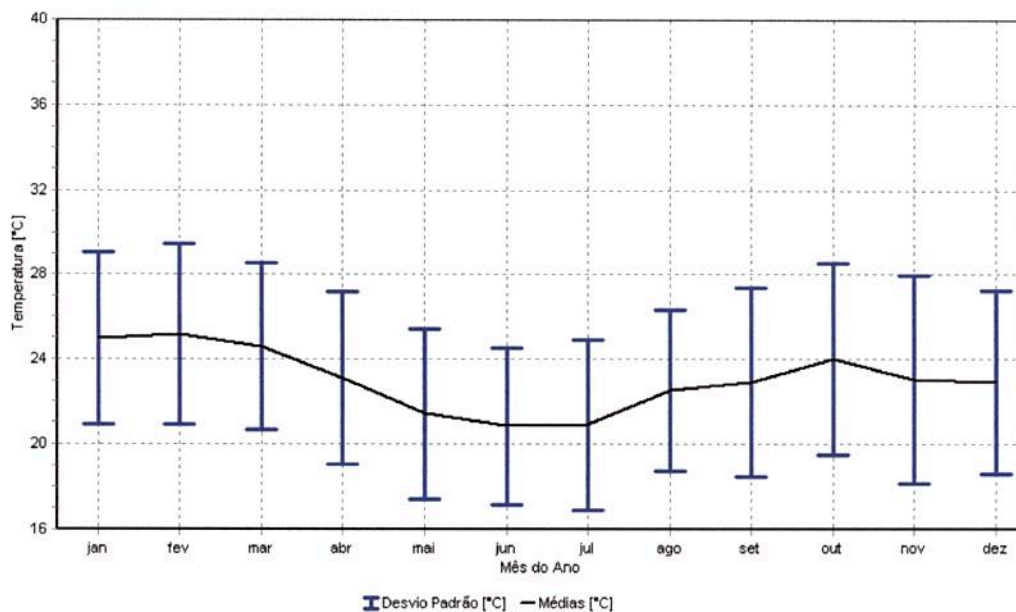


Figura 3.8 – Curva das Médias Horárias Típicas de Radiação Solar em Ipatinga - Estação WRF Virtual

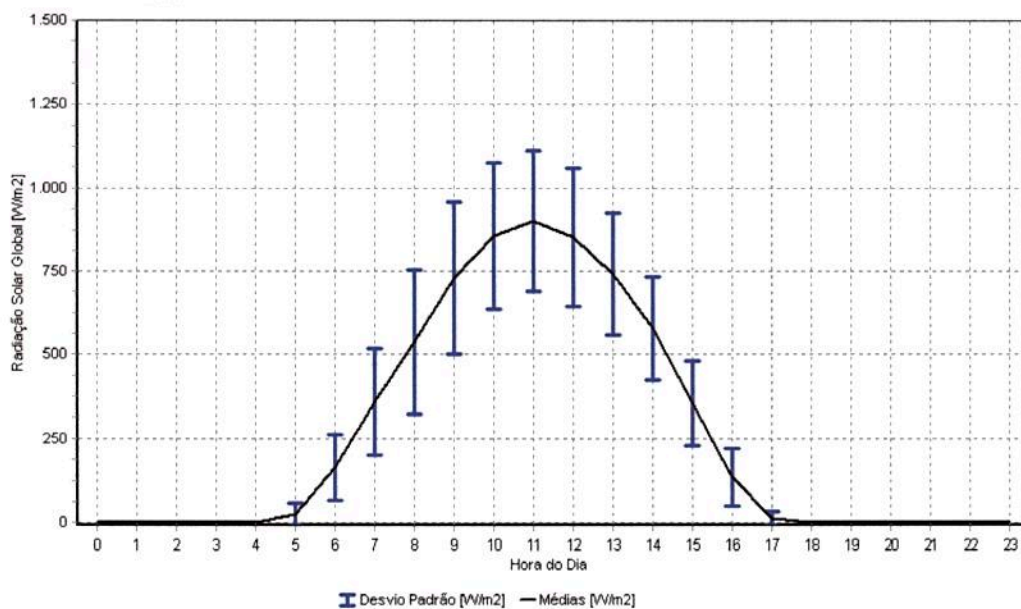


Figura 3.9 – Curva das Médias Horárias Típicas da Altura da Camada Limite Convectiva em Ipatinga – Estação WRF Virtual

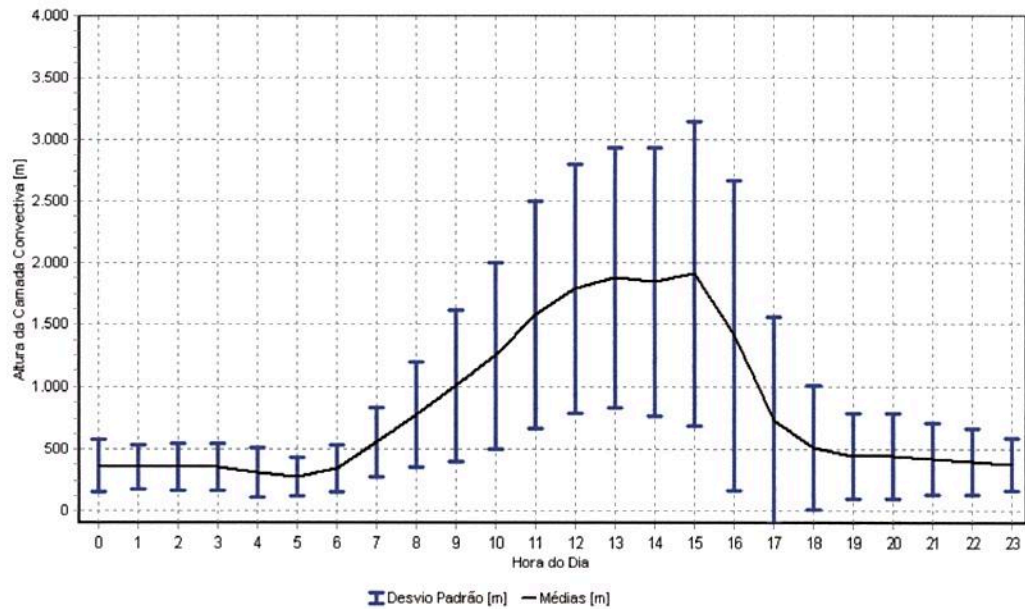
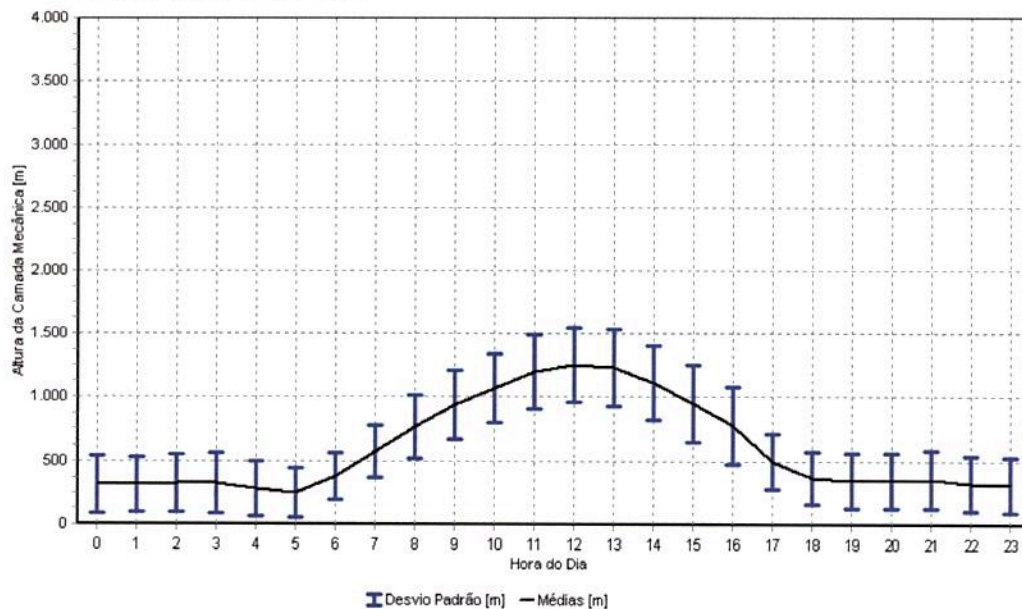


Figura 3.10 – Curva das Médias Horárias Típicas da Altura da Camada Limite Mecânica em Ipatinga - Estação WRF Virtual



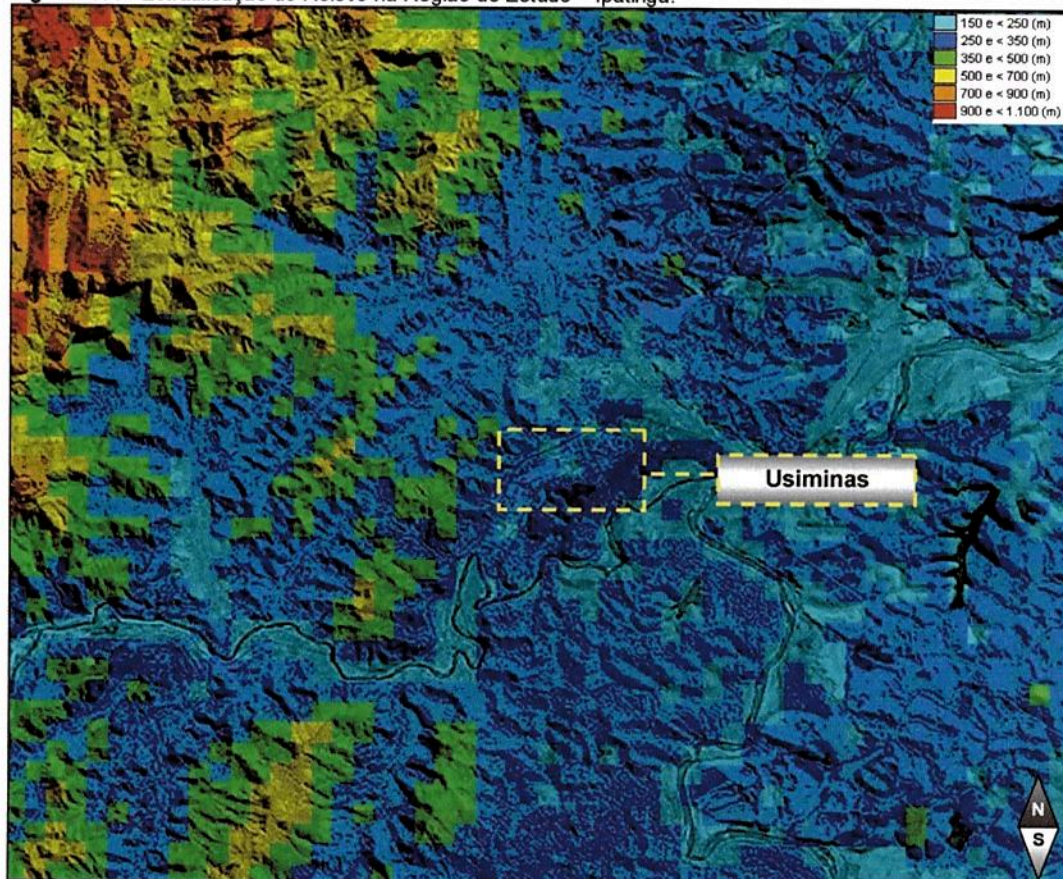
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de influência considerada no projeto da RAMQAM-Ipatinga abrange cerca de 400 km², tendo a Usiminas ao centro. Para a modelagem atmosférica foi utilizada uma matriz de receptores composta por 40 linhas e 40 colunas, totalizando 1.600 células (ou receptores) de aproximadamente 500 m de lado.

Com relação aos aspectos topográficos, a região de estudo é bastante acidentada, notadamente na sua porção noroeste, com altitudes variando entre 150 e 1.100 metros. Essa característica do relevo determina condições meteorológicas de microescala eventualmente particulares em relação aos sistemas atmosféricos que incidem no sudeste brasileiro, notadamente em relação ao vento (direção e intensidade).

A Figura 3.11 apresenta a estratificação do relevo para a região de estudo, com destaque da área industrial da Usiminas.

Figura 3.11 - Estratificação do Relevo na Região de Estudo – Ipatinga.



3.4 INFLUÊNCIA DAS FONTES INVENTARIADAS NA QUALIDADE DO AR DA REGIÃO DE IPATINGA

Esta seção tem como objetivo a quantificação da influência das emissões de poluentes atmosféricos oriundos das fontes industriais e veiculares de Ipatinga, na qualidade do ar da cidade. Foram considerados nesta análise os poluentes: material particulado (MP); material particulado < 10 µm (MP₁₀); dióxido de enxofre (SO₂); óxidos de nitrogênio (NO_x); monóxido de carbono (CO); compostos orgânicos voláteis (COV) e benzeno. Vale ressaltar que após ser emitido para a atmosfera, o MP passa a ser denominado partículas totais em suspensão (PTS) e MP₁₀ passa a ser denominado partículas inaláveis (PI), conforme a nomenclatura utilizada na Resolução CONAMA 03/1990.

Os cenários utilizados para a análise da influência das fontes inventariadas na qualidade do ar da região foram gerados através do modelo matemático AERMOD, alimentado com todas as informações de emissões atmosféricas, meteorologia e características geográficas da região. Os resultados do modelo citado, também foram utilizados no algoritmo de otimização da rede de monitoramento da qualidade do ar.

3.4.1 RESULTADOS DA MODELAGEM

A Tabela 3.2 apresenta os principais resultados obtidos pela modelagem da dispersão de poluentes atmosféricos para a região de Ipatinga em 2008, além das emissões atmosféricas das demais fontes significativas do Município, incluindo as vias de tráfego urbanas. São apresentados os resultados relativos à contribuição das fontes inventariadas na qualidade do ar da região de estudo e suas comparações com as concentrações limite estabelecidas pelos padrões primários de qualidade do ar da resolução CONAMA 03/1990, quando cabível. Estes resultados são referentes a toda malha de receptores modelada, excetuando-se a área interna da Usiminas, que é classificada como área industrial.

Tabela 3.2 – Máximos Acréscimos Médios Anuais das Concentrações de Poluentes na Atmosfera Decorrentes das Emissões de Fontes Significativas na Região de Ipatinga

Poluente	Referência Temporal	PQAr ^a	Concentração Modelada [µg/m³]	Localização Relativa a Usiminas ^e	Ponto de Referência do Local de Máxima Obtida
PTS [µg/m³]	Média anual	80 ^b	56,21	3,3 km - NE	HiperBretas - Centro
PI [µg/m³]		50	33,81	1,0 km - SE	Bairro das Águas
SO ₂ [µg/m³]		80	34,10	1,0 km - SE	Bairro das Águas
NO _x [µg/m³]		100 ^c	34,31	1,8 km - E	Cariru
CO [µg/m³]		N.A.	458,81	1,0 km - SE	Bairro das Águas
COV [µg/m³]		N.A.	102,23	7,0 km - NE	Aterro Sanitário Vale do Aço
Benzeno [µg/m³]		d	4,83	1,8 km - E	Cariru

Notas:

- a padrão primário da qualidade do ar estabelecido pela resolução CONAMA 03/1990;
- b média geométrica;
- c padrão de qualidade do ar para NO₂, aqui utilizado em comparação com as concentrações de NO_x (NO + NO₂) modeladas, de forma conservadora.
- d não contemplado na CONAMA 03/1990. Limites Internacionais (médias anuais) para referência: UK = 3,2 µg/m³; European Commission = 5 µg/m³; Japão = 3,0 µg/m³; WHO = 5 a 20 µg/m³.
- e distância relativa ao centro da Lagoa da Anta.

As concentrações médias de longo período modeladas para a região de entorno da Usiminas, que consideram as contribuições das emissões atmosféricas atualmente existentes e as alterações decorrentes das melhorias propostas para a Revalidação da

Licença de Operação, além das fontes das principais empresas da região e as vias de tráfego da cidade, denotam que a região estudada tende a apresentar alterações na qualidade do ar enquadradas nos padrões legais vigentes de longo período (CONAMA 03/90).

As Figuras 3.12 a 3.18 apresentam os cenários modelados de qualidade do ar que contêm as concentrações médias do período modeladas para PTS, PI, SO₂, NO_x, CO, COV e Benzeno.

As escalas dos cenários foram ajustadas às ordens de grandeza das concentrações apresentadas nos mesmos e aos padrões legais, quando cabível.

Figura 3.12 – Cenário Modelado que Contém os Acréscimos Médios para o Período Modelado nas Concentrações de **Partículas Totais em Suspensão** na Atmosfera Decorrentes das Emissões da Usiminas em 2008, Vias de Tráfego e Outras Fontes Emissoras da Região Estudada.

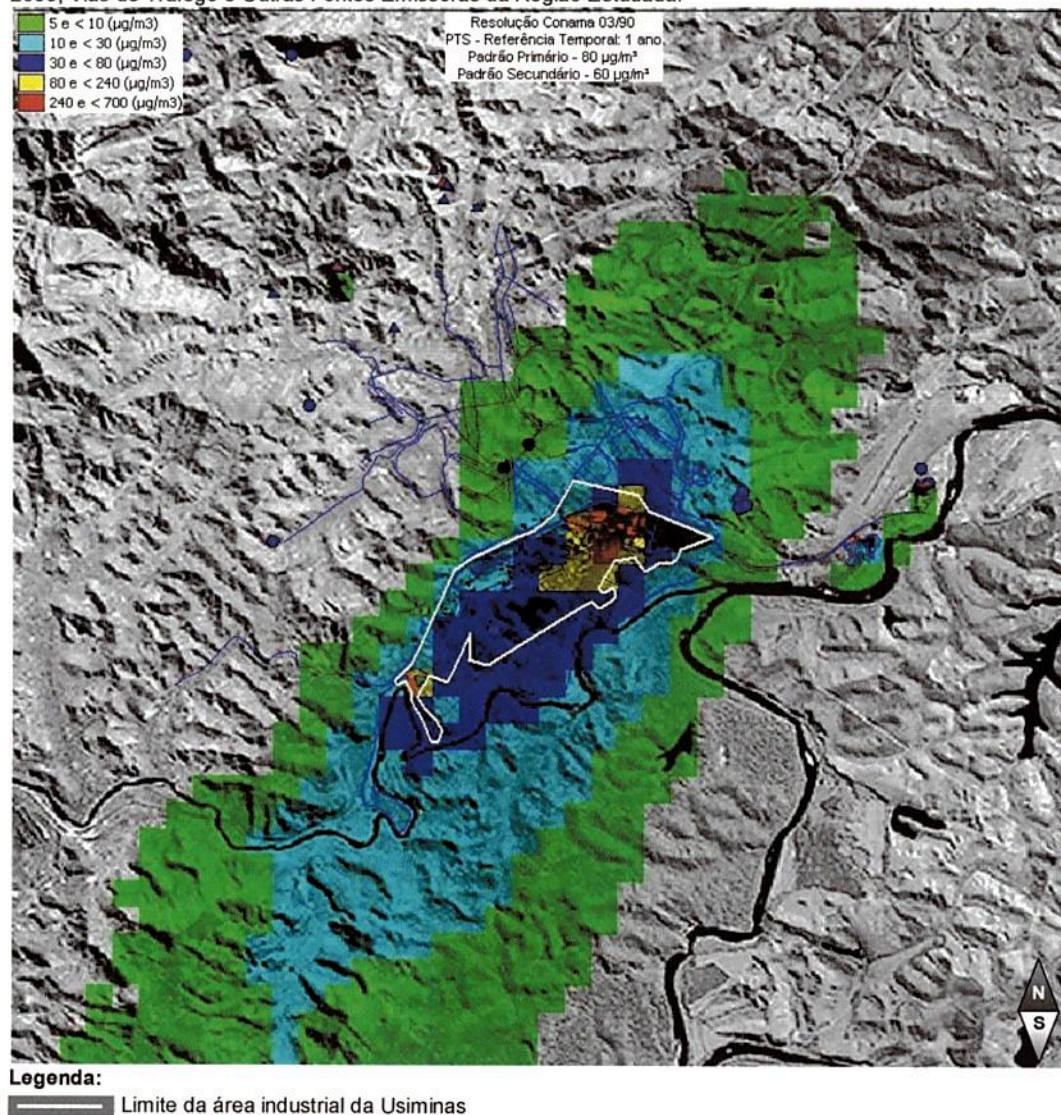


Figura 3.13 – Cenário Modelado que Contém os Acréscimos Médios para o Período Modelado nas Concentrações de **Partículas Inaláveis** na Atmosfera Decorrentes das Emissões da Usiminas em 2008, Vias de Tráfego e Outras Fontes Emissoras da Região Estudada.

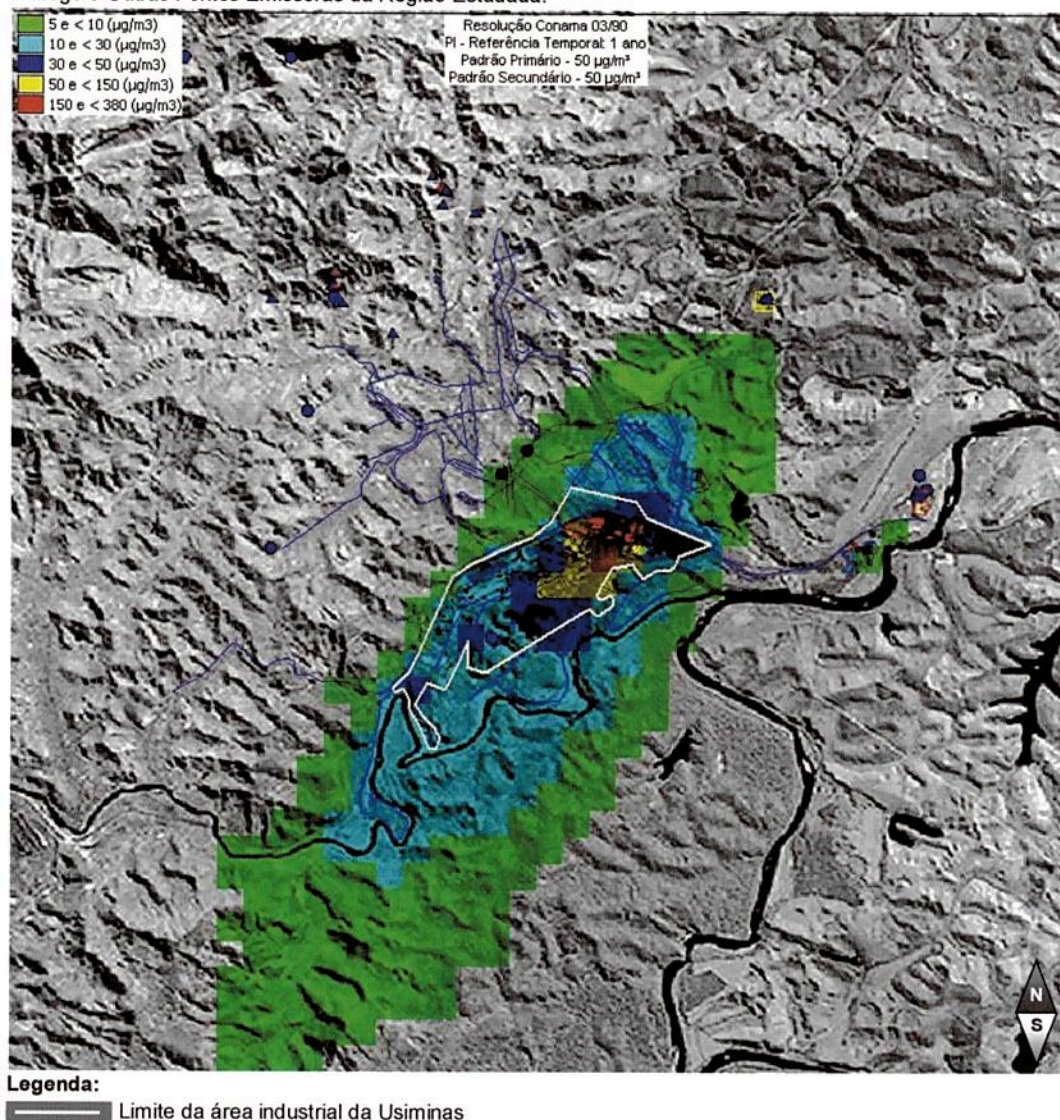
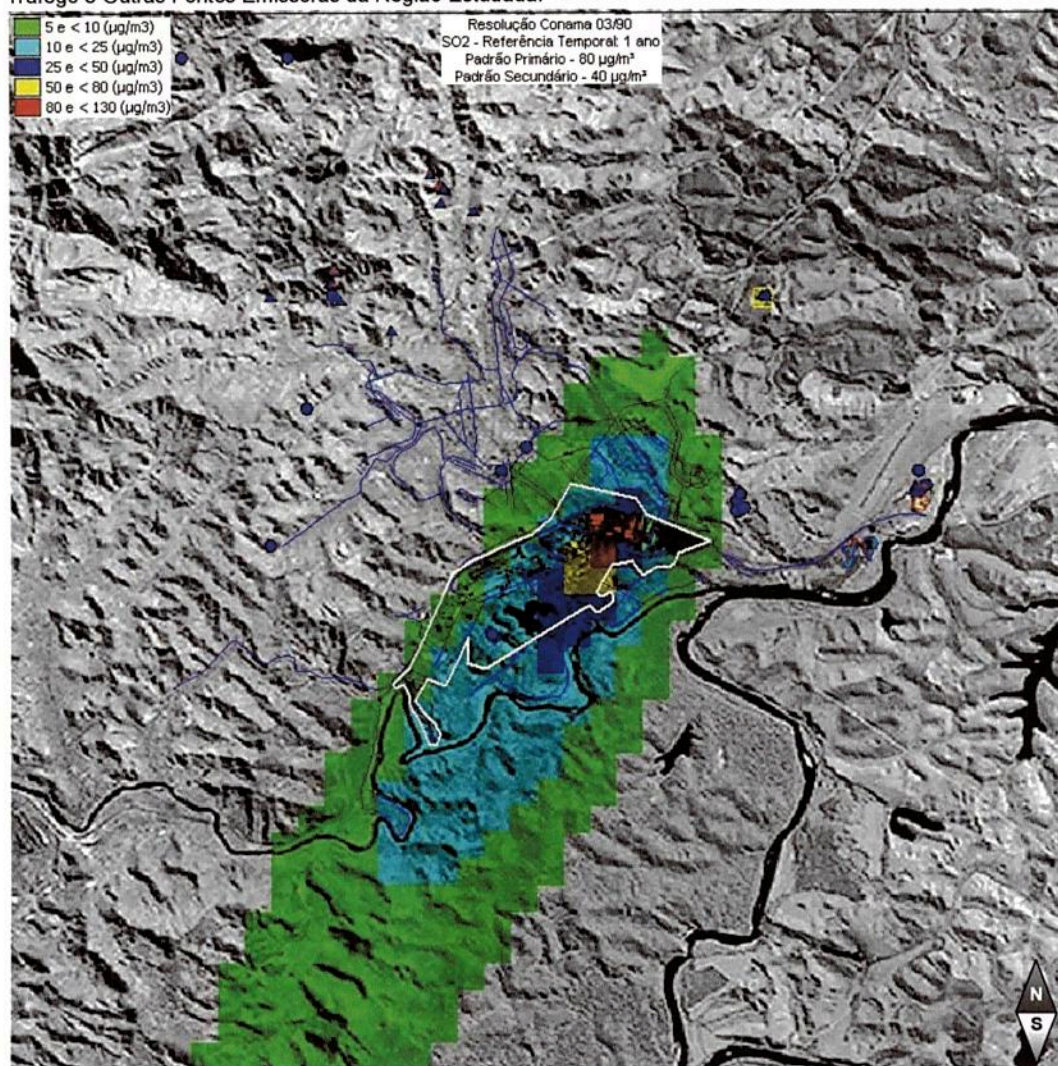


Figura 3.14 – Cenário Modelado que Contém os Acréscimos Médios para o Período Modelado nas Concentrações de **Dióxido de Enxofre** na Atmosfera Decorrentes das Emissões da Usiminas em 2008, Vias de Tráfego e Outras Fontes Emissoras da Região Estudada.



Legenda:

— Limite da área industrial da Usiminas

Figura 3.15 – Cenário Modelado que Contém os Acréscimos Médios para o Período Modelado nas Concentrações de **Óxidos de Nitrogênio** na Atmosfera Decorrentes das Emissões da Usiminas em 2008, Vias de Tráfego e Outras Fontes Emissoras da Região Estudada.

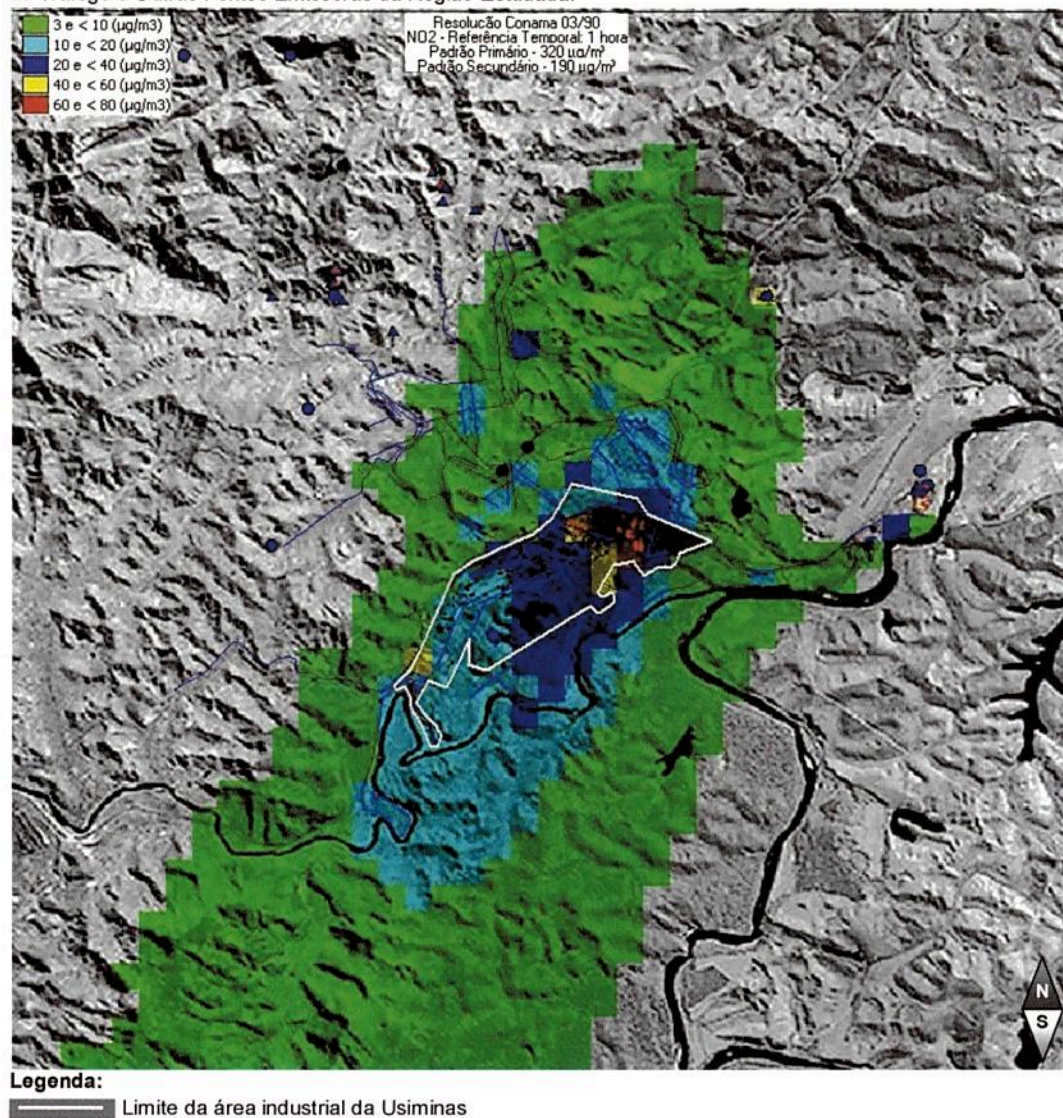


Figura 3.16 – Cenário Modelado que Contém os Acréscimos Médios para o Período Modelado nas Concentrações de **Monóxido de Carbono** na Atmosfera Decorrentes das Emissões da Usiminas em 2008, Vias de Tráfego e Outras Fontes Emissoras da Região Estudada.

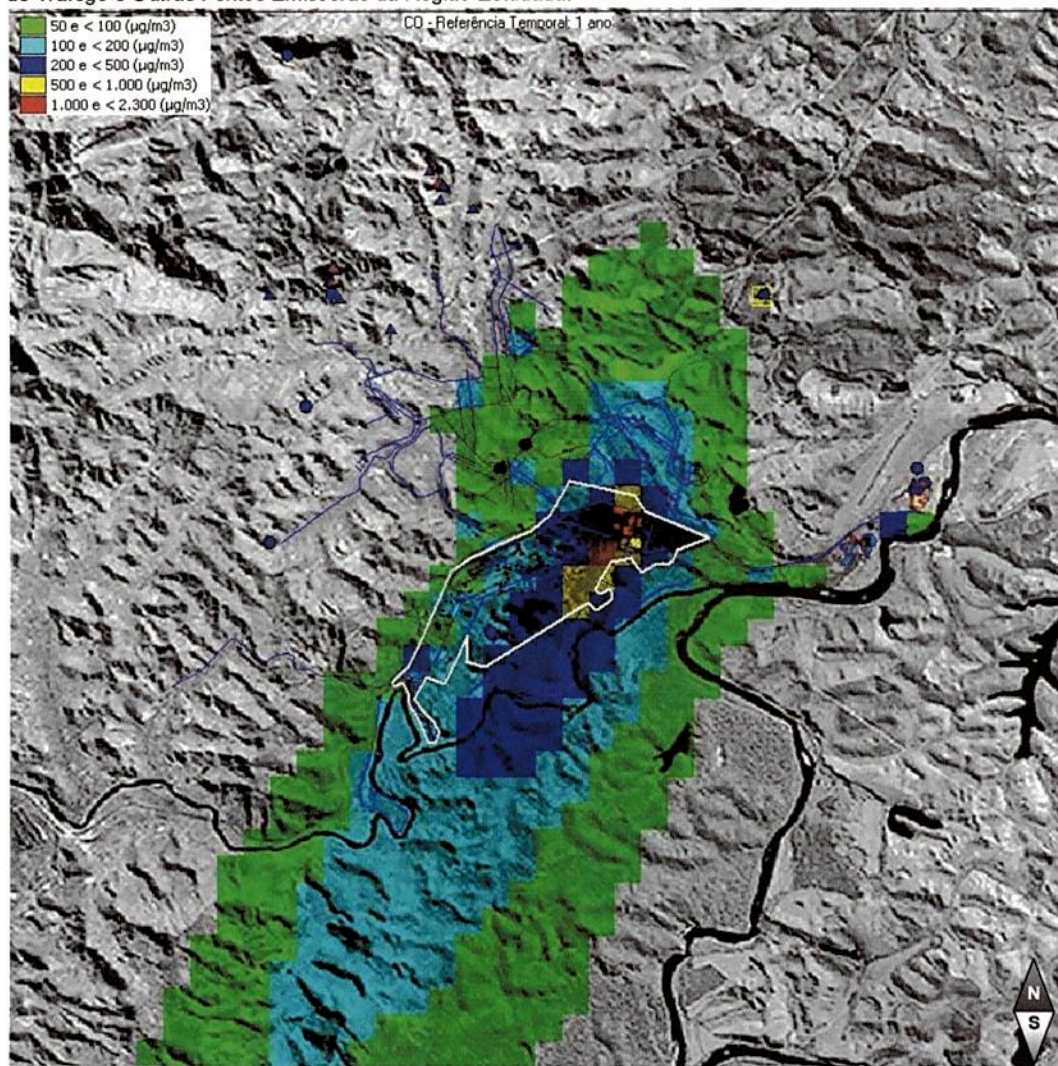


Figura 3.17 – Cenário Modelado que Contém os Acréscimos Médios para o Período Modelado nas Concentrações de **Compostos Orgânicos Voláteis** na Atmosfera Decorrentes das Emissões da Usiminas em 2008, Vias de Tráfego e Outras Fontes Emissoras da Região Estudada.

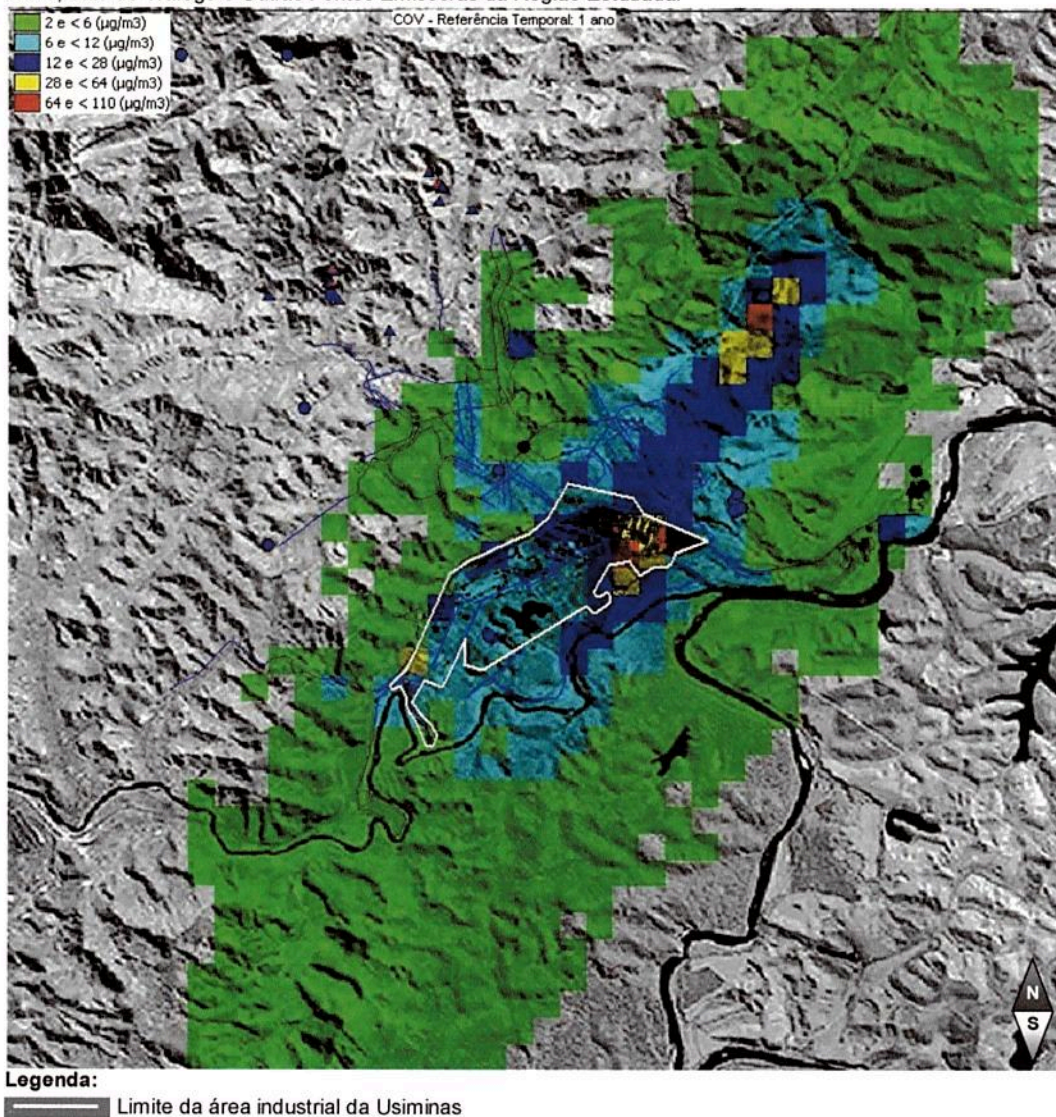
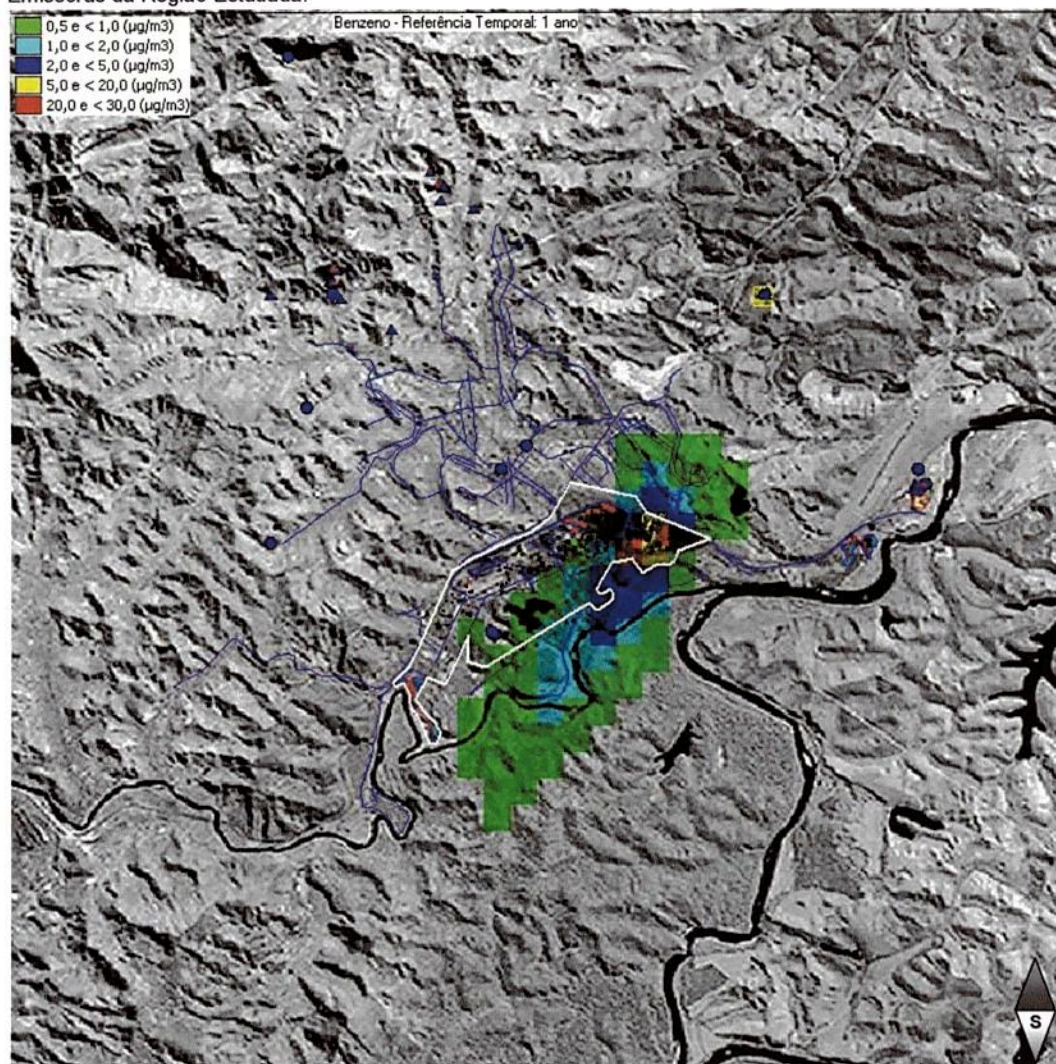


Figura 3.18 – Cenário Modelado que Contém os Acréscimos Médios para o Período Modelado nas Concentrações de **Benzeno** na Atmosfera Decorrentes das Emissões da Usiminas em 2008 e Outras Fontes Emissoras da Região Estudada.



4. DIMENSIONAMENTO DA REDE DE MONITORAMENTO DA QUALIDADE DO AR

4.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

O monitoramento do grau de exposição de uma população à poluição atmosférica deve ser realizado através de uma rede de medição projetada para tal fim, garantindo a representatividade dos resultados e o conhecimento da área de cobertura e eficiência da rede.

A metodologia utilizada para o dimensionamento da RAMQAM-Ipatinga, descrita mais detalhadamente a seguir, utiliza um modelo matemático aderente à região de estudo para a geração de cenários representativos de qualidade do ar, a partir do inventário de fontes emissoras de poluentes atmosféricos e de cenários meteorológicos característicos da região estudada.

A partir dos cenários de qualidade do ar gerados para cada poluente (cenários de média do período modelado), são definidas as áreas mais frequentemente impactadas associadas aos locais com maior interesse de serem monitorados, como as áreas habitadas e unidades de conservação, gerando-se as Figuras de Mérito.

A estrutura de covariância espacial dos cenários de qualidade do ar é usada na delimitação das áreas de influência ao redor de cada estação, denominadas de Esferas de Influência. A esfera de influência de cada estação é determinada em separado para cada poluente a ser monitorado, considerando-se uma eficiência de cobertura pré-definida para a rede de medição que se deseja construir.

No presente estudo, foram simulados cenários de concentrações médias horárias de cada poluente de interesse, totalizando 61.320 (8.760×7 poluentes) cenários para o intervalo modelado, constituindo-se numa base estatisticamente representativa para o projeto pretendido.

A metodologia de projeto da rede adotada requer um prévio levantamento de campo dos locais candidatos a sediar estações de monitoramento, possibilitando a escolha de sítios de medição dotados de condições de infra-estrutura, segurança, circulação atmosférica e afastamento de interferências, garantindo a maior representatividade possível daquilo que se deseja medir.

Na região de estudo foram identificados 25 locais candidatos a sediar a Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia de Ipatinga.

A partir desse levantamento, as estações candidatas são testadas uma a uma quanto à sua eficiência de cobertura espaço-temporal, sendo identificadas e eliminadas aquelas redundantes ou pouco eficientes. Dessa forma, são escolhidas as 4 localizações mais eficazes em termos de cobertura espacial das áreas de maior mérito, promovendo a maior cobertura espacial possível para Ipatinga, a partir das 4 estações adquiridas pela Usiminas.

Ao final desse processo a RAMQAM projetada é capaz de gerar a máxima cobertura espacial das áreas com maior mérito de serem monitoradas, utilizando-se um número pré-determinado de estações de medição disponíveis.

4.2 METODOLOGIA DE OTIMIZAÇÃO EMPREGADA NO PROJETO DA REDE

Estudos sobre a localização de estações de medição da qualidade do ar em áreas urbanas têm sido amplamente abordados na literatura, sobretudo no que diz respeito à localização otimizada desses monitores. Dentre as técnicas mais utilizadas, merecem destaque a que utiliza a minimização da função erro de interpolação (sendo tal função determinada pelo objetivo da rede de monitoramento), a técnica de minimização do limite superior da covariância do erro mínimo estimado e a de seleção por tentativas, na qual são escolhidas as estações que apresentam maior sensibilidade na concentração medida, devido a perturbações na taxa de emissão das fontes poluidoras.

O método utilizado neste trabalho baseia-se em uma proposta pragmática inicialmente desenvolvida por Langstaff (Atmos. Envir., 1987) e modificada por Santolim (UFES, 1991), já tendo sido utilizada com grande sucesso, por exemplo, na otimização de redes de medição da qualidade do ar nos EUA, Baixada Fluminense-RJ, Grande Vitória-ES, Itabira-MG, Rio de Janeiro-RJ, Volta Redonda-RJ, Barra Mansa-RJ, Região Metropolitana de Belo Horizonte-MG, Região Metropolitana de São Luís-MA, Ouro Branco-MG, dentre outras localidades.

Este método permite a incorporação de variáveis subjetivas a serem consideradas na definição da rede medidora, o que pode tornar-se complexo quando são usadas outras técnicas matematicamente mais rigorosas, como as técnicas de programação não linear, frequentemente adotadas neste tipo de problema.

O método proposto utiliza-se do modelo de dispersão descrito no Capítulo 3 para gerar cenários representativos da qualidade do ar na região proposta, os quais podem ou não ser combinados com cenários populacionais ou de outras temáticas de interesse, para a obtenção de padrões típicos de níveis de exposição do que se deseja medir, gerando-se Figuras de Mérito, ou seja, um ordenamento de locais prioritários ou estratégicos para medição.

A estrutura de covariância espacial do cenário de exposição é usada para a determinação da Esfera de Influência (SOI) em torno de cada local candidato, onde são identificados e eliminados os locais redundantes. Este procedimento determina o número mínimo de locais necessários para a geração de uma cobertura espacial desejada. A mesma técnica também é utilizada para gerar a máxima cobertura a partir de um número disponível de estações de medição.

Outro grau de liberdade na seleção das localizações é a possibilidade de se escolher estações em função do tamanho das áreas que elas representam. Se a área de abrangência é pequena, pode não ser conveniente manter-se uma estação de medição em operação nesse local.

Uma vez selecionadas as estações com base nos critérios mencionados, torna-se necessário analisar a cobertura total proporcionada pelas mesmas. Novos ajustes podem ser efetuados, eliminando-se estações redundantes ou acrescentando-se novas estações, se necessário.

4.3 FIGURAS DE MÉRITO

O objetivo do monitoramento da qualidade do ar para acompanhamento do índice de exposição de determinada temática ou população, não deve se limitar apenas à avaliação de concentrações máximas e médias, mas também à avaliação da variação espacial da concentração dos poluentes.

O nível de exposição de um ser vivo é definido como a concentração de poluente a que esse indivíduo tem contato. A dose ou índice de exposição é definido como o nível da exposição integrada no tempo em que o indivíduo ficou exposto.

O conceito de uma Figura de Mérito (FOM) incorpora uma abordagem climatológica, adaptada para caracterizar diferentes cenários meteorológicos. Esta habilidade é de extrema importância na determinação dos cenários de dosagem característicos de cada área da região estudada, visto que o espalhamento dos poluentes oriundos de fontes emissoras é extremamente dependente de condições meteorológicas.

Define-se então Figura de Mérito como o produto entre o índice de exposição medido ou previsto e a probabilidade de ocorrência associada a tal índice:

$$F = \sum (\text{índice de exposição}) \times (\text{probabilidade de ocorrência}) \quad (4.1)$$

O somatório é aplicado a um número de cenários meteorológicos que conduzem a padrões representativos de qualidade do ar para a região de interesse.

A quantidade destes cenários é muito variável de região para região. Esse número depende, dentre outros fatores, da velocidade e direção do vento predominante em cada hora do dia e estação do ano, associados à radiação solar que chega ao solo no período diurno ou à nebulosidade noturna e ao desvio padrão da direção do vento inerente a cada período.

Conforme já mencionado anteriormente, o índice de exposição à poluição atmosférica é uma medida do grau de risco a que um indivíduo, ser vivo ou material é submetido, devido à exposição a um poluente específico durante determinado intervalo de tempo.

A formulação exata da função risco envolve muitas variáveis e muitas vezes não é conhecida para alguns poluentes de interesse.

Sendo assim, neste trabalho, a função risco é aproximada por um modelo linear sem preocupação com valores limiares, ou seja, o índice de exposição é proporcional à integral da exposição ao poluente variando no tempo.

$$\text{Índice de Exposição} = \int_0^t \text{concentração do poluente} \, dt \quad (4.2)$$

onde:

t = tempo de exposição ao poluente.

Combinando as Equações 4.1 e 4.2, obtemos a equação básica para o cálculo da FOM na célula (i,j):

$$F_{ij} = \frac{1}{T} \sum_{k=1}^M \sum_{t=1}^T C_{ijtk} \cdot \Psi_k \quad (4.3)$$

onde:

M = número de cenários meteorológicos representativos;

T = duração de um cenário meteorológico;

C_{ijtk} = concentração do poluente na célula (i,j) no tempo t, sob cenário meteorológico k;

Ψ_k = probabilidade de ocorrência do cenário meteorológico k.

Caso as estações de monitoramento potenciais sejam usadas para medir diversas espécies de poluentes, então o C_{ijtk} na Equação 4.3, pode ser substituído por:

$$\sum_l^N W_l \cdot C_{ijtkl} \quad (4.4)$$

onde:

C_{ijtkl} = concentração da espécie l;

W_l = fator de ponderação refletindo a importância do poluente l;

N = número de espécies consideradas.

Com uma dada distribuição de FOM, os picos não contínuos de concentração de poluentes podem ser facilmente identificados, sendo ordenados por prioridade decrescente, gerando um número fixo de prováveis locais candidatos a abrigar estações de medição.

Uma vez que as estações candidatas tenham sido identificadas e ordenadas pelo mérito, deve ser ainda verificado que área é representada (coberta) por cada estação de monitoramento, de modo a se obter a otimização da rede a partir de um determinado número de estações.

4.4 ESFERAS DE INFLUÊNCIA

Para se determinar o número mínimo de estações de monitoramento em uma rede otimizada de medição da qualidade do ar, é necessário conhecer a área representada por cada estação instalada.

O rigoroso estabelecimento dessas áreas, ou seja, a definição das “Esferas de Influência” (SOI), é uma tarefa complexa. Ele depende do método de reconstrução, interpolação ou extrapolação utilizado e do campo de concentração dos poluentes de interesse.

A SOI pode ser aproximadamente considerada, por exemplo, como a área dentro da qual o valor médio absoluto ou o erro de reconstrução está dentro de um valor pré-determinado.

Diferentes métodos de interpolação deverão gerar diferentes esferas de influência. Então, o método a ser usado no projeto da rede de medição deverá ser compatível com o procedimento de interpolação a ser usado para a rede em operação.

A definição da SOI apresentada a seguir é baseada no limite superior do erro de interpolação esperado, calculado a partir da estrutura de covariância espacial prevista para a região a ser monitorada.

Embora a abordagem proposta esteja amarrada a este tipo de interpolação particular, o procedimento global de seleção da estação tem propriedades que asseguram que outros métodos de interpolação possam ser usados. Essas propriedades são:

- ❑ Evitar o agrupamento de locais de monitoramento;
- ❑ Possibilitar o uso de máximas e mínimas do campo integrado de exposição ao poluente como potenciais locais de medição;
- ❑ Possibilitar a alocação de estações em áreas sem previsão.

Deste modo, na rede de medição final podem ser usados métodos simplificados de interpolação, sem grande perda de exatidão para reconstrução do campo monitorado.

Além disso, o uso de um limite superior para o erro de interpolação ótima na geração da SOI torna este método mais poderoso contra a especificação falha de uma estrutura de covariância do campo considerado.

Uma vez que o interesse não se limita à dosagem máxima, mas também na variação espacial e nos gradientes do campo de concentrações de poluentes como um todo, faz-se necessário o controle de erros normalizados de interpolação. Por essa razão, a SOI definida a seguir é baseada nos erros normalizados de interpolação da concentração.

O limite superior para o erro quadrático médio esperado da interpolação ótima é:

$$E_u = \sigma_y \left[1 - \delta_{xy}^2 (1 + K)^{-1} \right]^{1/2} \quad (4.5)$$

onde:

δ_{xy} = a correlação espacial entre a concentração no ponto previsto y e ponto predictor x ;

σ_y = o desvio padrão da concentração no ponto previsto y ;

K = a variância normalizada dos erros observacionais no ponto predictor x .

Da Equação 4.5 temos uma expressão para o limite inferior da variância total em y explicada pelo procedimento de interpolação em x :

$$\phi_{xy} = 1 - \frac{E_u^2}{\sigma_y^2} = \delta_{xy}^2 (1 + K)^{-1} \quad (4.6)$$

Para o caso de não existirem erros observacionais, $k=0$, a variância se iguala ao quadrado da correlação.

Define-se a esfera de influência de uma estação localizada em x , com um nível α por cento de eficiência, como sendo a área contínua ao redor de x que contém pontos y para os quais α por cento da variância da concentração é explicada pela concentração de x , ou seja, o conjunto contínuo de pontos y tais que:

$$\phi_{xy} \geq \alpha$$

A variância explicada, ϕ_{xy} , é igual ao quadrado da função de correlação espacial, δ_{xy}^2 multiplicada por uma constante (Equação 4.6).

A função correlação espacial tipicamente decresce do valor 1 em $y = x$ com o aumento da distância entre x e y .

Por essas razões, ϕ_{xy} corresponde a uma medida natural para a determinação da SOI para um dado local de monitoramento.

É importante notar que, por ser uma grandeza estatística, a análise da estimativa de δ_{xy} depende do tamanho da amostra. Consequentemente, os níveis de confiança baseados no tamanho da amostra deverão ser considerados.

Se superestimarmos δ_{xy} , as esferas de influência obtidas também deverão cobrir grandes áreas e, no final, a rede amostradora não será densa o suficiente. Isto é levado em conta através do uso de limites inferiores de confiança para uma correlação estimada. O limite de confiança estipulado neste trabalho foi de 50% para os poluentes selecionados. Esse valor é considerado como nível de eficiência satisfatório e que deverá conduzir a uma rede amostral, com capacidade de reconstrução do campo de medição de qualidade adequada.

O limite inferior de confiança para populações amostrais variando entre 3 e 400 pode ser lido diretamente em gráficos específicos reproduzidos na literatura pertinente, utilizando-se desta forma as cartas da Biometrika Tables for Statisticians.

Se a distribuição básica de amostras desvia significativamente da normalidade e o número de amostras é pequeno, então um método auxiliar deve ser usado para calcular o limite de confiança.

Esses limites de confiança para o coeficiente de correlação são usados da seguinte forma: assume-se que o critério para o projeto ótimo de uma rede de monitoramento é a capacidade de capturar mais de α por cento das variações de concentração e que existem L amostras para estimar a correlação. Necessita-se então que $\phi_{xy} \geq \alpha$, da Equação 4.6 vem:

$$\delta_{xy} \geq [\alpha(1 + K)]^{1/2} \quad (4.7)$$

Das cartas estatísticas de David (1938) determina-se o valor limite do coeficiente de correlação amostral, r_c , para o limite inferior da correlação de $[\alpha(1 + K)]^{1/2}$ com 95% de nível de confiança e tamanho da amostra L .

Este leva a um valor de secção, ϕ_c , de ϕ_{xy} , onde $\phi_{xy} \geq \alpha$ com 95% de confiabilidade:

$$\phi_c = r_c^2 (1 + K)^{-1} \quad (4.8)$$

Nesta metodologia de projeto utilizada, a função ϕ_{xy} ao redor de cada uma das N estações selecionadas é computada ao longo de todas as direções radiais até que o valor ϕ_c seja excedido.

Uma vez que o valor de secção é determinado, a SOI pode ser definida para cada uma das x_i estações candidatas como sendo os pontos y da malha que formam uma área ininterrupta ao redor da estação x_i definidos por $\phi_{xy} \geq \phi_c$.

A área total coberta pela rede de monitoramento para todas as N estações é dada pela combinação das esferas de influência de cada estação.

A otimização da rede de monitoramento, ou seja, a determinação do número mínimo de estações de medição pode ser conseguido pela eliminação de estações cujas esferas de influência estejam sobrepostas à de outras estações. Este procedimento é feito seguindo a ordem crescente no ordenamento realizado pelas figuras de mérito, ou seja, as estações com menor mérito terão maior chance de sair.

A área da SOI de cada estação também deve ser levada em consideração nesta etapa. Se a estação retirada acrescenta pequena área adicional à área global definida pelas estações que restaram, então esta estação poderá ser definitivamente eliminada. Caso contrário será conveniente continuar o procedimento de eliminação na ordem indicada, comparando a importância da estação em questão com as outras de maior mérito, antes de eliminá-la definitivamente.

A configuração otimizada da rede de medição começa a ser definida a partir da determinação da esfera de influência (SOI) de cada uma das estações candidatas, de acordo com a metodologia descrita acima.

A esfera de influência da estação candidata x é definida como a área contínua formada por células y situadas ao redor de x , para as quais α por cento da variância da concentração dada pela Equação 4.7 é explicada pela concentração medida em x .

A correlação entre x e y , r_{xy} , é calculada através da equação a seguir:

$$r_{xy} = \frac{T \cdot \sum_{i=1}^T x_i y_i - \sum_{i=1}^T x_i \sum_{i=1}^T y_i}{\left[T \cdot \sum_{i=1}^T x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^T x_i \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \left[T \cdot \sum_{i=1}^T y_i^2 - \left(\sum_{i=1}^T y_i \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}} \quad (4.9)$$

onde:

X_i = concentração em x na faixa horária i ;

Y_i = concentração em y na faixa horária i ;

T = número de períodos típicos.

As esferas de influência podem ser delineadas através da área contínua ao redor de x formada por células y tais que: $r_{xy} \geq r_c$.

onde:

r_{xy} = correlação amostral entre x e y ;

r_c = limite inferior de correlação amostral, considerando-se o tamanho da amostra, com confiabilidade determinada.

O valor de r_c pode ser obtido diretamente na Biometrika Tables for Statisticians - Vol I (1976).

4.5 ESTAÇÕES CANDIDATAS A INTEGRAREM A RAMQAM DE IPATINGA

O levantamento dos locais candidatos a sediarem estações da rede de monitoramento da qualidade do ar foi realizado com base em pesquisa de campo, abrangendo toda a região do entorno da Usiminas e suas principais áreas de influência.

Em cada localidade visitada, foram identificados sítios de medição potenciais, dotados de condições mínimas de infra-estrutura como área física, rede de energia elétrica e telefônica próxima, segurança dia e noite (possibilidade de restrição de acesso ao local da estação), ambiente aberto e ventilado (representativo da região no entorno) e desprovido de fontes poluidoras interferentes localizadas nas proximidades.

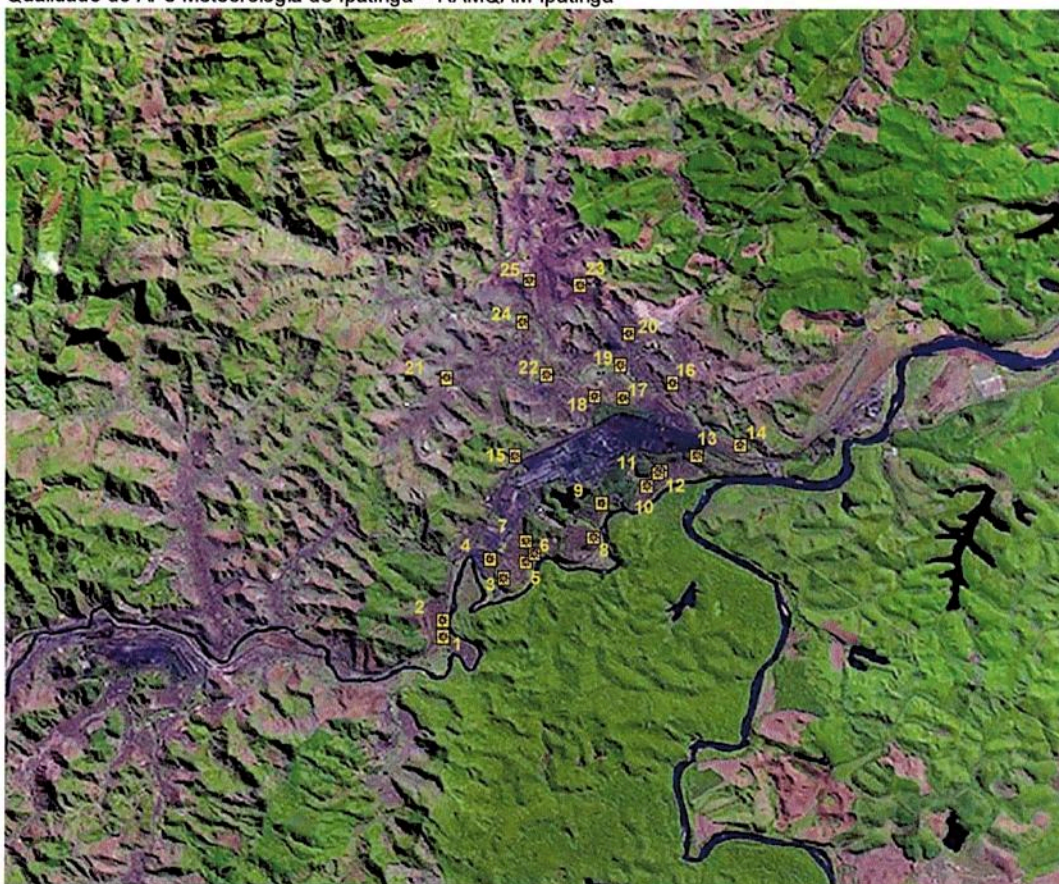
A Tabela 4.1 apresenta a listagem dos 25 locais candidatos identificados na região de estudo, dotados de características compatíveis com as necessidades de uma estação de monitoramento da qualidade do ar e meteorologia, juntamente com suas respectivas coordenadas.

Tabela 4.1 - Locais Candidatos a Sedar Estações de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia da RAMQAM-Ipatinga

Estação	Região	Coord. X UTM [m]	Coord. Y UTM [m]
Sesi	Amaro Lanari	754.369	7.838.985
Escola Raulino Cotta Pacheco		754.362	7.839.387
Escola São Francisco Xavier		759.0,97	7.842.602
Conjunto J24A	Cariuru	759.423	7.842.966
Conjunto J26A		759.358	7.842.912
Escola Estadual Wilson Alvarenga		757.615	7.847.482
14º Batalhão da Polícia Militar	Canaã	756.456	7.847.623
GREI		755.779	7.840.392
Sesi	Ideal	755.469	7.840.863
Unileste	Bom Retiro	756.292	7.840.774
Hospital Márcio Cunha - Unidade 2		756.496	7.840.976
Industrial Esporte Clube		756.306	7.841.287
GRES – Grêmio do Bela Vista	Bela Vista	757.855	7.841.358
Estação Meteorológica Usiminas	Bairro das Águas	758.048	7.842.203
Clube Morro do Pilar	Castelo	760.247	7.843.331
Ipanema Esporte Clube	Vila Ipanema	761.250	7.843.570
Escritório Central	Usiminas	756.065	7.843.363
Sesi	Veneza	759.717	7.845.101
Prédio da Telemar	Novo Cruzeiro	758.567	7.844.750
Colégio Estadual João XXIII	Iguaçu	752.917	7.844.792
Campo do Iguaçu		756.820	7.845.331
Parque Ipanema	Parque Ipanema	758.524	7.845.547
Escola Estadual Nilza Luzia	Caravelas	758.725	7.846.295
Escola Estadual Hayde Maria	Esperança	754.524	7.845.292
Colégio Estadual Canutá	Cidade Nobre	756.282	7.846.601

A Figura 4.1 apresenta a disposição espacial desses pontos. Para o dimensionamento da RAMQAM-Ipatinga, foram avaliadas associações de Esferas de Influência com Figuras de Mérito para cada poluente, determinando o melhor arranjo possível a partir da utilização de 4 estações de medição disponibilizadas pela Usiminas, em atendimento à condicionante de licenciamento ambiental. Nesse processo de otimização da RAMQAM, foi buscada a maior cobertura de área monitorada possível, evitando ainda a sobreposição de cobertura espacial entre as estações.

Figura 4.1 – Posicionamento das Estações Candidatas a Integrarem a Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia de Ipatinga – RAMQAM-Ipatinga

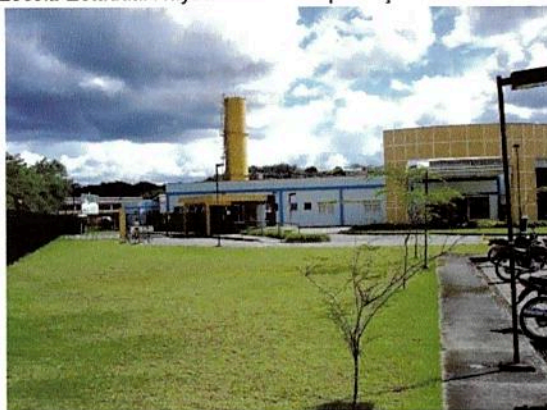


Legenda:

■ Estação candidata para monitoramento da qualidade do ar e meteorologia

- | | | |
|--------------------------------------|--|--|
| 1 – SESI – Amaro Lanari | 10 – Escola São Francisco – Cariru | 19 – Parque Ipanema |
| 2 – Escola R. Pacheco - Amaro Lanari | 11 – Conjunto J26A – Cariru | 20 – Escola Est. Nilza Luzia - Caravelas |
| 3 – GREI – Imbaúbas | 12 – Conjunto J24A - Cariru | 21 – Escola Est. H. Maria - Esperança |
| 4 – Sesi – Ideal | 13 – Clube Morro do Pilar – Castelo | 22 – Campo do Iguaçu |
| 5 – Unileste – Bom Retiro | 14 – Ipanema Esp. Clube - Vila Ipanema | 23 – Escola Est. W. Alvarenga - Canaã |
| 6 – Hospital Marcio Cunha Unidade 2 | 15 – Escritório Central Usiminas | 24 – Colégio Canutá - Cidade Nobre |
| 7 – Industrial Esporte Clube | 16 – SESI – Veneza | 25 – Batalhão Pol. Militar - Canaã |
| 8 – GREF – Grêmio do Bela Vista | 17 – Prédio da Telemar – Novo Cruzeiro | |
| 9 – Estação Meteorológica Usiminas | 18 – Colégio Est. João XXIII – Iguaçu | |

Figura 4.2 – Vista Atual dos Locais Candidatos (a) Hospital Márcio Cunha Unidade II – Bom Retiro, (b) Sesi - Veneza, (c) Colégio Estadual Canutá – Cidade Nobre, (d) Conjunto J24A - Cariru, (e) Conjunto J26A - Cariru e (f) Escola Estadual Haydée Maria - Esperança.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Continuação da Figura 4.2 – Vista Atual dos Locais Candidatos (g) Industrial Esporte Clube – Bom Retiro, (h) GREI – Imbaúbas, (i) Unileste – Bom Retiro, (j) Grêmio do Bela Vista – Bela Vista, (k) Estação Meteorológica Usiminas – Bairro das Águas e (l) Colégio São Francisco Xavier - Cariru.



(g)



(h)



(i)



(j)



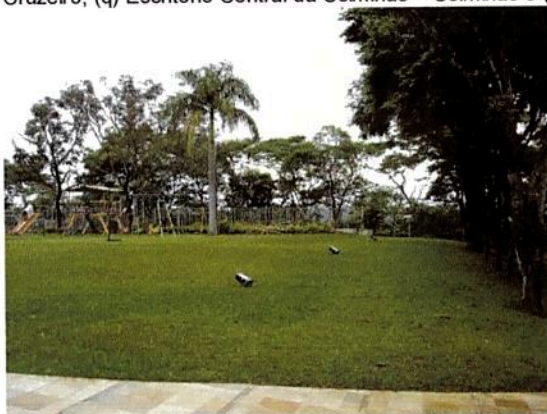
(k)



(l)

EcoSOFT

Continuação da Figura 4.2 – Vista Atual dos Locais Candidatos (m) Clube Morro do Pilar – Castelo, (n) Ipanema Esporte Clube – Vila Ipanema, (o) Parque Ipanema – Parque Ipanema, (p) Prédio da Telemar – Novo Cruzeiro, (q) Escritório Central da Usiminas – Usiminas e (r) Colégio Estadual João XXIII - Iguaçu



(m)



(n)



(o)



(p)



(q)

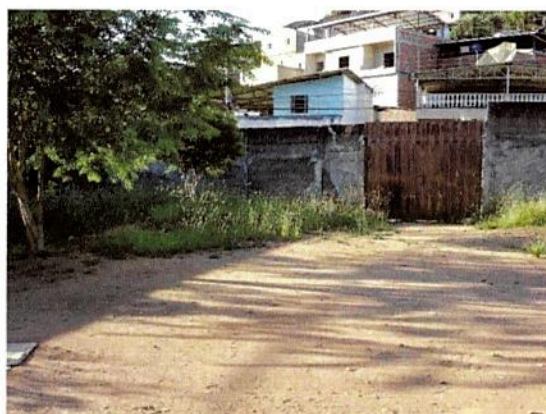


(r)

Continuação da Figura 4.2 – Vista Atual dos Locais Candidatos (s) 14º Batalhão da Polícia Militar - Canaã, (t) Escola Estadual Wilson Alvarenga - Canaã, (u) Escola Estadual Nilza Luzia – Caravelas e (v) Campo do Iguaçu - Iguaçu



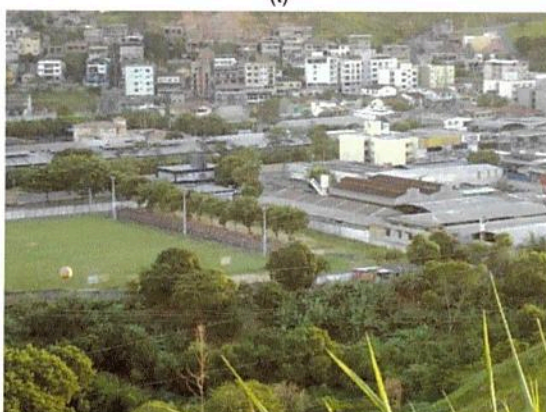
(s)



(t)



(u)



(v)

Apenas os locais candidatos SESI – Amaro Lanari, SESI – Ideal e Escola Estadual Raulino Cotta Pacheco não tiveram as fotos registradas por motivos técnicos, o que, em âmbito nenhum, altera ou impossibilita a escolha de qualquer um desses locais, uma vez que todas as informações técnicas, necessárias ao estudo, foram devidamente registradas e inseridas no modelo.

4.6 CONFIGURAÇÃO ESPACIAL DA RAMQAM-IPATINGA

No presente estudo, a RAMQAM foi dimensionada visando possibilitar o acompanhamento dos níveis de poluentes atmosféricos decorrentes das emissões de partículas e gases oriundos das atividades produtivas existentes e previstas para a região de Ipatinga. Do inventário de emissões atmosféricas realizado, bem como dos cenários de qualidade do ar, gerados por modelagem matemática, observa-se a necessidade de monitoramento das concentrações de PTS, PI, CO, SO₂, NO_x, COV ou HCT e Benzeno na região de influência direta da Usiminas.

O poluente ozônio (O₃), regulamentado pela resolução CONAMA 03/1990, não foi inventariado por não ser emitido diretamente pelas fontes emissoras. O ozônio encontrado na baixa atmosfera (troposfera) é um representante de diversos oxidantes fotoquímicos, que são poluentes secundários produzidos a partir de reações fotoquímicas envolvendo vários poluentes primários, dos quais se destacam os NO_x e os HCT ou COV (Compostos Orgânicos Voláteis). Portanto o O₃ normalmente ocorre no local ou nas imediações a sotavento de onde existem concentrações significativas de seus precursores (NO_x, HCnM, luz solar, etc.). Diante disso, e tomando como base os cenários modelados para o poluente NO_x, espera-se a ocorrência de concentrações de O₃ na região estudada em níveis tais que demandem a necessidade de monitoramento de O₃ nesta região.

Para possibilitar uma gestão atmosférica efetiva, as condições meteorológicas da região deverão ser monitoradas de forma sistemática e contínua, incluindo os seguintes parâmetros meteorológicos:

- ☐ direção e velocidade do vento;
- ☐ temperatura do ar;
- ☐ radiação solar global;
- ☐ precipitação pluviométrica;
- ☐ umidade relativa do ar;
- ☐ pressão atmosférica.

Vale ressaltar que a região de estudo já possui uma estação meteorológica completa, pertencente à Usiminas, instalada na Estação de Tratamento de Água Potável – ETAP, no Bairro das Águas, a qual se recomenda o completo aproveitamento na RAMQAM projetada.

De acordo com o definido no item 4.3, as Figuras de Mérito (FOM) podem também ser entendidas como uma medida da ordem de grandeza da necessidade de determinada área a ser monitorada, levando-se em consideração os níveis de poluentes nela incidentes, conjuntamente com outras temáticas relevantes a serem consideradas.

Neste estudo, a densidade populacional foi levada em consideração qualitativamente, ou seja, observando-se as manchas de poluentes dispersos (quantitativamente) sobre a região habitada, utilizando foto de satélite (qualitativamente).

Assim, têm-se como variáveis numéricas de decisão, as concentrações médias anuais dos poluentes atmosféricos modelados para a região delimitada para o estudo, e que estão respectivamente representadas pelas figuras de 3.8 a 3.14, representando assim as figuras de mérito para PTS, PI, SO₂, NO_x, CO, COV e Benzeno.

Combinando-se as esferas de influência das estações candidatas entre si, foi configurado o arranjo que acarreta a maior cobertura espacial na região, utilizando 4 estações de medição disponibilizadas pela Usiminas. Foi priorizada a instalação dos monitores automáticos nas regiões de maior mérito, ou seja, as regiões de maior influência das emissões atmosféricas inventariadas, além da instalação de monitores automáticos em locais com grande cobertura espacial em locais de maior densidade populacional.

Outra consideração importante deve ser feita para o poluente Ozônio (O_3), representante da categoria dos oxidantes fotoquímicos, cuja FOM e SOI não são viáveis de serem determinadas pela técnica utilizada no presente projeto. Desta forma, a indicação de monitoramento de O_3 segue a mesma indicação do monitoramento de NO_x , possibilitando análises de interação entre os oxidantes fotoquímicos e seus precursores.

Além dos parâmetros indicados da qualidade do ar, devido à complexidade do relevo da região já mencionada, as estações deverão também monitorar parâmetros meteorológicos relevantes à gestão atmosférica, de alta variabilidade espacial. A escolha das variáveis meteorológicas a serem medidas em cada estação segue regras de viabilidade técnica pertinentes à localização de cada tipo de sensor em cada estação.

Da aplicação do método das Figuras de Mérito e Esferas de Influência para o caso da área de influência estudada, obtém-se uma rede de monitoramento Automática composta de 4 estações de medição da qualidade do ar, capaz de cobrir as regiões de maior mérito. Além destas estações, recomenda-se a utilização da Estação Meteorológica Usiminas – ETAP, com integração da mesma à RAMQAM.

As estações indicadas para compor a rede de monitoramento e seus respectivos parâmetros monitorados são listadas a seguir.

1. ESTAÇÃO COLÉGIO CANUTÁ – CIDADE NOBRE

Qualidade do ar

- ☐ partículas totais em suspensão (PTS);
- ☐ partículas inaláveis $< 10 \mu m$ (PI);
- ☐ dióxido de enxofre (SO_2);
- ☐ óxidos de nitrogênio (NO_x , NO, NO_2);
- ☐ monóxido de carbono (CO);
- ☐ hidrocarbonetos (HCT, HCnM e CH_4);
- ☐ benzeno, tolueno e xileno (BTX);
- ☐ ozônio (O_3).

Meteorologia

- ☐ direção e velocidade do vento;
- ☐ temperatura do ar;
- ☐ umidade relativa do ar;
- ☐ radiação solar global;
- ☐ pressão atmosférica;
- ☐ precipitação pluviométrica.

2. ESTAÇÃO SESI – VENEZA

Qualidade do ar

- ☐ partículas totais em suspensão (PTS);
- ☐ partículas inaláveis < 10 µm (PI);
- ☐ dióxido de enxofre (SO₂);
- ☐ óxidos de nitrogênio (NO_x, NO, NO₂);
- ☐ monóxido de carbono (CO);
- ☐ hidrocarbonetos (HCT, HCnM e CH₄);
- ☐ benzeno, tolueno e xileno (BTX);
- ☐ ozônio (O₃).

Meteorologia

- ☐ direção e velocidade do vento;
- ☐ temperatura do ar;
- ☐ umidade relativa do ar;
- ☐ radiação solar global;
- ☐ pressão atmosférica;
- ☐ precipitação pluviométrica.

3. ESTAÇÃO CONJUNTO J24A - CARIRU

Qualidade do ar

- ☐ partículas totais em suspensão (PTS);
- ☐ partículas inaláveis < 10 µm (PI);
- ☐ dióxido de enxofre (SO₂);
- ☐ óxidos de nitrogênio (NO_x, NO, NO₂);
- ☐ monóxido de carbono (CO);
- ☐ hidrocarbonetos (HCT, HCnM e CH₄);
- ☐ benzeno, tolueno e xileno (BTX);
- ☐ ozônio (O₃).

Meteorologia

- ☐ direção e velocidade do vento;
- ☐ temperatura do ar;
- ☐ umidade relativa do ar;
- ☐ radiação solar global;
- ☐ pressão atmosférica;
- ☐ precipitação pluviométrica.

4. ESTAÇÃO HOSPITAL MÁRCIO CUNHA (UNIDADE 2) – BOM RETIRO

Qualidade do ar

- ☐ partículas totais em suspensão (PTS);
- ☐ partículas inaláveis < 10 µm (PI);
- ☐ dióxido de enxofre (SO₂);
- ☐ óxidos de nitrogênio (NO_x, NO, NO₂);
- ☐ monóxido de carbono (CO);
- ☐ hidrocarbonetos (HCT, HCnM e CH₄);
- ☐ benzeno, tolueno e xileno (BTX);
- ☐ ozônio (O₃).

Meteorologia

- ☐ direção e velocidade do vento;
- ☐ temperatura do ar;
- ☐ umidade relativa do ar;
- ☐ radiação solar global;
- ☐ pressão atmosférica;
- ☐ precipitação pluviométrica.

5. ESTAÇÃO METEOROLÓGICA USIMINAS (ETAP) – BAIRRO DAS ÁGUAS

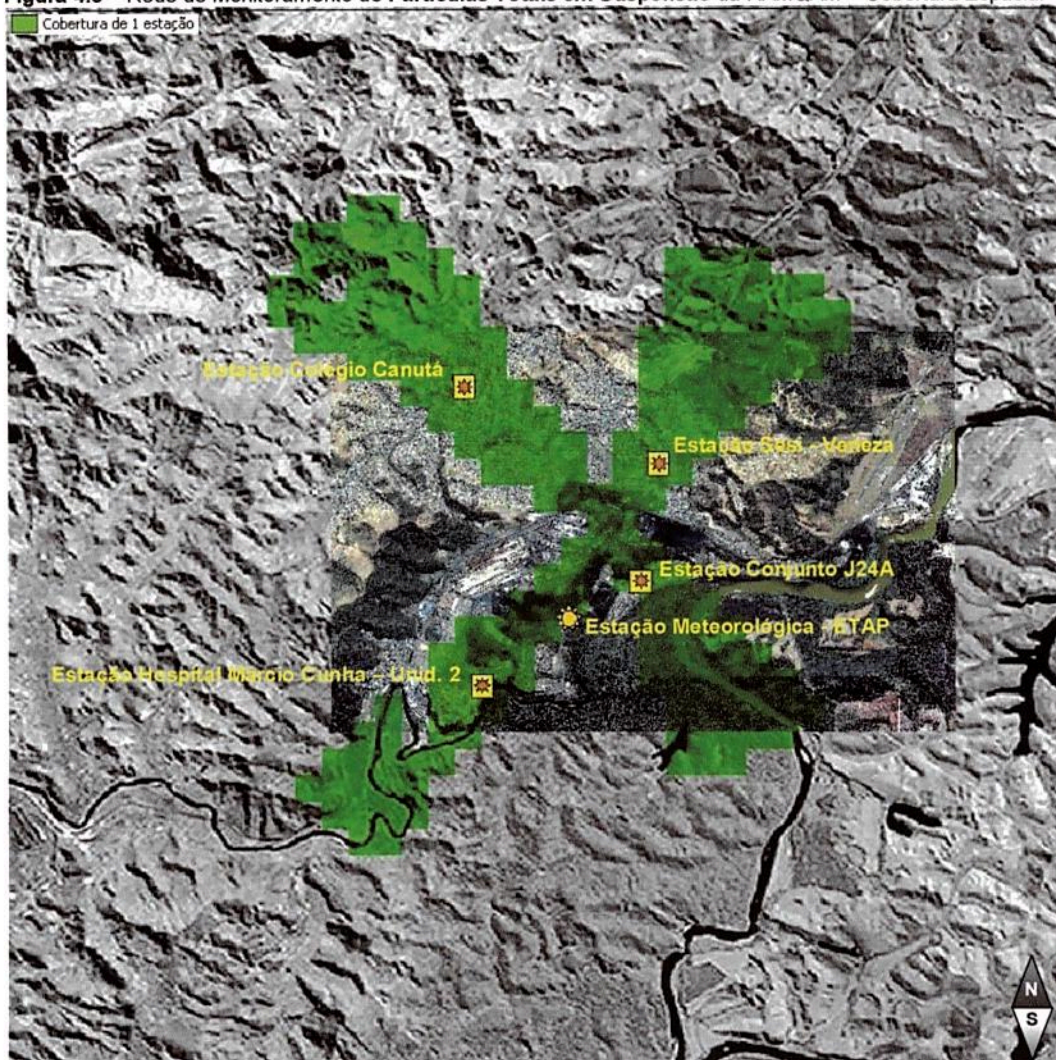
Meteorologia

- ☐ direção e velocidade do vento;
- ☐ temperatura do ar;
- ☐ umidade relativa do ar;
- ☐ radiação solar líquida;
- ☐ pressão atmosférica;
- ☐ precipitação pluviométrica.

Obs: Essa estação já existe e encontra-se em operação pela própria Usiminas, faltando apenas a sua interconexão com a RAMQAM-Ipatinga.

As Figuras 4.3 a 4.9 apresentam respectivamente a composição e cobertura espacial mínima da rede de monitoramento para Partículas Totais em Suspensão, Partículas Inaláveis, Dióxido de Enxofre, Óxidos de Nitrogênio, Monóxido de Carbono, Hidrocarbonetos e Benzeno.

Figura 4.3 – Rede de Monitoramento de Partículas Totais em Suspensão da RAMQAM – Cobertura Espacial

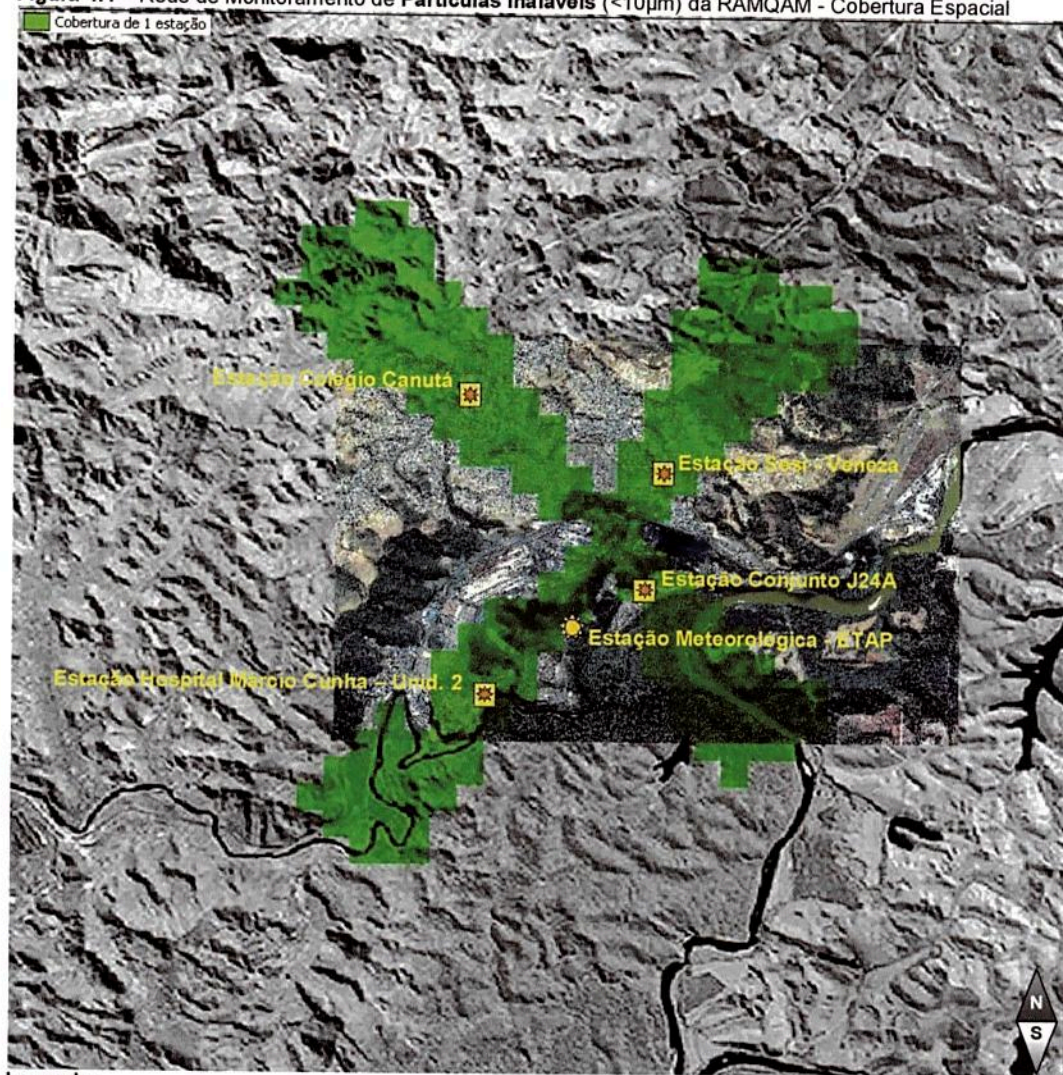


Legenda:

-  Estação de monitoramento da qualidade do ar e meteorologia
-  Estação meteorológica

A Figura 4.3 apresenta a cobertura espacial proposta da RAMQAM para Partículas Totais em Suspensão (PTS), proporcionada pela combinação de 4 esferas de influência. Nota-se uma boa distribuição da área de cobertura, resultado da existência de emissões de poeira não só na área da Usiminas, principal contribuinte, mas como também nas diversas outras empresas e vias de tráfego inventariadas na região.

Figura 4.4 – Rede de Monitoramento de Partículas Inaláveis (<10µm) da RAMQAM - Cobertura Espacial

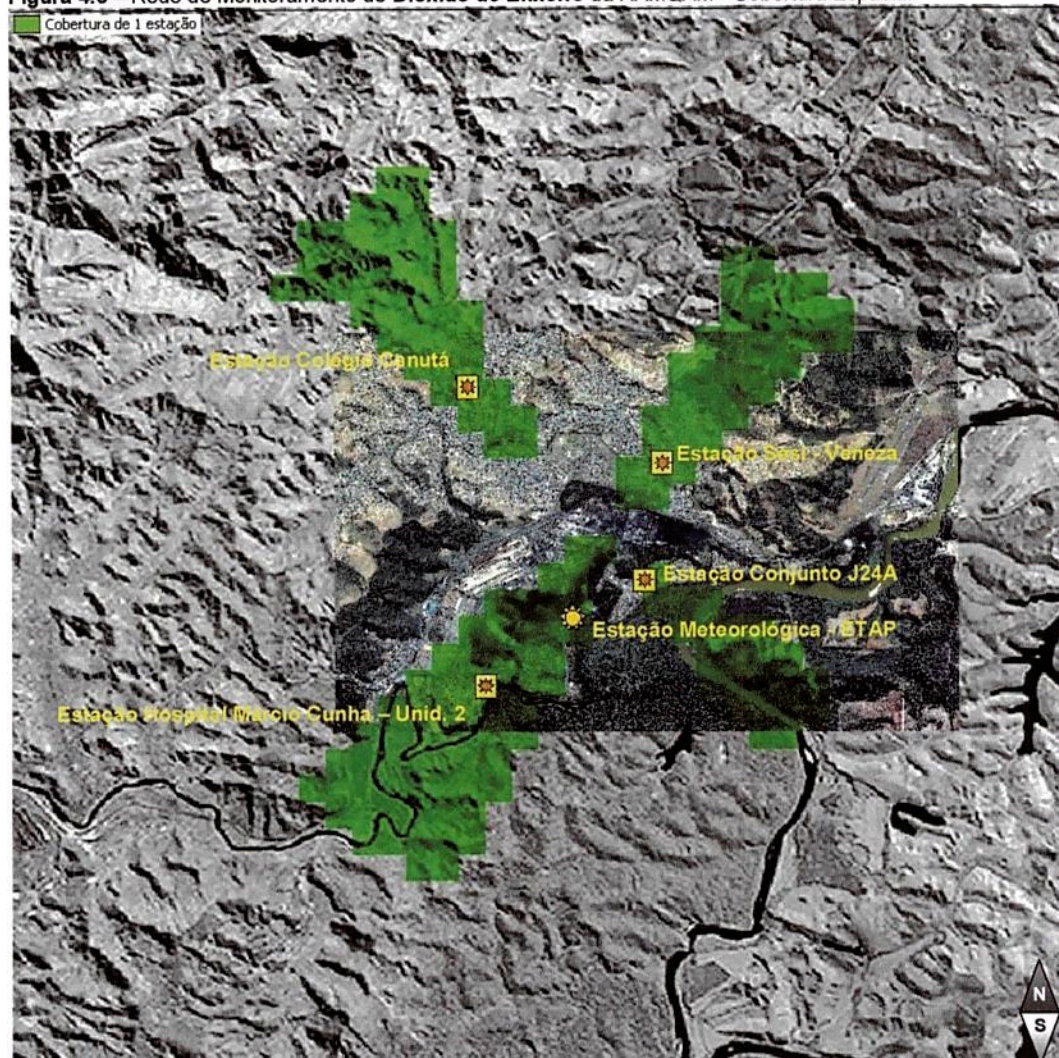


Legenda:

-  Estação de monitoramento da qualidade do ar e meteorologia
-  Estação meteorológica

Assim como na Figura 4.3, na Figura 4.4 também se percebe uma boa distribuição da área de cobertura para Partículas Inaláveis (PI), compatível com o resultado apresentado para PTS, uma vez que o primeiro é parte integrante desse último.

Figura 4.5 – Rede de Monitoramento de Dióxido de Enxofre da RAMQAM - Cobertura Espacial

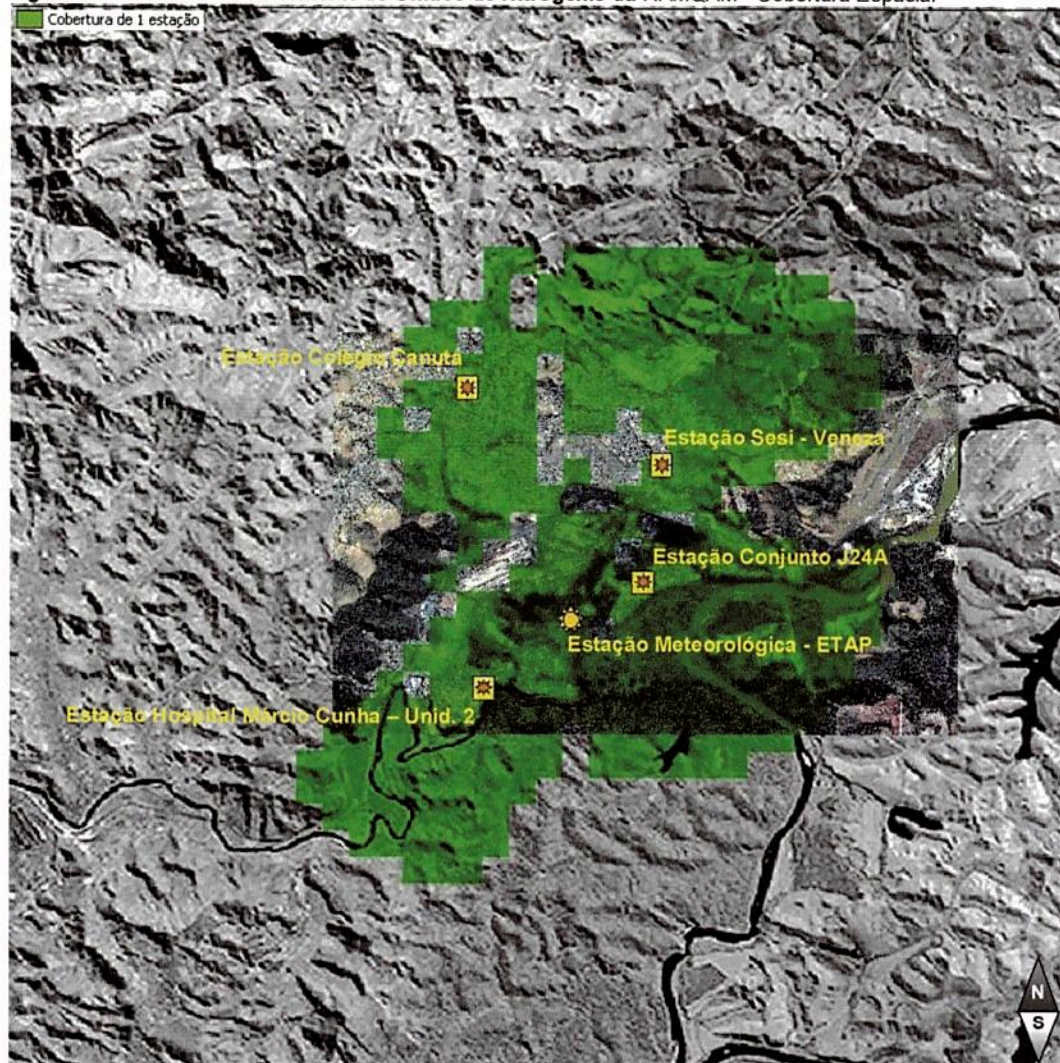


Legenda:

- Estação de monitoramento da qualidade do ar e meteorologia
- Estação meteorológica

A Figura 4.5 apresenta a cobertura espacial proposta da RAMQAM, para o poluente Dióxido de Enxofre, proporcionada pela combinação de 4 esferas de influência. Da figura acima nota-se uma boa distribuição da área de cobertura, resultado vinculado principalmente às emissões da Usiminas.

Figura 4.6 – Rede de Monitoramento de Óxidos de Nitrogênio da RAMQAM - Cobertura Espacial



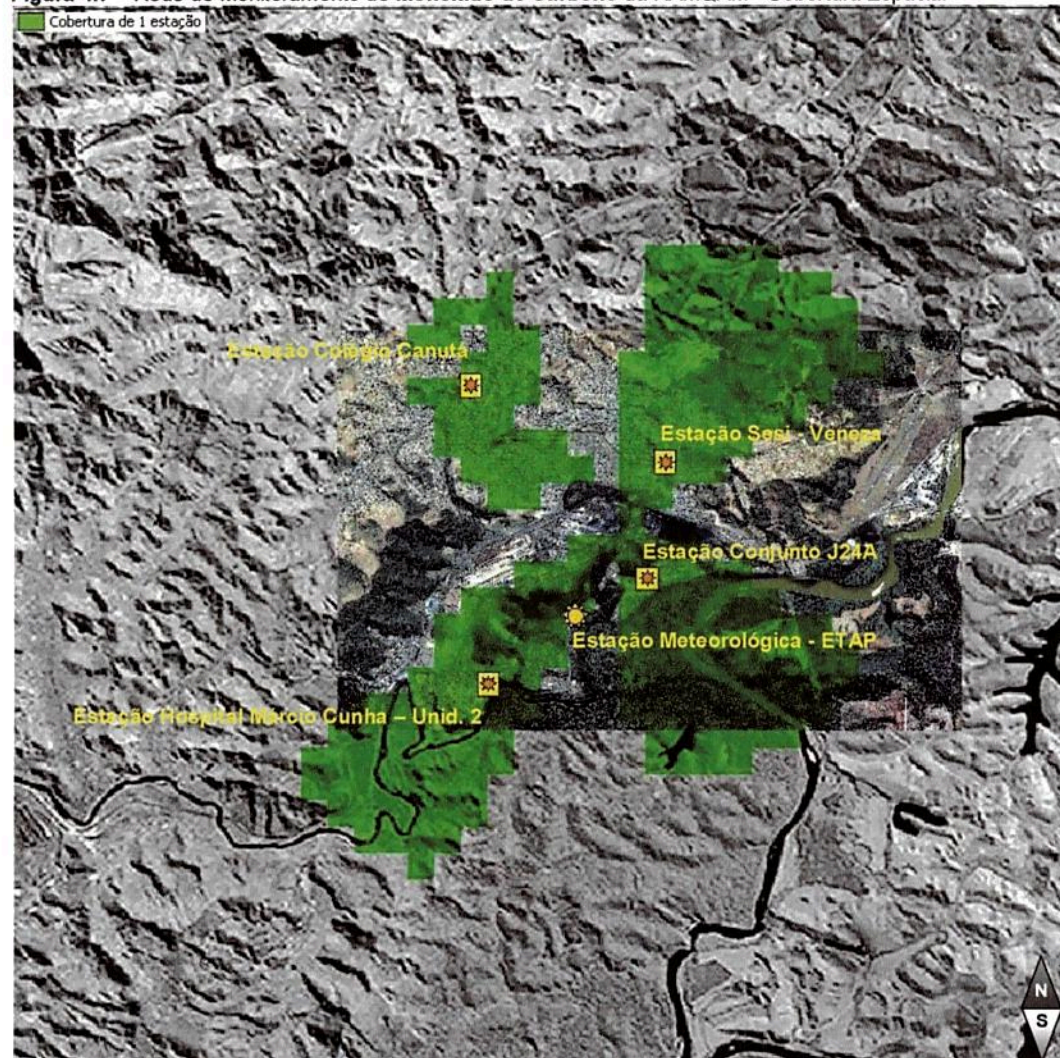
Legenda:

- Estação de monitoramento da qualidade do ar e meteorologia
- Estação meteorológica

A Figura 4.6 apresenta a cobertura espacial proposta da RAMQAM, para o poluente Óxidos de Nitrogênio (NO_x), proporcionada pela combinação de 4 esferas de influência. Nota-se uma área de cobertura ampla e espacialmente bem distribuída, resultado esse atribuído a uma maior distribuição das emissões NO_x em toda a área urbana estudada e não somente na Usiminas.

Esse mesmo comportamento pode ser observado na Figura 4.7 abaixo, que trata da cobertura espacial para o poluente Monóxido de Carbono.

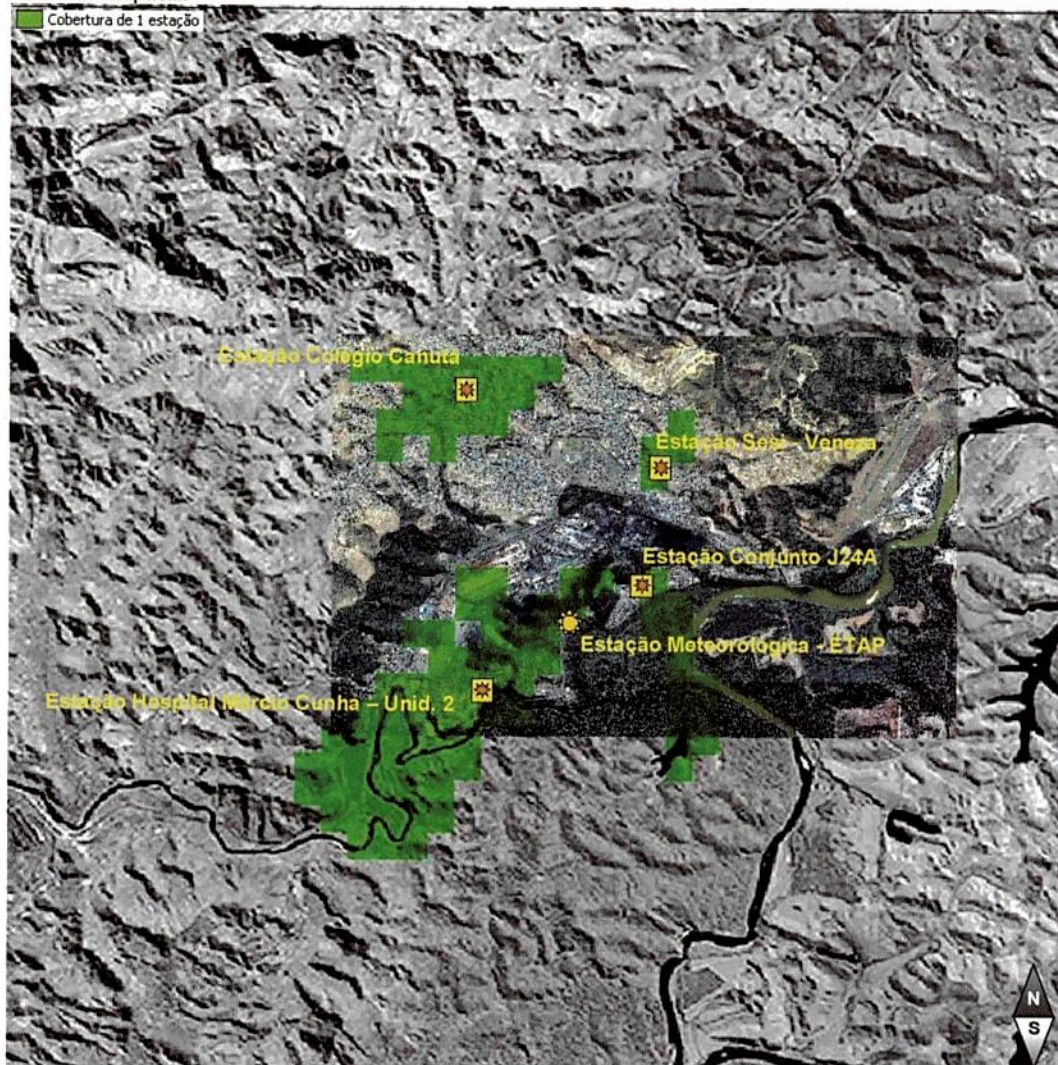
Figura 4.7 – Rede de Monitoramento de Monóxido de Carbono da RAMQAM - Cobertura Espacial



Legenda:

-  Estação de monitoramento da qualidade do ar e meteorologia
-  Estação meteorológica

Figura 4.8 – Rede de Monitoramento de Compostos Orgânicos Voláteis (e Hidrocarbonetos) da RAMQAM - Cobertura Espacial

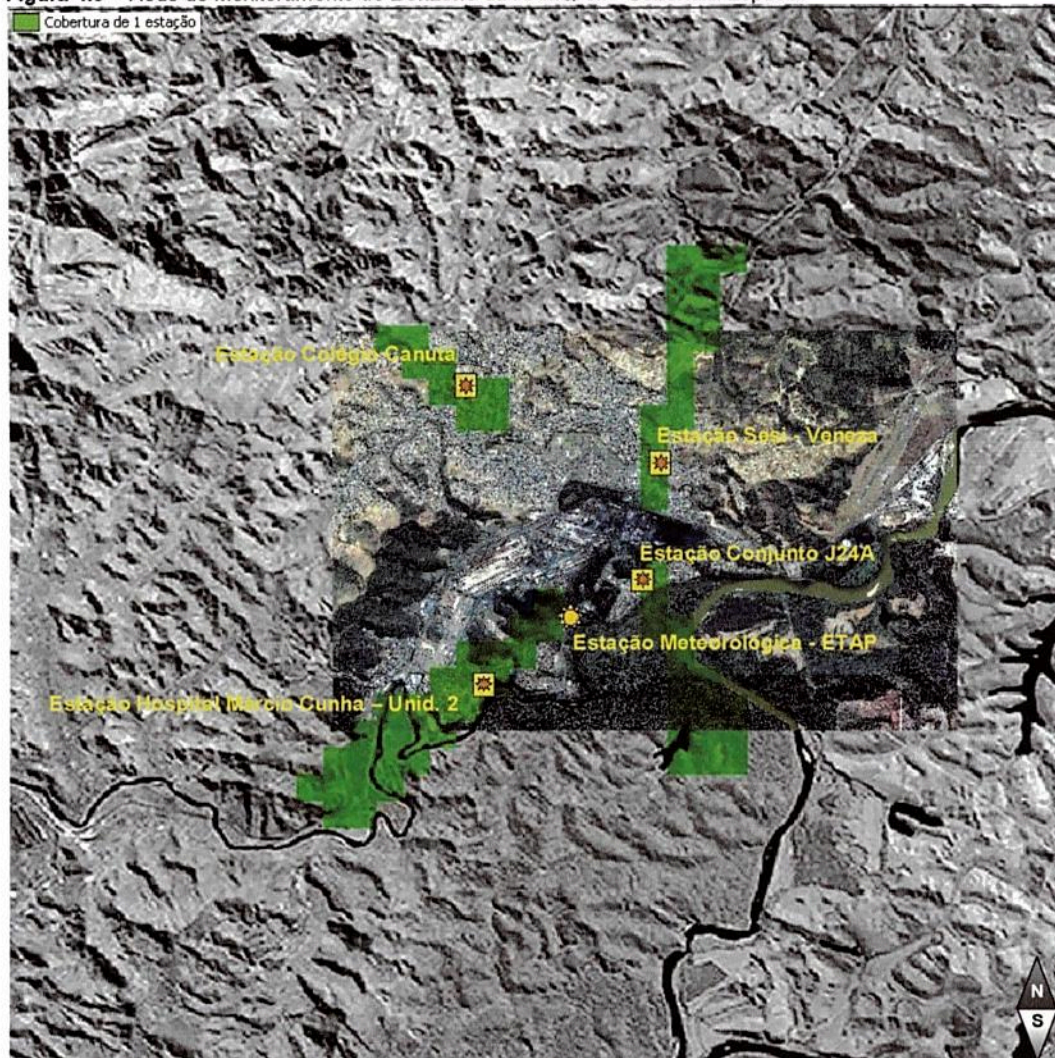


Legenda:

-  Estação de monitoramento da qualidade do ar e meteorologia
-  Estação meteorológica

A Figura 4.8 apresenta a cobertura espacial proposta da RAMQAM para Compostos Orgânicos Voláteis (COV) e/ou Hidrocarbonetos (HCT), proporcionada pela combinação de 4 esferas de influência. Nota-se uma área de cobertura menor em relação aos outros poluentes, fruto da concentração das fontes emissoras na Carboquímica e Coqueria da Usiminas e no aterro sanitário de Ipatinga.

Figura 4.9 – Rede de Monitoramento de Benzeno da RAMQAM - Cobertura Espacial



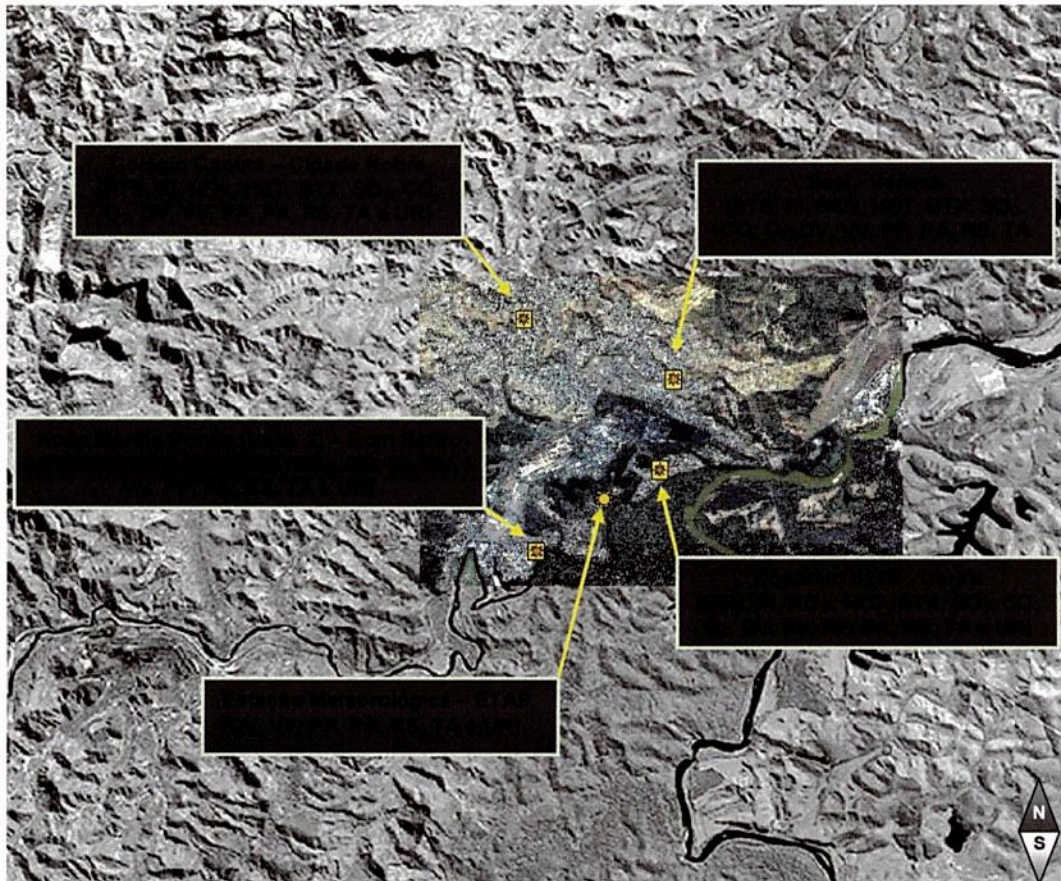
Legenda:

- Estação de monitoramento da qualidade do ar e meteorologia
- Estação meteorológica

A cobertura espacial para o poluente Benzeno (Figura 4.9) é determinada pela origem principal dessas emissões, representada pelas áreas de Coquerias e Carboquímica da Usiminas.

O arranjo geral das estações de monitoramento da RAMQAM é apresentado na Figura 4.10.

Figura 4.10 – Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia de Ipatinga – Arranjo Geral



Legenda:

 Estação de monitoramento da qualidade do ar e meteorologia

 Estação meteorológica

PTS – partículas totais em suspensão
PI – partículas inaláveis (menor que 10 µm)
SO₂ – dióxido de enxofre
NO_x – óxidos de nitrogênio
O₃ – ozônio

CO – monóxido de carbono
HCT – hidrocarbonetos totais
BTX – benzeno, tolueno e xileno
DV – direção do vento
VV – velocidade do vento

PP – precipitação pluviométrica
PA – pressão atmosférica
RS – radiação solar
TA – temperatura do ar
UR – umidade relativa do ar

A tecnologia de medição recomendada para cada parâmetro é apresentada no item 4.8 a seguir, com destaque para metodologias automatizadas e intensivas (contínuas).

A RAMQAM proposta irá proporcionar o monitoramento contínuo, 24 horas por dia e 7 dias por semana, dos níveis de contaminantes atmosféricos na região de Ipatinga. Como nas redes automáticas de outras regiões brasileiras (São Paulo, Rio de Janeiro, Vitória, Porto Alegre, Belo Horizonte, Curitiba, etc) e conforme recomendações da EPA, as medições devem ser integradas e armazenadas como médias horárias em coletores de dados locais (dataloggers), em cada estação de medição.

Dos dataloggers das estações de medição, os dados devem ser automaticamente transferidos a cada hora para um Centro Supervisório de Monitoramento da Qualidade do Ar (CSMQA) localizado na Usiminas. Este centro deverá manter um banco de dados das informações atuais e históricas obtidas pelas estações, proporcionando a análise integrada no espaço e no tempo, bem como a validação, de todas as informações geradas pela rede.

Além disso, a rede poderá enviar os dados simultaneamente para a Central de Vigilância da Qualidade do Ar (CVQA) instalada na Fundação Estadual do Meio Ambiente – FEAM, podendo ser distribuídos também a outros órgãos de interesse envolvidos, desde que os mesmos possuam a estrutura adequada.

Recomenda-se a utilização dos softwares SIA-Atmos e Migris para a gestão atmosférica no CSMQA, sendo esse o mesmo conjunto de aplicativos já instalado na FEAM-BH.

4.7 ESPECIFICAÇÕES BÁSICAS DAS TECNOLOGIAS DOS EQUIPAMENTOS

4.7.1 EQUIPAMENTOS PARA A MEDIÇÃO DA CONCENTRAÇÃO DE GASES E PARTÍCULAS NA ATMOSFERA

As especificações dos analisadores de concentrações de poluentes atmosféricos e acessórios descritas a seguir, foram elaboradas com base nas tecnologias de medição mais modernas disponíveis no mercado mundial de fabricantes de equipamentos de monitoramento da qualidade do ar, devendo ser consideradas como requisitos mínimos a serem observados no momento da aquisição dos mesmos.

- **PARTÍCULAS TOTAIS EM SUSPENSÃO (PTS) - Monitor contínuo**

Princípio de Medição Recomendado: absorção de raios β ou microbalança.

Monitor Beta: A absorção de raios beta que passam através da matéria depende, sobretudo, da massa analisada. Uma amostra de ar contendo partículas totais em suspensão é forçada a passar por um determinado período através de um filtro limpo a uma vazão controlada. A leitura de absorção de raios beta é feita no início e no fim de cada ciclo de medição, sendo a diferença de leitura proporcional à massa de partículas retidas no material filtrante.

Faixa de Medição: 0 - 0,25 / 0,5 mg/m³

Limite Inferior de Detecção: máximo de 10 µg/m³ para ciclo de 60 minutos

Ciclos de Medição: 30 min / 1 / 3 / 12 / 24 h

Exatidão: ± 10,0 % da leitura para ciclo de 60 min

Radiação Máxima da Fonte de Raios Beta: 100µCi

Alarmes: para todas as falhas de funcionamento de funções vitais do monitor

Saídas Analógicas: 4 - 20 mA

Porta de Comunicação: padrão RS 232

Temperatura de Operação: 0 - 40° C

Alimentação: 127 V - 60 Hz

Display: digital

Acessórios Obrigatórios: Sonda amostradora protegida contra condensação de umidade e padrões para calibração do monitor.

Deverão ser adquiridos juntamente com os equipamentos de amostragem sistemas completos de calibração dos medidores de Partículas Totais em Suspensão.

Microbalança: O princípio de medição utilizado nesse método baseia-se na avaliação contínua da frequência de vibração do conjunto filtrante, o que está diretamente relacionado à massa de partículas depositada sobre um elemento filtrante intercambiável. Então, uma amostra de ar contendo partículas totais em suspensão é forçada a passar através de um elemento filtrante a uma vazão controlada, retraindo as partículas contidas no fluxo de ar. A frequência de vibração de um corpo é igual à raiz quadrada de uma constante (de mola) dividida pela massa desse corpo. A leitura de massa do filtro é feita continuamente pela variação da frequência de vibração do conjunto filtrante, sendo que quanto maior for a massa de poeira coletada no filtro, menor será a frequência do conjunto.

• **PARTÍCULAS INALÁVEIS (PI) - Monitor contínuo**

Princípio de Medição Recomendado: absorção de raios β ou microbalança.

O monitoramento de partículas inaláveis menores que 10 μm deve ser realizada utilizando os mesmos princípios de medição recomendados para Partículas Totais em Suspensão (PTS), ou seja, absorção de raios beta ou microbalança. A única diferença entre os instrumentos é que, para a medição de PI, é necessária a instalação de uma sonda com cabeça fracionadora capaz de permitir chegar à unidade de leitura apenas a fração fina (< 10 μm) das partículas existentes no ar ambiente.

Acessórios Obrigatórios: Sonda amostradora com fracionador para partículas menores que 10 μm , protegida contra condensação de umidade, e padrões para calibração do monitor.

• **DIÓXIDO DE ENXOFRE (SO₂) - Monitor contínuo**

Princípio de Medição Recomendado: fluorescência ao ultravioleta.

O método de fluorescência ao ultravioleta baseia-se no fato de que as moléculas de SO₂ presentes em uma amostra de ar, quando bombardeadas com radiação luminosa ultravioleta, são excitadas a SO₂^{*}, apresentando fluorescência característica ao retornar ao estado não excitado (SO₂). A concentração de SO₂ na amostra é então medida através das mudanças da fluorescência captadas por sensores.

Faixa de Medição: 0 - 0,1 / 0,25 / 0,5 / 1 ppm

Limite Inferior de Detecção: 1,0 ppb

Repetibilidade: $\pm 1,0$ % F.S.

Linearidade: $\pm 1,0$ % F.S.

Desvio do zero: $\pm 2,0$ ppb/semana

Desvio do SPAN: $\pm 2,0$ % F.S./semana

Tempo de Resposta: 180 segundos (máximo)

Alarmes: para todas as falhas de funcionamento de funções vitais do monitor

Saídas Analógicas: 4 - 20 mA

Porta de Comunicação: padrão RS 232

Temperatura de Operação: 0 - 40° C

Alimentação: 127 V - 60 Hz

Display: digital

Possíveis Acessórios: dependendo do fabricante do equipamento, pode ser necessária a aquisição adicional de uma unidade de geração de ar zero (livre de contaminantes) para o monitor de SO₂, sendo que a maioria dos fabricantes já inclui esse dispositivo internamente em seus aparelhos.

- **MONÓXIDO DE CARBONO (CO) - Monitor contínuo**

Princípio de Medição Recomendado: absorção de infravermelho não dispersivo.

A medição de monóxido de carbono pelo princípio citado baseia-se no fato de que o CO absorve energia luminosa com determinado comprimento de onda na faixa do infravermelho. Então é possível medir a concentração de CO presente em uma amostra de ar ambiente pela diferença entre a quantidade de energia luminosa específica emitida por uma fonte e recebida por um sensor localizado em extremidade oposta ao caminho ótico atravessado que contém a amostra de ar.

Faixa de Medição: 0 - 10 / 25 / 50 / 100 ppm

Limite Inferior de Detecção: 0,1 ppm

Repetibilidade: ± 1,0 % Fundo de Escala (F.S.)

Linearidade: ± 1,0 % F.S.

Desvio do zero: ± 0,2 ppm/semana

Desvio do SPAN: ± 3,0 % F.S./semana

Tempo de Resposta: 120 segundos (máximo)

Alarmes: para todas as falhas de funcionamento de funções vitais do monitor

Saídas Analógicas: 4 - 20 mA

Porta de Comunicação: padrão RS 232

Temperatura de Operação: 0 - 40° C

Alimentação: 127 V - 60 Hz

Display: digital

Possíveis Acessórios: dependendo do fabricante do equipamento, pode ser necessária a aquisição adicional de uma unidade de geração de ar zero (livre de contaminantes) para o monitor de CO, sendo que a maioria dos fabricantes já inclui esse dispositivo internamente em seus aparelhos.

- **ÓXIDOS DE NITROGÊNIO (NO_x, NO, NO₂) - Monitor contínuo**

Princípio de Medição Recomendado: quimiluminescência.

O princípio de medição citado baseia-se na luminescência gerada pela reação química do NO (monóxido de nitrogênio) com o O₃ (ozônio) injetado juntamente com a amostra, resultando em NO₂ + O₂. Uma porção de NO₂ (dióxido de nitrogênio) gerada nessa reação atinge o estado excitado NO₂^{*} (dióxido de nitrogênio + energia). Essas moléculas de NO₂^{*} retornam ao estado básico, liberando energia luminosa. A intensidade de luz gerada é proporcional à concentração de moléculas de NO contidas na amostra. Após análise do NO a amostra é passada em um dispositivo que promove a desoxidação do NO₂ novamente a NO e a amostra é reanalisada. A concentração de NO₂ é obtida por diferença entre as 2 leituras.

Faixa de Medição: 0 - 0,1 / 0,25 / 0,5 / 1 ppm
Limite Inferior de Detecção: 0,5 ppb
Repetibilidade: $\pm 1,0$ % F.S.
Linearidade: $\pm 1,0$ % F.S.
Desvio do zero: $\pm 0,2$ ppb/semana
Desvio do SPAN: $\pm 2,0$ % F.S./semana
Tempo de Resposta: 120 segundos (máximo)
Alarmes: para todas as falhas de funcionamento de funções vitais do monitor
Saídas Analógicas: 4 - 20 mA
Porta de Comunicação: padrão RS 232
Temperatura de Operação: 0 - 40° C
Alimentação: 127 V - 60 Hz
Display: digital

Possíveis Acessórios: dependendo do fabricante do equipamento, pode ser necessária a aquisição adicional de uma unidade de geração de ar zero para o monitor de NO_x, sendo que a maioria dos fabricantes já inclui esse dispositivo internamente em seus aparelhos. Outro dispositivo adicional que pode ser necessário é a **unidade de geração de O₃**, caso o monitor já não disponha do mesmo internamente.

- **OZÔNIO (O₃) - Monitor Contínuo**

Princípio de Medição Recomendado: absorção de ultravioleta.

A medição de ozônio pelo princípio citado baseia-se no fato de que o mesmo absorve energia luminosa ultravioleta. Então é possível medir a concentração de O₃ presente em uma amostra de ar ambiente pela diferença entre a quantidade de energia luminosa específica emitida por uma fonte e recebida por um sensor localizado em extremidade oposta ao caminho ótico atravessado que contém a amostra de ar.

Faixa de Medição: 0 - 0,1 / 0,25 / 0,5 / 1 ppm
Limite Inferior de Detecção: 1,0 ppb
Repetibilidade: $\pm 1,0$ % F.S.
Linearidade: $\pm 2,0$ % F.S.
Desvio do zero: $\pm 2,0$ ppb/semana
Desvio do SPAN: $\pm 2,0$ % F.S./semana
Tempo de Resposta: 120 s (máximo)
Alarmes: para todas as falhas de funcionamento de funções vitais do monitor
Saídas Analógicas: 4 - 20 mA
Porta de Comunicação: padrão RS 232
Temperatura de Operação: 0 - 40° C
Alimentação: 127 V - 60 Hz
Display: digital.

Acessório Obrigatório: recomenda-se que o monitor de O₃ disponha internamente de uma unidade de geração de O₃ para permitir a autogeração de gás padrão usada na calibração e aferição do monitor.

Possíveis Acessórios: dependendo do fabricante do equipamento, pode ser necessária a aquisição adicional de uma unidade de geração de ar zero para o monitor de O₃, sendo que a maioria dos fabricantes já inclui esse dispositivo internamente em seus aparelhos.

- **HIDROCARBONETOS (HCT, HCnM, CH₄) - Monitor contínuo**

Princípio de Medição Recomendado: detecção de ionização por chama.

Utiliza a ionização que ocorre como resultado da energia de alta temperatura proveniente da combustão dos compostos orgânicos que são introduzidos numa chama abastecida a hidrogênio, localizada entre dois eletrodos. Quando uma tensão elétrica é aplicada através desses eletrodos uma pequena corrente iônica proporcional à concentração de hidrocarbonetos é produzida. Esta corrente é processada, gerando-se o sinal de concentração de hidrocarbonetos. As frações de metano e não metano são obtidas pela releitura da amostra após passar por um conversor de HCT para CH₄.

Faixa de Medição: 0 - 10 / 50 / 100 / 500 ppm

Limite Inferior de Detecção: 0,05 ppm

Repetibilidade: $\pm 1,0$ % F.S.

Linearidade: $\pm 1,0$ % F.S.

Desvio do zero: $\pm 0,2$ ppm/semana

Desvio do SPAN: $\pm 4,0$ % F.S./semana

Tempo de Resposta: 60 segundos (máximo)

Alarmes: para todas as falhas de funcionamento de funções vitais do monitor

Saídas Analógicas: 4 - 20 mA

Porta de Comunicação: padrão RS 232

Temperatura de Operação: 0 - 40° C

Alimentação: 127 V - 60 Hz

Display: digital

Possíveis Acessórios: dependendo do fabricante do equipamento, pode ser necessária a aquisição adicional de uma unidade de geração de ar zero para o monitor de HCT, sendo que alguns dos fabricantes já incluem esse dispositivo internamente em seus aparelhos. Outro dispositivo adicional que pode ser necessário é a unidade de geração de H₂ (que deverá incluir todos os dispositivos de segurança que a utilização de gás altamente inflamável exige). A utilização de cilindros de H₂ na estação não é recomendada por razões de segurança, apesar dessa opção ser ainda adotada em algumas redes de qualidade do ar.

- **BENZENO, TOLUENO e XILENO (BTX) - Monitor contínuo**

Princípio de Medição Recomendado: cromatografia gasosa com FID ou PID.

Um volume definido de amostra de ar contendo em geral baixas concentrações de compostos orgânicos é enriquecido em um tubo de adsorção, com posterior dessorção térmica e passagem da amostra concentrada por uma coluna capilar integrada a um cromatógrafo gasoso. Esse método permite a detecção de BTX de forma específica, mesmo em baixíssimas concentrações.

Limite Inferior de Detecção: 0,25 µg/m³ (benzeno)

Estabilidade: $<\pm 10\%$ desvio/2 semanas

Ciclo: 15 a 60 minutos

Alarmes: para todas as falhas de funcionamento de funções vitais do monitor

Porta de Comunicação: padrão RS 232

Temperatura de Operação: 0 - 40° C

Alimentação: 127 V - 60 Hz

Possíveis Acessórios: dependendo do fabricante do equipamento, pode ser necessária a aquisição adicional de uma unidade de geração de ar zero para o monitor de BTX. Outro dispositivo adicional que pode ser necessário é a unidade de geração de H_2 (que deverá incluir todos os dispositivos de segurança que a utilização de gás altamente inflamável exige). A utilização de cilindros de H_2 na estação não é recomendada por razões de segurança, apesar dessa opção ser ainda adotada em algumas redes de qualidade do ar. Para alguns fabricantes, pode ser necessária ainda a aquisição de um compressor de ar (isento de óleo), e de um secador de ar.

- **SONDA AMOSTRADORA DE GASES**

Utilizada para captar e condicionar continuamente amostra externa de ar e conduzir aos monitores de gases para análise, evitando a entrada de corpos estranhos nos delicados instrumentos de medição. Deve ser revestida internamente de material inerte (relativo aos gases amostrados), evitando interferências na medição. Deve ser dotada ainda de pelo menos 8 saídas de conexão com as tomadas de amostra dos monitores, ter dispositivos que permitam a fácil limpeza periódica manual da mesma e dispor de sistema de aquecimento ou outro dispositivo capaz de evitar a condensação de umidade nas paredes da sonda.

- **RACK DE SUPORTE DOS INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO**

É recomendada a utilização de rack para a instalação adequada de um ou mais monitores no interior de uma estação, racionalizando o espaço interno da mesma, facilitando a montagem e a manutenção dos aparelhos de medição e ainda oferecendo proteção adicional aos mesmos. Recomenda-se a aquisição desses suportes principalmente no caso de estações com maior número de monitores instalados.

- **UNIDADE DE CALIBRAÇÃO MULTIGÁS**

Para garantir o funcionamento adequado dos monitores automáticos de gases citados acima é fundamental que os mesmos sejam sistematicamente calibrados e aferidos, através da injeção de gás correspondente a concentrações conhecidas na unidade amostradora, denominado gás padrão ou span. Essa amostra de gás padrão deve ser gerada com concentrações dentro da escala de leitura dos monitores e com exatidão compatível com a do monitor, de modo a permitir a obtenção das especificações de performance de funcionamento previstas para a unidade medidora. É muito interessante que esse tipo de dispositivo permita ainda a geração de gás padrão em múltiplas concentrações a partir de um único cilindro do gás padrão concentrado. Isto permitirá a calibração eventual da curva de resposta do monitor à calibração multiponto, permitindo a verificação da linearidade da mesma, o que não pode ser checado na calibração com um único ponto.

Alguns fabricantes, em caráter opcional ou obrigatório, já incluem internamente em seus monitores de gases unidades de geração de gás padrão (tubos de permeação), eliminando a necessidade de cilindros de gás e unidades de diluição para calibração remota ou local do monitor. No entanto, a configuração mais usualmente empregada e recomendada é aquela constituída de cilindros de gás padrão concentrados, que são diluídos com ar zero para uma ou mais concentrações pré-especificadas, utilizando-se uma unidade de diluição semi-automática ou automática.

Outra opção aceitável que elimina a necessidade do uso de unidades de calibração é a utilização de cilindros de gás padrão já na concentração de span. Essa opção, apesar de mais econômica inicialmente, em geral, mostra-se mais onerosa com o passar do tempo, pois o consumo de gás padrão sem diluição é bem maior que no caso concentrado e o preço da recarga do cilindro é similar para o gás diluído ou concentrado. Além do mais, gases diluídos tendem a ser mais instáveis que os concentrados, apresentando eventuais deteriorações ao longo do tempo, ou seja, menor prazo de validade.

Aplicações: gases CO, SO₂, NO, CH₄ (HCT) com vazão de ar de diluição regulável de 30 a 300 l/h, ou razão de diluição de 1:12 a 1:9000;

Exatidão de Ajuste de Diluição: $\pm 1\%$

Repetibilidade: $\pm 0,2\%$

Unidade de Geração de Gás Padrão por Tubos de Permeação: para os gases SO₂ e NO₂, com câmara de permeação com temperatura regulada a $40 \pm 1^\circ\text{C}$

Tempo de Resposta: 120 segundos (máximo)

Temperatura de Operação: 10 - 40° C

Alimentação: 127 V - 60 Hz

Unidade de Geração de Ar Zero: incluída internamente no aparelho

Unidade de Geração de Ozônio: incluída internamente no aparelho (opcional)

Para os monitores automáticos de PTS e PI são utilizados placas ou pastilhas de calibração que simulam determinada concentração de poluente, que devem ser providas pelo mesmo fabricante do monitor.

4.7.2 EQUIPAMENTOS PARA A MEDIÇÃO DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

• VELOCIDADE DO VENTO - Monitoramento contínuo

Princípio de Medição Recomendado: anemômetro de conchas

Faixa de Medição: 0 - 45 m/s

Limite Inferior de Detecção: 0,5 m/s (ponto de partida)

Exatidão: $\pm 0,25$ m/s para faixa de 0,5 a 5 m/s e $\pm 2\%$ F.S. para velocidade acima de 5 m/s

Temperatura de Operação: 0 - 50° C

Acessório Obrigatório: torre basculante ou telescópica para fixação do anemômetro

Altura de Medição: 10 m acima do solo

• DIREÇÃO DO VENTO - Monitoramento contínuo

Princípio de Medição Recomendado: biruta (vane) com pás balanceadas

Faixa de Medição: 0 - 360°

Limite Inferior de Detecção: 0,5 m/s (ponto de partida)

Exatidão: $\pm 5^\circ$ para velocidade acima de 3 m/s

Temperatura de Operação: 0 - 50° C

Acessório Obrigatório: torre basculante ou telescópica para fixação do anemômetro (mesma acima)

• TEMPERATURA E UMIDADE DO AR - Monitoramento contínuo

Princípio de Medição Recomendado: termistor e sensor capacitivo

Faixa de Medição: -20 a 50 °C e 0 a 100%

Exatidão: $\pm 0,35^\circ\text{C}$ e $\pm 3\%$

Acessório Obrigatório: base de sustentação e abrigo para o sensor
Altura de Medição: 3 m e 10 m acima do solo

- **PRECIPITAÇÃO PLUVIOMÉTRICA** - Monitoramento contínuo

Princípio de Medição Recomendado: pluviômetro de gangorra
Faixa de Medição: 0 - 100 mm/h
Exatidão: $\pm 1\%$ da leitura
Acessório Obrigatório: base de sustentação do pluviômetro.

- **RADIAÇÃO SOLAR TOTAL** - Monitoramento contínuo

Princípio de Medição Recomendado: piranômetro (espectro na faixa de 400 a 1100 nm)
Faixa de Medição: 0 - 1400 W/m²
Exatidão: $\pm 5\%$ F.S.
Acessório Obrigatório: base de sustentação do piranômetro.

- **PRESSÃO ATMOSFÉRICA** - Monitoramento contínuo

Faixa de Medição: 26 a 32" Hg
Exatidão: ± 0.04 Hg (± 1.35 mb) ou $\pm 0.125\%$ FS
Temperatura: - 40 °C a + 50 °C
Montagem: Montado a 1.50 m de altura em torre telescópica

4.7.3 EQUIPAMENTOS PARA A AQUISIÇÃO E TELEMETRIA DE DADOS DE QUALIDADE DO AR E METEOROLOGIA

Todos os dados gerados nas estações de medição pelos monitores contínuos de qualidade do ar e meteorologia, tomados como médias horárias, deverão ser localmente (na estação) armazenados temporariamente por um período mínimo de 30 dias e permitir a telemetria dos dados em memória para o Centro Supervisório de Monitoramento da Qualidade do Ar (CSMQA) a ser instalado na Usiminas.

Para tanto, cada estação de monitoramento deverá dispor de sistemas de aquisição de dados compatíveis com o tipo e número de sinais gerados pelos monitores de qualidade do ar e meteorologia instalados, e sistema de comunicação digital quase simultânea com o CSMQA.

SISTEMA DE AQUISIÇÃO E TELEMETRIA DE DADOS

- **Requisitos das Estações Remotas**

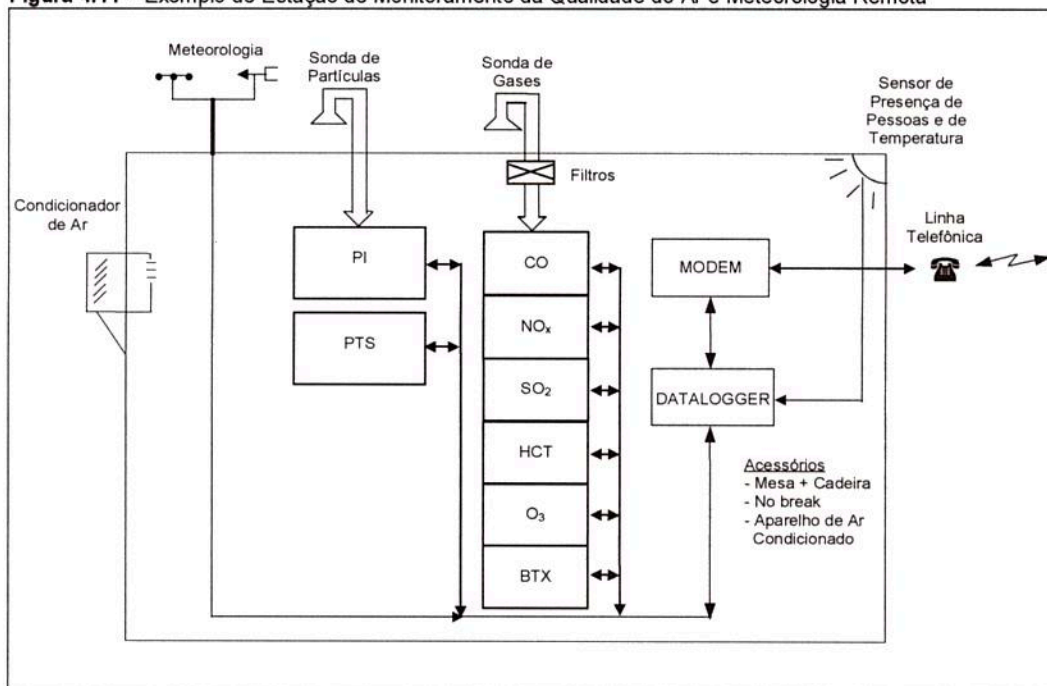
Sistema de Aquisição de Dados: constituído de datalogger com entradas analógicas e/ou digitais (número de entradas variável de acordo com o número de sinais de cada estação), com intervalo de aquisição de dados máximo de 10 segundos; cálculo interno e armazenamento automático de médias horárias para cada parâmetro registrado; entradas lógicas para aquisição e registro de estado dos monitores (alarmes de falhas de funcionamento e calibração); capacidade de armazenamento das médias horárias medidas nos últimos 7 dias ou mais; modem interno ou externo para comunicação com CSMQA; 127 V, 60 Hz. Deve ser compatível com o software Migris disponível na Usiminas, para permitir a busca remota de dados na estação pelo CSMQA.

No Break Estabilizado: para alimentação contínua do Sistema de Aquisição de Dados; 127 V, 60 Hz, 1000 VA; com autonomia mínima de 30 minutos com 50 % da carga.

Linha Telefônica: terminal de linha telefônica comercial (comum) para conexão discada do modem e telemetria de dados até o CSMQA.

Sensores de Temperatura Interna da Estação e Presença de Pessoas: os sinais coletados por estes sensores devem ser transmitidos através do datalogger ao CSMQA, o qual deve dispor de alarme de aviso ao operador quando limites pré-estabelecidos destes parâmetros forem atingidos ou quando houver a presença de pessoas na estação. A Figura 4.11 ilustra um exemplo esquemático de configuração para uma estação de monitoramento da qualidade do ar e meteorologia.

Figura 4.11 – Exemplo de Estação de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia Remota



- **Requisitos do Centro Supervisório de Monitoramento da Qualidade do Ar**

Microcomputador 1: tipo PC, dedicado exclusivamente à conexão sistemática com as estações de monitoramento da rede via linha discada, rádio, internet ou rede local para aquisição de dados gerados, validação automática de dados, transmissão automática dos dados válidos recebidos ao banco de dados e retransmissão até a CVQA; processador Pentium Core 2 Duo ou posterior; HD 160 GB; monitor colorido 19" SVGA; 1 GB memória RAM; modem 56 kbps V90; placa de rede padrão Ethernet 100Mbps; sistema operacional Windows XP Pro; 127 V, 60 Hz; software Migris para "pooling" e aquisição de dados das estações, envio de dados para a CVQA, validação primária e inserção automática dos mesmos no banco de dados da RAMQAM.

Microcomputador 2: tipo PC, processador Pentium Core 2 Duo ou posterior; HD 160 GB; monitor colorido 19" SVGA; 2 GB memória RAM, modem 56 kbps V90, placa de rede padrão Ethernet 100Mbps, sistema operacional Windows XP Pro, 127 V, 60 Hz. Este computador será utilizado para a pós-validação manual de dados gerados pela rede, análise estatística de informações monitoradas pela rede, modelagem matemática da dispersão de poluentes na atmosfera, geração de relatórios de qualidade do ar, construção de campos de ventos, reconstrução do campo de poluentes, gestão de fontes emissoras de poluentes atmosféricos, dentre outras. Recomenda-se o uso do software Atmos para essa finalidade.

No Break Estabilizado: para alimentação contínua dos 2 Microcomputadores do Centro Supervisório; 127 V, 60 Hz, 2000 VA; com autonomia mínima de 30 minutos com 50 % da carga.

2 Linhas Telefônicas: 2 terminais de linha telefônica comercial (comum) para conexão dos modems de telemetria de dados das estações remotas e retransmissão de dados para a CVQA. Para opções de transmissão de dados via internet ou outros meios, 1 linha telefônica poderá ser dispensada.

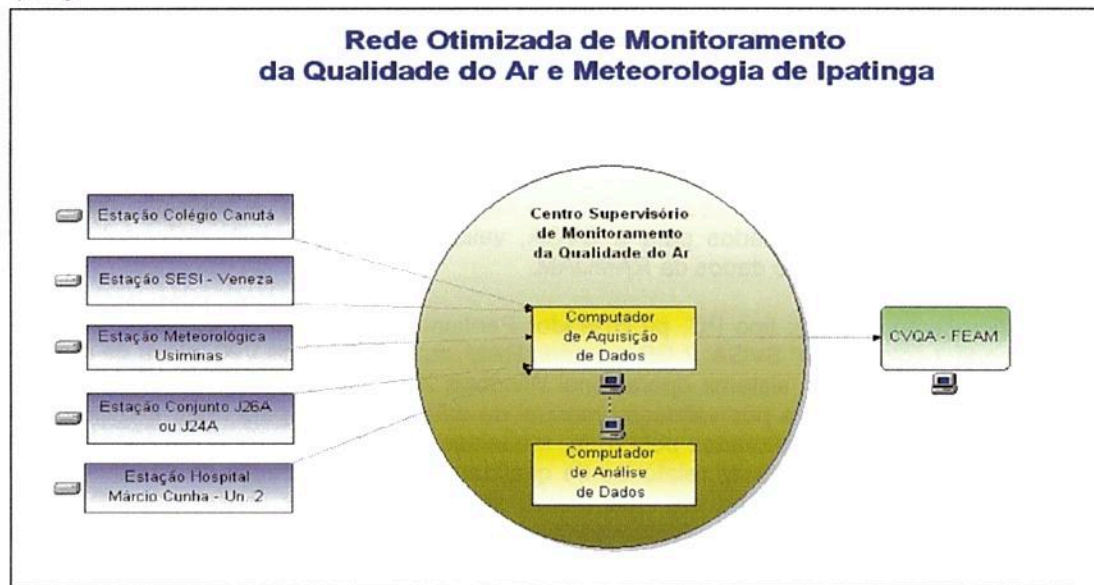
Banco de Dados: o CSMQA deverá utilizar o banco de dados corporativo (Oracle, SQL Server, etc.) da Albras, acessível pela rede local instalada, para armazenamento do volume de informações a ser gerado continuamente pela rede.

- **Fluxo de Dados**

Conforme já mencionado, a RAMQAM será dotada de um Centro Supervisório de Monitoramento da Qualidade do Ar - CSMQA, que receberá 24 horas por dia, via telemetria, todos os resultados gerados pelos instrumentos de medição. Simultaneamente, os dados de qualidade do ar e meteorologia medidos pela RAMQAM poderão ser enviados via telemetria para a CVQA localizada na FEAM, sendo então incorporados aos demais dados do monitoramento ambiental gerenciado por este órgão. Diariamente, os dados gerados pela rede no dia anterior serão validados no CSMQA e reenviados ao CVQA para eventualmente substituir os dados brutos anteriormente enviados automaticamente.

O diagrama esquemático de fluxo de dados entre as estações de qualidade do ar, CSMQA e CVQA é apresentado na Figura 4.12.

Figura 4.12 – Diagrama Esquemático do Fluxo de Informações da Rede de Qualidade do Ar e Meteorologia de Ipatinga



5. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

O presente trabalho apresenta o dimensionamento da Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia de Ipatinga – RAMQAM, para cobertura da área de influência direta das emissões atmosféricas existentes nessa cidade.

Informações de micrometeorologia geradas pelo modelo meteorológico de previsão numérica WRF, desenvolvido pela Pennsylvania State University / National Center for Atmospheric Research Numerical (PSU/NCAR Weather Research and Forecasting Model), juntamente com o inventário de emissões atmosféricas da região, foram utilizadas para a geração de cenários meteorológicos característicos da região, servindo de base para a aplicação do modelo matemático de dispersão de poluentes.

Os principais resultados obtidos pela modelagem da dispersão de poluentes atmosféricos, que consideram as emissões da planta da Usiminas com uma capacidade produtiva de cerca de 4.800.000 toneladas por ano, situação essa projetada em 2008, considerando ainda as alterações previstas nas melhorias propostas para a Revalidação da Licença de Operação, além das principais vias de tráfego de Ipatinga e das fontes emissoras de outras 24 empresas da região, demonstram que a qualidade do ar na cidade, tenderá a se situar abaixo dos padrões de longo período da resolução CONAMA 03/1990 (médias anuais).

Do conjunto de resultados gerados pelo estudo de dispersão atmosférica, infere-se a necessidade de acompanhamento sistemático da evolução da qualidade do ar na cidade de Ipatinga, com a geração de um banco de dados que agregue representatividade qualitativa das informações monitoradas, no intuito de uma melhor elaboração de estudos, análises e projeções futuras para as ações necessárias no que diz respeito às questões relativas à qualidade do ar.

O projeto da rede de monitoramento denominada RAMQAM-Ipatinga, realizado com base na metodologia de Figuras de Mérito e Esferas de Influência, indicou que o número mínimo de 4 estações de monitoramento é satisfatório e atende às recomendações internacionais para o monitoramento da qualidade do ar. As estações serão automáticas para medição de partículas, gases e meteorologia, cobrindo as principais áreas sob influência significativa das fontes emissoras da região, e principalmente da Usiminas, considerando os poluentes PTS, PI, SO₂, NO_x, CO, HCT (hidrocarbonetos totais, metano e hidrocarbonetos não-metano, incluindo alguns compostos orgânicos voláteis), BTX (benzeno, tolueno e xileno) e O₃.

Ressalta-se que o poluente ozônio (O₃), regulamentado pela resolução CONAMA 03/1990, não foi inventariado por não ser emitido diretamente pelas fontes emissoras. O ozônio encontrado na baixa atmosfera (troposfera) é um representante de diversos oxidantes fotoquímicos, que são poluentes secundários produzidos a partir de reações fotoquímicas envolvendo vários poluentes primários, dos quais se destacam os NO_x e os HCT's ou COV's. Portanto o O₃ normalmente ocorre no local ou nas imediações a sotavento onde existem concentrações significativas de seus precursores (NO_x, HCT, luz solar, etc.). Diante disso, é recomendado o monitoramento de O₃ na região de estudo.

Recomenda-se a integração da Estação Meteorológica Usiminas – ETAP, atualmente instalada, à RAMQAM-Ipatinga, de forma a agregar informações necessárias a uma perfeita gestão atmosférica, haja vista a sua contribuição para representação das condições meteorológicas locais e o seu representativo histórico de informações já disponíveis.

A Rede Automática de Monitoramento da Qualidade do Ar e Meteorologia de Ipatinga proposta é definida pela seguinte configuração, apresentada na Tabela 5.1:

Tabela 5.1 – Composição da RAMQAM-Ipatinga

Estação de Monitoramento	Parâmetro Medido	Qualidade do Ar								Meteorologia						
		PTS	PI	SO ₂	NO _x	O ₃	CO	HCT	BTX	DV	VV	PP	PA	RS	TA	UR
Colégio Canutá		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
SESI - Veneza		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Conjunto J24A		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Hospital Marcio Cunha – Un 2		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Meteorológica ETAP										X	X	X	X	X ¹	X	X

Legenda:

PTS – partículas totais em suspensão
 PI – partículas inaláveis (menor que 10 µm)
 SO₂ – dióxido de enxofre
 NO_x – óxidos de nitrogênio
 O₃ - ozônio
 CO – monóxido de carbono
 HCT – hidrocarbonetos totais, metano e não-metano
 BTX – benzeno, tolueno e xileno

DV – direção do vento
 VV – velocidade do vento
 PP – precipitação pluviométrica
 PA – pressão atmosférica
 RS – radiação solar global
 TA – temperatura do ar
 UR – umidade relativa do ar
 1 – radiação solar líquida

A Figura 5.1 apresenta o arranjo geral da RAMQAM proposta. As estações escolhidas para integrarem a rede estão situadas em pontos estratégicos nas regiões de maior mérito, isto é, com maior densidade populacional e sob maior influência das emissões atmosféricas provenientes da Usiminas e das outras fontes inventariadas.

A especificação das tecnologias dos equipamentos a serem utilizados na rede, relativas a sensoriamento, armazenagem, transmissão e recuperação dos dados medidos, segue a tendência mundialmente utilizada para o monitoramento dessa natureza, com uma vida útil de pelo menos vinte anos. Todas as estações de medição serão dotadas de equipamentos para telemetria de dados até o Centro Supervisório de Monitoramento da Qualidade do Ar.

Figura 5.1 – Configuração Proposta para RAMQAM - Ipatinga



Legenda:

-  Estação de monitoramento da qualidade do ar e meteorologia
-  Estação meteorológica

6. EQUIPE TÉCNICA

Luiz Cláudio D. Santolim	Coordenador Técnico Mestre em Engenharia Ambiental Engenheiro Mecânico
Flávio Curbani	Mestre em Engenharia Ambiental Engenheiro Mecânico
Luiz Antônio Radaeli	Engenheiro Mecânico
Anderson da Silva Simões	Tecnólogo em Saneamento Ambiental
Igor Baptista de Araújo	Tecnólogo em Saneamento Ambiental Especialista em Gestão Ambiental
Admilson Silva	Técnico em Meio Ambiente
Guilherme Oliveira Guimarães	Auxiliar Técnico
Tatiane Jardim Morais	Técnica em Meio Ambiente
Kassia Nascimento Cavassani	Estagiária Tecnóloga em Saneamento Ambiental

7. BIBLIOGRAFIA

AERMOD: Description of model formulation (2004). U.S. Environmental Protection Agency. Office of Air Quality Planning and Standards. Emissions Monitoring and Analysis Division. Research Triangle Park, North Carolina, USA.

Anderson G. E. (1971) Mesoscale Influences on Wind Fields. *Journal of Applied Meteorology*. Vol. 10, 377 – 386.

Biometrika Tables for Statisticians (Vol.1)(1976) Biometrika Trust, London.

Briggs G.A. (1969) Plume Rise, U.S. Atomic Energy Commission Critical Review Series T/D 25075.

Briggs G.A. (1971) Some Recent Analysis of Plume Rise Observations. *Proceedings of the Second International Clean Air Congress*, Academic Press, New York, USA.

Briggs G. A. (1972) Discussion on Chimney Plumes in Neutral and Stable Surroundings, *Atmospheric Environment*, 6 : 507-510.

Briggs G.A. (1974) Diffusion Estimation for Small Emissions, Environmental Research Laboratories Air Resources Atmospheric Turbulence and Diffusion Laboratory 1973 Annual Report, Natl. Oceanic Atmos. Admin., Washington, D.C., USA.

Briggs G.A. (1975) Plume Rise Predications, *Lectures on Air Pollution and Environmental Impact Analysis*, American Meteorological Society, Boston, Massachusetts, USA.

Buell C.E. (1975) Objective Procedures for Optimum Location of Air Pollution Observation Stations. U.S. Environmental Protection Agency (EPA - 650/4 - 75 - 005).

Cannon J.R. and Klein R.E. (1970) Optimal selection of measurement location in a conductor for approximate determination of temperature distribution. *Proc. Joint Automatic Control Conf.*, pp. 750 - 756, Atlanta.

Code of Federal Registers 40 - PART 58 - Ambient Air Quality Surveillance. U.S. Environmental Protection Agency (EPA 40 Ch. I - 1995).

Compilation of Air Pollutant Emission Factor - Fifth Edition Volume I: Stationary Point and Areas Sources (2005). U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC.

Cressie N., Gotway C.A. and Grondona M.O. (1990) Spatial prediction from networks. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems* 7, 251 - 271.

David F.N. (1938) *Tables of the Ordinates and Probability Integral of the Distribution of the Correlation Coefficient in Small Samples*. Biometrika Office, London.

Dickerson M. H. (1978) MASCON – A Mass Consistent Atmospheric Flux Model for Regions with Complex Terrain. *Journal of Applied Meteorology*. Vol. 17, N° 3, 241 – 253.

Dorr F. W. (1970) The Direct Solution of the Discrete Poisson Equation on a Rectangle. *SIAM Review*. Vol. 12, 248 – 263.

Eddy A. (1974) An approach to the design of meteorological field experiments. *Mon. Wea. Rev.* 102,702 - 707.

Efron B. (1981) Nonparametric standard errors and confidence intervals. Technical Report No. 166, Department of Statistics, Stanford University.

European Commission (2001). Best Available Techniques Reference Document on the Production of Iron and Steel. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC).

Gandin L.S. (1963) Objective Analysis of Meteorological Fields. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem.

Gifford F.A. (1961) Use of routine meteorological observations for estimating atmospheric dispersion. Nucl. Safety.

Gifford F.A. (1976) Turbulent Diffusion-Typing Schemes: A Review, Nucl. Safety.

Gilbert R.O. (1987) Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring. Van Nostrand Reinhold, New York.

Goodin W. R., McRae G. J. e Seinfeld J. H. (1980) An Objective Analysis for Constructing Three-Dimensional Urban-Scale Wind Fields. Journal of Applied Meteorology, Vol. 19, 98 - 108.

Jones W.P. (1973) Engenharia de ar condicionado. Campus, Rio de Janeiro

Klein R.E. (1971) Non well posed problems in the sense of Hadamard and their relationship to distributed parameter state reconstructor problems. Proc. IFAC Symp. on Control of Distributed Parameter Systems, 7 - 2, Banff, Canada.

Langstaff J., Seigneur C., Liu M., Behar J. and Mc Elroy J.L. (1987) Design of an Optimum Air Monitoring Network for Exposure Assessments. Atmospheric Environment 21, 1393 - 1410.

MacCracken M. C., Wuebbles D. J., Walton J. J., Dwerner W. H. e Grant K. E. (1978) The Livermore Regional Air Quality Model: I. Concept and Development. Journal of Applied Meteorology. Vol. 17, 254 – 272.

McElroy J.L., Pooler F. (1968) The St. Louis Dispersion Study, US Public Health Service, national Air Pollution Control Administration, Cincinnati, OH, USA.

Nakamori Y., Ikeda S. and Sawaragi Y. (1979) Design of air pollutant monitoring system by spatial sample stratification. Atmospheric Environment 13, 97 - 103.

Numerical Recipes in C, The Art of Scientific Computing (1992) Cambridge University Press.

Pasquill F. (1961) The Estimation of the Dispersion of Windborne Materials, Met. Mag..

Pasquill F. (1971) Atmospheric Diffusion of Pollution. Q.J. Roy. Meteorol. Soc. 97, 369 - 395.

Pasquill F. (1976) Atmospheric Dispersion Parameters in Gaussian Plume Modeling. Part II. Possible Requirements for Change in the Turner Workbook Values. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, USA

Prefeitura Municipal de Ipatinga (2006). Perfil do Município de Ipatinga. Secretaria Municipal De Planejamento, Departamento de Modernização Administrativa, 81 p.p.

Russel, J. B. (1981) Química Geral, McGraw-Hill, São Paulo, SP.

Santolim L.C.D. et al (1997) Rede Otimizada para o Monitoramento da Qualidade do Ar da Grande Vitória – ES, Instituto de Tecnologia, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, ES.

Santolim, L.C.D. (1991). Rede Otimizada de Monitoramento da Qualidade do Ar para a Região da Grande Vitória. Dissertação de Mestrado em Engenharia Ambiental, Universidade Federal do Espírito Santo.

Seinfeld J.H. (1972) Optimal location of pollutant monitoring stations in an airshed. Atmospheric Environment 6, 847 - 858.

Seinfeld J.H. (1986) Atmospheric Chemistry and Physics of Air Pollution. Wiley - Interscience

Shannon J.D., Wesely M. L. and Brady P.J. (1978) Objective sensor placement for sampling regional turbidity. Atmospheric Environment 12, 937 - 943.

Sherman C. A. (1978) A Mass-Consistent Model for Wind Fields over Complex Terrain. Journal of Applied Meteorology. Vol. 17, 312 – 319.

Switzer, P. (1979) Statistical considerations in network design. Water Resources Research 15, 1712 - 1716.

Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek (TNO) (1979) Methods for the Calculation of the Physical Effects of the Escape of Dangerous Material (TNO Yellow Book).

Turner D.B. (1970) Workbook of Atmospheric Dispersion Estimates, US Department of Health, Education and Welfare, National Air Pollution Control Administration, Cincinnati, OH, USA.

Van Egmond N.D. and Onderdelinden D. (1981) Objective analysis of air pollution monitoring network data; spatial interpolation and network density. Atmospheric Environment 15, 1035 - 1046.

WRF Model Users Page. 2008, Disponível em: < <http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users> >. Acesso em 10 fev 2008.

Yerg M.C. (1973) A systems approach to optimal experimental design in meteorology. Department of Meteorology Report, University of Oklahoma, Norman, Oklahoma.

