



BRUNA REGINA DE OLIVEIRA LIMA

**DINÂMICA CLIMÁTICA REGIONAL ASSOCIADA À QUALIDADE DO AR NA
ATMOSFERA URBANA DE OURINHOS/SP**

**CAMPINAS
2013**



NÚMERO: 198/2013

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS**

BRUNA REGINA DE OLIVEIRA LIMA

**DINÂMICA CLIMÁTICA REGIONAL ASSOCIADA À QUALIDADE DO AR NA
ATMOSFERA URBANA DE OURINHOS/SP**

Oreintador: Prof. Dr. Jonas Teixeira Nery

**DISSERTAÇÃO DE Mestrado APRESENTADA AO INSTITUTO DE
GEOCIÊNCIAS DA UNICAMP PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM
GEOGRAFIA, NA ÁREA DE CONCENTRAÇÃO ANÁLISE AMBIENTAL E
DINÂMICA TERRITORIAL.**

**ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À
VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO
DEFENDIDA PELA ALUNA BRUNA
REGINA DE OLIVEIRA LIMA E
ORIENTADA PELO PROF. DR. JONAS
TEIXEIRA NERY.**

CAMPINAS

2013

iii

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA POR
CÁSSIA RAQUEL DA SILVA – CRB8/5752 – BIBLIOTECA “CONRADO PASCHOALE” DO
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
UNICAMP

L628d	Lima, Bruna Regina de Oliveira, 1985- Dinâmica climática regional associada à qualidade do ar na atmosfera urbana de Ourinhos/SP / Bruna Regina de Oliveira Lima-- Campinas,SP.: [s.n.], 2013. Orientador: Jonas Teixeira Nery. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. 1. Ar – Poluição – Ourinhos (SP) 2. Meteorologia – Ourinhos (SP) I. Nery, Jonas Teixeira, 1952- II. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Geociências. III. Título.
-------	---

Informações para a Biblioteca Digital

Título em inglês: Climate dynamics associated with regional air quality in urban atmosphere Ourinhos/SP.

Palavras-chaves em inglês:

Air – Pollution – Ourinhos (SP)
Meteorology

Área de concentração: Análise Ambiental e Dinâmica Territorial

Titulação: Mestra em Geografia.

Banca examinadora:

Jonas Teixeira Nery (Orientador)
Gerhard Held
Luci Hidalgo Nunes

Data da defesa: 08-05-2013

Programa de Pós-graduação em Análise Ambiental e Dinâmica Territorial



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA
ÁREA DE ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL

AUTORA: Bruna Regina de Oliveira Lima

DINÂMICA CLIMÁTICA REGIONAL ASSOCIADA À QUALIDADE DO AR NA ATMOSFERA
URBANA DE OURINHOS/SP

ORIENTADOR: Prof. Dr. Jonas Teixeira Nery

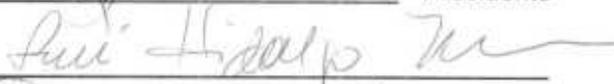
Aprovada em: 08 / 05 / 2013

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Jonas Teixeira Nery

Profa. Dra. Luci Hidalgo Nunes

Prof. Dr. Gerhard Held


_____- Presidente




Campinas, 08 de maio de 2013.

DEDICATÓRIA

Dedico esta pesquisa unicamente à minha família que, para além do apoio e da paciência, sempre me acolheu com muito afeto durante todos os momentos. Obrigada por sempre estarem ao meu lado para que eu pudesse superar meus obstáculos e conquistar meus ideais. Meu carinho e o amor por vocês são imensuráveis.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente ao professor Jonas, que além da amizade, esteve disposto a ajudar durante todo o desenvolvimento deste trabalho. Obrigada pelo aprendizado e pela disposição em promover o crescimento dos seus alunos.

Aos companheiros do Grupo Clima/CNPq.

Aos membros da banca examinadora, que entre seus inúmeros compromissos puderam dedicar-se à minha defesa. Muito obrigada!

Aos membros da secretaria de pós-graduação do IG, pela disposição em ajudar seus alunos. Vocês foram fantásticos!

À Unesp, campus de Ourinhos, pelo empréstimo dos instrumentos e pelo uso do laboratório de Clima.

Aos técnicos dos laboratórios, Ângela Crespo (Unesp, Ourinhos) e Henrique Piva (Instituto de Química, Unicamp).

A Fundunesp.

Aos antigos amigos e aos novos conquistados durante o percurso, muitíssimo obrigada pelos momentos de alegria e pela paciência durante as “crises” de existência;

A Débora Moreira de Souza, pela amizade e companheirismo.

Ao Vinícius Gabriel Antunes, que mesmo estando presente somente na reta final, tornou-se muito importante pelo apoio e companheirismo.



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

DINÂMICA CLIMÁTICA REGIONAL ASSOCIADA À QUALIDADE DO AR NA
ATMOSFERA URBANA DE OURINHOS/SP

RESUMO

Dissertação de Mestrado

Bruna Regina de Oliveira Lima

A compreensão das dinâmicas climáticas tem sido de extrema importância, diante dos diversos desastres naturais (deslizamentos, inundações e secas), bem como para fornecer subsídios ao planejamento urbano, das grandes e médias cidades. Sabe-se que poluentes atmosféricos são agentes causadores da morbidez populacional, principalmente em crianças e idosos. Os sistemas meteorológicos e a dinâmica regional atmosférica tornam-se fundamentais para à dispersão de tais compostos, assim como ao bem estar e à saúde da população. Na ocorrência de estabilidade atmosférica como, por exemplo, na presença de uma inversão térmica, esses poluentes permanecem na atmosfera, ocasionando danos à saúde da população. O principal objetivo deste trabalho é evidenciar as concentrações de alguns poluentes na atmosfera urbana de Ourinhos/SP e identificar alguns sistemas atmosféricos que atuaram no período de coleta dos dados. Para tanto, foram levantadas as informações sobre os sistemas meteorológicos atuantes nos períodos de análises, assim como os resultados da quantificação dos compostos e gases (monóxido/dióxido de carbono e hidrocarbonetos policíclicos aromáticos). O período de análise foi entre 2011 e 2012. Em um segundo momento, foram analisados os dados coletados em uma campanha piloto realizada em Ourinhos, pelo Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet/UNESP), em agosto de 2010, intitulada “O impacto das queimadas de cana de açúcar na qualidade do ar na região de Ourinhos/SP”, a qual envolveu vários pesquisadores e universidades do estado de São Paulo. Apesar dos períodos serem diferentes, tanto da compreensão da variabilidade climática e da qualidade do ar, quanto da campanha, a análise se complementa no intuito de conhecer e investigar o comportamento dos poluentes e gases na atmosfera local, além de compreender como a dinâmica climática regional influencia na dispersão e na concentração de tais partículas. Ao analisar os resultados obtidos através das coletas de dados, foi possível inferir que para esses compostos e gases investigados (hidrocarbonetos, monóxido e dióxido de carbono), as concentrações estiveram abaixo dos limites considerados prejudiciais a saúde da população. Ressalta-se ainda que ocorreram oscilações das concentrações entre os períodos de inverno e verão. Os valores mais elevados não ultrapassaram os limites seguros em relação à morbidez populacional em Ourinhos/SP. Dessa maneira, espera-se que esta pesquisa forneça alicerces para futuros estudos, bem como caracterizar a cidade de Ourinhos dentro da dinâmica climática regional.

Palavras-chave: poluentes atmosféricos; sistemas meteorológicos; Ourinhos/SP.



UNIVERSITY OF CAMPINAS
INSTITUTE OF GEOSCIENCES

CLIMATE DYNAMICS ASSOCIATED WITH REGIONAL AIR QUALITY IN URBAN
ATMOSPHERE OURINHOS / SP

ABSTRACT

Masters Degree
Bruna Regina de Oliveira Lima

The understanding of climate dynamics has been extremely important, due to the various natural disasters (landslides, floods and droughts), as well as to provide assistance for the urban planning of large and medium towns. It is a well-known fact that air pollutants are responsible for population morbidity, especially in children and in the elderly. Consequently, the weather systems and regional atmospheric dynamics become crucial with respect to the dispersion of aerosols and trace gases, as well as for the welfare and health of the population. However, if the atmosphere is in a stable condition (e.g., as a result of a temperature inversion), these pollutants remain trapped in the atmosphere, having a possible impact on the health of the population. The main objective of this research is to determine the concentrations of some pollutants in the urban atmosphere of Ourinhos/SP and to identify the atmospheric systems that prevailed during the period of data collection. Therefore, information about the weather systems active during the periods of analysis was collected, also including some results quantifying the chemical compounds and gases (carbon monoxide and carbon dioxide and polycyclic aromatic hydrocarbons). The analysis period spans the years of 2011 and 2012. In a subsequent phase of this study, data collected during a pilot campaign, organized by the Meteorological Research Institute (IPMet/UNESP) during August 2010 in Ourinhos, was also discussed. The multi-disciplinary project, entitled “The impact of emissions from sugar cane fires on the air quality in the region of Ourinhos, SP”, comprised the participation of researchers from several universities in the state of São Paulo. Although the periods investigated were different, the analyses are complementary for a better understanding of the behavior of pollutants and compounds in the local atmosphere, including the regional climate dynamic influences on the dispersion and concentration of such particles. As results of data analysis, the concentration of chemical compounds and gases (carbon monoxide and carbon dioxide and polycyclic aromatic hydrocarbons), were below the limits considered harmful to health. Also that the concentration between the winter and summer periods, did not exceed the safe limits of population morbidity in Ourinhos/SP. Thus, it is anticipated that this research provides some groundwork for future studies, as well as characterizing the air quality based on climate dynamics, combining aspects of different nature, with emphasis on the society in the district of Ourinhos.

Key words: atmospheric pollutants; weather systems; Ourinhos/SP.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 2.1 – Ilustração da camada limite urbana e existência de diferentes microclimas no ambiente da cidade.	6
Figura 2.2 – Queima de combustíveis fósseis e a morbidez populacional.	7
Figura 2.3 – Interação entre os subsistemas do solo, do ar, da água e a exposição antrópica. Esquema conceitual utilizado pelo modelo C-Soil para o cálculo do risco.	9
Figura 2.4 – Emissões de CO ₂ , equivalente por fonte – Brasil, 2006.	10
Figura 2.5 – Campanha realizada em Ourinhos/SP, em agosto de 2010.	17
Figura 2.6 – Localização de Ourinhos/SP.	21
Figura 2.7 – Imagem de satélite de Ourinhos, com destaque para a localização da Unesp.	22
Figura 2.8 – Diferentes tipos de uso da terra em Ourinhos/SP.	23
Figura 3.1 – Estações automáticas da Unesp, campus de Ourinhos e a localização dos <i>banners</i> .	26
Figura 3.2 – Instalação dos <i>banners</i> de tecido.	27
Figura 3.3 – Analisador de CO ₂ , modelo C-02 – Instrutherm.	29
Figura 3.4 – Estações automáticas da Unesp, campus de Ourinhos.	30
Figura 4.1 – Ocorrência de chuva em Ourinhos/SP, de maio a julho de 2011.	34
Figura 4.2 – Temperatura e umidade relativa do ar em maio/2011.	36
Figura 4.3 – Temperatura e umidade relativa do ar em junho/2011.	37
Figura 4.4 – Temperatura (figura à esquerda) e umidade relativa (figura à direita) do ar em julho/2011.	39
Figura 4.5 – Campos de CO na atmosfera da região Sudeste.	42
Figura 4.6 – Campos de CO na atmosfera da região Sudeste.	45
Figura 4.7 – Concentração do CO ₂ nos meses de dezembro (2011), janeiro (2012) e fevereiro (2012).	50
Figura 4.8 – Concentração do CO ₂ nos meses de junho, julho e agosto de 2012.	51

Figura 4.9 – Carta sinótica da América do Sul, de 9 de dezembro de 2011.	57
Figura 4.10 – Imagem do satélite GOES-12 para o dia 9 de dezembro de 2011, banda de vapor d'água (3).	58
Figura 4.11 – Carta sinótica da América do Sul, de 27 de janeiro de 2012.	59
Figura 4.12 – Imagem do satélite GOES-12 para o dia 27 de janeiro de 2012, banda de vapor d'água (3).	60
Figura 4.13 – Carta sinótica da América do Sul, de 8 de fevereiro de 2012.	61
Figura 4.14 – Imagem do satélite GOES-12 para o dia 08 de fevereiro de 2012.	62
Figura 4.15 – Carta sinótica da América do Sul, de 22 de junho de 2012.	63
Figura 4.16 – Imagem do satélite GOES-12 para o dia 22 de junho de 2012, banda de vapor d'água (3).	64
Figura 4.17 – Carta sinótica da América do Sul, de 24 de julho de 2012.	65
Figura 4.18 – Imagem do satélite GOES-12 para o dia 22 de junho de 2012, banda de vapor d'água (3).	66
Figura 4.19 – Carta sinótica da América do Sul, de 21 de agosto de 2012.	67
Figura 4.20 – Imagem do satélite GOES-12 para o dia 21 de agosto de 2012.	68
Figura 5.1 – Vetores de vento nos dias 09 e 10 de agosto de 2010; dados do SODAR.	72
Figura 5.2 – Velocidade dos ventos do dia 09 e 10 de agosto de 2010, segundo dados do SODAR.	73
Figura 5.3 – Direção dos ventos nos dias 09 e 10 de agosto de 2010, segundo dados do SODAR.	74
Figura 5.4 – Dados da radiossondagem (vento), em Ourinhos, às 20h19min (UTC) de 9 de agosto de 2010.	75
Figura 5.5 – Dados da radiossondagem (PTU), em Ourinhos, às 20h19 (UTC) de 09 de agosto de 2010.	76
Figura 5.6 – Carta sinótica da América do Sul, de 09 de agosto de 2010.	78
Figura 5.7 – Imagens do satélite GOES-12 nos dias 09 (18h00min e 21h00min) e 10 de agosto de 2010 (00h00min, 03h00min, 06h00min, 09h00min, 12h00min e 15h00min).	79

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Padrões Nacionais de Qualidade do Ar. Resolução CONAMA nº3, de 28.06.1990. Modificada.	13
Tabela 2.2 – Parâmetros para episódios agudos de poluição do ar. Resolução CONAMA nº. 3, de 28/06/1990. Modificada.	14
Tabela 2.3 – Comparação entre os valores máximos permitidos pela CETESB, NAAQS e WHO.	14
Tabela 4.1 – Incidência dos HPAs nas amostras do período maio-julho (2011).	33
Tabela 4.2 – Direção e velocidade dos ventos no período de maio-julho do ano de 2011.	35
Tabela 4.3 – Doenças do aparelho respiratório registradas nos meses de maio, junho e julho de 2011.	40
Tabela 4.4 – Valores máximos de CO para a RMSP e Ourinhos/SP, no período de inverno.	44
Tabela 4.5 – Valores máximos de CO para a RMSP e Ourinhos/SP, no período de verão.	47
Tabela 4.6 – Parâmetros e índices de qualidade do ar segundo a CETESB (2012).	47
Tabela 4.7 – Significado dos índices e qualidade na saúde da população segundo a CETESB (2012).	48
Tabela 4.8 – Resumo das condições da atmosfera local, nos dias de coleta.	52
Tabela 4.9 – Balanço hídrico de Ourinhos no mês de junho de 2012.	55

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AGRITEMPO	Sistema de Monitoramento Agrometeorológico
ASAS	Alta Subtropical do Atlântico Sul
CCATT-BRAMS	<i>Coupled Chemistry Aerosol-Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modeling System</i>
CCM	Complexos Convectivos de Mesoescala
CETESB	Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental
CIIAGRO	Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas
CLP	Camada Limite Planetária
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CPEA	Centro Paulista de Estudos Agropecuários
CPTEC/INPE	Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos/Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
CR	Camada Residual
EUA	Estados Unidos da América
FUNDUNESP	Fundação para o Desenvolvimento da Unesp
GEE	Gases de Efeito Estufa
GMAI	Grupo de Modelagem da Atmosfera e Interfaces
GPS	<i>Global Positioning System</i> (Sistema de Posicionamento Global)
HL	Hora Local
HPA	Hidrocarboneto Policíclico Aromático
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
IPMet	Instituto de Pesquisas Meteorológicas
JBN	Jatos de Baixos Níveis
LIDAR	<i>Light Detection and Ranging</i>
MCT	Ministério da Ciência e Tecnologia

MFAS	<i>Medium Array SODAR</i>
NAAQS	National Ambient Air Quality Standards
NO ₂	Dióxido de nitrogênio
O ₃	Ozônio troposférico
PM	Material particulado
PPB	Partes por bilhão
PPM	Partes por milhão
PRONAR	Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar
RMSP	Região Metropolitana de São Paulo
SFAS	<i>Small Array SODAR</i>
SO ₂	Dióxido de enxofre
SODAR	<i>Sound Detection and Ranging</i>
Unesp	Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”
Unicamp	Universidade Estadual de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
WHO	World Health Organization
XFAS	<i>Large Array SODAR</i>
ZCAS	Zona de Convergência do Atlântico Sul
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo geral	3
1.2 Objetivos específicos	3
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	5
2.1 Localização da área de estudo	20
3 MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1 Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPAs)	25
3.2 Monóxido de Carbono (CO)	28
3.3 Dióxido de Carbono (CO ₂)	28
3.4 Campanha Piloto em Ourinhos – Estudo de caso	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 Os hidrocarbonetos	33
4.1.2 Morbidez populacional	39
4.2 Imagens de CO.....	40
4.2.1 Os sistemas meteorológicos atuantes no período de monitoramento do CO	49
4.3 Medidas de CO ₂	49
4.4 Sistemas meteorológicos envolvidos	57
5 CAMPANHA DE COLETA DE DADOS – AGOSTO DE 2010.....	69
6 CONCLUSÕES	80
REFERÊNCIAS	80
ANEXOS	85

1 INTRODUÇÃO

O crescente aumento da emissão de poluentes na atmosfera tem ganhado importância na atualidade, principalmente depois do advento da Revolução Industrial, iniciada no século XVIII, marco inicial do aumento dos particulados e gases na atmosfera urbana. Esse fato, juntamente com o aumento desenfreado no crescimento das cidades, proporciona quadros de extrema vulnerabilidade para a sociedade. Além disso, tal acontecimento, combinado ao aumento da população e dos aglomerados urbanos, ocasionou a alta da demanda por produtos que sustentassem essa nova economia. Atualmente, é conhecido que tais práticas proporcionaram uma atmosfera mais poluída, por esse motivo pesquisadores do mundo todo têm dispensado atenção ao assunto.

Outros fatores podem ser associados às mudanças ambientais e à variabilidade natural dos processos da atmosfera. Fora os fatores antrópicos, têm-se aqui destacado o valor dos vulcões que adicionam grandes quantidades de material particulado e gases na atmosfera. Ainda hoje em dia se discute as evidências de que as erupções vulcânicas afetam o comportamento do clima em curtos e longos prazos e, possivelmente, no aquecimento global.

Estudos e discussões referentes aos temas de mudanças climáticas, efeito estufa, chuva ácida, ilhas de calor, entre outros, estão sendo desenvolvidos em âmbito global, na tentativa de monitorar os efeitos que esses fenômenos proporcionam para a sociedade e para o meio ambiente, independentemente da escala em que acontecem. Com base nisso, este estudo tem por finalidade fornecer subsídios para um aprofundamento do conhecimento da atmosfera urbana de Ourinhos/SP, bem como compreender a influência dos sistemas meteorológicos na dispersão e na dinâmica regional da circulação da atmosfera urbana deste município. Para tanto, foram utilizadas análises meteorológicas e químicas.

A área de estudo possui inúmeras peculiaridades e características marcadas, que devem ser inseridas no contexto desse trabalho, como, por exemplo, sua localização geográfica em área de limite entre os estados de São Paulo e Paraná e o fato de tratar-se de região de transição climática, além da existência de uma economia regional com as cidades ao seu entorno. Ao se pensar nesses pontos, bem como em outros aspectos da cidade, como a presença de corpos hídricos (rios Pardo, Turvo e Paranapanema), de plantações de eucaliptos (dentro do perímetro

urbano) e plantação e queima canavieira, essa cidade assumem uma dinâmica específica, que deve ser entendida de maneira sistêmica, integrando diferentes faces do espaço.

O objetivo deste trabalho foi evidenciar as concentrações de alguns poluentes e compostos na atmosfera urbana de Ourinhos/SP, sendo estes os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), o monóxido e o dióxido de carbono (CO e CO₂, respectivamente) e o ozônio (O₃). Além disso, buscou-se identificar os sistemas atmosféricos que atuaram no período de coleta dos dados, uma vez que se reconhece a potencialidade desses fenômenos em dissipar os particulados e compostos presentes na atmosfera. O período de coleta e análise dos dados compreendeu os anos de 2011 e 2012 (tempo de duração desta pesquisa), com exceção do ozônio, cuja análise ocorreu durante o mês de agosto de 2010, através da campanha piloto.

A comparação dos resultados e a análise da quantificação dos componentes químicos da atmosfera também foram de extrema importância dentro deste estudo, uma vez que se reconhece a potencialidade ao risco que tais compostos oferecem à morbidez populacional, além da forma como a produção espacial e as atividades antrópicas fomentam o aumento das enfermidades e a queda da qualidade de vida da população.

Nesse sentido, a cidade de Ourinhos deve ser estudada considerando-se esses aspectos, pois a compreensão dos fenômenos advindos da expansão urbana, associada à qualidade do ar atmosférico, fornece subsídios para outros estudos, além de ser possível conhecer melhor as peculiaridades da dinâmica regional climática e da poluição atmosférica existentes no município.

Na segunda parte desta pesquisa, foram abordados os dados coletados por meio de uma campanha piloto realizada na área de estudo, intitulada “O impacto das queimadas de cana-de-açúcar na qualidade do ar na região de Ourinhos/SP”, coordenada pelo pesquisador Dr. Gerhard Held, do Instituto de Pesquisas Meteorológicas (IPMet) da Unesp, campus de Bauru, contando também com o envolvimento de vários pesquisadores e universidades do estado de São Paulo¹.

Baseando-se nos dados da campanha, este trabalho traz alguns resultados obtidos por meio das medidas realizadas no período de agosto de 2010, de forma a complementar as análises químicas e meteorológicas presentes nesse trabalho, contemplando a climatologia da camada

¹ HELD, G., 2011. Processo Fundunesp: 00598/10.

limite de Ourinhos. Apesar dos períodos em questão serem diferentes, a análise se complementa no intuito de conhecer e investigar o comportamento dos poluentes e gases na atmosfera local, bem como de compreender como a dinâmica climática regional influencia na dispersão e na concentração de tais partículas.

Dessa maneira, espera-se que esta pesquisa possa fornecer base para futuros estudos, bem como caracterizar o perfil da cidade de Ourinhos dentro da dinâmica climática, associando diferentes aspectos como, por exemplo, o incremento de particulados na atmosfera e a influência na qualidade de vida da população residente.

1.1 Objetivo geral

O principal objetivo deste trabalho foi analisar as concentrações de alguns compostos e gases na atmosfera urbana de Ourinhos/SP e identificar os sistemas atmosféricos que atuaram no período de coleta dos dados.

1.2 Objetivos específicos

I. Traçar isolinhas de umidade relativa do ar e temperatura, para melhor conhecimento desses perfis dentro do município de Ourinhos;

II. Coletar amostras de tecidos (*banners*) para quantificar a ocorrência de alguns poluentes, como, por exemplo, os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, para realizar medições de CO₂ e obter dados de CO no *site* do CPTEC/INPE;

III. Comparar os dados de direção e velocidade dos ventos com o intuito de verificar se sua intensidade tratava-se de um agente dispersor potencial (no caso dos hidrocarbonetos e dióxido de carbono);

IV. Relacionar tais eventos climáticos com a vulnerabilidade social, por meio de dados fornecidos pelo *site* do DATASUS (Ministério da Saúde). Esses dados foram referentes aos casos de internação, principalmente no que remeteu aos problemas respiratórios da população residente na área de estudo;

V. Verificar a ocorrência dos sistemas meteorológicos envolvidos na circulação regional da atmosfera em período de coleta das amostras e medições, por meio do CPTEC/INPE (cartas/análises sinóticas e imagens do satélite GOES-12, banda de vapor d'água - 3);

VI. Analisar os dados obtidos e relacionar esses eventos com a quantificação dos componentes químicos e particulados encontrados;

VII. Interpretar os resultados obtidos por meio da campanha realizada em Ourinhos/SP, especialmente os do sodar e das radiossondagens.

2 REVISÃO DA LITERATURA

A Revolução Industrial culminou no aumento da industrialização. Combinada a este fato, alavancou também a elevação da demografia e dos aglomerados urbanos, ocasionando o aumento da demanda por produtos que sustentaram essa nova economia. Atualmente, é conhecido que tais fatos proporcionaram uma atmosfera mais poluída, sendo essa revolução o marco para tais condições.

Segundo Souza e Lombardo (2005):

A partir da Revolução Industrial, iniciada no século XVIII, a indústria assumiu cada vez mais sua importância em nível mundial. Esse desenvolvimento se expressou como o avanço dos níveis de desenvolvimento econômico dos países que passaram por esse processo (Europa e EUA), gerando durante muito tempo a interpretação do termo “desenvolvimento” como sinônimo de “industrialização”.

Atualmente, podemos dizer que a poluição do ambiente teve um crescimento diretamente proporcional ao crescimento das cidades; se intensificando e disseminando a partir da Revolução Industrial e chegando cada dia a números mais alarmantes.

Nesse sentido, Gomes (2006) explica que a sociedade de hoje não deve se pautar apenas pela acumulação de riqueza, mas se atrelar também em sua distribuição e utilização, culminando não para relações de dominação entre homem e natureza, mas sim de harmonia entre eles. Esse mesmo autor relaciona as novas demandas da sociedade atual com a crise socioambiental que atualmente é observada em escala global. Segundo ele,

A sociedade contemporânea ainda tenta se desvencilhar da visão antropocêntrica de mundo. Visão essa que autorizava o ser humano a dominar a natureza e dela se utilizar como se a sua existência fosse exclusivamente para satisfazer as necessidades humanas. Resultado desse paradigma e das imposições do capitalismo é a crise socioambiental presente atualmente.

A urbanização nos dias atuais tem sido facilmente evidenciada em âmbito global. Os problemas advindos do crescimento das cidades são inúmeros, sendo observados em duas esferas distintas: a de ordem ambiental e a de ordem social. Essas duas esferas são variantes de acordo com o grau de desenvolvimento das nações, bem como com o comprometimento destas com o meio ambiente. No Brasil, cerca de 80 % da população é urbana, sendo esse processo irreversível. As cidades de médio e grande porte deste país já enfrentam problemas com moradia

(favelização), saneamento básico, transporte e circulação de veículos (DANNI-OLIVEIRA, 2000).

Com o crescimento das cidades e a interação energética entre os diferentes tipos de materiais de construção e tipologias, inicia-se a formação de diferentes microclimas dentro de um mesmo espaço urbano. Segundo Andrade (2005), esse fenômeno fica evidente, demonstrando-se através da camada limite urbana, formando o mesoclima urbano (Figura 2.1). Observa-se a existência de diferentes topoclimas e microclimas.

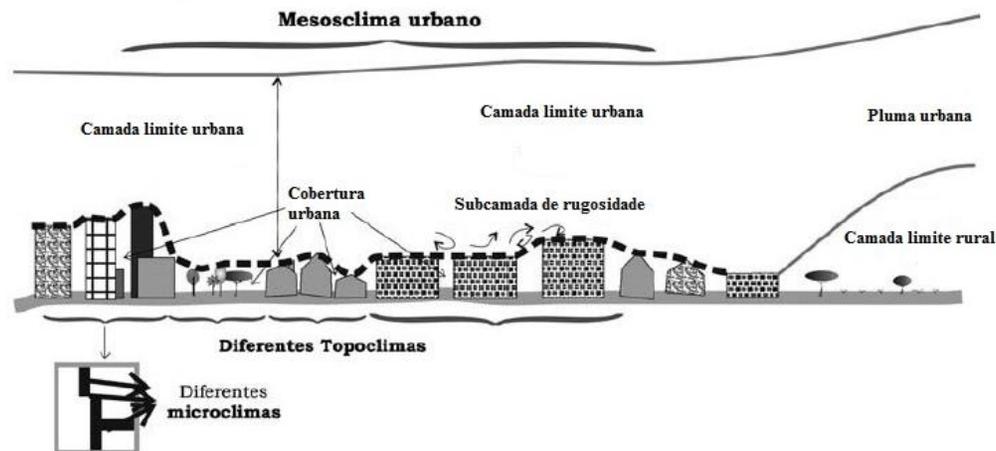


Figura 2.1. Ilustração da camada limite urbana e existência de diferentes microclimas no ambiente da cidade.

Fonte: Andrade, 2005. Modificada pela autora.

Sabe-se que o ser humano é extremamente dependente das condições atmosféricas. Pensando nisso, se reconhece que seu entendimento e suas interações ainda se estabelecem de maneira incerta, devido à variabilidade dos processos que naturalmente fazem parte do sistema climático. Essa compreensão é dificultada devido às complexas interações entre os componentes desse sistema, tais como o sol, os oceanos, o gelo, o relevo, as terras emersas, a vegetação e os seres vivos (NUNES, 2002).

A emissão excessiva de poluentes tem provocado sérios danos à saúde pública, tais como vários distúrbios respiratórios, alergias, lesões degenerativas no sistema nervoso ou em órgãos vitais e câncer. Em cidades com alto índice de poluição atmosférica, esses distúrbios podem se agravar no inverno, com a inversão térmica. A inversão térmica ocorre onde uma camada de ar frio forma uma redoma na alta atmosfera, aprisionando o ar quente e impedindo a dispersão dos poluentes (MESQUITA, 2005).

Segundo Moraes *et al.* (2006):

As emissões de gases do efeito estufa, como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), ozônio (O₃), óxido nitroso (N₂O) e clorofluorcarbonetos (CFCs) são decorrentes de mudanças no uso da terra (desflorestamento, queima de biomassa, atividades agrícolas, etc.), queima de combustíveis fósseis e processos industriais. A ação antropogênica desses gases atua como forçante radiativa, alterando o balanço de radiação, consequentemente o balanço climático.

Com o crescimento da urbanização e da taxa de gases estufa na atmosfera, proveniente da queima de combustíveis fósseis, se reconhece o potencial de risco à saúde que esses compostos oferecem à população. Dessa maneira, verificou-se a existência de vários estudos sobre a presença de tais compostos nas atmosferas urbanas (CARICCHIA *et al.*, 1999). A Figura 2.2 ilustra os problemas que a queima de combustíveis fósseis acarretam para a população, bem como para o ambiente envolvido.

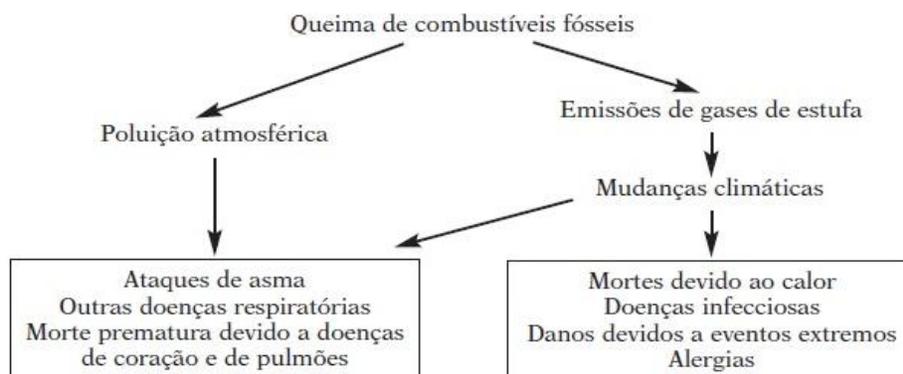


Figura 2.2. Queima de combustíveis fósseis e a morbidez populacional.

Fonte: Andrade (2005). Baseado em Epstein e Rogers (2004).

Outro aspecto a ser levantado é a questão da chuva ácida, que várias regiões do mundo enfrentam adversidades devido a este fenômeno. Segundo Marques *et al.* (2006):

A formação de chuvas ácidas é uma consequência grave que a poluição atmosférica provoca no ambiente e pode ser produzida tanto de fontes naturais (emissão de fumaça vulcânica, por exemplo) ou artificiais (emissões provenientes de indústrias ou automóveis, por exemplo). Em uma escala mundial observa-se que os estudos sobre a acidez das chuvas.

Ainda sobre a chuva ácida, Tolentino *et al.* (1999) *apud* Coelho *et al.* (2004):

As chuvas normais dissolvem o dióxido de carbono existente na atmosfera, estabelecendo um equilíbrio químico entre o gás carbônico (CO_2), a água (H_2O) e o ácido carbônico (H_2CO_3). Como o próprio nome indica, o último composto faz com que a água das chuvas seja normalmente ácida, o que é indicada pelo seu índice pH igual ou menor que 5,6. Entretanto a presença de componentes estranhos na atmosfera (principalmente óxidos de nitrogênio e de enxofre) pode ocasionar a dissolução desses compostos nas águas pluviais, que passarão a conter quantidade por vezes acentuada de ácido nítrico (HNO_3) e ácido sulfúrico (H_2SO_4). Essa presença leva o pH das águas pluviais a valores muito baixos, caracterizando-se mais um aspecto nocivo da poluição atmosférica: as chuvas ácidas.

Pensando que a chuva e os ventos agem como dispersores de poluentes e compostos presentes na atmosfera, neste estudo buscou-se relacionar a ocorrência e a concentração dos poluentes com os sistemas atmosféricos que estiveram atuantes nos períodos de coleta. Com base nisso, se reconhece a relevância da dinâmica climática, fazendo-se necessário o entendimento desse sistema no espaço.

O trabalho de Casarini *et al.* (2002), que teve por objetivo demonstrar os critérios de qualidade do solo e das águas subterrâneas do estado de São Paulo, ilustra na Figura 2.3 como os subsistemas do solo, da água e da atmosfera permanecem interligados. Uma vez que há a contaminação de um desses ambientes, os demais, em algum momento, receberão os poluentes e/ou particulados dispersos. Um exemplo disso é a emissão de particulados na atmosfera que, em contato com a precipitação, são levados para as macro e microdrenagens da cidade, conseqüentemente para o solo e para as águas.

Na Figura 2.3, é possível identificar as ligações entre os subsistemas acima citados; ainda que seja o modelo conceitual para o cálculo de risco, é possível mostrar a interdependência entre os ambientes analisados.

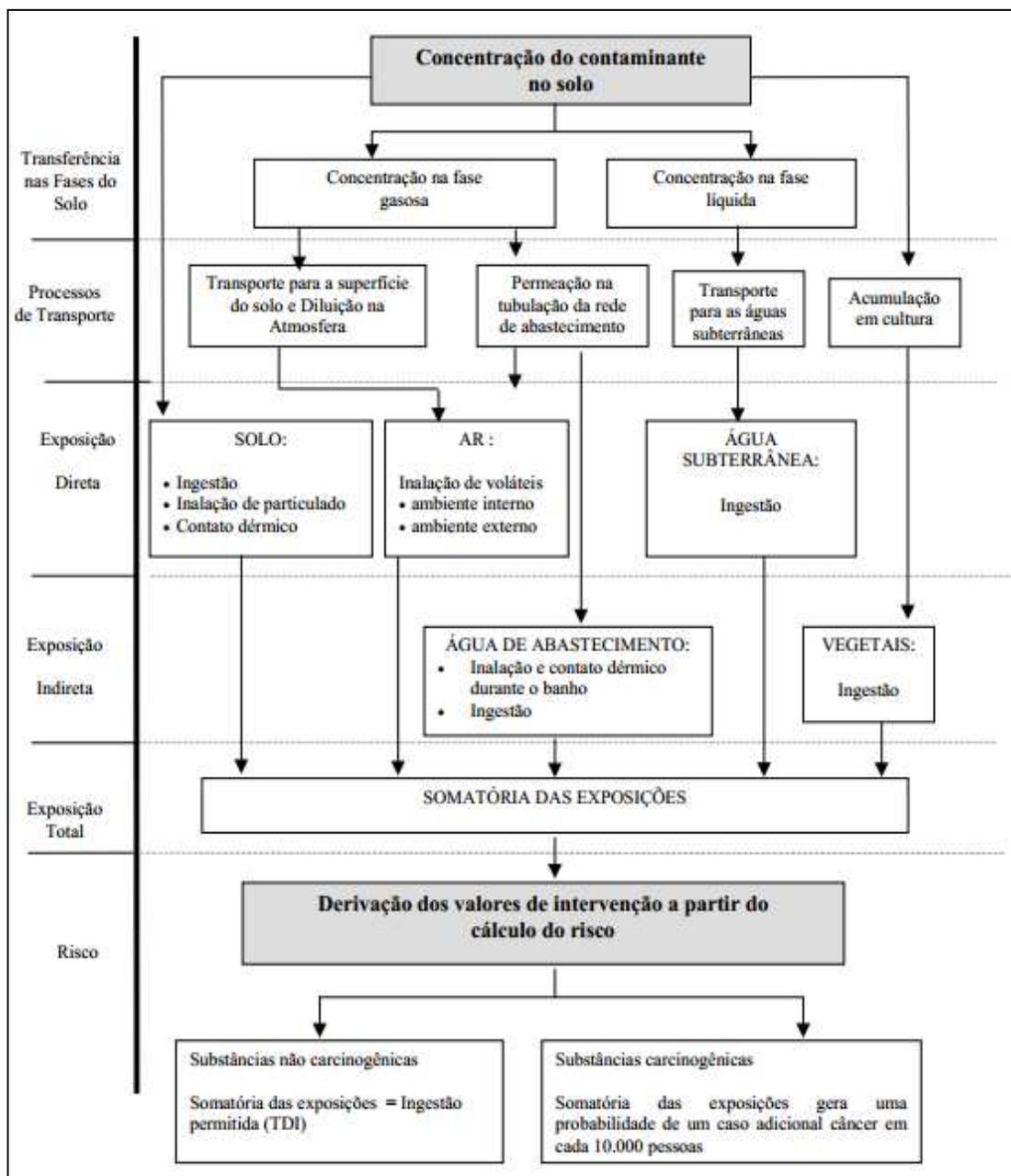


Figura 2.3. Interação entre os subsistemas do solo, do ar, da água e a exposição antrópica. Esquema conceitual utilizado pelo modelo C-Soil para o cálculo do risco.
Fonte: Casarini *et al.* (2002). Modificado de Berg (1994) pelo autor.

Com o intuito de compreender a dispersão dos poluentes, é de extrema importância entender quais são eles e como os sistemas meteorológicos podem contribuir para que a atmosfera fique mais limpa (ou menos concentrada) e, assim, proporcionar melhoria na qualidade do ar, conseqüentemente para a saúde da população residente. Além dos problemas relacionados à morbidez populacional, outros adventos devem ser ressaltados. Segundo Nunes (2003):

Destaca-se, ainda, a ocorrência de chuvas ácidas, a partir de reações químicas de alguns poluentes. Entre seus efeitos estão: a acidificação de lagos, a diminuição da visibilidade, problemas de saúde diversos e corrosão do patrimônio público e monumentos históricos. Seus efeitos podem se estender para muito além de suas áreas de origem, por causa dos sistemas atmosféricos.

Estudos sobre mudanças climáticas estão sendo discutidos pelos acadêmicos no mundo todo. Questões sobre o grau de influência do homem, tais como a responsabilidade dos países em relação à quantidade da emissão de gases do efeito estufa (especialmente o CO₂) têm o setor de transporte (Figura 2.4) como um dos principais produtores desses compostos (CARVALHO, 2011).

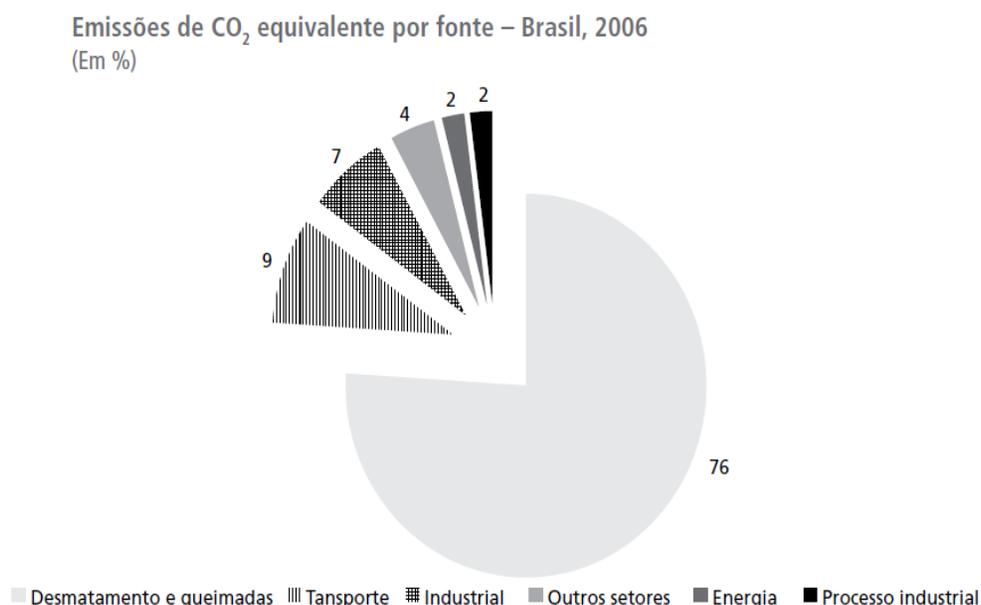


Figura 2.4. Emissões de CO₂, equivalente por fonte – Brasil, 2006.

Fonte: Inventário de emissões 2006/MCT *apud* Carvalho (2011).

Baseando-se na importância dos sistemas meteorológicos e especialmente da precipitação e do vento enquanto agentes transportadores de energia e poluentes/particulados de uma atmosfera local para outros, numerosos estudos têm ganhado vida devido à crise socioambiental que o mundo vive hoje.

Pesquisas envolvendo os poluentes e gases estufa são realizadas no planeta atualmente e no Brasil não poderia ser diferente. Costa *et al.* (2000) compararam a emissão de CO₂ na atmosfera nos períodos seco e chuvoso na região Amazônica e constataram que, no

período com menor incidência de chuva, os valores estiveram 4,7 % maiores do que no período com maior precipitação. Nesse estudo ainda foi constatado o seguinte:

Este estudo mostra que a floresta emite (à noite) e absorve (de dia) mais CO₂ no período chuvoso do que no seco. No balanço geral de CO₂ (absorção menos emissão), a floresta retira da atmosfera cerca de 7 % a mais no período chuvoso do que no seco. Esta análise indica que a floresta pode ser capaz de retirar até -3,98 ton C ha⁻¹ ano⁻¹ durante os períodos secos e -4,26 ton C ha⁻¹ ano⁻¹ nos chuvosos. Independente da sazonalidade, a floresta é um sistema filtrante de CO₂ da atmosfera. Neste enfoque, a floresta amazônica, ao ser destruída, poderá elevar as concentrações de CO₂ na atmosfera pela liberação da quantidade incorporada na matéria orgânica e também pela redução da absorção da atmosfera. Ao ser preservada poderá manter o equilíbrio e até reduzir as concentrações, retirando da atmosfera mais CO₂ do que foi por ela emitido.

Atualmente, no Brasil, têm-se mostrado diversas maneiras de monitoramento e fiscalização dos poluentes atmosféricos com a intenção de conter o seu aumento, bem como de diminuir a concentração destes. Segundo a Resolução CONAMA de número 3, de 28 de junho de 1990, ampliou-se o número de poluentes possíveis de serem monitorados/controlados, criando-se, assim, novos padrões de qualidade. Outra iniciativa importante foi a instituição do Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar, o PRONAR (Resolução CONAMA de número 5, de 15 de junho de 1989 – Anexo I).

Neste estudo, serão abordados compostos potencialmente prejudiciais à saúde da população, sendo estes os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (HPAs), o monóxido e o dióxido de carbono (CO e CO₂, respectivamente). Com base nisso, faz-se necessária breve explanação sobre tais poluentes.

Os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos (os HPAs) são compostos semivoláteis que se formam pela fusão de dois ou mais anéis benzênicos. Estes são insolúveis em água e se adsorvem com as partículas atmosféricas. Pesquisadores do mundo todo têm concentrado a atenção nestes compostos, pois alguns destes são cancerígenos, principalmente aqueles com cinco anéis benzênicos (DICHUT *et al.* 2000). Além disso, ressalta-se que os HPAs são produzidos por um processo pirolítico durante a combustão incompleta de combustíveis fósseis (SANDERSON; FARANT, 2000).

Segundo Reynold *et al.* (2002) *apud* Habermann *et al.* (2011), vários estudos foram realizados levando em consideração a densidade do tráfego de veículos e a concentração de determinados poluentes. Segundo esses autores:

A densidade de tráfego mostrou correlação positiva estatisticamente significativa com CO ($r = 0,70$), Benzeno ($r = 0,69$), 1,3 butadieno ($r = 0,57$) e em menor grau com NO_2 ($r = 0,30$). A densidade de vias mostrou correlação positiva estatisticamente significativa com CO ($r = 0,62$) e em menor grau com NO_2 ($r = 0,32$) e PM_{10} ($r = 0,31$).

Além dos hidrocarbonetos, sabe-se também que o monóxido de carbono é um gás altamente tóxico para a população. Um exemplo de quanto este fato é preocupante é a fiscalização, por órgãos brasileiros, da concentração deste gás na atmosfera. No *site* da Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), por exemplo, é possível verificar os malefícios que o monóxido de carbono acarreta para a saúde populacional. Dessa maneira, diferentes formas de contenção para a produção dessa substância estão sendo criadas. Uma dessas formas é proporcionar uma queima de combustíveis fósseis com melhor eficácia, pois durante a combustão, quanto mais completa for, menor quantidade de monóxido de carbono (CO) será liberada para a atmosfera.

Outra maneira de mitigar as consequências ocasionadas pelas emissões em grande quantidade é a questão da fiscalização e do monitoramento dos maiores produtores desse composto, com o uso da legislação e dos órgãos e instituições competentes. Segundo os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (Resolução CONAMA 03/90), apresentamos a Tabela 2.1, a seguir, que exemplifica a quantidade permitida para diferentes compostos poluidores da atmosfera.

Segundo a CETESB, os padrões primários de qualidade de ar referem-se às concentrações de poluentes que, ao serem ultrapassadas, têm grande potencial para afetar a morbidez populacional. Compreende-se também que esses são os valores máximos toleráveis de concentração de tais compostos, enquadrando-se em metas de curto e médio prazo. Ainda segundo a CETESB, os padrões secundários de qualidade do ar referem-se a um limiar seguro da concentração dos poluentes atmosféricos, isto é, de mínimos efeitos adversos para a saúde e o bem estar da população, assim como mínimos danos à fauna e à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral. Pode ser considerado um limite desejável das concentrações de poluentes atmosféricos, sendo uma meta de longo prazo.

Tabela 2.1. Padrões Nacionais de Qualidade do Ar. Resolução CONAMA nº3, de 28.06.1990. Modificada.

Poluente	Tempo de amostragem	Padrão primário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Padrão secundário ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Método de medição
Partículas totais em suspensão	24 horas ¹	240	150	Amostrador de grandes volumes
	MGA ²	80	60	
Partículas inaláveis (PM _{2,5})	24 horas ¹	150	150	Separação inercial/filtração
	MAA ³	50	50	
Fumaça	24 horas ¹	150	100	Refletância
	MAA ³	60	40	
Dióxido de enxofre	24 horas ¹	365	100	Pararosanilina
	MAA ³	80	40	
Dióxido de nitrogênio	1 hora	320	190	Quimiluminescência
	MAA ³	100	100	
Monóxido de carbono	1 hora ¹	40.000 35 ppm	40.000 35 ppm	Infravermelho não dispersivo
	8 horas ¹	10.000 9 ppm	10.000 9 ppm	
Ozônio	1 hora ¹	160	160	Quimiluminescência

¹ Não deve ser excedido mais que uma vez ao ano; ² Média geométrica anual; ³ Média aritmética anual.

Fonte: CPEA 685.

Ao se observar a Tabela 2.2, nota-se que os valores para o CO, tanto para o padrão primário quanto para o secundário, são numericamente iguais. O valor limite para o tempo de amostragem de uma hora é de 35 ppm. Para o período de amostragem de oito horas, verifica-se o valor de 9 ppm. Isso quer dizer que tanto os valores que são permitidos quanto os que garantem os mínimos prejuízos à população e ao meio ambiente são iguais, podendo apenas os valores dos padrões primários ser excedidos somente uma única vez ao ano.

Tabela 2.2. Parâmetros para episódios agudos de poluição do ar. Resolução CONAMA n.º. 3, de 28/06/1990. Modificada.

Parâmetros	Atenção	Alerta	Emergência
Partículas totais em suspensão ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 24 horas	375	625	875
Partículas inaláveis ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 24 horas	250	420	500
Fumaça ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 24 horas	250	420	500
Dióxido de enxofre ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 24 horas	800	1.600	2.100
Dióxido de nitrogênio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 1 hora	1.130	2.260	3.000
Monóxido de carbono (ppm) – 1 hora	15	30	40
Ozônio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – 1 hora	400 ¹	800	1.000

¹ O nível de atenção declarado pela CETESB com base na Legislação Estadual que é mais restritiva ($200 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Fonte: CETESB (2012). Modificado pela autora.

No que se refere aos critérios para episódios extremos de poluição do ar, verifica-se ainda, segundo a Resolução CONAMA 03/90, o monóxido de carbono com limiar de estado de “atenção” em 15 ppm, estado de “alerta” em 30 ppm e estado de “emergência” em 40 ppm. Destaca-se que esses valores são parâmetros totalizados em medidas de oito horas de tempo de amostragem (Tabela 2.3).

Tabela 2.3. Comparação entre os valores máximos permitidos pela CETESB, NAAQS e WHO.

Poluente	Tempo de amostragem	CETESB	NAAQS	WHO
CO (monóxido de carbono)	1 hora	35 ppm	35 ppm	26 ppm
NO ₂ (dióxido de nitrogênio)	8 horas	9 ppm	9 ppm	8.7 ppm
	1 hora	320 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-	200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM ₁₀ (material particulado)	Anual	100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	53 ppb	40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 horas	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
PM _{2,5} (material particulado)	Anual	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
	24 horas	-	65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
O ₃ (ozônio troposférico)	Anual	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	-
	1 hora	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	120 ppb	-
SO ₂ (dióxido de enxofre)	8 horas	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	80 ppb	120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	24 horas	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	140 ppb	125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Anual	80 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	30 ppb	50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

- Valores não determinados; ppm: partes por milhão; ppb: partes por bilhão.

Fonte: Han e Naehner (2006) e CETESB (2005) apud Pedrosa (2007).

Estudos de diferentes partes do mundo e áreas de conhecimento têm se posicionado para a contenção da emissão dos poluentes atmosféricos. Com base nisso e na crescente preocupação com a manutenção da saúde e do bem estar da população, vários órgãos têm surgido. Pedroso (2007), em seu estudo, reuniu diferentes órgãos responsáveis pela criação de normas e índices de qualidade do ar, incluindo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (CETESB), a *National Ambient Air Quality Standards* (NAAQS) e a *World Health Organization* (WHO) (vide Tabela 2.3). Nota-se ainda que os valores entre as instituições comparadas variam de acordo com o poluente analisado, como, por exemplo, o material particulado PM₁₀, no qual houve variação dos valores nos três órgãos verificados.

Outro autor que reflete sobre os poluentes atmosféricos é Peres (2005), que relaciona a presença do CO e sua dispersão:

Ressalta-se ainda que as concentrações, não só do CO, mas de todos os poluentes do ar, dependem necessariamente do grau e das condições de emissão, tais como as condições meteorológicas que podem tanto contribuir para a dispersão (vento) quanto aumentar a concentração (inversão térmica) dos poluentes. Desse modo, as concentrações dos poluentes do ar variam em uma ampla faixa em cada ambiente ou local.

Numerosos estudos se focam na questão da contaminação do ar por monóxido de carbono. Tal advento ganha importância devido à toxicidade que este composto detém, conseqüentemente afetando a morbidez populacional. Entre as características do CO, Kaimen-Maciel *et al.* (2010) afirmam que esse composto deve ser monitorado com cautela, uma vez que é incolor e inodoro, produzido pela combustão incompleta. Os autores complementam ainda que

A molécula de CO liga-se de modo reversível à hemoglobina, com afinidade cerca de 240 vezes maior que com o oxigênio, assim reduzindo a capacidade total de carrear O₂ pela hemoglobina, desviando a curva de dissociação da mesma para a esquerda, com prejuízo da oxigenação tecidual e hipóxia celular.

Já para o CO₂, a principal preocupação com o aumento do composto está atrelada ao fato de tratar-se de um gás do efeito estufa (GEE) e quanto aos efeitos que o aumento desse composto traria para a população. Santos e Pinto (2004) explicam sobre o dióxido de carbono:

Os sistemas rodoviários são uma das principais fontes emissoras de poluentes, devido à combustão — que nos motores ocorre de forma incompleta, gerando com isso gases, líquidos e partículas sólidas que se acumulam na atmosfera, sendo o dióxido de carbono (CO₂) o principal gás emitido no processo de combustão interna dos veículos. O

acelerado aumento das concentrações de Gases de Efeito Estufa (GEE), sobretudo de CO₂, que é um dos principais GEE, tem como uma de suas maiores consequências o aumento da temperatura média do planeta, o chamado aquecimento global, fenômeno que poderá provocar grandes prejuízos ambientais.

O Inventário Brasileiro de Emissões e Remoções Antrópicas de Gases de Efeito Estufa - Relatórios de Referência (2010), organizado pelo Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT), traz dados de emissões de CO₂ por queima de combustíveis fósseis no Brasil, por setor. Nesse documento foi relatado que o subsetor de transporte participou em 44,5 % nas emissões desse composto em 2005, sendo seguido pelo subsetor industrial (com aproximadamente 25,2 %). Este último subsetor teve crescimento de 105,3 %, assim como aumento do consumo energético (81,3 %). No subsetor de transportes, aproximadamente 92,0 % das emissões estiveram atreladas ao sistema rodoviário. Esses dados referem-se ao período que compreende os anos entre 1990 e 2005.

Outro aspecto relevante neste estudo é o de que também foram abordados os casos de ocorrência de Jatos de Baixos Níveis (JBN), resultado de análises realizadas por meio dos dados da campanha realizada em Ourinhos/SP. A coleta de dados ocorreu no mês de agosto de 2010, ressaltando-se o seu caráter multidisciplinar. Entre os profissionais envolvidos destacam-se alunos, professores e pesquisadores de diferentes áreas como, por exemplo, geógrafos/meteorologistas (Unesp – Ourinhos), químicos (USP, Unesp e Unicamp) e meteorologistas/técnicos na área (Unesp – IPMet, campus de Bauru). Alguns momentos dos trabalhos foram registrados, como é possível se observar na Figura 2.5.

Ao se verificar a Figura 2.4 é possível notar a presença de vários instrumentos. No quadro A da mesma figura, tem-se o Lidar em funcionamento; nos quadros B e C, alguns aparelhos utilizados nas análises químicas e na coleta dos particulados; no quadro D tem-se o uma parte do sodar e, no E e no F, a radiossonda unicamente e depois junto ao balão. E em seguida, será realizada uma breve explicação sobre o funcionamento de alguns desses instrumentos.

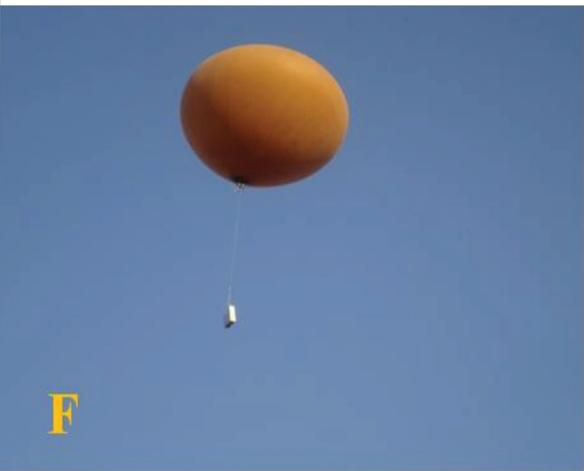


Figura 2.5. Campanha realizada em Ourinhos/SP, em agosto de 2010.
Fonte: Laboratório de Climatologia da Unesp, campus de Ourinhos.

Segundo Maciel (2011), entende-se o lidar como:

A tecnologia LIDAR (*Light Detection and Ranging*), pertencente à área de sensoriamento remoto, tem por finalidade a medição de uma superfície através da luz, com base na emissão de pulsos laser. A medição é obtida pelo tempo de emissão do pulso laser até o alvo e o tempo de retorno do mesmo até o sistema. Através da velocidade da luz, o tempo armazenado é convertido em distância e, quando associado às informações de posicionamento (GPS/Inercial), obtêm-se as coordenadas 3D. A tecnologia LIDAR pode ser empregada em plataformas do tipo móvel ou fixa, de acordo com a finalidade do mapeamento.

Nessa campanha, realizada em Ourinhos, o tipo de lidar utilizado foi o fixo, o qual foi instalado numa plataforma fixa, com a finalidade de captar a camada de particulados junto à superfície.

Segundo Andrade *et al.* (2004) *apud* Silva e Lyra (2009):

Outro instrumento de medidas comumente utilizado em estudos da Camada Limite é o “*Sound Detection and Ranging*” (SODAR), o qual é uma sonda remota que processa o eco de um pulso acústico direcionado da superfície para a atmosfera. A mudança na frequência do eco varia de acordo com a velocidade do vento (efeito *doppler*), enquanto a intensidade do eco varia de acordo com a intensidade e a estrutura térmica da turbulência atmosférica (ANDRADE *et al.* 2004). O pulso acústico emitido pela antena emissora do SODAR é reemitido para a antena receptora através de espalhamento (caso seja um aparelho bi-estático, senão ele apresenta apenas uma antena, emissora/receptora). Esses elementos espalhados são não-homogeneizados no campo de temperatura e transportados pelo escoamento médio. As não-homogeneidades são associadas às térmicas (formadas pelo aquecimento da superfície) ou formadas por gradientes de temperatura, como ocorre em casos de inversão térmica. Dessa forma, o SODAR é capaz de identificar a altura da camada limite durante o dia e a altura da Camada Residual (CR) no período noturno.

No caso desta pesquisa, que utilizou os dados do SODAR, a finalidade do aparelho foi identificar a ocorrência dos Jatos de Baixos Níveis (JBN) durante o período da campanha. Com base nos dados obtidos, o presente estudo se limitou a identificar a ocorrência dos JBN de modo a compreender a dinâmica climática do local, atendo-se a essa discussão em um segundo momento dos resultados.

Pensando na existência dos JBN, outros instrumentos utilizados na campanha foram as radiossondas, nos dias 09/08/2010 (16h28min), 25/08/2010 (16h40min) e 29/08/2010 (16h51min), que chegaram de 24 a 28 km de altura. É importante salientar que esses instrumentos possuem sensores de temperatura, umidade relativa do ar, pressão e vento. Balões atmosféricos

foram utilizados para a coleta de dados com a radiossonda. Com o intuito de identificar os JBN, esta pesquisa limitou-se aos dados do SODAR e das radiossondas.

Para Held *et al.* (2012), outro aspecto importante dos JBN “é a ocorrência de máximos no perfil vertical do vento horizontal, na baixa troposfera, que pode ocorrer em condições sinóticas favoráveis e em qualquer parte do planeta, sendo mais comumente em fenômenos noturnos”. Já para Wu e Raman (1997) *apud* Souza *et al.* (2006), a formação dos JBN está associada a diferentes características da atmosfera, principalmente na aceleração do escoamento, entre as quais se enumeram: “(a) oscilação inercial; (b) canalização topográfica; (c) bloqueio topográfico; (d) efeito baroclínico causado por contrastes térmicos na superfície; (e) forçante de escala sinótica”. Ainda segundo esses autores, há estudos numéricos que indicam que a heterogeneidade da superfície é uma das principais forçantes para a formação dos jatos.

Para os JBN que ocorrem no estado de São Paulo, Held *et al.* (2011) mostram que estes sistemas são tipicamente noturnos e estão associados à camada limite planetária e a sua dinâmica. Ainda segundo esses autores:

Até recentemente, medidas contínuas dos perfis verticais do vento não estavam disponíveis para estudar a frequência e estrutura dos Jatos de Baixos Níveis no estado de São Paulo. Mas Karam (2002) estudou-os em Iperó, município próximo a Sorocaba, usando medidas com balão cativo e caracterizando-os por possuírem velocidade $\geq 12,5$ m/s no sentido do setor SE-SW e altura de 200 a 600 metros, podendo variar, dependendo do tipo de estudo.

Segundo Karam (2002), o vento da camada dos JBN difere da dinâmica ocasionada em superfície, na qual o resfriamento radiativo acarreta o surgimento de uma inversão térmica, desenvolvendo uma camada limite planetária (CLP) estratificada na qual, em uma noite com ocorrência de jatos (localizados acima da CLP), acontece presença de ventos fracos em superfície.

2.1 Localização da área de estudo

A cidade de Ourinhos compreende área de 296 km² (IBGE, 2008) e localiza-se ao sudoeste do estado de São Paulo (Figura 2.6), na divisa com o norte do estado do Paraná. Limita-se ao norte com o município de São Pedro do Turvo; ao sul com o município de Jacarezinho (PR); a leste com Canitar; a oeste com Salto Grande; a nordeste com Santa Cruz do Rio Pardo; a noroeste com Salto Grande; a sudeste com Chavantes e a sudoeste com Cambará, de acordo com dados disponíveis no *site* da Prefeitura Municipal de Ourinhos (2010).

Ourinhos está localizada em área de transição entre as regiões do Brasil (MONTEIRO, 1973). Isto quer dizer que a cidade encontra-se entre as regiões Sudeste e Sul, as quais possuem climas diferentes entre si, o tropical e subtropical, respectivamente. Pensando nisso, e assim classificá-la, equivale a dizer que esse município interage de diferentes modos com as questões da mobilidade e da área de influência em sua localidade. Segundo Silveira *et al.* (2011):

Próxima às margens do rio Paranapanema, no limite natural com o Paraná, a região de Ourinhos/SP interage socioespacialmente com os municípios do norte desse estado. Em sentido transversal (leste-oeste), é meio caminho para quem segue para a raia divisória do território paulista com os estados do Paraná e do Mato Grosso do Sul e é quase passagem e parada obrigatória dos que circulam entre essa fração do território nacional rumo à macrometrópole ou vice-versa. É, também, um ponto de apoio para aqueles que seguem do Norte e Centro-Oeste para o Sul do país, passando pelo Sudeste num movimento longitudinal. Esses dois principais eixos de circulação se cruzam em Ourinhos/SP.

Em relação à importância de Ourinhos/SP e seu desenvolvimento econômico Oliveira Filho (2009) explica que:

A expansão da Estrada de Ferro Sorocabana para o Oeste do Estado, passa a permitir o surgimento de novas cidades no interior paulista. Com o município de Ourinhos/SP, que se localiza na região do Médio Paranapanema não foi diferente. Ourinhos/SP têm destaque regional no setor de comércio e de serviços, estes nascem no mesmo momento que a estrada de ferro passa pelo município, conseqüentemente, surgem com características intra-regionais, por localizarem-se em um ponto estratégico de parada dos viajantes. Mas o setor de serviços e comércio continua se desenvolvendo, já que Ourinhos/SP torna-se um importante entroncamento logístico (nó rodoviário e ponto de ligação ferroviária do Estado de São Paulo com o Paraná). Mas sua importância regional se dá também pelo setor agrário e industrial que são postos de atração de investimentos e de população regional em busca de trabalho.

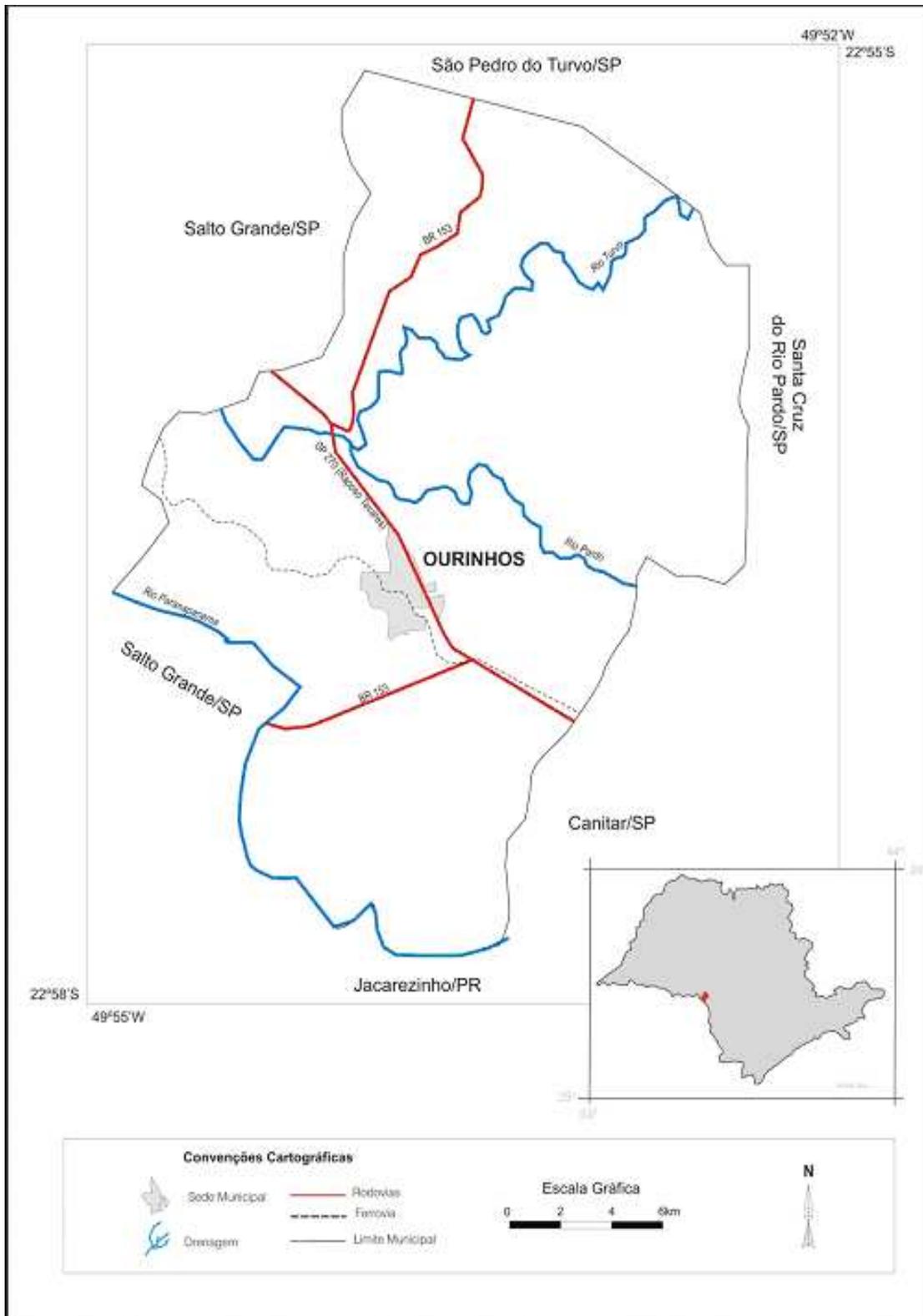


Figura 2.6. Localização de Ourinhos/SP.
Fonte: Zacharias, 2006.

Por sua localização, Ourinhos atrai a população residente nos municípios vizinhos, que se deslocam de seus locais de moradia (Chavantes, Salto Grande, Ipaussu, Santa Cruz do Rio Pardo, por exemplo) para trabalhar ou para utilizar os serviços que a cidade oferece. As cidades que ficam no entorno de Ourinhos são menores que esta, na qual desempenha funções que atraem os moradores das cidades vizinhas como, por exemplo, para trabalhar ou até mesmo a necessidade de usar os serviços médicos.

A área de estudo possui uma série de diferenciações espaciais, o que proporciona diferentes microclimas, principalmente no contorno urbano da cidade. As Figuras 2.7 e 2.8 ilustram algumas localidades que possuem características diferenciadas, como, por exemplo, o bairro jardim Ouro Verde, com elevada arborização, o Centro, com nenhum tipo de vegetação e, por último, o parque Minas Gerais, na periferia de Ourinhos.

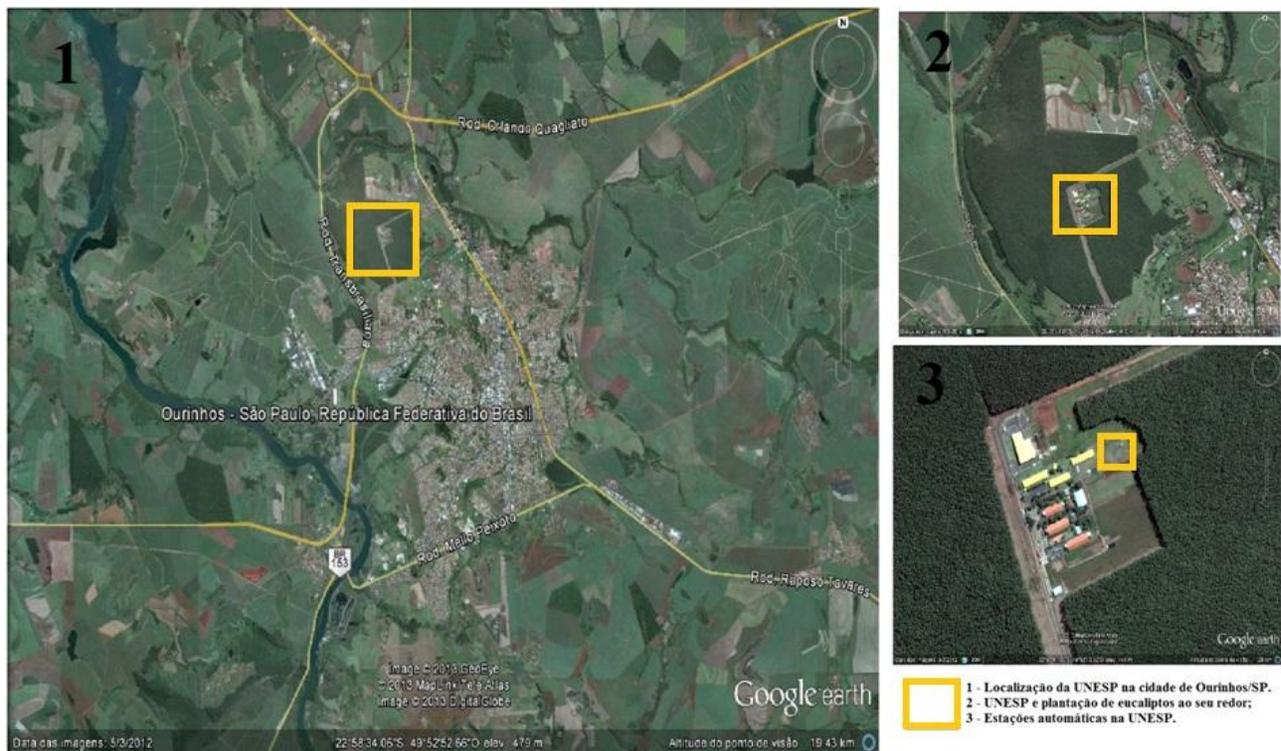


Figura 2.7. Imagem de satélite de Ourinhos, com destaque para a localização da Unesp.

Fonte: Google Earth, 2013.

Pode-se observar que o Jardim Ouro Verde e o Parque Minas Gerais apresentam maior arborização ao se comparar com as duas outras áreas, principalmente o centro do município. A presença de prédios e de pavimentação é marcante nessas duas últimas áreas,

acarretando desconforto para a população que transita por elas. Também já se observa engarrafamento devido à circulação de veículos, que é intensa, principalmente nos horários em que as pessoas frequentam mais a parte central da cidade.



Figura 2.8. Diferentes tipos de uso da terra em Ourinhos/SP.

Fonte: a autora.

A área de estudo se situa em uma faixa de transição entre os climas subtropical e tropical, onde predominam dois períodos climáticos bem marcados: úmido (verão) e seco (inverno). A região tropical é uma área influenciada diretamente por diversos sistemas meteorológicos, que atuam em diferentes escalas espaciais e conseqüentemente podem levar a precipitação (BARROS; OYAMA, 2010). Com base nisso, o que se pode evidenciar é que a cidade de Ourinhos está inserida dentro de uma área de transição entre as regiões climáticas caracterizadas pelo clima tropical, que é observada no estado de São Paulo e subtropical, verificada no estado do Paraná.

O mapa de síntese confeccionado por Monteiro (1973) propõe uma tipologia climática para o estado de São Paulo. Na opinião de Martinelli (2010), “sua lucubração teve por base a dinâmica atmosférica vista através dos mecanismos de circulação ao nível continental, o que lhe permitiu avaliar sua participação genética no âmbito do território paulista”. Ainda segundo o autor (2010), sobre o mapa síntese de Monteiro:

Para o autor, são os mecanismos da circulação atmosférica regional que vão indicar o primeiro nível de classificação climática em São Paulo. Este traçaria um limite zonal por conta da coparticipação das características do sul brasileiro (dotado de acentuada amplitude térmica, da incidência de sistemas meteorológicos contrastantes e farta pluviosidade no ano todo), do centro-oeste e do sudeste, onde se define um período seco.

Dessa maneira, espera-se aqui, neste capítulo, refenciar que a área de estudo encontra-se não somente em uma área de transição entre os tipos climáticos tropical e subtropical, mas também relata-se que a cidade de Ourinhos tem uma importância de polarização entre as cidades vizinhas e seu entorno. Além disso, é possível inferir que a área de estudo representa um ponto de passagem entre as regiões do Brasil, desempenhando papel de concentração de serviços.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa foi dividida em quatro partes para melhor discussão dos resultados, sendo os compostos químicos e gases analisados inicialmente divididos em hidrocarbonetos, monóxido e dióxido de carbono. Posteriormente, apresenta-se a explanação sobre a campanha realizada em Ourinhos, em 2010. Dessa maneira, para a compreensão da metodologia, optou-se pela mesma forma de divisão, iniciando-se com a análise sucessiva dos hidrocarbonetos, monóxido e dióxido de carbono, discutindo, por último, a campanha.

3.1 Hidrocarbonetos Policíclicos Aromáticos (HPA)

Inicialmente, foram selecionados os pontos de coleta, atentando para as características de cada local, como, por exemplo, urbanização, proximidade de rodovias e ausência/presença de arborização. Depois disso, foram instalados os *banners* de tecidos em locais onde ficassem em exposição aos particulados e em contato com a precipitação. O local selecionado para a coleta foi um bairro próximo à Unesp (Figura 3.1).

Os *banners* mediam em torno de 80 cm por 80 cm e eram feitos de tecido denominado morim, constituído por fibras 100,0 % algodão (Figura 3.2). Ressalta-se que foram enviadas ao laboratório quatro amostras de tecido, sendo uma amostra não exposta para comparação e outras três amostras expostas aos particulados e à chuva.

Após o período de coleta (maio, junho e julho do ano de 2011), esses tecidos foram enviados ao laboratório de Química Ambiental da USP de São Carlos para a realização da análise química, pautada de acordo com os Valores Orientadores para Solos e Águas Subterrâneas do Estado de São Paulo, de 23 de novembro de 2005, da Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental (CETESB). Ainda de acordo com esse laboratório, a metodologia utilizada foi o Método 550.1 – *Determination of Polynuclear Aromatic Hydrocarbons in Drinking Water by Liquid – Solid Extration and HPLC with coupled Ultraviolet and Fluorescence Detection*.

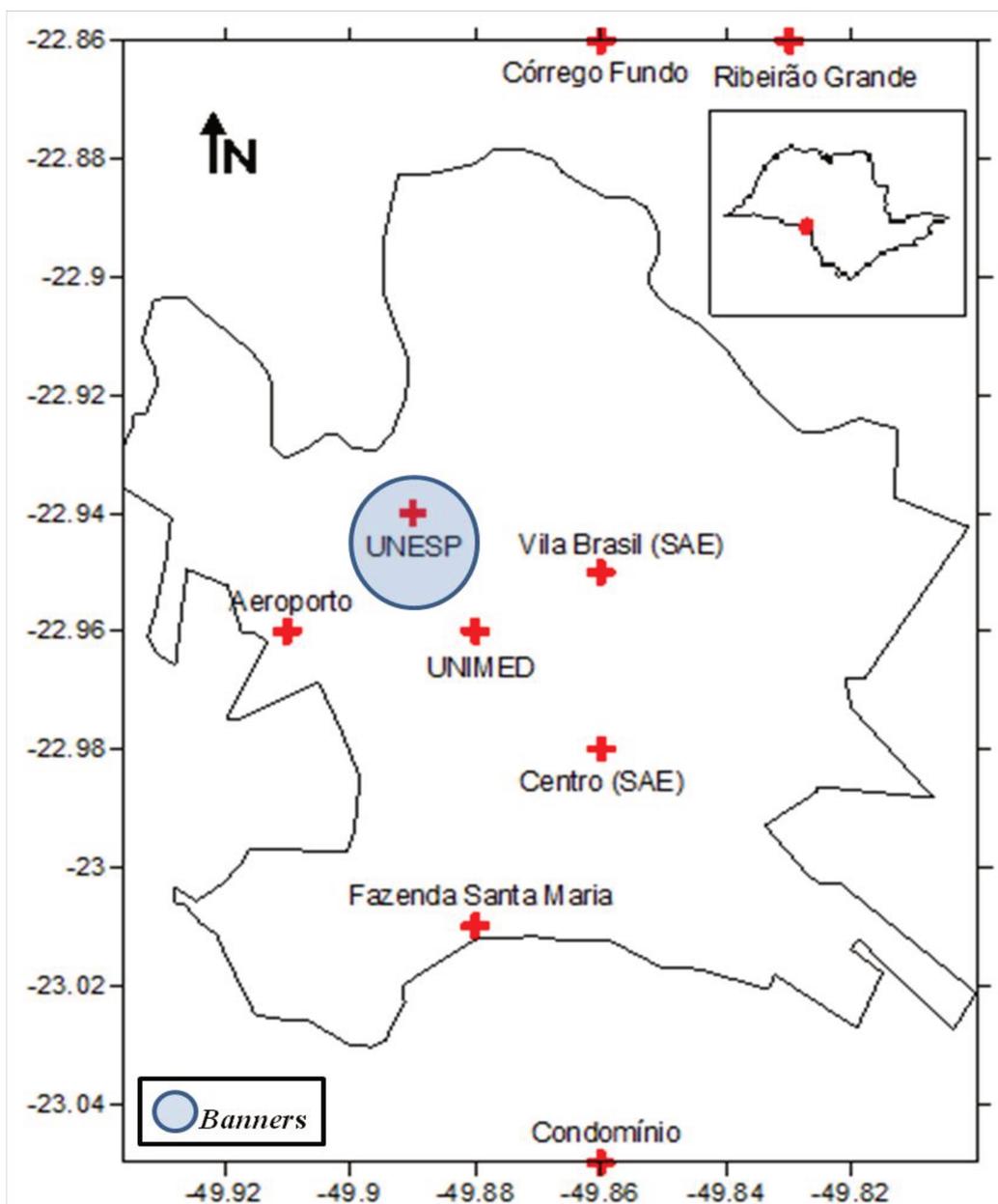


Figura 3.1. Estações automáticas da Unesp, campus de Ourinhos e a localização dos *banners*.
Fonte: Lima e Souza, 2011.

Foram realizados, também, com o *Software Surfer 8.0*, as isolinhas de temperatura e precipitação para o período no qual foram realizadas as coletas nos *banners*. Outros dados utilizados na comparação da concentração desse poluente são provenientes das estações meteorológicas da Unesp (campus de Ourinhos), para os quais foram calculadas as médias mensais para a direção e a velocidade dos ventos, para cada estação (apresentados em tabelas na discussão dos resultados).

Por último, de modo a complementar as análises para o período (maio, junho e julho de 2011), também foram levantados os dados de morbidez populacional no *site* do DATASUS, sob a responsabilidade do Ministério da Saúde. Essas informações incluem dados de internações por doenças do aparelho respiratório, por município. Para finalizar, esses dados foram relacionados com a precipitação e a concentração de poluentes nos períodos analisados.



Figura 3.2. Instalação dos *banners* de tecido.
Fonte: a autora.

3.2 Monóxido de Carbono (CO)

Para o monóxido de carbono, foi feita análise de acordo com as imagens de CO, do Grupo de Modelagem da Atmosfera e Interfaces (GMAI), do CPTEC/INPE. O modelo utilizado é o *Coupled Aerosol and Tracer Transport model to the Brazilian developments on the Regional Atmospheric Modelling System* (CCATT-BRAMS), sendo que as imagens são da região Sudeste, que engloba a área de estudo, com o nível vertical de 40 m. O horário escolhido para a análise foi às 12h00min e a quantidade de monóxido de carbono é dada em partes por bilhão (ppb), mas para facilitar a análise esses dados foram transformados em partes por milhão (ppm).

A mudança de ppb para ppm foi realizada com a finalidade de facilitar a comparação entre as concentrações de CO e CO₂, as quais estavam com unidades diferentes. Com essa modificação, fica mais simples a comparação entre as toxidades entre esses gases, ou seja, enquanto os valores permitidos de CO₂ são mais elevados, os de CO são bem menores, o que indica a diferença do grau de toxidade, conseqüentemente dos malefícios que tais gases podem causar para a saúde da população.

As imagens utilizadas, modelo CCATT-BRAMS, foram armazenadas e escolhidas posteriormente, com o intuito de demonstrar casos de maiores concentrações de CO. Para essa seleção foi necessária acuidade visual e os critérios foram o tamanho e a intensidade das áreas de concentração do poluente. As comparações ocorreram sempre entre a área de estudo e a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP), nos períodos de inverno (frio e seco) e de verão (quente e chuvoso). Em um último momento, identificou-se quais foram os sistemas meteorológicos envolvidos na dinâmica climática, no período escolhido.

3.3 Dióxido de Carbono (CO₂)

O local selecionado para a coleta dos dados foi a área central da cidade de Ourinhos. No centro existe uma concentração de atividades financeiras, bem como tráfego de pessoas e veículos. Dessa maneira, espera-se que os valores reflitam as condições que a atmosfera apresentava no período de amostragem. É importante ressaltar que as medidas ocorreram das 10h00min às 16h00min, devido às limitações instrumentais e o período selecionado para

comparação dos resultados correspondeu aos meses de verão – dezembro (2011), janeiro (2012) e fevereiro (2012) e inverno (julho, julho e agosto de 2012).

O CO₂ foi medido por meio do analisador de dióxido de carbono modelo C-02, da Instrutherm (Figura 3.3). Suas especificações para a concentração de CO₂ variam de 0 a 6.000 ppm, com precisão de $\pm 3\%$ de leitura, ou ± 50 ppm.



Figura 3.3. Analisador de CO₂, modelo C-02 – Instrutherm.

A calibração do instrumento foi realizada no Instituto de Química da Unicamp, com auxílio de um técnico e de alunos do curso de Química. Para tal procedimento, o aparelho foi isolado dentro de um ambiente sem contato com a atmosfera externa, no qual foi sendo inserido nitrogênio paulatinamente. Teoricamente, depois disso, os valores teriam que ser obrigatoriamente zero. Ao se realizar a experiência, o aparelho funcionou de acordo com o esperado.

Depois disso, o instrumento foi calibrado segundo as normas do fabricante e testado novamente. Cabe aqui dizer que as calibrações foram realizadas em dois analisadores e que estes estiveram entre os valores estabelecidos para as medidas realizadas posteriormente à calibração (teste), respeitando o intervalo de desvio padrão explicitado pelo fabricante.

É importante salientar que foram usados somente os dados de CO₂ provenientes do analisador, pois para os demais parâmetros (temperatura e umidade relativa do ar), foram utilizados os das estações meteorológicas da Unesp (Ourinhos).

Dando continuidade à outra fase deste estudo, após a coleta dos dados, estes foram relacionados com a precipitação pluvial ocorrida no mesmo período. Para tanto, foram utilizados materiais de autoria do CPTEC/INPE, INMET, CIIAGRO, AGRITEMPO e dados das estações meteorológicas da Unesp – Ourinhos (Figura 3.4).

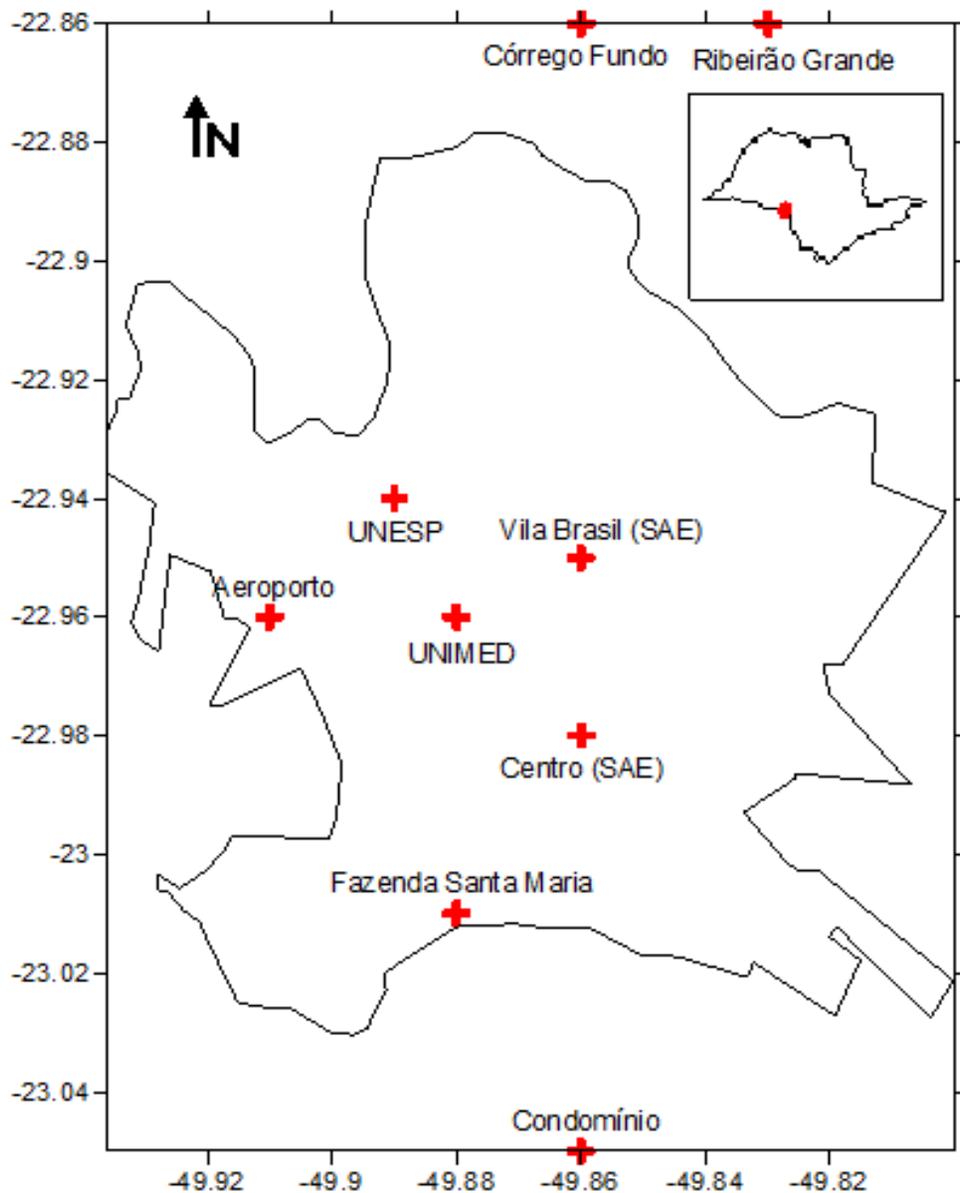


Figura 3.4. Estações automáticas da Unesp, campus de Ourinhos.

Fonte: Lima e Souza, 2011.

3.4 Campanha Piloto em Ourinhos – Estudo de caso

Com a intenção de complementar as análises da área de estudo, também foi realizada uma campanha, que uniu pesquisadores de diferentes áreas para a coleta de dados em Ourinhos. Tal campanha piloto ocorreu em duas áreas distintas, segundo o Relatório Científico Final - Processo FUNDUNESP 00598/10:

- 1. Monitoramento da qualidade do ar:** identificação de diferentes tipos de aerossóis presentes no ar que podem atuar na degradação da qualidade do ar atmosférico, enfatizando as espécies gasosas (NO_2 , SO_2 , O_3 , aldeídos) e o material particulado atmosférico. Este último foi avaliado tanto sob o aspecto da distribuição de tamanho quanto da composição de espécies solúveis e carbono elementar. O entendimento sobre a composição química do aerossol atmosférico e a distribuição de tamanho permitiu a identificação das fontes principais que contribuem à massa de aerossol total, possibilitando identificar fontes de emissões potenciais. Informações como essas são utilizadas para a caracterização da fonte do material particulado, bem como para inferir sobre a participação da queima de cana e de outras emissões como fonte desse material.
- 2. Coleta de dados da atmosfera local:** ocorreu por meio de instrumentos como o SODAR *Scintec MFAS*, que gerou perfis verticais do vento (u , v , w) de 30 metros até 500-800 metros acima do solo, a cada 30 minutos e em intervalos de 10 minutos; o Lidar de retroespalhamento com canal *Raman – Raymetrics*; radares de Bauru e Presidente Prudente; produtos do modelo Meso – Eta; radiossondas (09/08/2010 – 16:28 HL; 25/08/2010 – 16:40 HL; 29/08/2010 – 16:51 HL; chegando até 24 – 28 km de altura) e balões cativos (23/08/2010 – 18:01 HL; 23/08/2010 – 19:10 HL; chegando até 100 m acima do solo).

Com base nisso, é possível inferir que o objetivo deste projeto consistiu na caracterização da qualidade do ar, da circulação atmosférica local e do impacto da queima canavieira em Ourinhos, no mês de agosto de 2010. O projeto envolveu a Universidade Estadual

Júlio de Mesquita Filho (Unesp), a Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e a Universidade de São Paulo (USP).

Neste trabalho, os dados analisados com maior detalhamento são os provenientes do SODAR (*Scintec*) e da radiossondagem. Depois de coletados os dados do SODAR, gráficos foram construídos por meio do *software APRun 1.35*. Este programa é a nova geração da *Scintec's Sodar Operation Software*, sendo ele a ferramenta para configurar, operar e controlar a medição com todos os tipos de sodares *Scintec* (SFAS, MFAS e XFAS). As imagens geradas consistiram nos perfis verticais, realizados de meia em meia hora para o período de ocorrência do fenômeno atmosférico selecionado (Jatos de Baixos Níveis). Outros gráficos realizados foram os de direção (em graus) e de velocidade dos ventos (em m/s).

Na última fase da pesquisa, as imagens do SODAR foram comparadas aos perfis resultantes das radiossondagens. Combinado a isso, buscou-se verificar quais sistemas meteorológicos estavam atuando no período de coleta. Foi observada a ocorrência de numerosos JBN durante a campanha (mês de agosto de 2010), porém, para este estudo, foi selecionado apenas um caso, sendo este o jato que se iniciou em 9 de agosto, finalizando-se na manhã do dia 10 de agosto.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Os hidrocarbonetos

A área de estudo tem entre suas características climáticas a existência de duas estações distintas: o verão quente e chuvoso e o inverno frio e seco. Outro fato que é reconhecido também é que a chuva, após as interações do vapor de água com os particulados, desempenha a função de limpeza da atmosfera e, com a ocorrência da precipitação, os particulados e poluentes são levados às macro e microdrenagens da cidade.

Com base nisso, ao se observar os resultados obtidos nas análises químicas dos HPAs, é possível inferir que a baixa ocorrência de chuva não proporcionou uma grande elevação das concentrações destes compostos. Ainda que se observe que houve a incidência deles, esses valores não atingiram o valor máximo permitido pela CETESB (Tabela 4.1).

Tabela 4.1. Incidência dos HPAs nas amostras do período maio-julho (2011).

Compostos¹	Mai	Jun	Jul	Tecido em branco
Acenaftileno	0,23	-----	0,31	ND ²
Benzo (a) antraceno	0,27	-----	-----	ND
Fluoranteno	0,38	-----	-----	ND
Benzo(k) fluoranteno	----- ³	0,75	0,25	ND
Benzo(b) fluoranteno	-----	0,21	0,54	ND
Benzo (g, h, i) perileno	-----	-	0,13	ND

1. Unidade de medida: mg kg⁻¹.

2. ND: Não detectado.

3. -----Sem ocorrência.

De acordo com os dados do CIAGRO (2012), ao se analisar o período de coleta dos dados, verificou-se que não houve distribuição das chuvas, principalmente no mês de maio. Apenas nos meses de junho e julho foi possível observar a concentração de precipitação em algumas semanas, o que não descaracterizou o inverno seco da área de estudo (Figura 4.1).

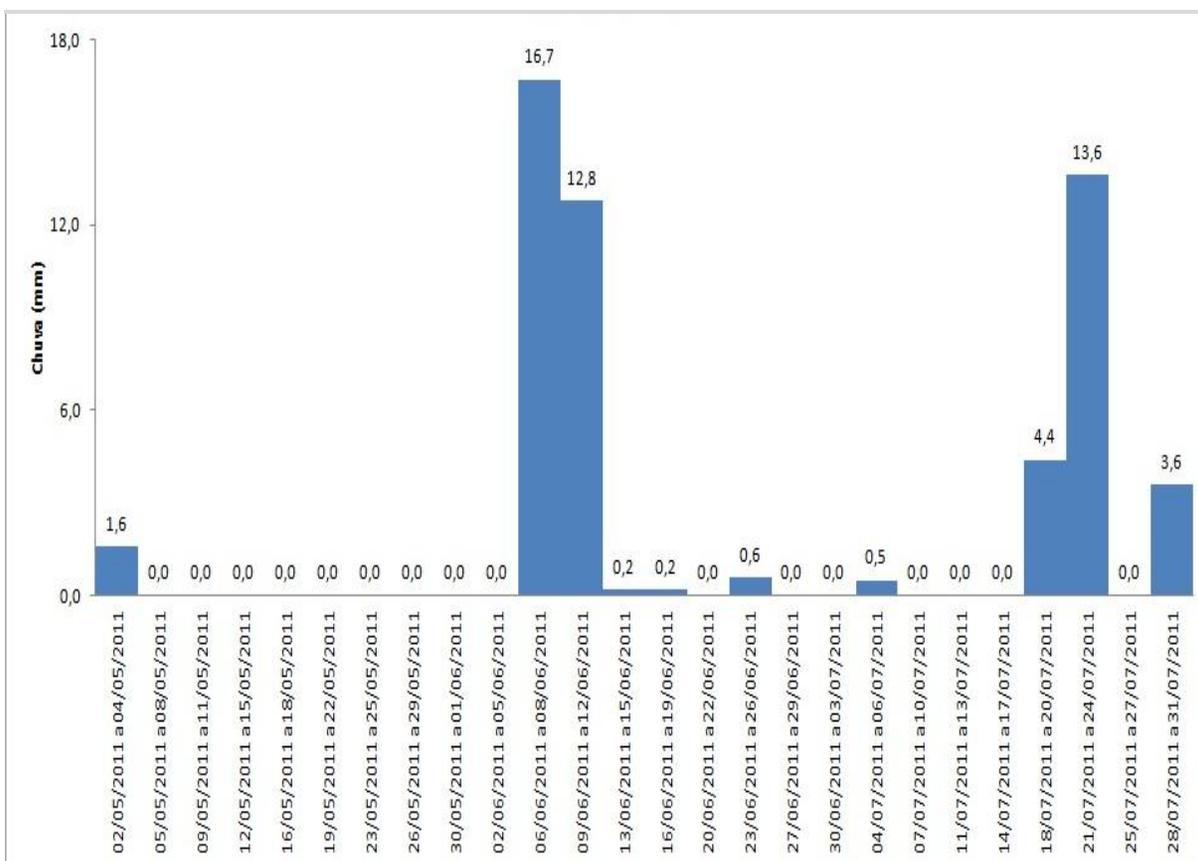


Figura 4.1. Ocorrência de chuva em Ourinhos/SP, de maio a julho de 2011.

Fonte: CIAGRO *online* (2012).

Ao se analisar a circulação dos ventos para esses meses, notou-se que ventos mais fracos predominaram em quase toda a extensão do perímetro urbano de Ourinhos, variando de 0,4 m/s a 2,8 m/s. Para tanto, tem-se a Tabela 4.2, que demonstra, a critério de ilustração, a forma como os ventos se comportaram no período analisado. Ressalta-se que os valores registrados na tabela, a seguir, são referentes às médias mensais por estação. A média também foi utilizada para traçar as isolinhas, uma vez que os *banners* ficaram expostos durante o mês todo, optou-se pela média mensal, por estação automática, para representar o perfil mensal dos parâmetros de temperatura e umidade relativa.

Tabela 4.2. Direção e velocidade dos ventos no período de maio-julho do ano de 2011.

Estações	Velocidade maio (m/s)	Velocidade junho (m/s)	Velocidade julho (m/s)
Fazenda Santa Maria	0,63	0,69	0,86
Córrego Fundo	1,08	0,92	1,15
Aeroporto	2,94	2,64	2,83
Condomínio	1,13	0,91	1,12
Ribeirão Grande	1,47	1,24	1,58
SAE Centro	1,11	0,93	1,11
SAE Vila Brasil	1,63	1,41	1,54
Unimed	0,70	0,48	0,62
Unesp	0,58	0,49	0,57

Quanto às condições de temperatura e umidade relativa do ar, na Figura 4.4 tem-se a evolução dessas duas variáveis para o mês de maio. A temperatura esteve em torno dos 25,0 °C e a umidade relativa do ar, para o mesmo período, oscilou entre 10,0 % e 55,0 %. Nota-se que as médias encontradas representaram a ocorrência de transição entre as estações do ano, com tendências a um inverno típico, com temperaturas e umidades mais baixas devido à menor precipitação e à presença de intensos bloqueios atmosféricos.

Segundo dados do Infoclima (CPTEC/INPE), dentre os sistemas meteorológicos que tiveram atuação significativa, foram as incursões de massas de ar frio as responsáveis pelo declínio da temperatura no final do mês de maio e no início do mês de junho.

Os dados de junho, para as medidas de vento, demonstraram que não houve grandes modificações em relação ao mês anterior, oscilando os valores mínimos entre 0,7 m/s e 1,5 m/s. Já os valores máximos, que estiveram por volta dos 2,5 m/s, também não se diferenciaram em comparação à medida realizada anteriormente.

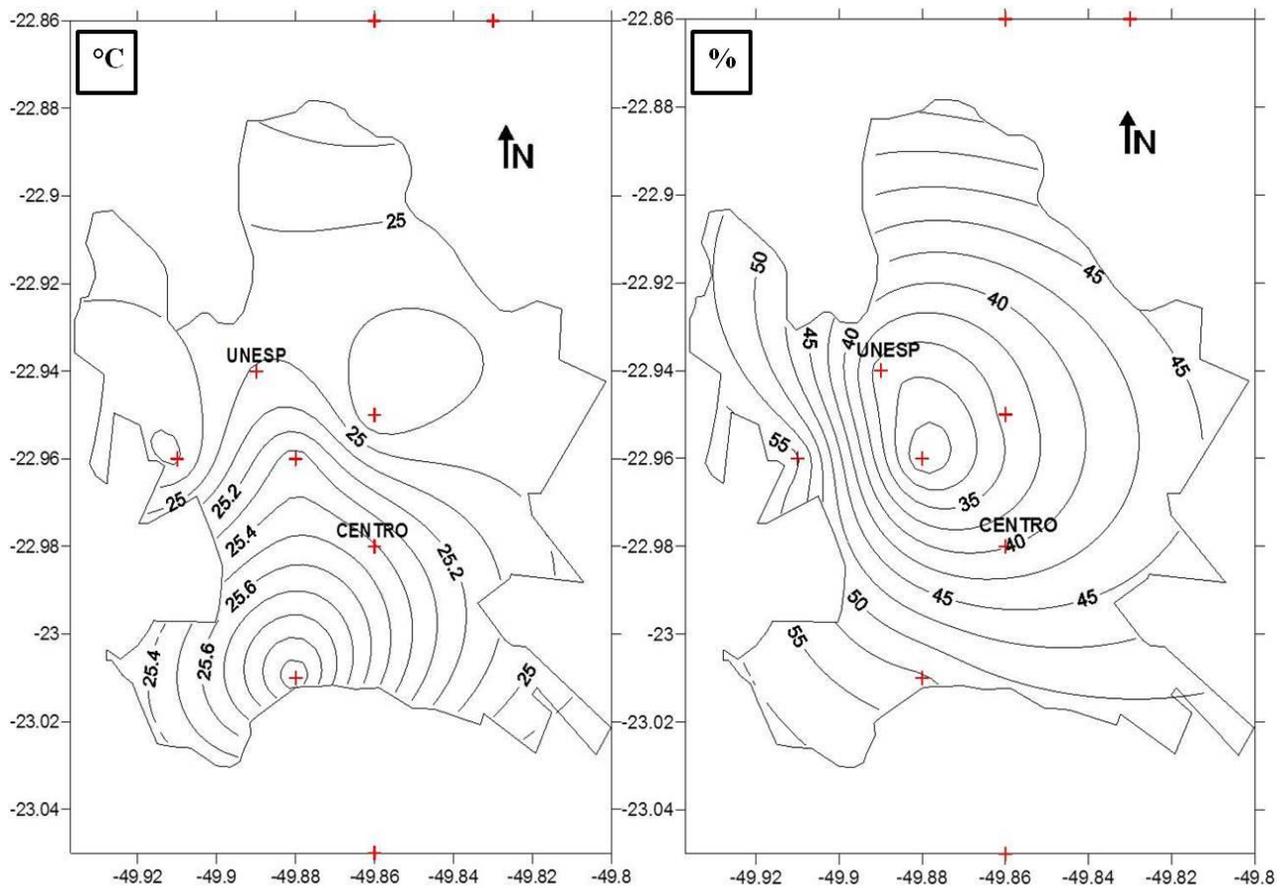


Figura 4.2. Temperatura e umidade relativa do ar em maio/2011.

É possível verificar tal fato com maior detalhamento ao comparar as tabelas de direção e velocidade dos ventos (Tabela 4.2), nas quais se percebe que os valores estiveram muito próximos entre si. Além disso, verificou-se também que as medidas não foram muito diferenciadas das realizadas no mês de maio, com valores muito próximos, destacando-se os pontos do aeroporto com a maior amplitude em comparação aos demais, principalmente com os valores mais baixos, ocorridos na Unesp e na Unimed.

Ao analisar os dados coletados, notou-se que o ponto localizado no aeroporto esteve entre as maiores velocidades de vento, com 2,9 m/s em maio e 2,6 m/s em junho. Já os valores mínimos puderam ser verificados no ponto da Unesp, com 0,6 m/s em maio, e na Unimed, com 0,5 m/s em junho. As medidas encontradas para os menores valores devem ser influenciadas pelo modo de apropriação da terra ao seu entorno, no caso uma plantação de eucaliptos em estágio avançado de crescimento, desempenhando a função de barreira natural contra os ventos nessas localidades.

Ao se complementar a análise com os dados de temperatura e umidade relativa do ar para o mês de junho, o que se pode observar é a queda dos valores para ambos os parâmetros climáticos em questão (Figura 4.5). Diferentemente do mês de maio, nota-se um decréscimo de 5,9 °C entre as maiores amplitudes encontradas nas medidas (25,6 °C em maio e 19,7 °C em junho). Entre os valores mais baixos, o intervalo foi de 6,1°C, com 25,0 °C em maio e 18,9 °C em junho.

Esse quadro de condições temporais obedece ao regime típico de inverno que acontece na área de estudo. As temperaturas estão mais baixas, assim como as medidas de umidade relativa do ar. Normalmente, esse tipo de caracterização está associado à penetração de frentes frias e à presença de bloqueios atmosféricos.

Comparando os dados coletados e analisados para o mês de julho, foi possível verificar a ocorrência de certa proximidade entre os valores encontrados para as medidas de ventos em relação aos meses analisados anteriormente. Os ventos mais fortes ainda se concentraram mais a oeste do perímetro urbano, em torno de 2,3 m/s.

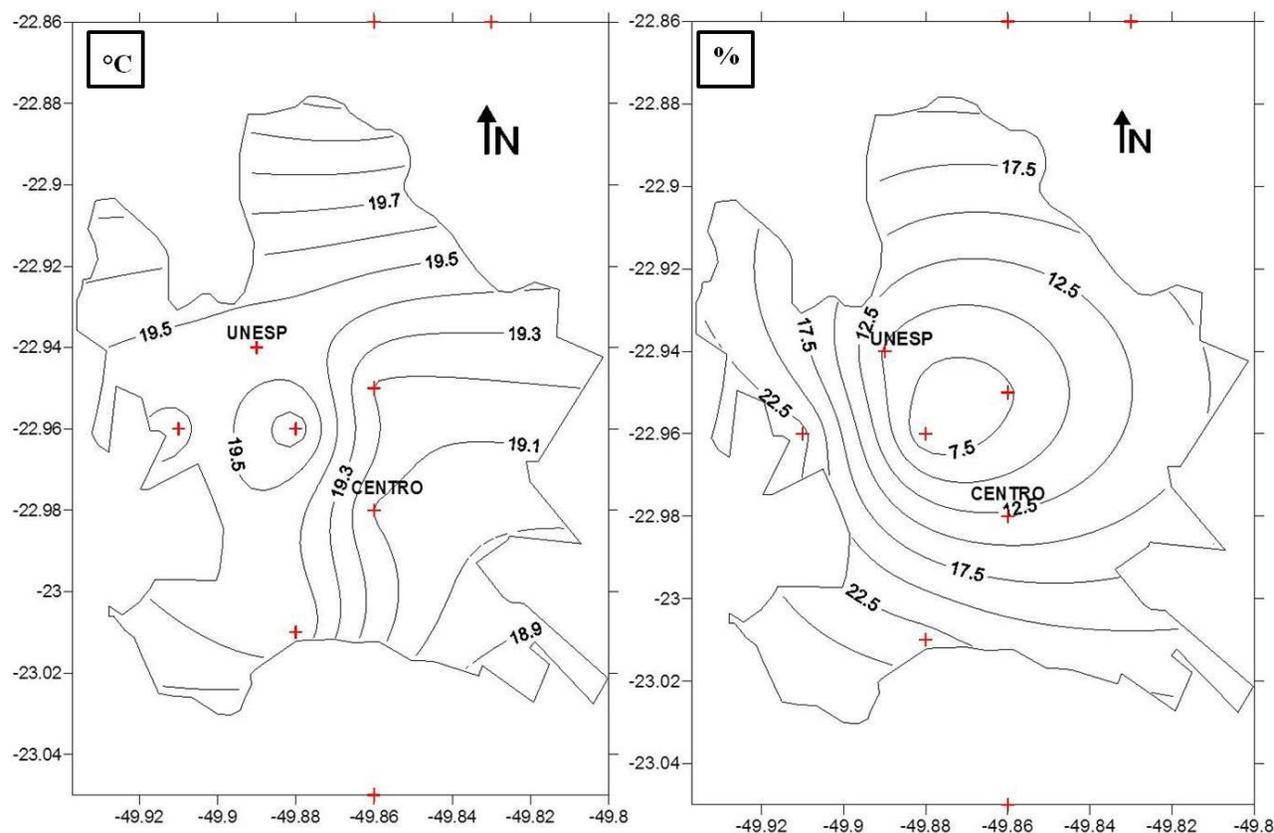


Figura 4.3. Temperatura e umidade relativa do ar em junho/2011.

O valor mais marcado ocorreu na estação meteorológica automática do aeroporto, com 2,8 m/s, sendo este o máximo verificado, enquanto para o ponto que teve menor velocidade observou-se 0,6 m/s, sendo este a Unesp.

Para os parâmetros de temperatura e umidade relativa do ar do mesmo mês, notou-se uma condição diferenciada dos demais meses em análise. O parâmetro térmico se apresentou mais elevado, ficando em torno dos 29,0 °C, o que proporcionou maior contraste em comparação a maio e junho, nos quais os valores máximos observados foram de 25,6 °C e 19,5 °C, respectivamente.

No caso da umidade relativa do ar, o que se pode observar é a condição adversa em relação aos demais meses, pois, ainda que exista uma tendência ao decréscimo desse parâmetro, os valores encontrados estiveram aquém dos esperados. Nota-se que, na Figura 4.6, nas isolinhas de umidade, as umidades observadas com valores entre 10,0 % e 20,0 %. Esses percentuais configurando um quadro bem contrastante dos demais meses.

Valores muito baixos de umidade relativa do ar podem acarretar doenças do aparelho respiratório, como por exemplo, a asma, a bronquite e doenças dos seios paranasais. Uma vez que se reconhece essa potencialidade em proporcionar piores na morbidez populacional, é nessa época do ano que pode ocorrer aumento das enfermidades do aparelho respiratório da população residente em Ourinhos.

No que se refere aos sistemas meteorológicos atuantes nesse período, é possível identificar, segundo dados do Infoclima (CPTEC/INPE), incursões de massas de ar frio, principalmente nos meses de junho e julho.

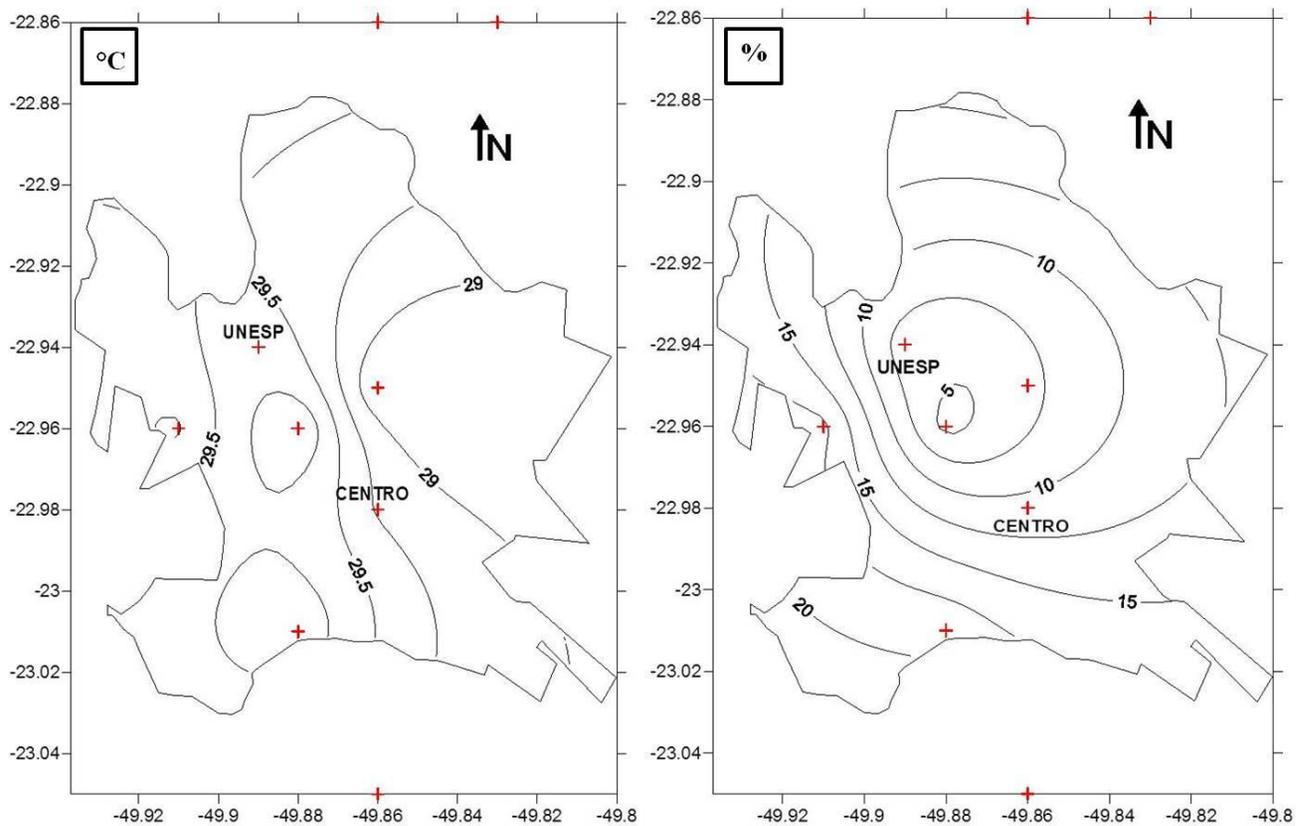


Figura 4.4. Temperatura (figura à esquerda) e umidade relativa (figura à direita) do ar em julho/2011.

4.1.2 Morbidez populacional

De acordo com os dados de morbidez populacional, o que se pode verificar é a maior quantidade de casos de internações no mês de junho, para algumas doenças, em relação ao total verificado no ano de 2011. As doenças que tiveram mais ocorrências foram pneumonia, com 54 casos no mês de maio, 66 em junho e 51 em junho. Já bronquites, enfisema e outras doenças pulmonares crônicas, com 14 casos de internações em maio, 13 em junho e 8 em julho (Tabela 4.3). Entre os meses de análise, o que apresentou maior número de internações foi junho, com 110 casos.

Ao observar a Tabela 4.3, destacam-se as doenças pneumonia, bronquite/enfisema/doenças crônicas e bronquite e bronquiolite agudas, pois estas foram de maior representatividade nos números em relação ao ano inteiro de 2011. Ao totalizar as enfermidades que ocorreram no período de análise, verifica-se o valor de 297 casos de

internações por doenças do trato respiratório, que no total do ano representa cerca de 35,0 % dos casos.

Ao se comparar as informações dos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro) notou-se que os valores estiveram mais baixos se comparados aos demais meses do ano, sendo que em janeiro o total de doenças respiratórias foram 54, 30 em fevereiro e 56 em dezembro. Deve-se ressaltar que o total de casos de enfermidades pode não ser o mesmo da somatória das doenças devido às enfermidades que foram contabilizadas, mas que se só aparecem em determinados meses como, por exemplo, no caso da Influenza (gripe) a qual existe casos de internações, porém é minoria (quase nula) e ocorre somente em um mês. Sendo assim, esses dados não foram colocados na tabela, porém foram contabilizados no total geral. Esta tabela mostra os tipos de doenças que foram mais recorrentes durante o ano.

Tabela 4.3. Doenças do aparelho respiratório registradas nos meses de maio, junho e julho de 2011.

Doenças do aparelho respiratório	Jan.	Fev.	Mar.	Abr.	Mai.	Jun.	Jul.	Ago.	Set.	Out.	Nov.	Dez.	2011
Pneumonia	24	17	37	28	54	66	51	44	57	42	23	33	476
Outras doenças do nariz e dos seios paranasais	03	01	02	01	01	02	00	03	02	----	02	----	017
Doenças crônicas das amígdalas e das adenóides	04	01	03	09	02	04	08	05	03	----	12	06	057
Outras doenças do trato respiratório superior	02	01	----	01	02	00	00	01	01	02	01	----	006
Bronquite, enfisema e outras doenças pulmonares crônicas	10	01	15	07	14	13	08	05	12	07	02	----	100
Asma	01	01	----	01	02	03	03	02	04	02	----	02	020
Bronquite aguda e bronquiolite aguda	02	----	01	----	00	04	06	01	01	02	----	06	017
Outras doenças do aparelho respiratório	08	09	08	12	17	18	18	15	14	16	11	09	155
Total geral	54	30	67	59	93	110	94	76	95	71	52	56	857

Fonte: DATASUS, 2012. Elaborado pela autora.

1. Não ocorreram internações por esta enfermidade neste mês.

Os dados do mês de setembro também foram de grande expressividade neste ano, sendo que os casos de internações estiveram entre os mais elevados. Ainda neste mês, verificou-se que os casos de internações por pneumonia foram elevados em comparação aos demais meses do ano, com 57 casos. No total geral, para setembro, observou-se 95 casos de internação por doenças do aparelho respiratório.

Deve-se ressaltar também que as interações não ocorrem necessariamente logo no surgimento da doença. Esse fato pode proporcionar aos resultados um acúmulo no mês que não teve necessariamente os valores máximos de precipitação ou o aumento dos poluentes. Assim, ao analisar os resultados obtidos, deve-se ter cautela para não interpretá-los de maneira equivocada.

4.2 Imagens de CO

Para a fase de comparação entre os campos de CO na região Sudeste, foi utilizado o modelo CCATT-BRAMS, do CPTEC/INPE. Nessa parte do estudo, buscou-se relacionar esses campos com a ocorrência de chuva, salientando que o regime de precipitação para a área de estudo mostra-se mais intenso nos meses de verão (dezembro, janeiro e fevereiro), diferentemente dos meses de inverno, nos quais as chuvas são menos abundantes. Baseando-se nisso, teoricamente a atmosfera deveria conter menor concentração de particulados e gases em suspensão no período de verão, no qual as chuvas mais incidentes proporcionariam a dispersão dos compostos.

As figuras foram selecionadas de acordo com os valores mais elevados, bem como o tamanho e a intensidade da concentração de CO, levando em consideração a localização geográfica de Ourinhos e a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). As imagens selecionadas inicialmente foram dos meses de junho, julho e agosto (2011) e do período úmido, ou seja, dezembro (2011), janeiro e fevereiro (2012), limitando-os em dois casos para cada mês e dividindo-os por linhas.

Evidentemente, os tipos de contaminantes da RMSP são muito diferentes, devido à extensão e à complexidade da área na qual a região está inserida. Assim, através da comparação, é possível verificar que a área de estudo está muito distante de ser equiparada em termos de concentração desse poluente. Sendo assim, neste trabalho, a comparação é algo que deve ser entendido de modo ilustrativo. Outros estudos deveriam ser realizados no intuito de compreender as diferentes formas de uso e ocupação da terra, o principal responsável pelas discrepantes concentrações.

Outra forma de auxílio à compreensão dos resultados foi a multiplicação das unidades de parte por bilhão (ppb) para parte por milhão (ppm). Essa padronização da unidade, tanto para a concentração de CO quanto para a de CO₂, foi necessária para facilitar a comparação de suas concentrações. Ainda que ambos os gases tenham toxicidades diferentes, por meio da mudança de unidade procurou-se criar uma leitura mais conexa entre os dois gases em questão.

Ao se analisar o decorrer dos meses em questão, o que se pôde verificar foi que, de maneira geral, os meses de inverno tiveram quadros mais agravantes, no que se refere à concentração de CO na atmosfera. Na Figura 4.7 apresenta-se alguns casos com maior destaque, sendo o principal foco localizado na Região Metropolitana de São Paulo, com os maiores picos entre 2,5 e 3,0 ppm (2.500-3.000 ppb). Para a área de estudo, nos exemplos utilizados, esses valores estiveram numa faixa bastante inferior à da região metropolitana, porém é notório que a região de estudo encontra-se numa área cujos valores máximos oscilam entre 0,3 e 0,5 ppm (300-400 ppb).

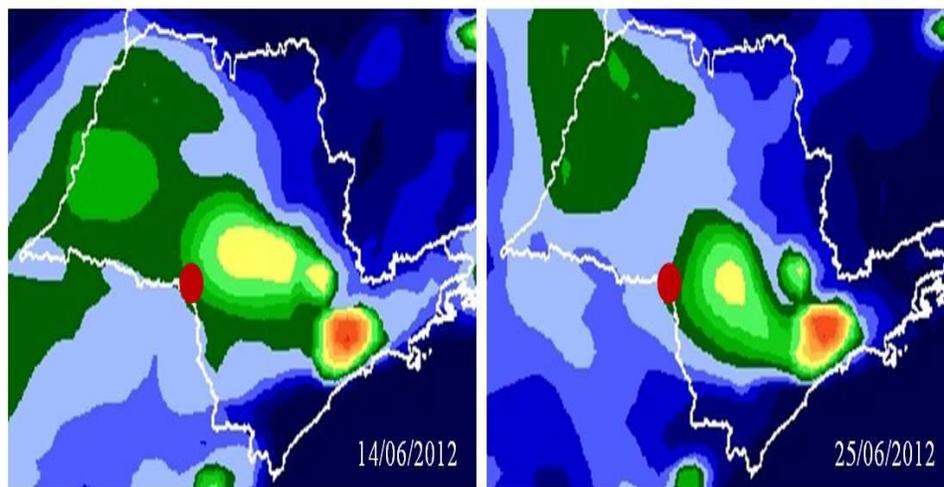
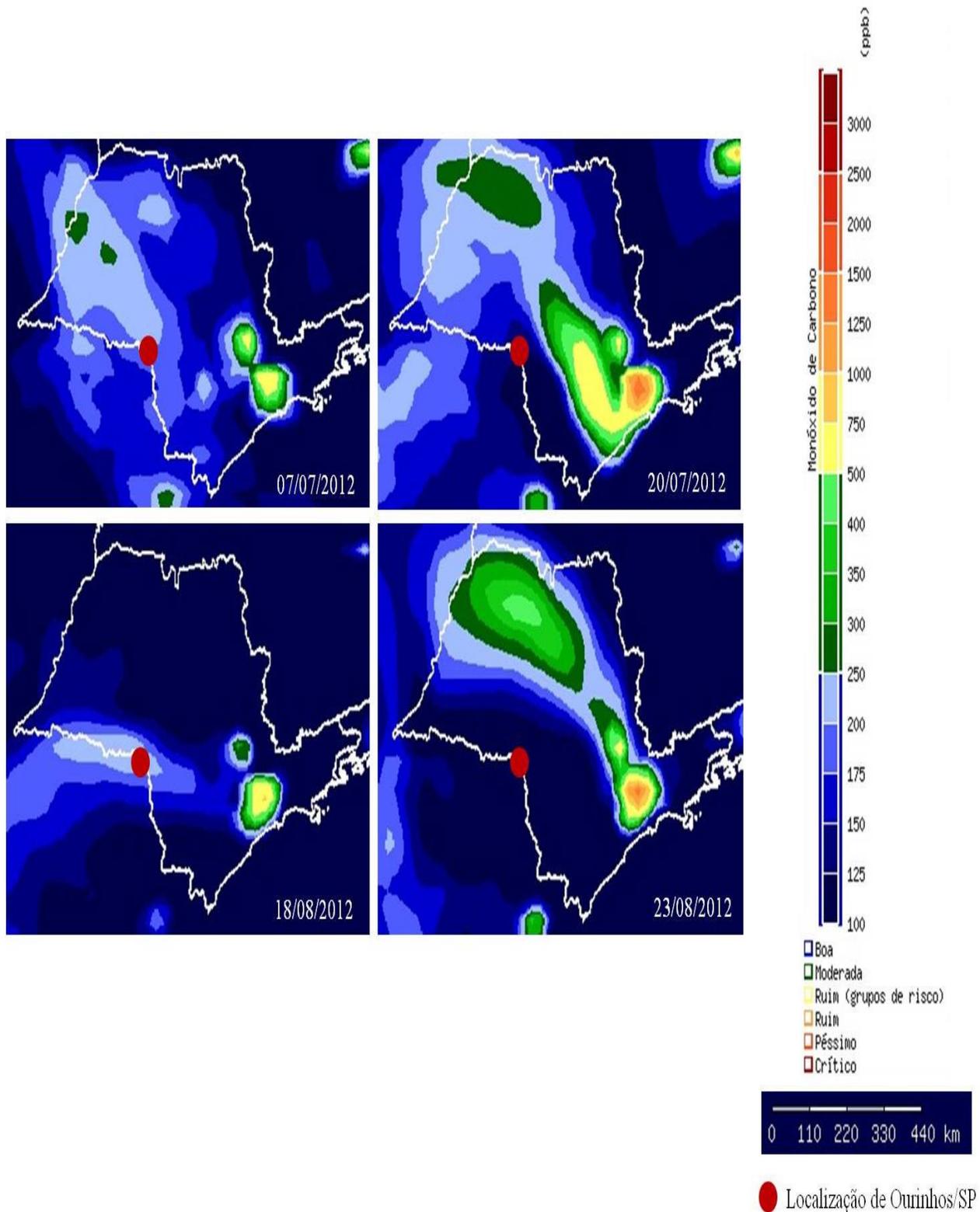


Figura 4.5. Campos de CO na atmosfera da região Sudeste.
Fonte: CPTEC/INPE (2011).

Continuação da Figura 4.7.



Ao se comparar os valores observados para as duas áreas em questão, percebe-se que, além das concentrações se apresentarem de forma diferenciada, destacam-se determinados dias em que as medidas tiveram maiores amplitudes, como, por exemplo, 26 de junho — quando na RMSP o valor verificado foi de 3,0 ppm (valor máximo verificado no período analisado) e para a região de Ourinhos, oscilou por volta dos 0,2 ppm (Tabela 4.4).

Tabela 4.4. Valores máximos de CO para a RMSP e Ourinhos/SP, no período de inverno.

Meses	Valor máximo	Valor máximo
	RMSP ¹	Ourinhos ¹
Junho	3,0 (3.000)	0,2 (200)
Julho	2,0 (2.000)	0,5 (500)
Agosto	1,0 (1.000)	0,3 (300)

¹ Valores em ppm e ppb, respectivamente.

Fonte: CPTEC/INPE. Modificado pela autora.

É notória a diferença entre as localidades comparadas, sendo este um resultado que já se esperava, devido às diferenciadas (re) produções espaciais. Assim, ao se observar as imagens selecionadas, nota-se a diferenciação na concentração de CO no estado de São Paulo, especificamente. Percebe-se que a Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) sempre esteve entre as mais afetadas, com valores de até 3,0 ppm (3.000 ppb). Para as áreas mais afastadas e mais interioranas, verifica-se a melhora do padrão de qualidade do ar, isto é, uma diminuição dos valores de CO.

Para os valores observados na área de estudo (localizada no sudoeste do estado), verificou-se que tais amplitudes geraram um campo dez vezes menor do que os focos máximos da RMSP (Tabela 4.4). Ainda segundo essa tabela, é possível identificar também que os campos mais agravantes da poluição por CO foram diminuídos com o passar da estação de inverno, sendo em agosto a ocorrência das menores concentrações do composto. A máxima amplitude dos valores, em geral, para o período de inverno, variou entre 1,0 e 2,0 ppm (1.000 a 2.000 ppb) para a Região Metropolitana de São Paulo e 0,15 e 0,3 ppm (150 a 300 ppb) para a cidade de Ourinhos, novamente sendo os valores numéricos cerca de dez vezes mais baixos do que os da RMSP.

Outro período analisado foi o úmido, ou seja, o verão. Para tanto, utilizou-se os meses de dezembro (2011), janeiro e fevereiro (2012), (Figura 4.8). Tais meses foram selecionados devido ao regime pluvial da região, no qual há a presença de marcada precipitação pluvial.

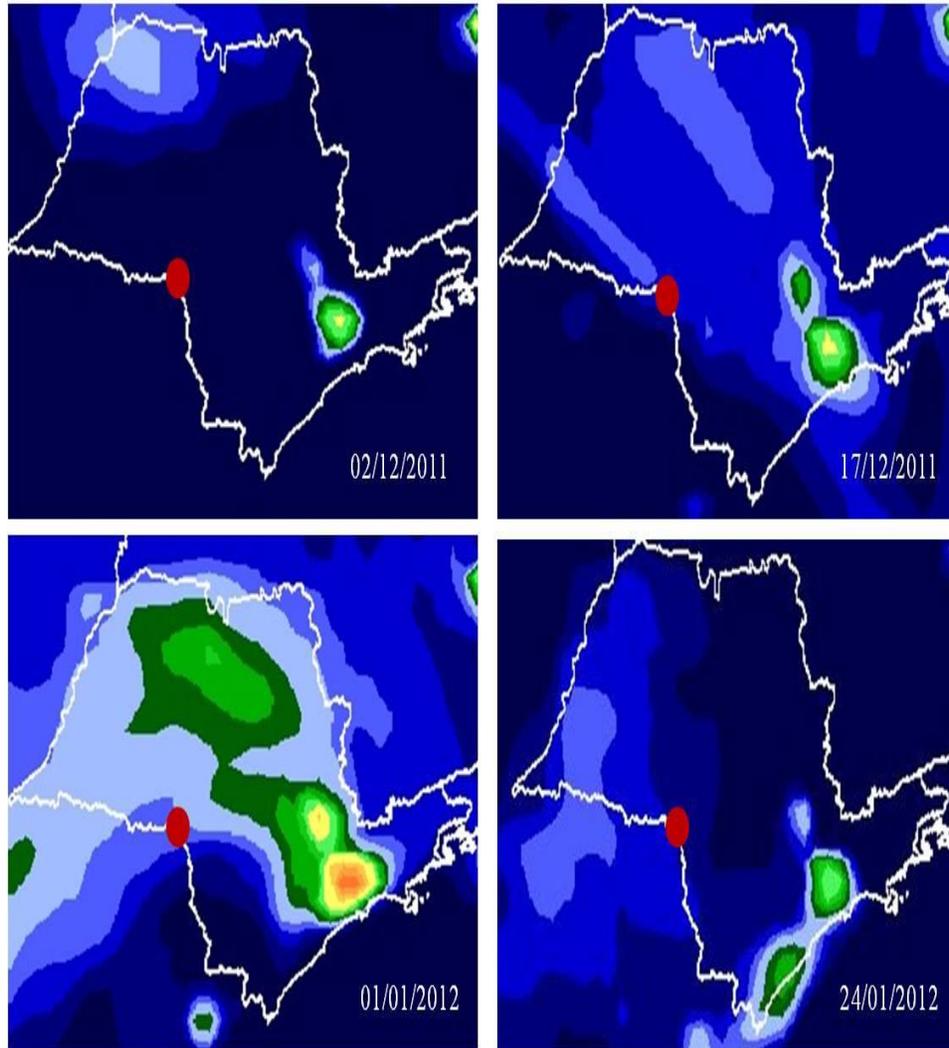
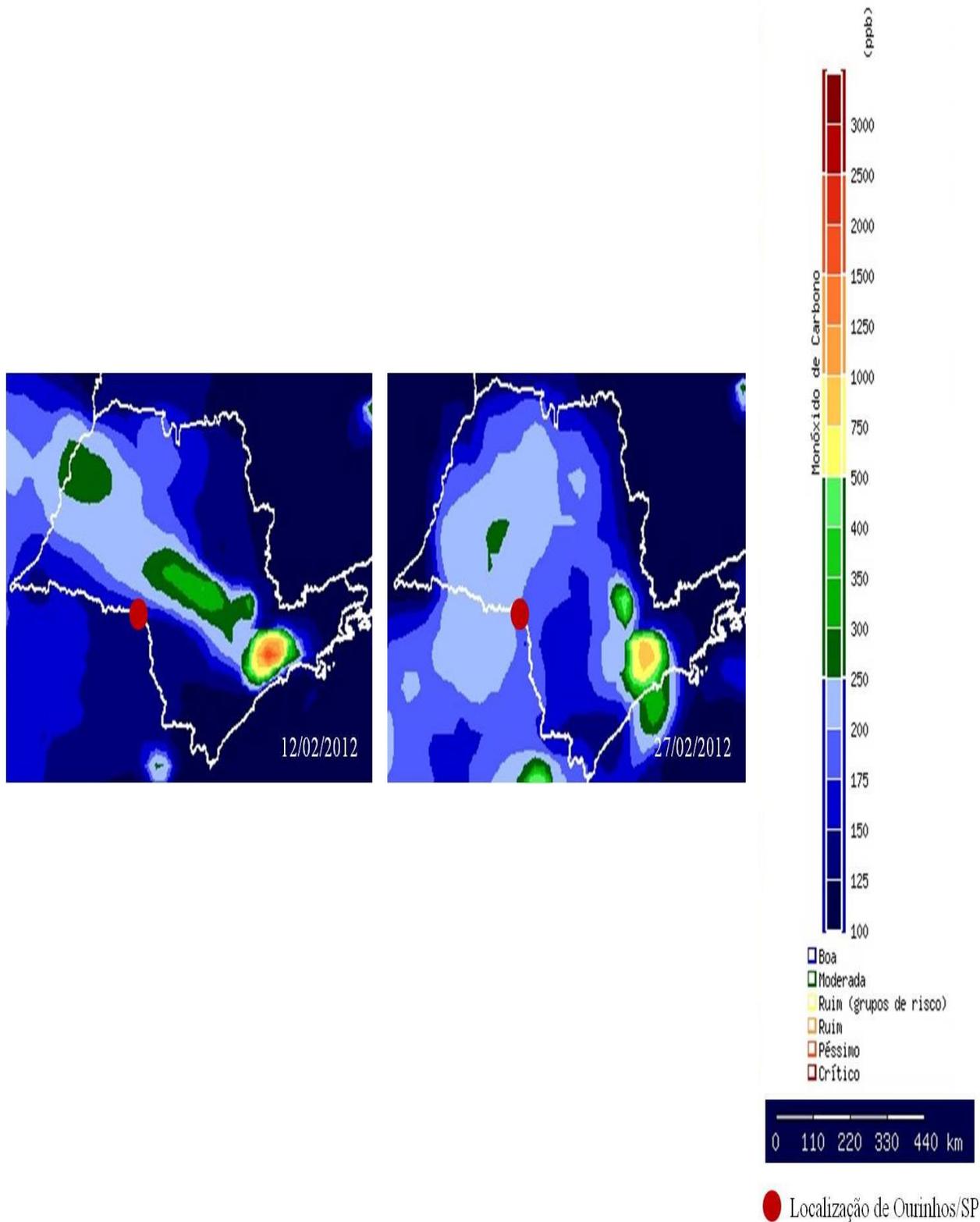


Figura 4.6. Campos de CO na atmosfera da região Sudeste.
Fonte: CPTEC/INPE.

Continuação da Figura 4.8.



Além das imagens, na Tabela 4.5 são verificados os valores máximos observados no período de estudo. Ao se analisar as concentrações, notou-se que a amplitude máxima verificada para as duas localidades também gerou um campo cerca de dez vezes maior para a RMSP. Esse fato também pôde ser observado nas análises do período anteriormente discutido, o que manteve a proporção entre as concentrações. Ressalta-se que, mesmo com as proporções mantidas, os valores também tiveram decréscimo acentuado em comparação ao período de inverno, no qual o valor máximo para a RMSP foi de 3,0 ppm, diferentemente dos meses de verão, nos quais o máximo verificado foi de 1,5 ppm. Em relação à cidade de Ourinhos, também foi verificada diminuição das concentrações máximas, que no inverno estiveram em 0,3 ppm e no verão em 0,2 ppm.

Tabela 4.5. Valores máximos de CO para a RMSP e Ourinhos/SP, no período de verão.

Meses	Valor máximo	Valor máximo
	RMSP ¹	Ourinhos ¹
Dezembro	0,5 (500)	0,10 (100)
Janeiro	1,0 (1.000)	0,18 (175)
Fevereiro	1,5 (1.500)	0,15 (150)

¹ Valores em ppm e ppb, respectivamente.

Fonte: CPTEC/INPE. Adaptado pela autora.

Com base nos resultados obtidos, ao relacionar tais resultados com os parâmetros e índices de qualidade do ar da CETESB (2012), o que se pode inferir é que mesmo considerando-se os máximos valores de inverno, que foram bem maiores do que os do período úmido (para ambas as localidades comparadas), a qualidade do ar é considerada “boa uma vez que o intervalo desse poluente (CO), em ppm, é entre 0,0 a 4,5 ppm (Tabela 4.6).

Tabela 4.6. Parâmetros e índices de qualidade do ar segundo a CETESB (2012).

Qualidade	Índice	MP ₁₀ (µg/m ³)	O ₃ (µg/m ³)	CO (ppm)	NO ₂ (µg/m ³)	SO ₂ (µg/m ³)
Boa	0 - 50	0 - 50	0 - 80	0 - 4,5	0 - 100	0 - 80
Regular	51 - 100	50- 150	80- 160	4,5 - 9	100 - 320	80 - 365
Inadequada	101 - 199	150-50	160- 00	9 - 15	320- 1130	365 - 800
Má	200 - 299	250-420	200-800	15 - 30	1130 - 2260	800 - 1600
Péssima	>299	>420	>800	>30	>2260	>1600

Fonte: CETESB (2012).

Outro parâmetro de comparação pela CETESB (2012) corresponde ao significado, isto é, às consequências que o excesso desses poluentes pode acarretar na morbidez populacional (Tabela 4.7). De acordo com os resultados verificados, é possível inferir que “praticamente não há riscos à saúde” quando a qualidade do ar é considerada “boa” pela classificação da CETESB. Como ambas as localidades se enquadraram nesse intervalo (índice 0 a 50, com intervalo entre 0 a 4,5 ppm), é possível dizer que as pessoas não sofrerão maiores problemas de saúde por conta do CO emitido da atmosfera.

Com base nisso, o que se pode inferir é que os sistemas meteorológicos, bem como a dinâmica climática típica dessa região, proporcionaram a dispersão do composto, uma vez que o período de verão é a estação mais chuvosa. Provavelmente, foi essa dinâmica a responsável pela visível diminuição na concentração de CO.

Tabela 4.7. Significado dos índices e qualidade na saúde da população segundo a CETESB (2012).

Qualidade	Índice	Significado
Boa	0 - 50	Praticamente não há riscos à saúde.
Regular	51 - 100	Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas), podem apresentar sintomas como tosse seca e cansaço. A população, em geral, não é afetada.
Inadequada	101 - 199	Toda a população pode apresentar sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta. Pessoas de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas) podem apresentar efeitos mais sérios na saúde.
Má	200 - 299	Toda a população pode apresentar agravamento dos sintomas como tosse seca, cansaço, ardor nos olhos, nariz e garganta e ainda apresentar falta de ar e respiração ofegante. Efeitos ainda mais graves à saúde de grupos sensíveis (crianças, idosos e pessoas com doenças respiratórias e cardíacas).
Péssima	>299	Toda a população pode apresentar sérios riscos de manifestações de doenças respiratórias e cardiovasculares. Aumento de mortes prematuras em pessoas de grupos sensíveis.

Fonte: CETESB (2012).

4.2.1 Os sistemas meteorológicos atuantes no período de monitoramento do CO

As informações do CPTEC/INPE mostraram a presença de sistemas meteorológicos e como eles foram de extrema importância para a dissipação dos poluentes analisados. Tipicamente, nessa região, os meses de inverno têm entre suas características as baixas temperaturas e menores quantidades de chuvas. Há também um período de estiagem acentuada, devido ao denominado veranico, quando ocorre intensa subsidência de ar frio e seco da atmosfera superior, inibindo a evaporação e provocando marcada estabilidade atmosférica. Nesse período, a dispersão dos poluentes e particulados (oriundos da preparação do solo para plantio ou queimada da cana de açúcar nas usinas) fica menos intensificada, devido a essas condições da atmosfera. Nos meses de verão, o que se espera é totalmente o oposto dessa situação, ou seja, elevadas temperaturas e alta incidência de chuva, o que teoricamente ajudaria para a dispersão dos compostos presentes na atmosfera.

De acordo com os dados do CPTEC/INPE, através das análises sinóticas, nos meses de verão os principais sistemas meteorológicos atuantes foram a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), na região Sudeste, consequentemente em Ourinhos. Esses sistemas, juntamente com as frentes frias, provocam levantamento rápido de ar quente e úmido, ocasionando chuvas convectivas na área de estudo. Já no inverno, as frentes frias e as condições de bloqueio proporcionam grande estabilidade atmosférica no período de junho a agosto, agravando ainda mais as condições de baixas umidades relativas do ar e temperatura da área.

4.3 Medidas de CO₂

Nesta parte do trabalho, os resultados discutidos foram sobre a concentração de CO₂ nos meses de verão (dezembro de 2011, janeiro e fevereiro de 2012) e de inverno (junho, julho e agosto de 2012). No verão (Figura 4.9), é possível verificar que o mês de fevereiro apresentou valores mais baixos em comparação ao demais meses de análise, chegando a menos de 200 ppm próximo ao horário das 12h00min. Ainda segundo a mesma figura, o mês de dezembro esteve

entre os valores registrados dos meses de janeiro e fevereiro, sendo estes mais relevantes (com presença de picos) no período da manhã (acima de 300 ppm). O mês de janeiro, em relação aos demais meses de verão, foi o que apresentou maiores valores na concentração de CO₂, ficando em torno de 390 ppm, com picos de mais de 400 ppm.

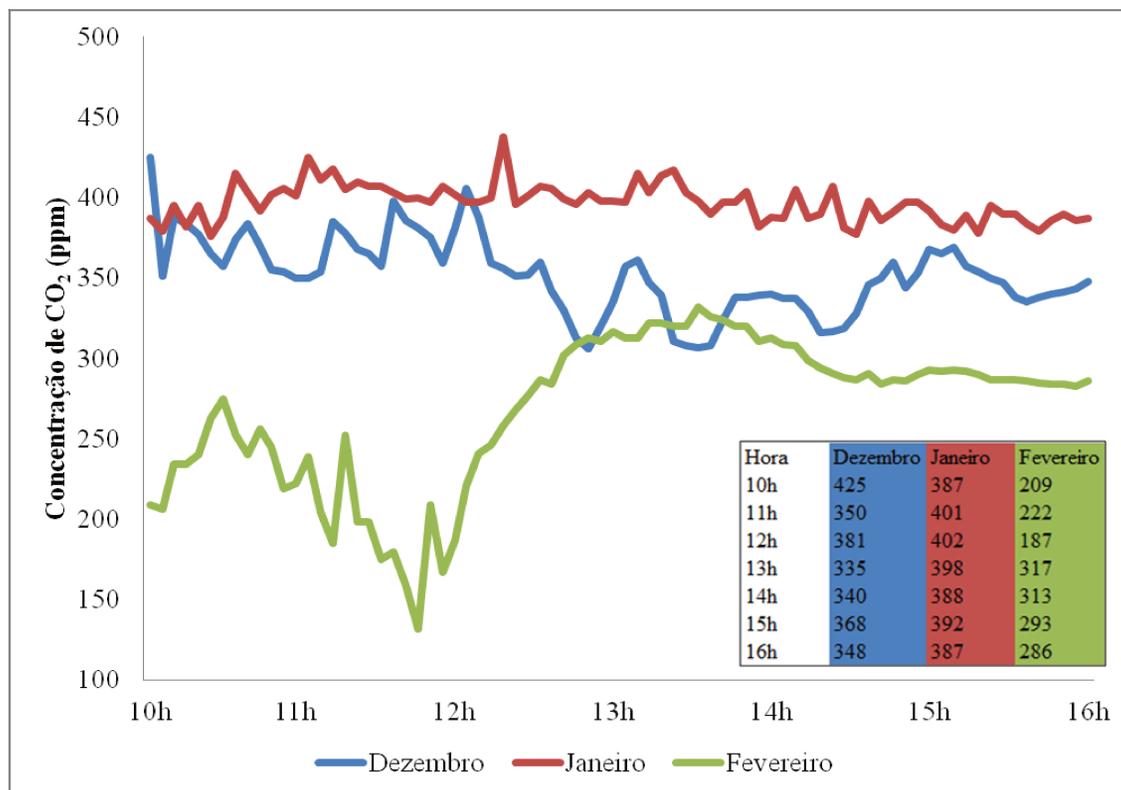


Figura 4.7. Concentração do CO₂ nos meses de dezembro (2011), janeiro (2012) e fevereiro (2012).

Nesta etapa da pesquisa, por meio da comparação entre os períodos de inverno e verão, esperava-se que os valores verificados no inverno estivessem mais elevados em relação ao verão, pois a precipitação (que é menor nos meses de inverno) deveria proporcionar o aumento, ainda que sensível, nos valores encontrados.

Entre os três meses de inverno, junho foi o período no qual os valores estiveram mais elevados do que os demais meses, seguido por agosto e julho. Ainda assim, nota-se que as medidas estiveram oscilando durante as coletas, não obedecendo a nenhuma tendência (Figura 4.10). Mesmo esperando-se o aumento das concentrações de CO₂, não é possível verificar se os valores foram afetados devido às diferenças entre as estações de inverno e verão, pois neste trabalho buscou-se apenas conhecer o perfil da cidade de Ourinhos. Além disso, as medidas

realizadas ocorreram somente nesse período, o que não permite afirmar se esse tipo de configuração trata-se de uma tendência ou de casos isolados.

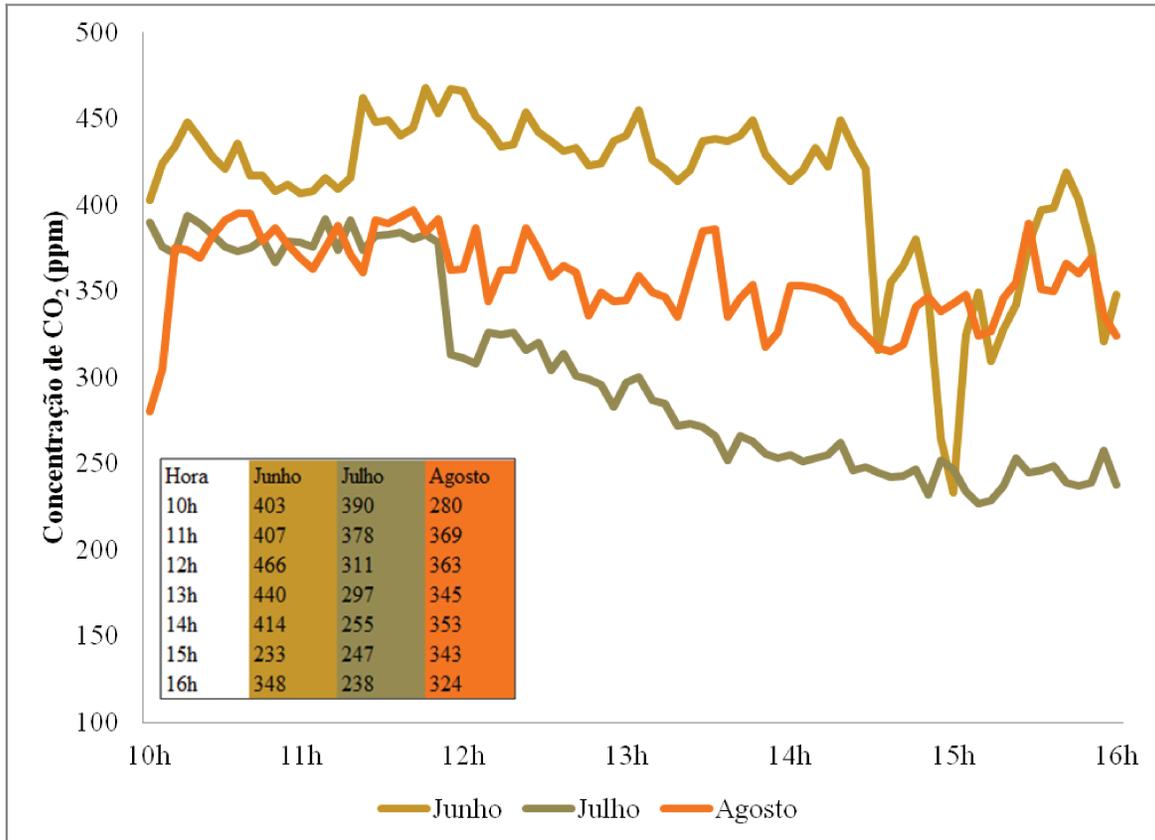


Figura 4.8. Concentração do CO₂ nos meses de junho, julho e agosto de 2012.

Para melhor esclarecimento dos parâmetros meteorológicos durante a execução das medidas, fez-se uma breve caracterização das condições temporais dos dias em que foram realizadas as medidas. Para tanto, antes disso, apresenta-se na Tabela 4.8 um resumo das condições atmosféricas nos dias de coleta. Ressalta-se que a ocorrência de chuva só pode ser observada nos meses de janeiro e junho de 2012. Entretanto, para melhor esclarecimento dos parâmetros faz-se necessário a exposição de tais dados.

Tabela 4.8. Resumo das condições da atmosfera local, nos dias de coleta.

MÊS/ANO/HORA	TEMPERATURA (°C)	UMIDADE RELATIVA (%)	VENTO (m/s)	CHUVA (mm)
Dezembro/2011				
10h00	21,4	95,0	0,1	0,0
12h00	22,9	87,0	0,8	0,0
14h00	24,6	85,0	0,8	0,0
16h00	26,2	76,0	1,3	0,0
Janeiro/2012				
10h00	18,5	83,0	1,3	0,0
12h00	19,4	85,0	1,1	0,0
14h00	20,4	82,0	1,5	0,0
16h00	21,3	82,0	1,8	0,2
Fevereiro/2012				
10h00	21,7	90,0	0,7	0,0
12h00	28,0	66,0	1,4	0,0
14h00	32,8	43,0	0,7	0,0
16h00	36,0	29,0	1,5	0,0
Junho/2012				
10h00	16,2	96,0	0,4	0,8
12h00	16,6	96,0	2,4	0,4
14h00	19,4	85,0	2,1	0,0
16h00	20,7	74,0	2,7	0,0
Julho/2012				
10h00	14,2	92,0	0,0	0,0
12h00	19,0	81,0	1,0	0,0
14h00	21,5	76,0	0,0	0,0
16h00	25,5	65,0	0,1	0,0
Agosto/2012				
10h00	14,6	87,0	0,5	0,0
12h00	20,7	60,0	1,2	0,0
14h00	26,7	35,0	1,6	0,0
16h00	29,0	29,0	2,3	0,0

4.3.1 Dezembro de 2011

A primeira medida foi realizada no dia 9 do mês de dezembro. Esse dia apresentou céu coberto por nuvens, sem presença de chuva. Foi observada a ocorrência de ventos de baixa velocidade, alcançando o valor máximo às 16h00min, com velocidade de 1,3 m/s (INMET, 2012). Vale ressaltar que, nesse mesmo dia, a temperatura máxima encontrada no período de coleta foi de 26,2 °C, às 16h00min. Já o valor mínimo foi 21,4°C, às 10h00min. Para a umidade relativa, a amplitude foi de 19,0 %, sendo o valor máximo de 95,0 % às 10h00min e o mínimo de 76,0 %, às 16h00min. Não foi possível verificar ocorrência de chuva neste dia.

4.3.2 Janeiro de 2012

As medidas foram realizadas no dia 27 deste mês, sendo que a umidade relativa variou entre 82,0 e 85,0 %. A temperatura teve uma amplitude de 2,8 °C no dia, com valor máximo às 16h00min, com 21,3 °C e mínimo de 18,5 °C, às 10h00min. Nesta medição, diferentemente da anterior, foi possível verificar a ocorrência de ventos mais fortes, oscilando entre 1,1 m/s e 1,8 m/s (no período da tarde). Quanto à precipitação, apenas à tarde foi possível verificar a incidência de uma pequena quantidade, de 0,2 mm. Nesse dia, as temperaturas estiveram mais baixas do que o normal, com presença de garoas durante o dia, fazendo com que estivesse mais frio na cidade de Ourinhos. Quanto a precipitação, quase não foi possível verificar a incidência neste dia, quando somente foi possível notar que no horário das 16h00min teve 0,2 mm de chuva.

4.3.3 Fevereiro de 2012

Para o mês de fevereiro, no dia 08, o que se pôde observar em relação aos parâmetros meteorológicos foi o sensível aumento da velocidade máxima dos ventos, sendo estes observados no horário das 16h00min. Já os valores de umidade relativa começaram em torno dos 90,0 % no horário das 10h00min, porém no final das medições este valor chegou a 29,0 %.

No que se refere à temperatura registrada, notou-se que houve amplitude em torno de 14,0°C. No início da manhã, o valor registrado na estação automática do INMET foi de 21,7°C (10h00min), sendo que no final das medições foi possível verificar o valor de 36,0°C. Neste dia também não se observou a ocorrência de chuva.

4.3.4 Junho de 2012

No mês de junho, foi possível verificar a incidência de precipitação acima da média para a cidade de Ourinhos. Para tanto, ainda neste mês, foi utilizado o balanço hídrico para o período todo, destacando-se o dia 22/06, no qual ocorreu as medições.

Para a estação do INMET, os dados meteorológicos deste período estiveram mais elevados do que os analisados anteriormente. A umidade relativa do ar era inicialmente de 96,0 %, às 10h00min, aos poucos diminuiu, chegando ao valor de 74,0 %, às 16h00min. No que se refere à temperatura, o que se pode afirmar é que não houve marcada amplitude durante o período

de coleta dos dados. Inicialmente, às 10h, foi registrado o valor de 16,2 °C, ao final do tempo de medida, às 16h00min, 20,7°C. Esses valores resultou em uma amplitude de 4,5 °C.

Para as condições do vento, notou-se um aumento gradativo durante o decorrer do dia. No começo das medições, foi registrada valor de 0,4 m/s, aumentando para 2,4 m/s às 12h00min, 2,1 m/s às 14h00min e 2,7 m/s às 16h00min.

No que se refere às medições de chuva realizadas nesse dia, é necessário salientar que a área de estudo ocorreram chuvas intensas, apesar da estação do INMET somente registrar 0,4 mm, às 12h00min. Segundo dados da estação meteorológica da Usina São Luiz (grande produtora de cana da região), foram registrados 21,9 mm de chuva somente nesse dia.

O balanço hídrico da Usina São Luiz mostra que o excedente hídrico para esse dia foi de 21,6 mm, com armazenamento de 100,0 % (Tabela 4.9). Ressalta-se que o método de cálculo da evaporação diária utilizado é o de Penman-Monteith (FAO, 1998) e o método de cálculo do balanço hídrico, o de Thornthwaite e Mather (1955).

Ao se discutir a ocorrência de chuva nos meses do ano de 2012, torna-se evidente o motivo pelo qual o mês de junho ganha destaque nas análises dos parâmetros meteorológicos, uma vez que se reconhece a importância da precipitação para a dissipação dos poluentes e particulados atmosféricos, principalmente nessa época do ano (inverno), na qual a ocorrência de chuva sempre é menor em relação aos meses de verão.

Analisando-se todos os parâmetros meteorológicos, especialmente a precipitação pluvial, no mês de junho, foi possível verificar o aumento expressivo da chuva nessa época do ano. Esse fato, combinado à presença de ventos mais fortes, faz com que a atmosfera esteja mais limpa, isto é, com menores concentrações de poluentes e particulados que normalmente seriam evidenciados.

Com base nisso, esperava-se que as medidas referentes ao CO₂ na atmosfera fossem mais baixas, devido a precipitação elevada e aos ventos mais acentuados que foram observados no período em questão. Entretanto, o que se verificou foi que esses parâmetros não modificaram os valores encontrados que, em muitos casos, em comparação aos meses já analisados, estiveram acima do evidenciado.

Tabela 4.9. Balanço hídrico de Ourinhos no mês de junho de 2012.

Data	Temp. média	Chuva	Evap. potencial	Evap. real	Déficit hídrico	Excedente hídrico	Alteração	Armazenamento atual
01/06/2012	20,8	20,6	2,1	2,1	0,0	11,7	6,7	100,0
02/06/2012	18,6	6,4	0,6	0,6	0,0	5,7	0,0	100,0
03/06/2012	18,2	0,1	2,0	2,0	0,0	0,0	-1,8	98,1
04/06/2012	21,4	0,1	2,4	2,3	0,1	0,0	-2,2	95,9
05/06/2012	22,7	5,9	2,7	2,7	0,0	0,0	3,2	99,1
06/06/2012	17,6	27,8	0,3	0,3	0,0	26,6	0,8	100,0
07/06/2012	17,9	10,0	0,5	0,5	0,0	9,5	0,0	100,0
08/06/2012	14,3	10,1	0,5	0,5	0,0	9,5	0,0	100,0
09/06/2012	13,8	0,0	0,7	0,7	0,0	0,0	-0,7	99,2
10/06/2012	15,6	0,0	1,4	1,4	0,0	0,0	-1,3	97,8
11/06/2012	17,7	0,0	1,4	1,4	0,0	0,0	-1,4	96,4
12/06/2012	21,1	0,0	2,5	2,4	0,1	0,0	-2,3	94,0
13/06/2012	20,1	0,0	2,4	2,2	0,2	0,0	-2,2	91,8
14/06/2012	17,8	0,0	1,7	1,5	0,2	0,0	-1,5	90,3
15/06/2012	16,5	0,1	2,3	2,1	0,2	0,0	-1,9	88,3
16/06/2012	17,8	0,3	1,8	1,6	0,2	0,0	-1,3	87,0
17/06/2012	18,5	0,0	2,3	2,0	0,3	0,0	-2,0	85,0
18/06/2012	19,7	0,0	2,8	2,3	0,5	0,0	-2,3	82,7
19/06/2012	21,1	11,5	2,0	2,0	0,0	0,0	9,4	92,1
20/06/2012	17,8	171,5	0,1	0,1	0,0	163,5	7,8	100,0
21/06/2012	19,2	12,5	0,6	0,6	0,0	11,9	0,0	100,0
22/06/2012	16,7	21,9	0,3	0,3	0,0	21,6	0,0	100,0
23/06/2012	14,9	1,0	1,3	1,3	0,0	0,0	-0,2	99,7
24/06/2012	15,6	0,0	2,0	2,0	0,0	0,0	-2,0	97,7
25/06/2012	17,8	0,1	2,5	2,4	0,1	0,0	-2,2	95,4
26/06/2012	15,9	0,0	1,5	1,4	0,1	0,0	-1,4	94,0
27/06/2012	17,4	0,1	2,5	2,3	0,2	0,0	-2,2	91,8
28/06/2012	17,8	0,0	2,5	2,3	0,2	0,0	-2,2	89,5
29/06/2012	18,8	0,0	2,5	2,2	0,3	0,0	-2,2	87,3
30/06/2012	19,8	0,0	2,6	2,2	0,4	0,0	-2,2	85,1
Média total	18,1	10,0	1,7	1,6	0,1	8,7	-0,3	94,6

Fonte: Usina São Luiz, 2012.

Disponível em:

<<http://www.ctcanavieira.com.br/Clima/planilhas/planilha.jsp?planilha=/Clima/planilhas/Our2012.xls&titulo=Ourinhos>> - ano de 2012.

Ao relacionar os fatores de dispersão de poluentes, o que é possível perceber é que, em geral, a chuva foi a principal variabilidade que ocorreu no período de coleta dos dados, mas é

importante salientar também que, mesmo com elevada quantidade de chuva, os valores de CO₂ não decaíram com o excedente hídrico ocorrido. O valor médio encontrado para esse dia na estação da Usina São Luiz foi de 2,4 m/s, com orientação no sentido sudeste. O valor máximo de 6,5m/s também foi de grande expressividade, sendo também proveniente do sentido sudeste. Essa medida ocorreu por volta das 12h00min do dia 22/06.

4.3.5 Julho de 2012

Neste mês, as medidas ocorreram no dia 24. Foi possível verificar que os valores de temperatura estiveram em torno de 14,0 °C, no horário das 10h00min, chegando ao valor máximo de 25,5°C, às 16h00min. Já a umidade relativa começou com 92,0 %, às 10h00min, passando por 76,0 % às 14h00min e finalizando com 65,0 %, às 16h00min. Para o parâmetro vento, não houve marcados valores, sendo que somente no período das 12h00min foi possível verificar o valor de 1,0 m/s, o que não caracteriza a presença de ventos forte, neste dia. Para a precipitação, não foi possível verificar a ocorrência neste dia de coleta.

4.3.6 Agosto de 2012

Para as coletas realizadas neste mês, no dia 21, foi possível notar que diferentemente do mês anterior, foi possível verificar a ocorrência ventos mais significativos durante as medidas, que oscilaram entre 0,5 m/s as 10h00min e 2,3 m/s, às 16h00min. Mesmo com valores acima daqueles registrados nos meses anteriores, não é possível inferir que estes foram os responsáveis pela dissipação dos compostos e poluentes atmosféricos, uma vez que os ventos medidos não apresentaram valores altos de velocidade.

Quanto aos valores de temperatura, estes estiveram em torno de 14,6 °C, às 10h00min, chegando a 29,0 °C, no horário das 16h00min. Para o parâmetro da umidade relativa do ar, notou-se um valor elevado no começo das medidas de 87,0 %, às 10h00min e um valor muito abaixo no período das 16h00min, de 29,0 %, o que gerou a amplitude de 58,0 % neste dia de coleta.

A ocorrência de precipitação, neste dia, não pode ser evidenciada.

Na Figura 4.13 é possível verificar com a imagem de satélite (GOES-12) a presença dos sistemas citados e suas representações através das bandas de nebulosidade. Nota-se marcadamente a ocorrência da ZCAS nesse dia, afetando a área de estudo.

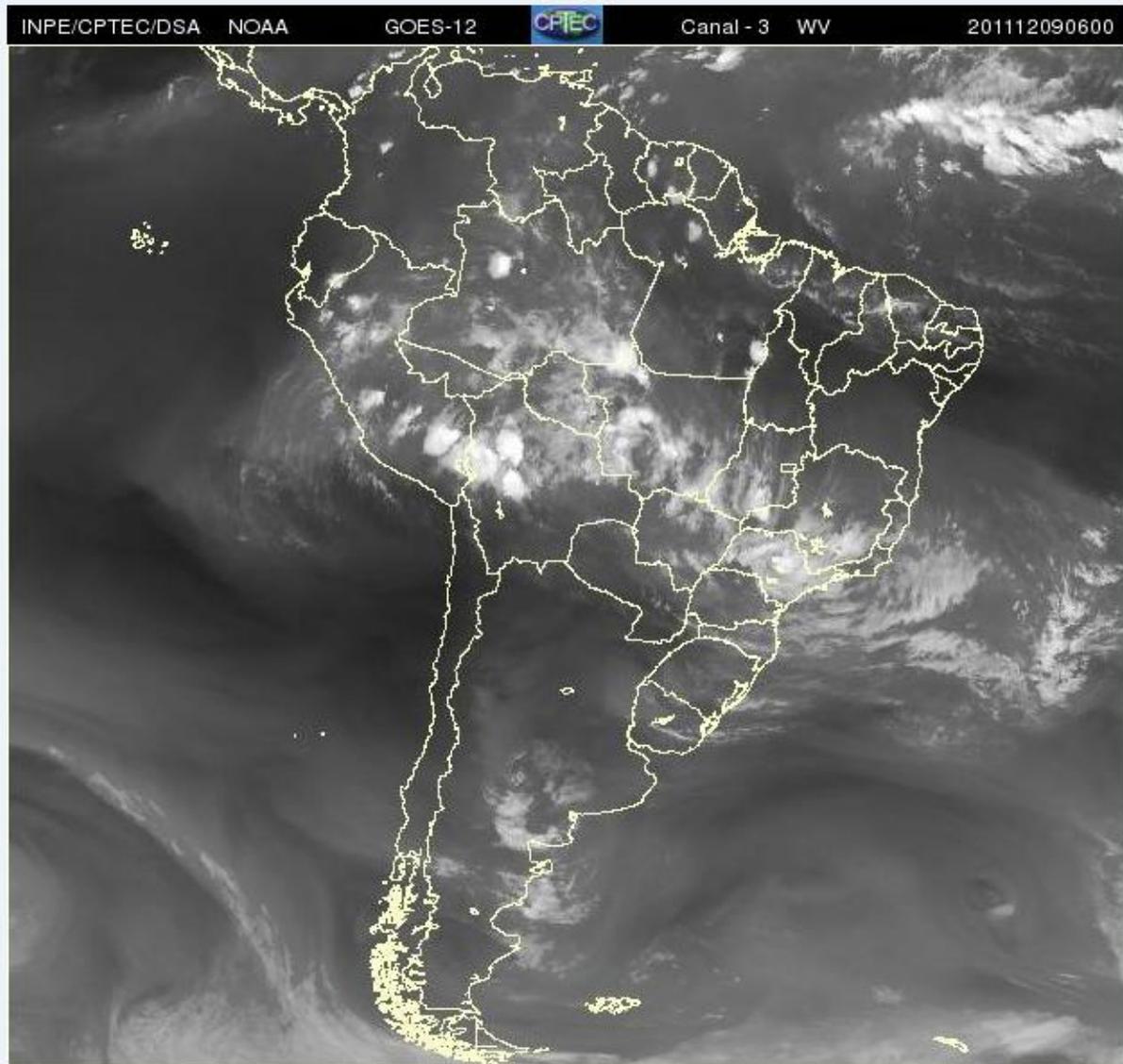


Figura 4.10. Imagem do satélite GOES-12 para o dia 9 de dezembro de 2011, banda de vapor d'água (3).
Fonte: CPTEC/INPE (2012).

Na carta sinótica de 27/01/2012 (Figura 4.14), o que se pode notar é a presença da ZCAS, associada a um sistema frontal semi-estacionário. Esses sistemas, ao analisar a Figura 4.15, notou-se que a banda de nebulosidade afetou grande parte do território brasileiro, porém não foi possível verificar a existência de grandes porções cobertas pelas bandas de nebulosidade.

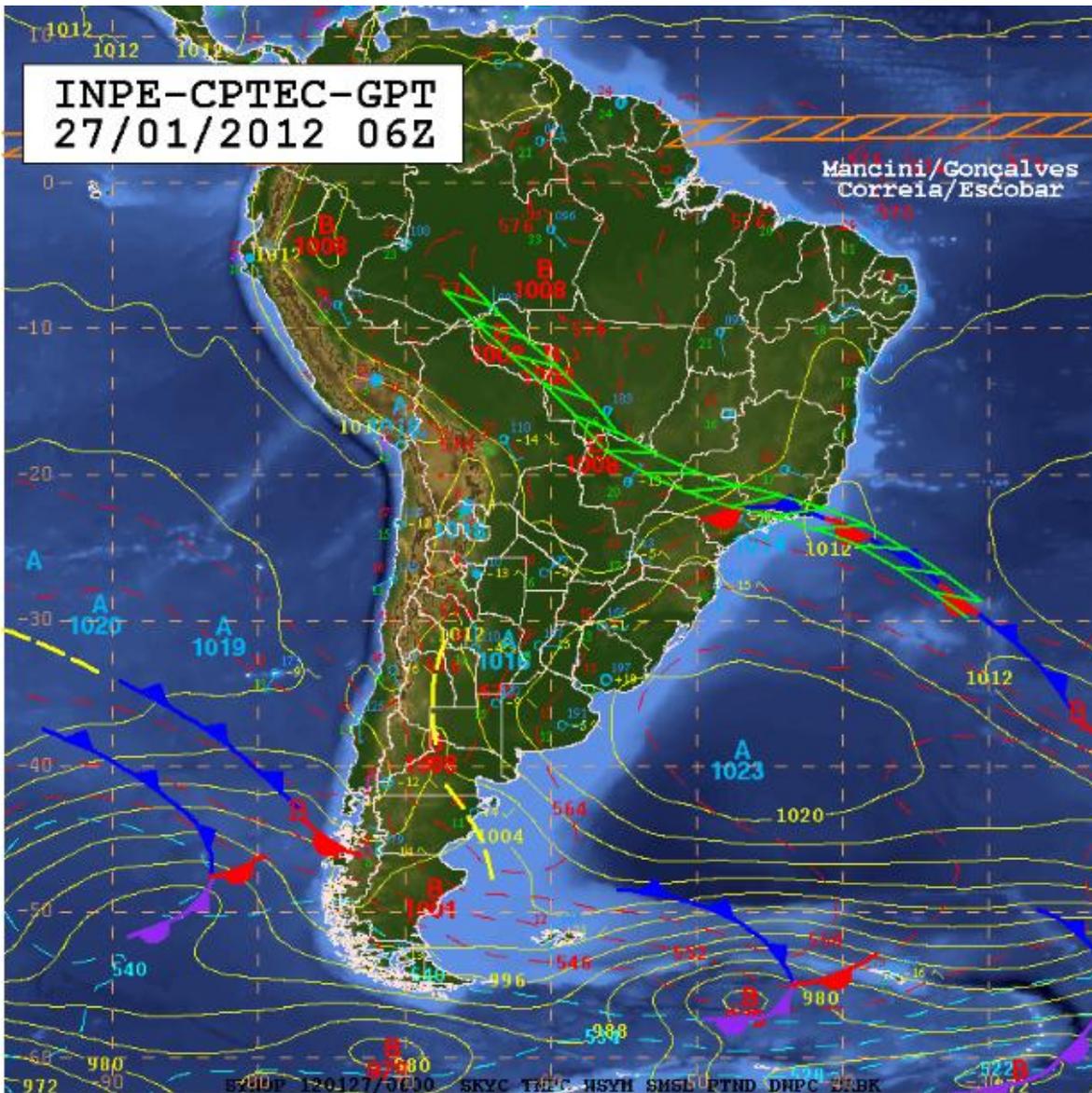


Figura 4.11. Carta sinótica da América do Sul, de 27 de janeiro de 2012.

Fonte: CPTEC/INPE (2012).

Ainda que não afete diretamente a área de estudo, outros sistemas também foram observados, como, por exemplo, a presença da ZCIT a nordeste da imagem (no Atlântico).

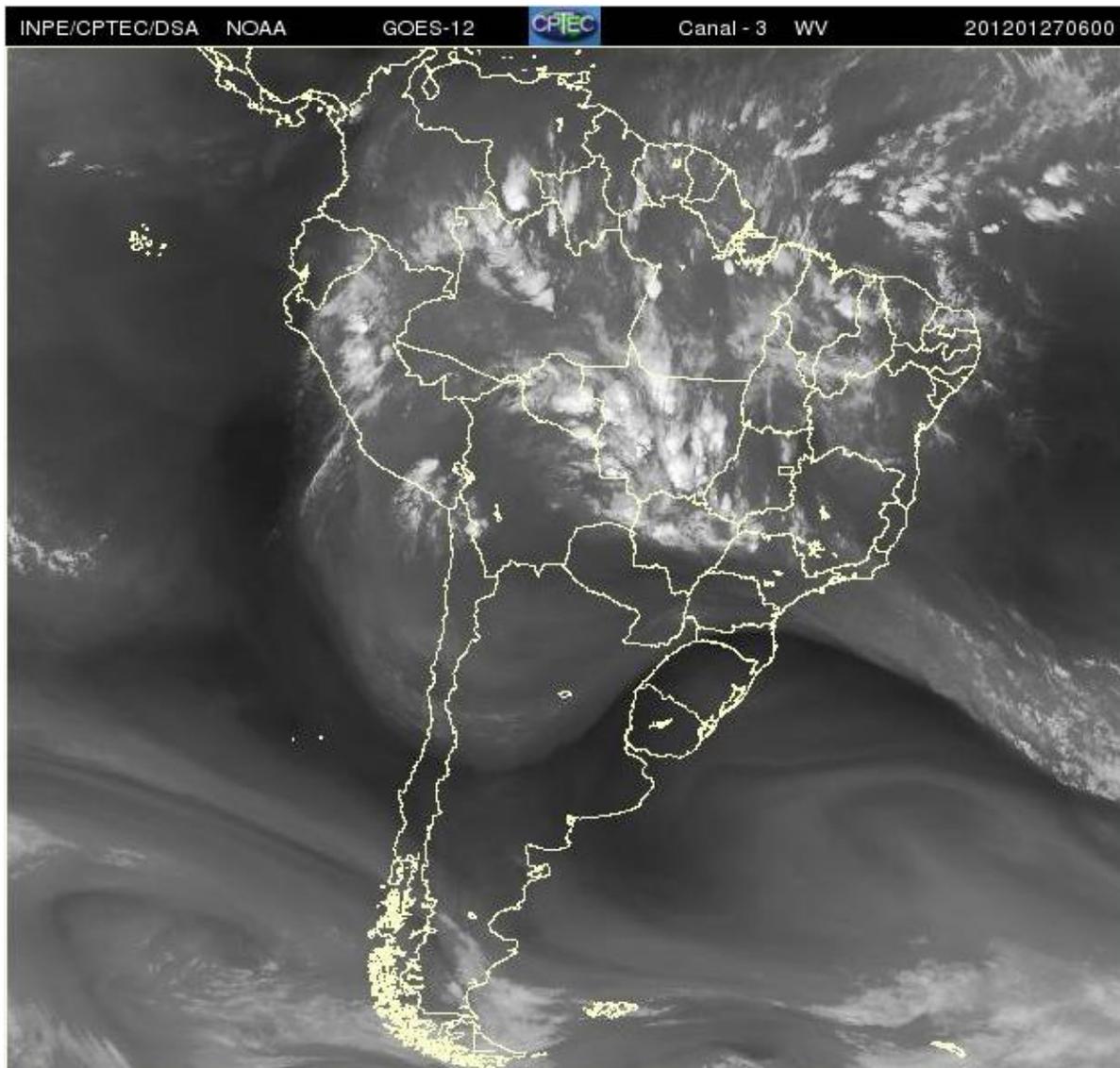


Figura 4.12. Imagem do satélite GOES-12 para o dia 27 de janeiro de 2012, banda de vapor d'água (3).
Fonte: CPTEC/INPE (2012).

No mês de fevereiro de 2012, especificamente no dia 8, foi possível verificar na carta sinótica de superfície (Figura 4.16), a presença de vários sistemas de baixa pressão em grande parte do território brasileiro e na faixa do litoral da região Sudeste. Mesmo com os núcleos de baixa pressão nos estados vizinhos e litoral desta região, não foi verificada a presença de chuva em Ourinhos.

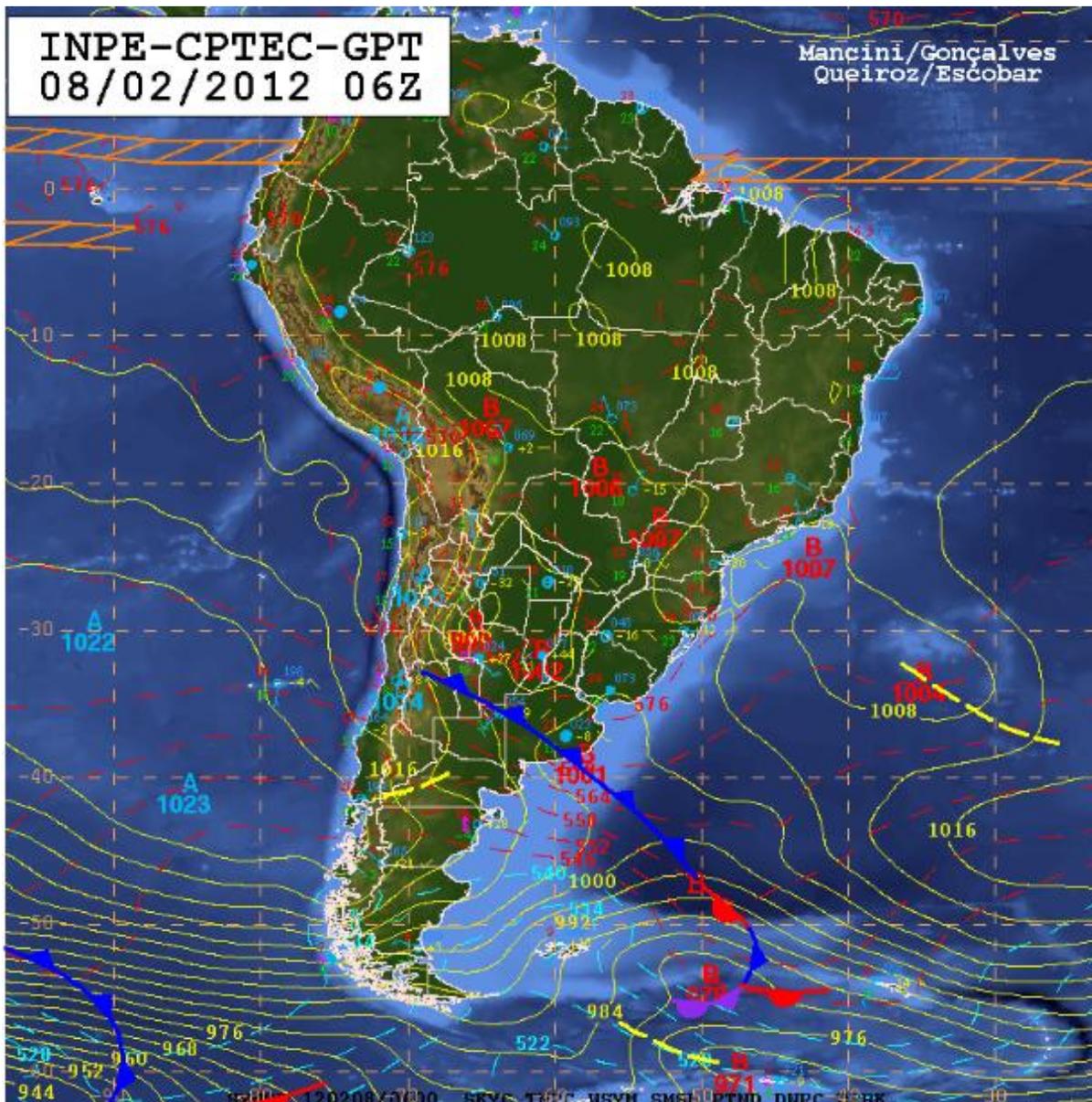


Figura 4.13. Carta sinótica da América do Sul, de 8 de fevereiro de 2012.

Fonte: CPTEC/INPE (2012).

Os sistemas analisados anteriormente podem ser visualizados também na Figura 4.17, na qual, com as imagens do satélite GOES-12, é possível notar a presença das perturbações atmosféricas. Nesse caso, os sistemas mais evidentes são as áreas de baixa pressão no noroeste da América do Sul, o posicionamento da ZCIT e a ocorrência da frente fria adentrando a região Sul do Brasil. Entretanto, como dito anteriormente, esses sistemas não influenciaram na ocorrência de chuva na área de estudo.

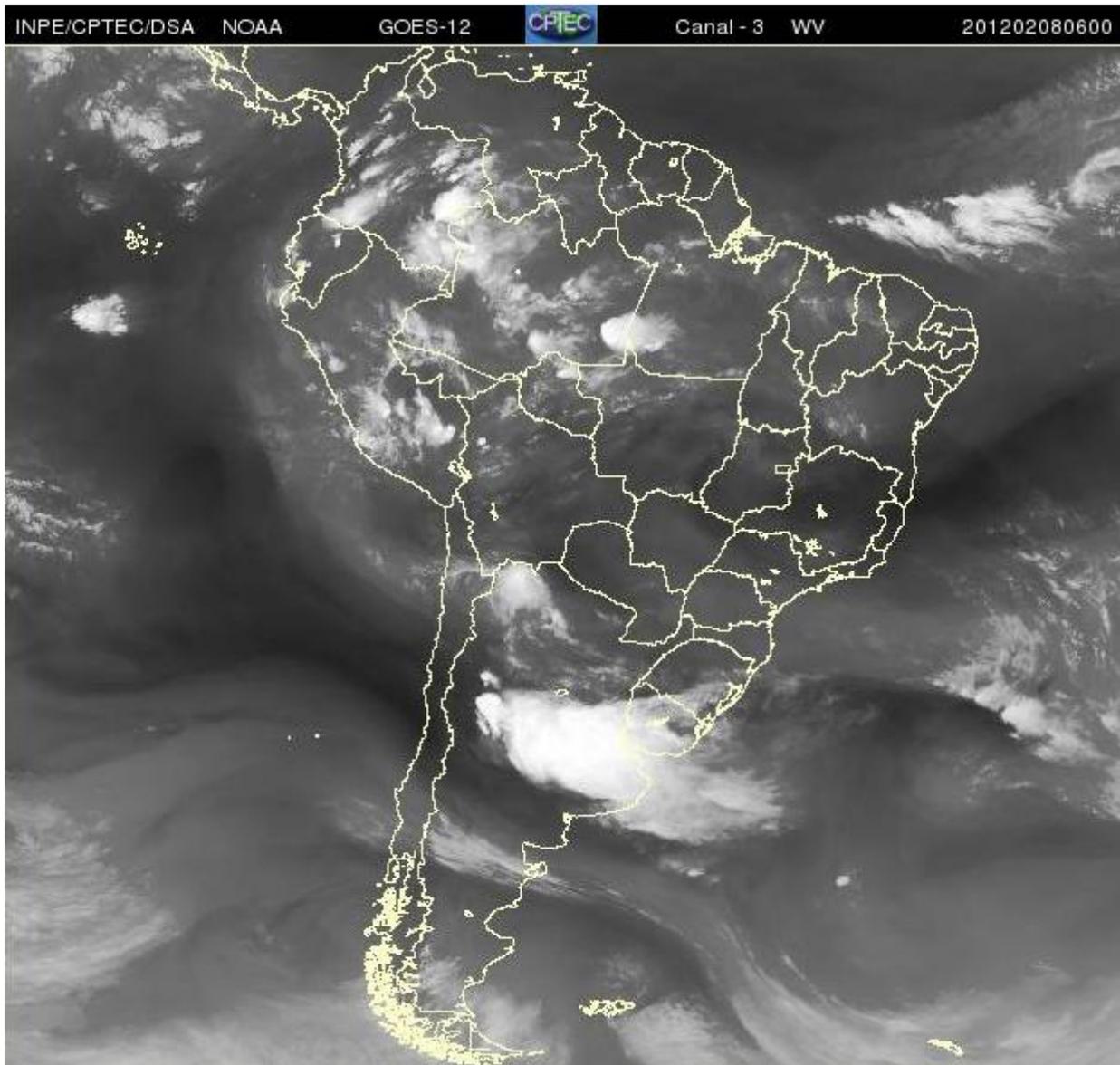


Figura 4.14. Imagem do satélite GOES-12 para o dia 08 de fevereiro de 2012, banda de vapor d'água (3).
Fonte: CPTEC/INPE (2012).

Analisando-se a carta sinótica do dia 22 de junho de 2012 (Figura 4.18), percebeu-se a ocorrência de uma frente estacionária bem marcada. Esse sistema está situado desde o sudeste do Peru, Bolívia, Mato Grosso do Sul e São Paulo, seguindo adiante pelo Atlântico até uma zona de baixa pressão (1008 hPa), próxima a 39°S/20°W. Logo após esse sistema (em sua retaguarda), a alta pós-frontal atuou com valor de 1019 hPa (CPTEC/INPE). Esse sistema, a frente estacionária, atingiu a área de estudo, modificando a dinâmica regional climática.

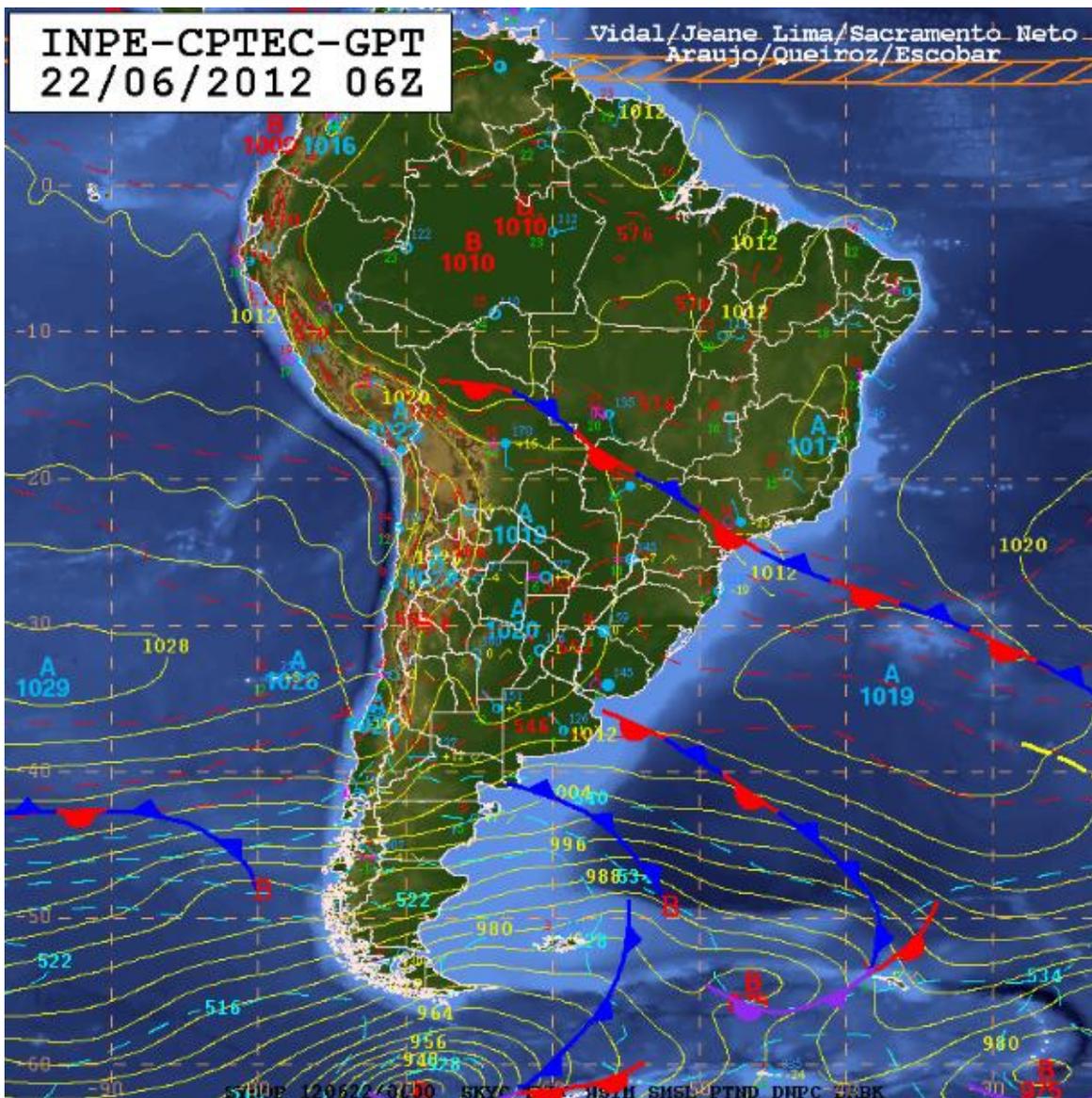


Figura 4.15. Carta sinótica da América do Sul, de 22 de junho de 2012.
Fonte: CPTEC/INPE (2012).

A Figura 4.19 ilustra o comportamento desses sistemas em bandas de nebulosidade. Nesta imagem de satélite, fica evidente a presença da frente estacionária bem marcada, estendendo-se até o Atlântico. Os sistemas que estiveram presentes no sul da América do Sul também são vistos com clareza, assim como as nuvens que marcam o posicionamento da ZCIT.

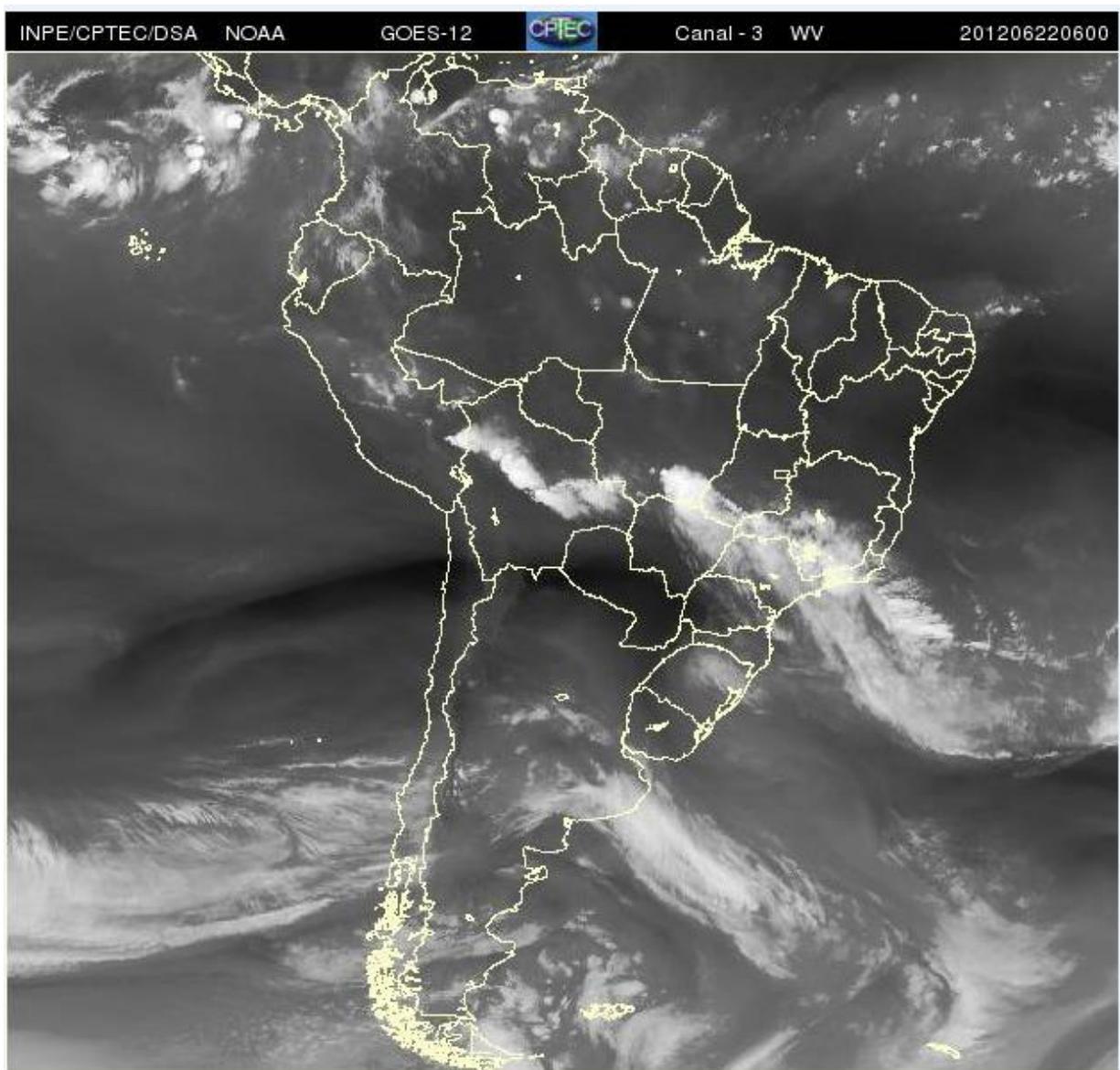


Figura 4.16. Imagem do satélite GOES-12 para o dia 22 de junho de 2012, banda de vapor d'água (3).
Fonte: CPTEC/INPE (2012).

De acordo com a carta sinótica do CPTEC/INPE (Figura 4.20), é possível verificar que as áreas de baixa pressão predominam localizadas sobre o norte da Argentina e do Paraguai, onde se estende um cavado (a leste) sobre o Rio Grande do Sul e o oceano Atlântico. Ainda sobre o oceano, há a presença de uma frente fria associada a uma área de baixa pressão (o próprio oceano Atlântico), que se estende até a região Sul do Brasil. Nota-se que esta frente encontra-se estacionária dentro do continente.

Ao analisar o restante do país, verificou-se que a região Norte apresentava áreas de alta pressão, nas quais não foi possível verificar a presença de nebulosidade. O mesmo aconteceu na área de estudo e na região onde ela se enquadra (sudeste), sendo a alta pressão responsável pela ausência de formações de bandas nebulosas.

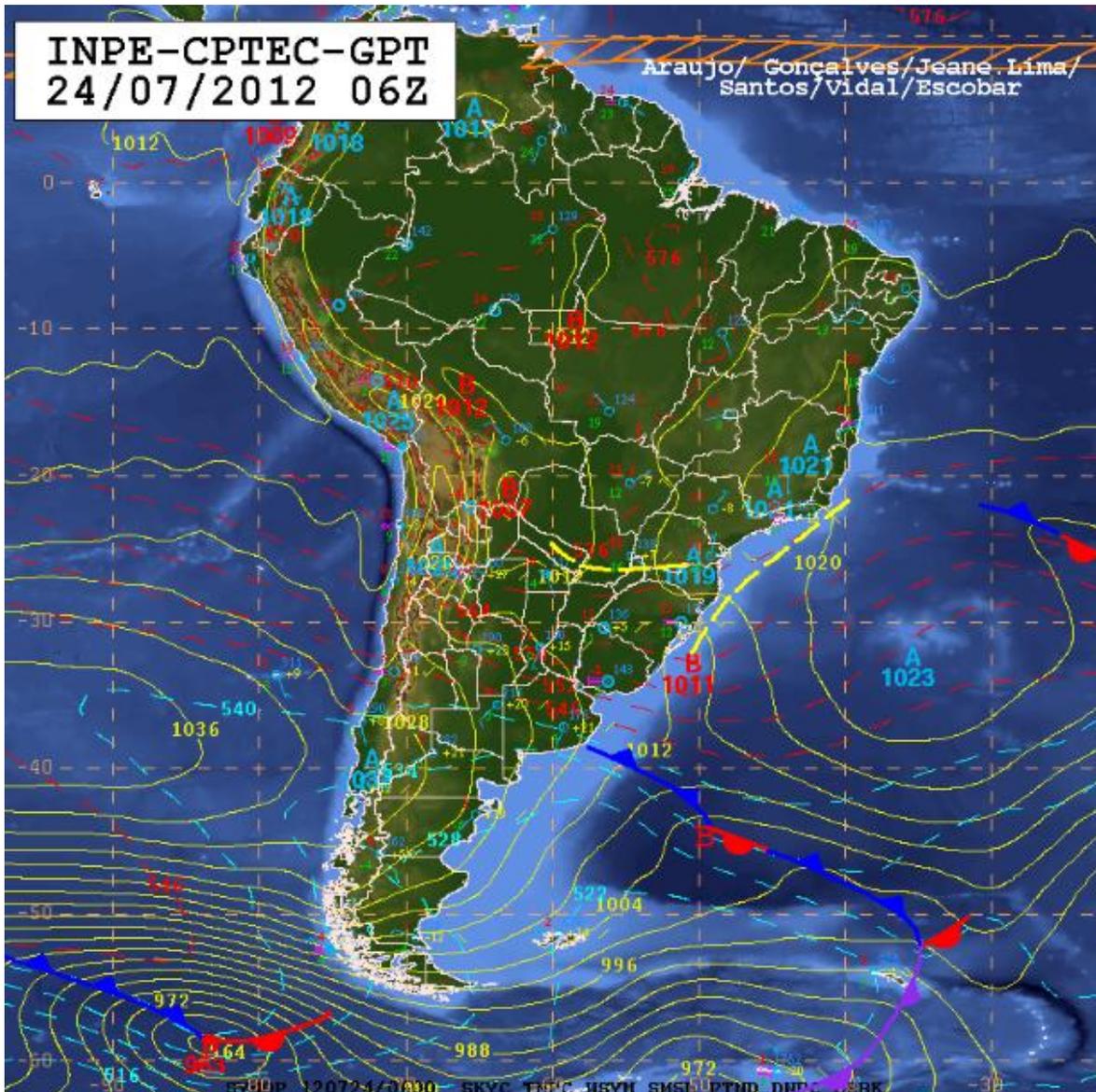


Figura 4.17. Carta sinótica da América do Sul, de 24 de julho de 2012.

Fonte: CPTEC/INPE (2012).

Esses sistemas podem ser verificados (Figura 4.21) na imagem de satélite a seguir, através das bandas de nebulosidade ocorridas nesse dia. Com base na carta sinótica e na imagem

de satélite, nota-se que apenas ao norte do continente são verificadas formações de nuvens, no caso, a ZCIT é o principal sistema responsável por essa concentração. Ainda considerando a Figura 4.21, na área de estudo não é possível identificar concentrações ou bandas de nebulosidade, indicando céu claro e tempo bom. O restante do país não apresenta marcada nebulosidade, podendo-se observar que São Paulo, não há ocorrência de chuvas.

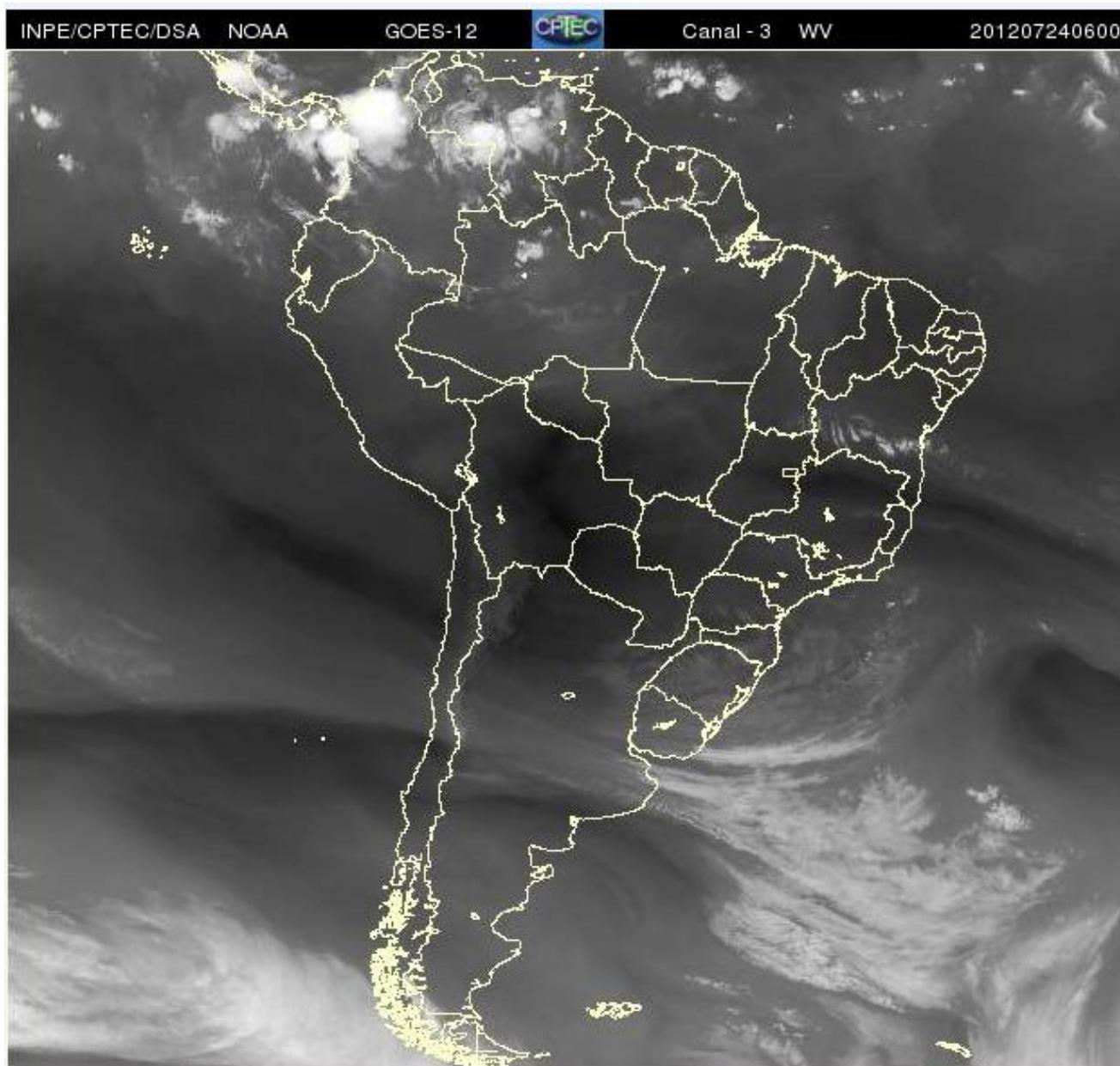


Figura 4.18. Imagem do satélite GOES-12 para o dia 22 de junho de 2012, banda de vapor d'água (3).
Fonte: CPTEC/INPE (2012).

Os dados do CPTEC/INPE informam que na carta sinótica do dia 21 de agosto de 2012 (Figura 4.22) a alta subtropical do Atlântico Sul (ASAS) apresentou-se com valor pontual de 1035 hPa, em torno de 32°S/30°W. As características desse sistema eram típicas de bloqueio atmosférico, mas com faixa de escoamento sobre a faixa centro-leste do Brasil. Sistemas frontais são observados sobre o oceano Atlântico (sul de 25°S) e uma frente fria é notada ao sul do continente.

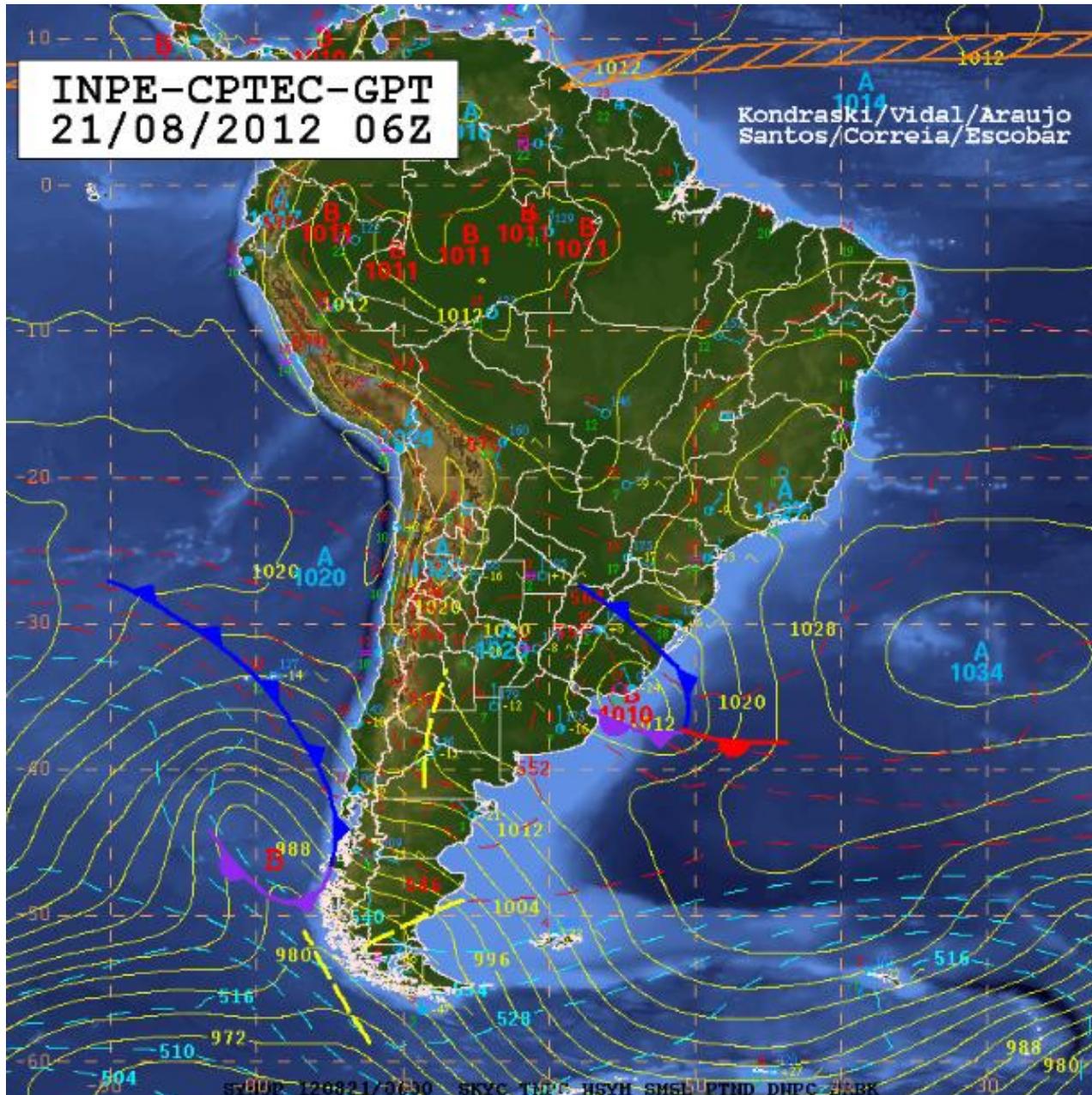


Figura 4.19. Carta sinótica da América do Sul, de 21 de agosto de 2012.

Fonte: CPTEC/INPE (2012).

Ao relacionar a carta sinótica com a imagem de satélite do mesmo dia (Figura 4.23), nota-se que ao sul do continente há a presença de banda de nebulosidade, porém ao verificar a área de estudo (bem como grande parte do território brasileiro), não foi possível identificar bandas de grande expressividade, que pudessem indicar forte atividade convectiva. Deve-se ressaltar que climatologicamente esse é o mês mais seco no estado de São Paulo, estando Ourinhos dentro desse padrão, com ausência de chuva ao longo do mês de agosto.

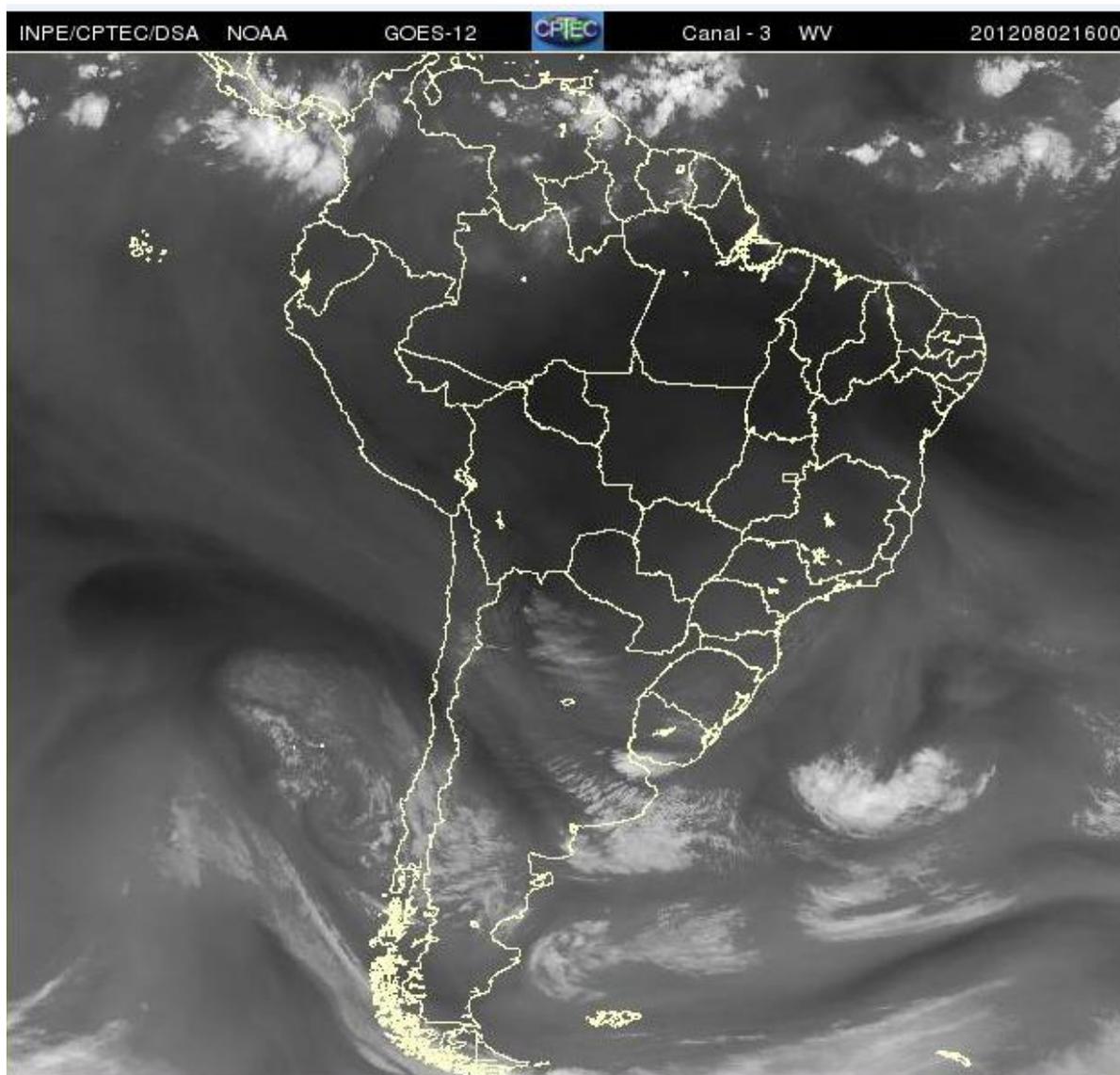


Figura 4.20. Imagem do satélite GOES-12 para o dia 21 de agosto de 2012, banda de vapor d'água (3).
Fonte: CPTEC/INPE (2012).

Apenas ao norte do continente há a concentração de pequenos pontos de nebulosidade, sendo esta proveniente da ZCIT, que se encontra próxima ao local, além da própria atividade convectiva da Amazônia. Na carta sinótica observa-se esse fato, com áreas de baixa pressão situadas a noroeste do Amazonas, enquanto na imagem de satélite são verificadas concentrações de nuvens (em pequenas porções) nessa mesma localidade.

5 CAMPANHA DE COLETA DE DADOS – AGOSTO DE 2010

Em agosto de 2010 foi realizada em Ourinhos campanha de coleta de dados, na qual vários pesquisadores estiveram envolvidos. Essas coletas ocorreram no campus da Unesp, na cidade de Ourinhos/SP. Outras Instituições envolvidas foram o Instituto de Pesquisas Meteorológicas – Unesp (Bauru), os Institutos de Química da Unesp (Araraquara), da Universidade Estadual de Campinas (Unicamp) e da Universidade de São Paulo (USP). A campanha aconteceu no mês de agosto de 2010.

Devido ao caráter desse estudo, neste capítulo será discutida a ocorrência de Jatos de Baixos Níveis, pois são responsáveis pelo transporte de poluentes e particulados de um local para outro, devido a dinâmica atmosférica. Ao se analisar os dados coletados do Sodar, identificaram-se a ocorrência de inúmeros jatos dentro desse período. Para esta fase do estudo, foi selecionado o jato que aconteceu entre os dias 9 a 10 de agosto, das 18h00min do dia 9 até as 12h00min do dia 10. O principal aspecto para este dia ser escolhido foi a magnitude da intensidade dos ventos e da altitude por eles alcançada (Figura 5.1).

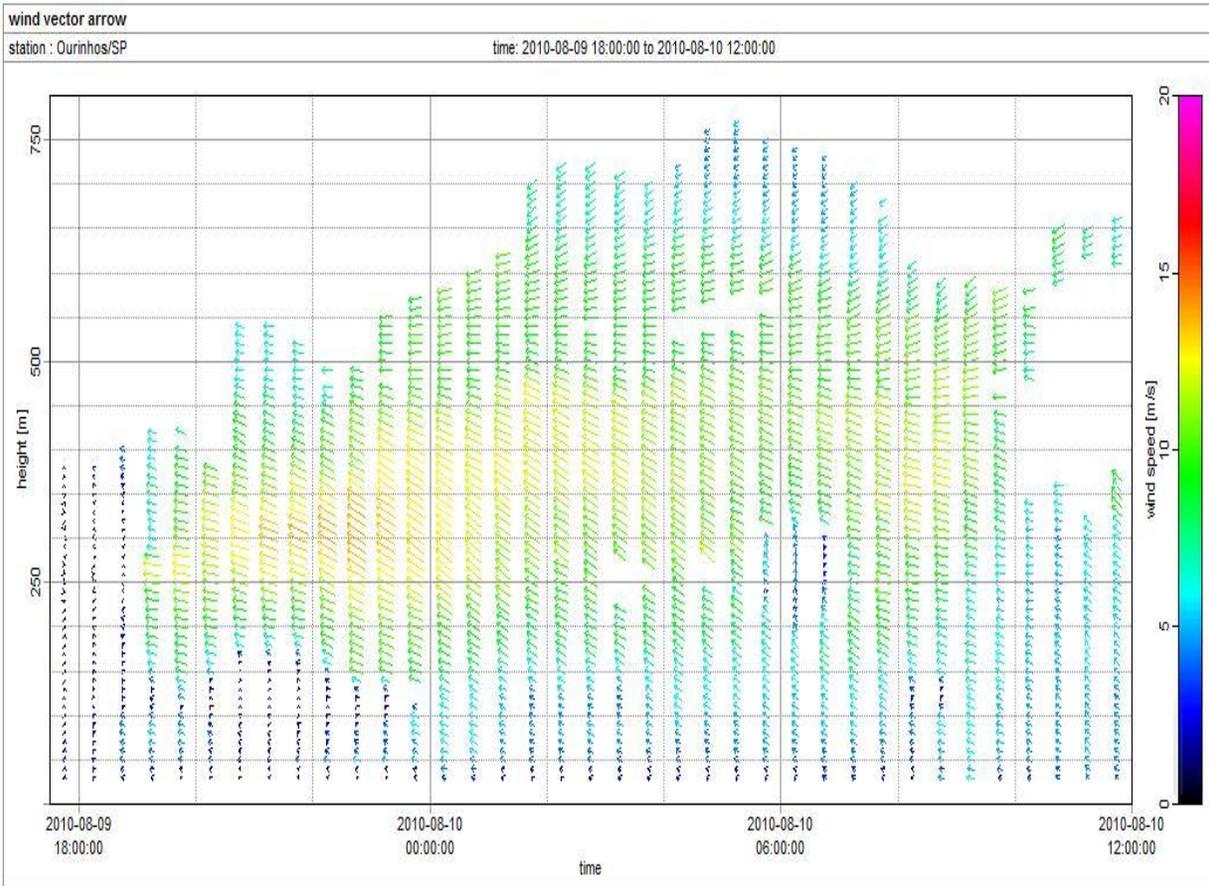


Figura 5.1. Vetores de vento nos dias 09 e 10 de agosto de 2010; dados do SODAR.

De acordo com a mesma figura, é possível identificar o período de desenvolvimento do jato, pois no período da noite (dia 9) e da madrugada (dia 10) as características foram bem marcadas, haja vista o intervalo entre 19h00min e 24h00min, no qual se verificam valores mais expressivos em torno de 300 m de altitude, com velocidades de até 13m/s.

Ao se observar a Figura 5.2, o valor máximo de altimetria que o SODAR registrou foi 800 m de altitude, aproximadamente. Entretanto, a ocorrência do jato de baixo nível noturno acontece em níveis mais baixos, sendo que nesse dia se desenvolveu em torno de 200 m a 500 m, desde seu início até sua dissipação. A velocidade máxima verificada foi de 13,0 m/s (a 300 m), sendo esse jato um dos mais evidentes no período.

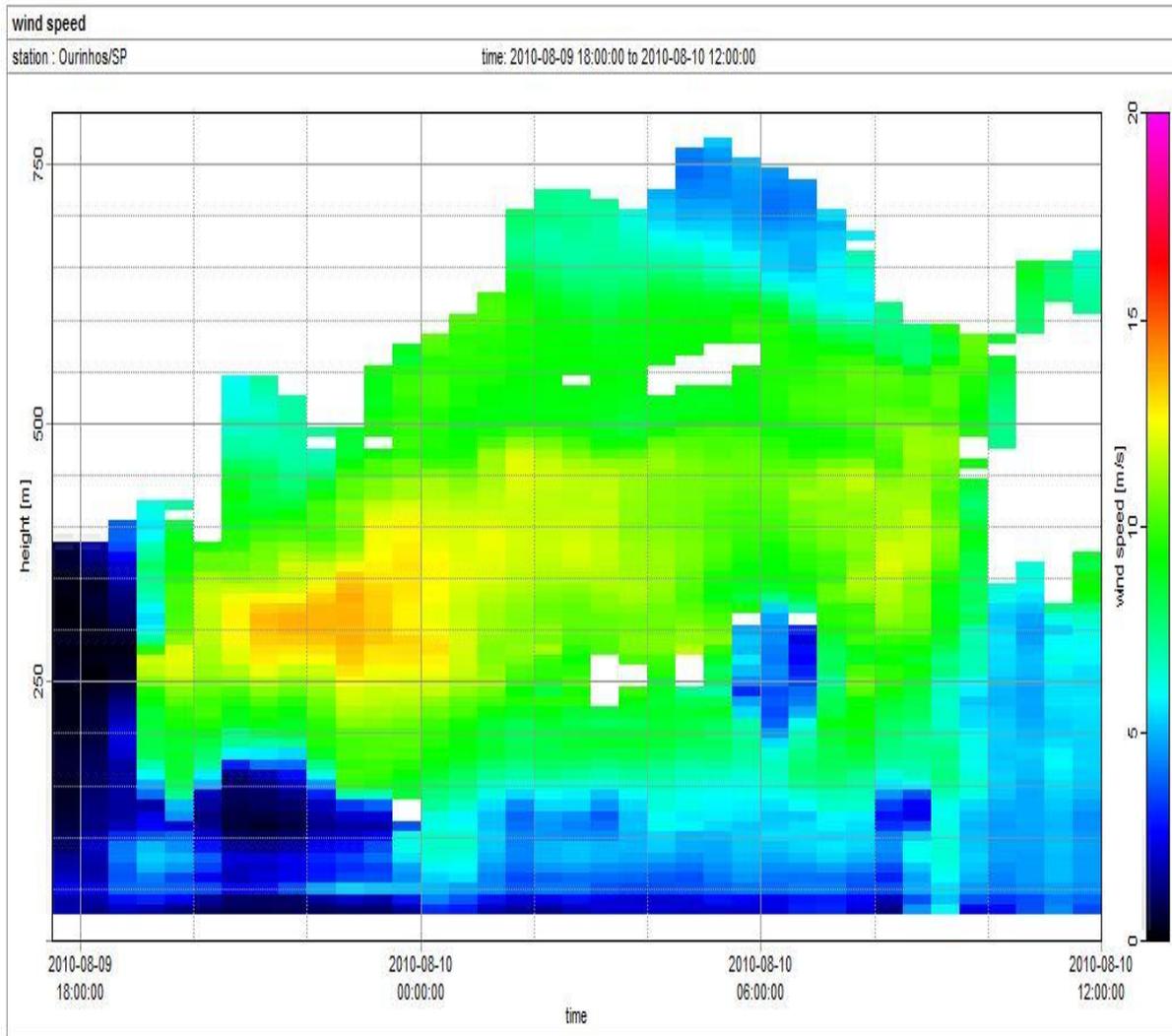


Figura 5.2. Velocidade dos ventos do dia 09 e 10 de agosto de 2010, segundo dados do SODAR.

Ao se analisar a direção predominante dos ventos, nota-se que a maioria foi proveniente de leste (90°). Já no núcleo do jato, é possível observar picos advindos de sudeste (Figura 5.3). Outros aspectos também podem ser salientados no que se refere aos dados temporais da atmosfera no dia 9 de agosto, quando foi realizada uma radiossondagem para melhor conhecimento da atmosfera local. Tais perfis podem ser verificados nas Figuras 5.4 e 5.5, que remetem ao perfil do vento e aos dados de temperatura, umidade relativa do ar e ponto de orvalho.

Ressalta-se que os perfis verticais gerados para o período de ocorrência do jato em questão se encontram no final deste trabalho (Anexo II), nos quais é possível verificar as velocidades dos ventos no período de análise.

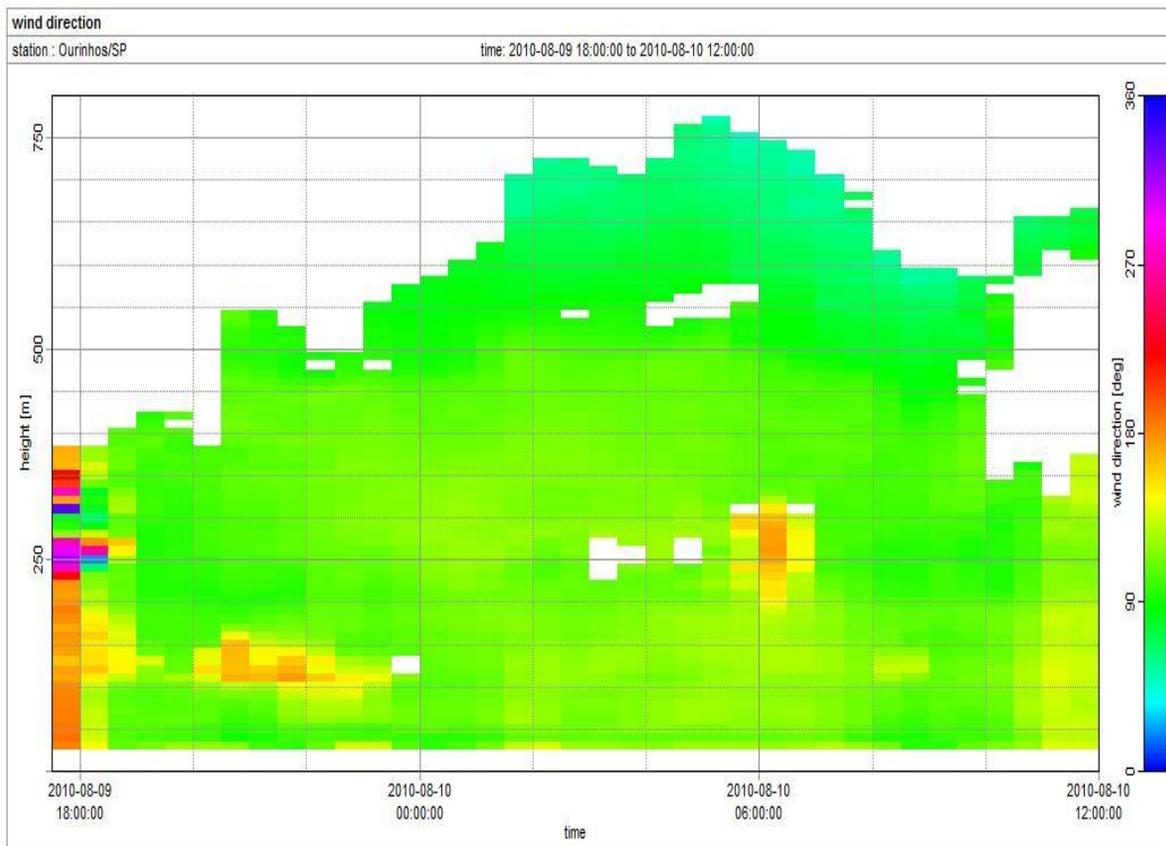


Figura 5.3. Direção dos ventos nos dias 09 e 10 de agosto de 2010, segundo dados do SODAR.

Para a Figura 5.4, nota-se que quanto maior a altitude do balão meteorológico, maior foi a velocidade dos ventos. Esse fato deve-se à diminuição da pressão atmosférica, bem como à circulação livre das correntes, devido à altitude e à ausência de rugosidades na superfície. A direção dos ventos observada em superfície iniciou-se entre 180° e 225° , ou seja, de sul a sudoeste, porém conforme o aumento da altimetria, notaram-se modificações na direção das correntes, que oscilaram entre 225° e 270° (orientações sudoeste e oeste).

Ourinhos,SP
09/08/2010
20:19 UTC
VENTO

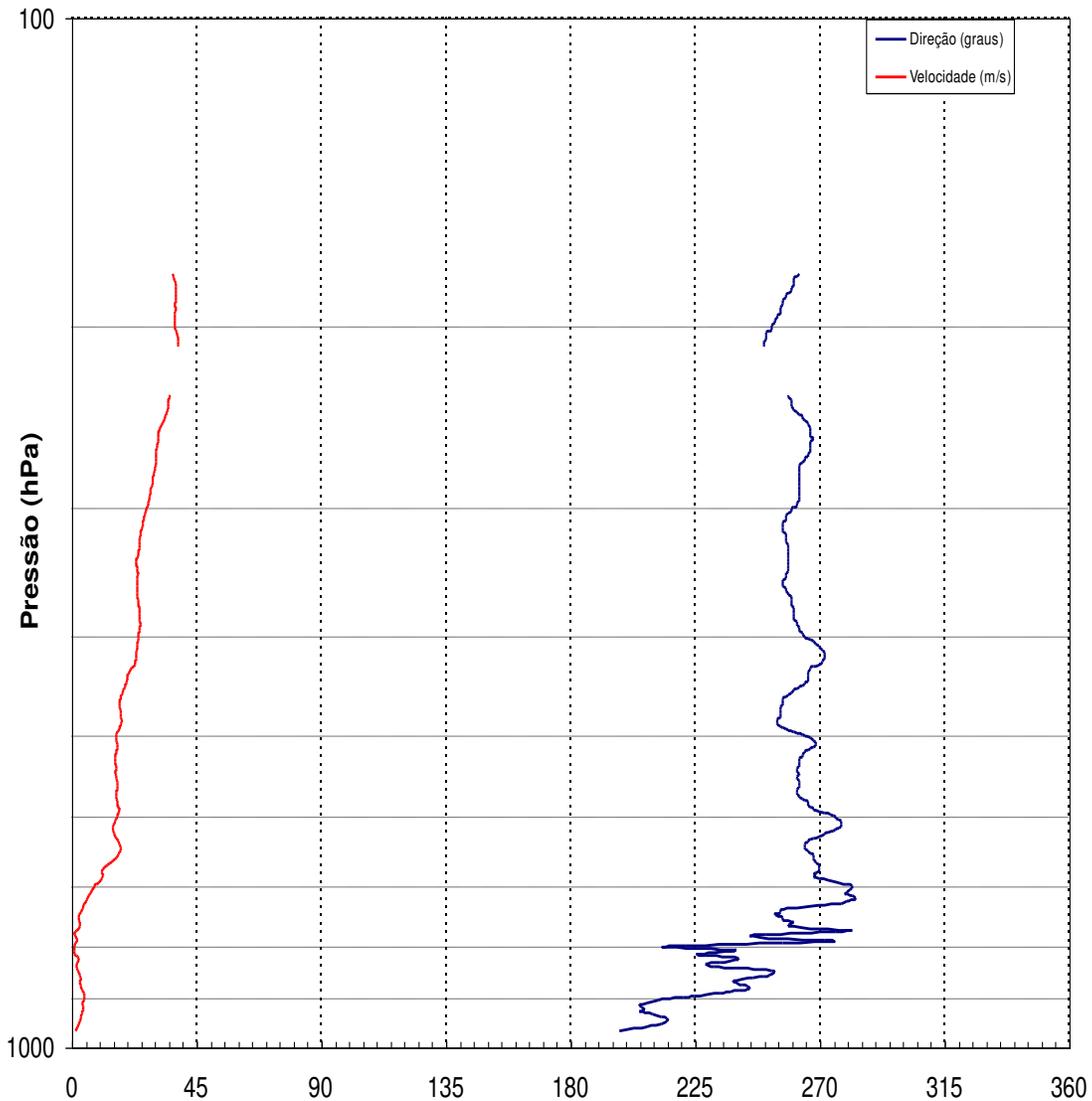


Figura 5.4. Dados da radiossondagem (vento), em Ourinhos, às 20h19min (UTC) de 9 de agosto de 2010.

Nos dados discutidos na Figura 5.5, é possível verificar o perfil da atmosfera em altitude. Para os parâmetros da temperatura e do ponto de orvalho, nota-se que estes seguem um mesmo padrão, no qual os valores diminuem conforme a radiossonda ganhou altitude. Por volta dos 100 hPa, os valores de temperatura estiveram em torno de $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$ e o ponto de orvalho esteve em $-90\text{ }^{\circ}\text{C}$, sendo estes os valores mínimos observados.

Ourinhos,SP
09/08/2010
20:19 UTC
PTU

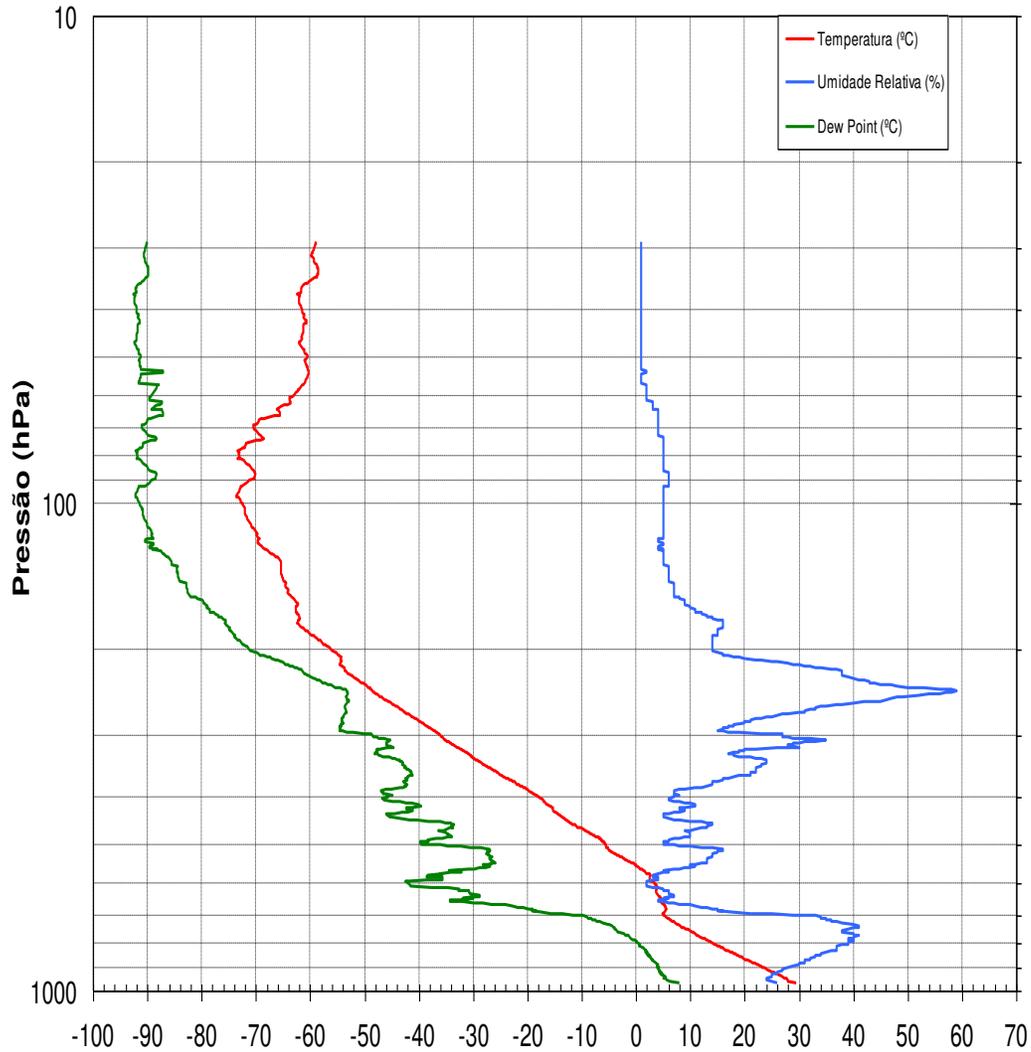


Figura 5.5. Dados da radiossondagem (PTU), em Ourinhos, às 20h19 (UTC) de 09 de agosto de 2010.

Já para os valores de umidade relativa do ar, verifica-se aumento gradativo de 25,0 % para 40,0 %, saindo de 1000 hPa para 700 hPa. Logo após, houve um decréscimo acentuado para menos de 10,0 % (400 hPa). Logo em seguida, os valores começaram a aumentar novamente, quando se observaram valores de 60,0 % de umidade relativa (200 a 300 hPa), sendo este o valor máximo alcançado durante as medidas.

De forma geral, ao se compararem os resultados das radiossondagens com o desenvolvimento do JBN (iniciado às 20h00min do dia 9 de agosto, evidenciado nos dados do SODAR), nota-se que a temperatura sofre crescente diminuição conforme o aumento da altitude da radiossonda, sendo esta uma típica característica do jato, isto é, a queda nos valores de temperatura, que posteriormente caracterizaria a inversão térmica, que pode ser notada com clareza após as 21h00min (Anexo II).

Além das radiossondas, para melhor conhecimento dos dados selecionados, buscou-se compreender, além dos dados em superfície, quais os sistemas meteorológicos que estariam atuando no período e especialmente nos dias de análise (9 e 10 de agosto). Segundo dados do CPTEC/INPE (2010), o encontro de duas frentes (fria e quente) que se formou no oceano Atlântico próximo ao litoral da região Sudeste do Brasil, no dia 8, acarretou no dia seguinte que a parte da frente fria do sistema frontal seguisse em direção ao continente, provocando chuvas fracas no litoral e queda nas temperaturas máximas (Figura 5.6). Já no interior do estado de São Paulo, houve o aumento do número de nuvens e o sensível declínio dos valores de temperatura. No final do dia 9, esse sistema já se apresentava deslocado e afastado do estado, sendo observada a presença de outro sistema de alta pressão pós-frontal, o qual se estendeu até o dia 12 de agosto.

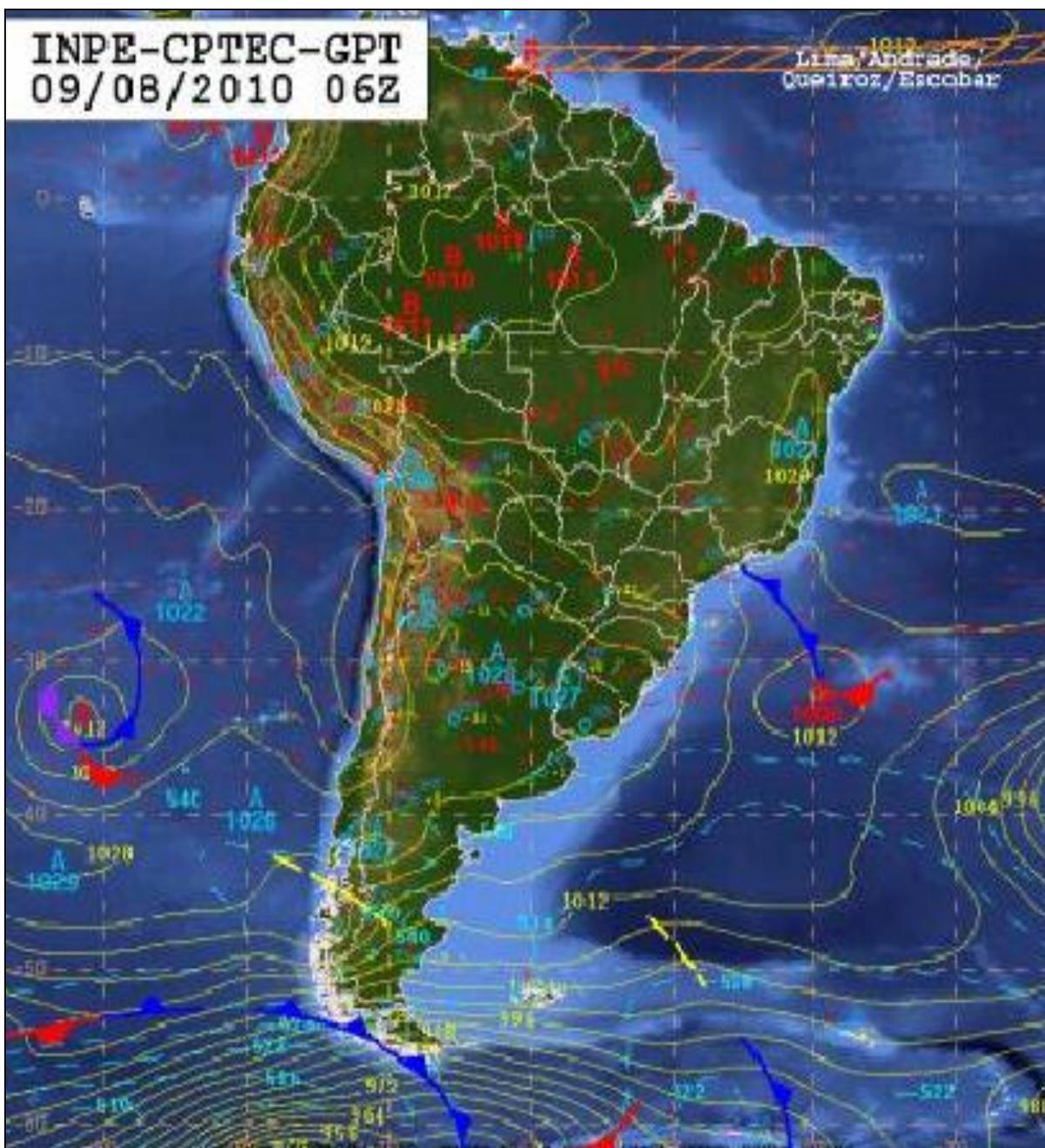


Figura 5.6. Carta sinótica da América do Sul, de 09 de agosto de 2010.
 Fonte: CPTEC/INPE (2010).

É possível verificar nas imagens do satélite GOES-12 a ausência de sistemas que pudessem causar instabilidade atmosférica relevante em Ourinhos (Figura 5.7). Nota-se somente uma pequena banda de nebulosidade e a presença de nuvens isoladas em determinadas localidades.

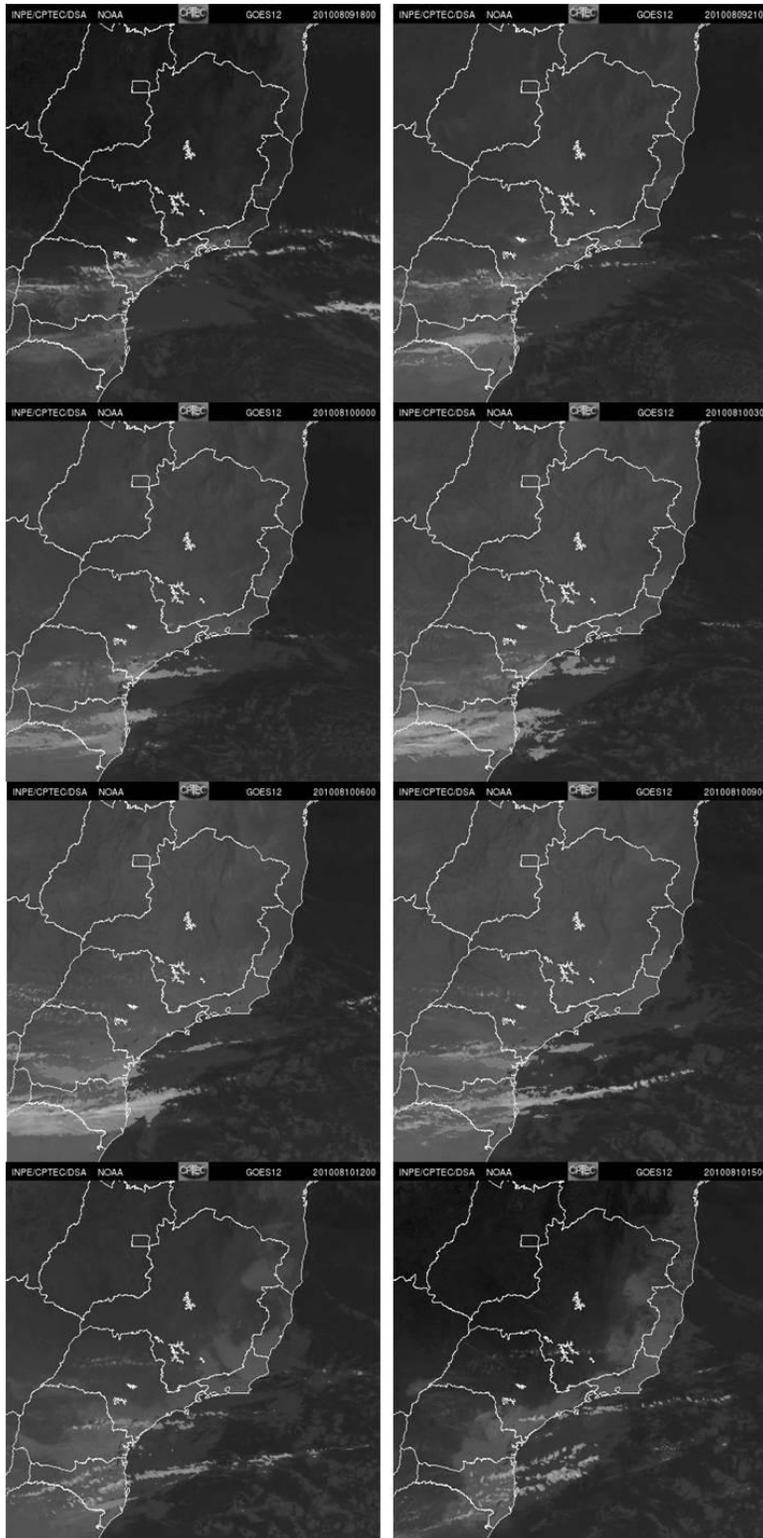


Figura 5.7. Imagens do satélite GOES-12 nos dias 09 (18h00min e 21h00min) e 10 de agosto de 2010 (00h00min, 03h00min, 06h00min, 09h00min, 12h00min e 15h00min).

Fonte: CPTEC/INPE (2010).

6 CONCLUSÕES

Com os resultados obtidos, o que se pode inferir é que o município de Ourinhos não apresenta quantidades alarmantes para os compostos analisados. A partir das medidas realizadas, foi constatada a incidência de tais particulados e gases, mas estes não ultrapassaram os valores recomendados pela CETESB. De qualquer forma, considerando-se que o município está se desenvolvendo economicamente, é necessário mitigar a ocorrência desses compostos, para que Ourinhos não passe por problemas semelhantes aos de outras cidades onde, durante seu desenvolvimento, o poder público não tomou nenhuma medida mitigadora.

Ourinhos encontra-se em posição estratégica entre as regiões do país, além disso desempenha grande função articuladora e polarizadora do espaço em seu entorno. Nota-se que com seu desenvolvimento, bem como sua dinâmica, é possível que esta cidade, sem o devido planejamento, desenvolva problemas ambientais como, por exemplo, a poluição atmosférica.

Entre as peculiaridades da cidade de Ourinhos, nota-se que esta se localiza em área de transição climática, isto é, encontra-se situada na faixa entre os climas tropical, típico da região Sudeste e subtropical, da região Sul. Juntamente a este fato, o município contém em seu território características que influenciam diretamente na questão climática regional como, por exemplo, a presença de grandes corpos hídricos, uma vasta plantação de eucaliptos dentro do perímetro urbano e a produção e queima canavieira que predomina na área de estudo. Sabendo disso, a cidade de Ourinhos deve ser compreendida com muita cautela, uma vez que nesse sistema existem muitos parâmetros que influenciam a dinâmica local.

No caso dos poluentes, a começar pelos HPA, percebeu-se que nem todos os compostos desse grupo foram constatados, ainda assim os que puderam ser quantificados estiveram muito afastados dos limites máximos permitidos, isto é, estiveram inseridos no intervalo de valores considerados seguros à saúde da população. Tal fato também pode ser notado nas medidas de comparação dos dados de CO, que na RMSP estiveram, em alguns casos, cerca de dez vezes mais concentradas do que em nossa área de estudo. Ainda que ambas as áreas tenham dinâmicas diferentes entre si, bem como seus respectivos tamanhos o intuito de se comparar as cidades foi verificar como a área de estudo se comporta quando relativizada com outras que, neste caso, muito maiores do que esta. Mesmo assim, ambas as localidades não

apresentaram valores de grande magnitude, uma vez que puderam ser classificadas dentro do intervalo que garante pouco ou nenhum prejuízo à morbidez populacional.

Para os dados de CO₂, notou-se que os valores não sofreram grandes oscilações entre os máximos e mínimos observados. Ressalta-se que, mesmo com episódios de ocorrência de chuva (principalmente no mês de junho de 2012), as medidas não apresentaram grandes mudanças em relação às demais, mesmo em relação aos meses de inverno. Sabe-se que mais estudos devem ser realizados para dar continuidade aos dados, porém até o término deste trabalho não foi possível associar as oscilações entre os valores encontrados nas coletas com a presença ou ausência de chuva. Outra questão foi em relação aos ventos que, como agentes dispersores de poluição e particulados, estes não puderam ser associados devido à baixa magnitude durante as coletas de dados.

Nas análises realizadas com os dados da campanha, foi possível verificar a grande ocorrência de JBN no mês de agosto de 2010. Nota-se que o jato dos dias 9 e 10 de agosto de 2010 foi um dos mais significativos em altitude e intensidade, porém outros jatos de maiores velocidades também puderam ser verificados durante a campanha em Ourinhos. Com base nisso, em sua grande ocorrência bem como sua função de transpositores de particulados, os jatos podem ser considerados como parte dos responsáveis pelo transporte de poluentes e particulados para Ourinhos, uma vez que se reconhece que eles estiveram em geral mais baixos do que os observados em outros estudos, além do fato de que o grande número de jatos no mês proporciona condições favoráveis para o transporte aqui relatado. Mesmo assim, ainda é necessário realizar mais pesquisas para entender melhor a ação desses jatos de baixos níveis como dispersores de particulados na região.

6 REFERÊNCIAS

- ANDRADE, H. O clima urbano – natureza, escalas de análise e aplicabilidade. **Finisterra**, XL, 80, 2005, 67-91.
- BARROS, S. S.; OYAMA, M. D. Sistemas meteorológicos associados a uma ocorrência de precipitação no centro de lançamento de Alcântara. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 25, n. 3, 333-344, 2010.
- BRASIL. Ministério da Ciência e Tecnologia. **Segundo Inventário brasileiro de emissões antrópicas de gases de efeito estufa** – relatórios de referência. Elaborado por Organização da Sociedade Civil de Interesse Público Economia e Energia – OSCIP. 2010.
- CARICCHIA, A. M.; CHIAVARINI, S.; PEZZA, M. Polycyclic aromatic hydrocarbons in the urban atmosphere particulate matter in the city of Naples (Italy). **Atmospheric Environment**, v. 33, n. 23, 3731-3738, 1999.
- CARVALHO, C. H. R. **Emissões Relativas de Poluentes do Transporte Motorizado de Passageiros nos Grandes Centros Urbanos Brasileiros**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA). Texto para discussão – 1606. Brasília, abr./2011.
- CASARINI, D. C. P.; DIAS, C. L.; LEMOS, M. M. G. Critérios de qualidade de solos e águas subterrâneas no estado de São Paulo – Valores Orientadores. CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, 12., 2002, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2002.
- CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº 03, de 28 de junho de 1990**. Publicada no D. O. U, de 22/08/90, Seção I, Págs. 15.937 a 15.939.
- COSTA, R. F.; FISCH, G.; PEREIRA, A. R.; CULF, A.; MALHI, Y, NOBRE, C. A. A mitigação do CO₂ atmosférico na Amazônia brasileira central durante um período seco. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, v. 8, n.1, p. 275-281, 2000.
- DANNI-OLIVEIRA, I. M. Considerações sobre a poluição do ar em Curitiba-PR face a seus aspectos de urbanização. **R. RA'EGA**, Curitiba, n. 4, p. 101-110, 2000.
- DICHUT, R.; CANUEL, E.; GUSTAFSON, K.; WALKER, S.; EDGEcombe, G.; GAYLOR, M.; MACDONALD, E. Automotive sources of carcinogenic PAH with particulate matter in the Chesapeake Bay Region. **Environmental Science and Technology**, 34, 4535-4640, 2000.

GOMES, D. V. Educação para o consumo ético e sustentável. **Revista eletrônica do mestrado em Educação Ambiental**, Rio Grande, v. 16, jan./2006.

HABERMANN, M.; MEDEIROS, A. P. P; GOUVEIA, N. Tráfego veicular como método de avaliação da exposição à poluição atmosférica nas grandes metrópoles. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, São Paulo, n. 14 (1), p. 120-130, 2011.

HELD, G. **O Impacto das Queimadas de Cana de Açúcar na Qualidade do Ar na Região de Ourinhos, SP**: Campanha Piloto (Processo FUNDUesp: 00598/10). Relatório Científico Final, Período: 01/08/2010 a 31/08/2011, IPMet/Unesp, 128 p., 2011.

HELD, G.; BASSAN, J.M; FRASCARELLI JR., R. S. Continuous Monitoring of the Lower Boundary Layer in the central State of São Paulo, Brazil, with a SODAR. **Geophysical Research Abstracts**, v. 13, EGU General Assembly 2011, Vienna, Austria, 03-08 April 2011.

HELD, G.; FELIZ, G. S.; LIMA, B. R. O.; RAMIRES, T.; GOMES, A. M. Climatologia do jato de baixos níveis no estado de São Paulo. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA (CBMET), 17., Gramado. **Anais...** Gramado, 2012.

KARAM, H. A. **Estudo do Jato de Baixos Níveis de Iperó e das Implicações no Transporte de Poluentes no Estado de São Paulo**. 2002. 182 f. Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

KAIMEN-MACIEL, D. R.; ROCHA, F. H. B.; MANCINI, D. A. Desmielinização tardia após intoxicação por monóxido de carbono. **Revista de Neurociência**, Londrina, v. 18 (1), p. 66-68, 2010.

MARTINELLI, M. Clima no estado de São Paulo. **Confins [Online]**, 8, 2010. Disponível em: <<http://confins.revues.org/6348>>.

MESQUITA, M. E. A. Clima e Saúde. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, n. 01, 2005.

MORAES, E. C.; FRANCHITO, S. H.; RAO, V. B. Efeitos do aumento do dióxido de carbono, metano e óxido nitroso sobre a média global anual do balanço de radiação e da temperatura do ar próximo à superfície. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA (CBMET), 14., Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, 2006.

NUNES, L. H. Aproximações sobre mudanças climáticas globais. **Terra Livre**, v. 1, n. 18, p. 179-184, 2002.

- NUNES, L. H. Repercussões globais, regionais e locais do aquecimento global. **Terra Livre**, v. 1, n. 20, p. 101-110, 2003.
- OLIVEIRA FILHO, A. A.; SILVEIRA, M. R. **Ourinhos/SP: formação socioespacial e dinâmica econômica no contexto regional**. Projeto de iniciação científica. FAPESP. Processo 06/05005-7.
- PEDROSO, A. N. V. **Poluentes Atmosféricos e Plantas Bioindicadoras**. Instituto de Botânica – Jardim Botânico de São Paulo. São Paulo, 2007.
- PERES, F. de F. Meio Ambiente e Saúde: os efeitos fisiológicos da poluição do ar no desempenho físico – o caso do monóxido de carbono (CO). **Arquivos em Movimento**, Rio de Janeiro, v. 1, n. 1, p. 55-63, jan.-jun./2005.
- PINTO, F. C. V.; SANTOS, R. N. Potenciais de redução de emissões de dióxido de carbono no setor de transportes: um estudo de caso de ligação hidroviária Rio – Niterói. **Engevista**, v. 6, n. 3, p. 64-74, dez./2004.
- SANDERSON, E.; FARANT, J. Use of benzo(a)pyrene relative abundance ratios in assess exposure polycyclic aromatic hydrocarbons in ambient atmosphere in the vicinity of Soderberg aluminum smelter. **Journal of the Air & Waste Management Association**, v. 50, issue 12, p. 2085-2092, Dec./2000.
- SILVEIRA, M. R. *et al.* **Ourinhos/SP: formação e desenvolvimento de uma economia regional e demais estudos**. Bauru: Joarte, 2011.
- SOUZA, A. M. L.; CAMPOS, C. R. J.; ROCHA, E. J. P. Estudo observacional de jatos de baixos níveis ocorridos no litoral Norte e Nordeste do estado do Pará durante os períodos chuvoso (2002) e seco (2003). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 21, n. 2, p. 170-179, 2006.
- SOUZA, J. L.; LOMBARDO, M. A. Processo produtivo e poluição térmica: uma proposta de estudo de clima urbano para áreas industriais. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 11., São Paulo. **Anais...** São Paulo: USP, 2005.
- THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Publications in Climatology. New Jersey: Drexel Institute of Technology, 104p. 1955.
- ZACHARIAS, A. A. **A Representação Gráfica das Unidades de Paisagem no Zoneamento Ambiental: um Estudo de caso no município de Ourinhos – SP**. 2006. Tese (Doutorado em Geociências) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, 2006.

REFERÊNCIAS ELETRÔNICAS

AGRITEMPO. **Dados de séries históricas de chuva de São Paulo.** Município de Ourinhos/SP. Disponível em: <<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/shdescricao>>. Acesso em: jan. 2012.

CETESB. **Dados de padrões e qualidade do ar.** Disponível em: <http://sistemasinter.cetesb.sp.gov.br/Ar/ar_indice_padroes.asp>. Acesso em: jan. 2012.

CIIAGRO. **Dados de precipitação pluvial.** Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/>>. Acesso em: jan. 2012.

COELHO, E. E.; PEREIRA, L. A.; NOZAKI, N. K. S.; PASQUALETTO, A. **Análise da acidez da chuva no município de Goiânia (GO).** Disponível em: <http://www.pucgoias.edu.br/ucg/prope/cpgss/ArquivosUpload/36/file/Continua/AN%C3%81LISE%20DA%20ACIDEZ%20DA%20CHUVA%20NO%20MUNIC%C3%8DPIO%20DE%20GOI%C3%82NIA.pdf>. Acesso em maio de 2013.

CPTEC/INPE. **Carta sinótica de 09 de dezembro de 2011.** Disponível em: <www.cptec.inpe.br>.

CPTEC/INPE. **Carta sinótica de 27 de janeiro de 2012.** Disponível em: <www.cptec.inpe.br>.

CPTEC/INPE. **Carta sinótica de 8 de fevereiro de 2012.** Disponível em: <www.cptec.inpe.br>.

CPTEC/INPE. **Carta sinótica de 09 de março de 2012.** Disponível em: <www.cptec.inpe.br>.

CPTEC/INPE. **Carta sinótica de 26 de abril de 2012.** Disponível em: <www.cptec.inpe.br>.

CPTEC/INPE. **Carta sinótica de 30 de maio de 2012.** Disponível em: <www.cptec.inpe.br>.

CPTEC/INPE. **Carta sinótica de 22 de junho de 2012.** Disponível em: <www.cptec.inpe.br>.

CPTEC/INPE. **INFOCLIMA.** Ano 18, n. 6. Disponível em: <www.cptec.inpe.br>. Acesso em: jan. 2012.

CPTEC/INPE. **INFOCLIMA.** Ano 18, n. 7. Disponível em: <www.cptec.inpe.br>. Acesso em: jan. 2012.

CPTEC/INPE. **INFOCLIMA.** Ano 18, n. 8. Disponível em: <www.cptec.inpe.br>. Acesso em: jan. 2012.

CPTEC/INPE. **INFOCLIMA**. Ano 19, n. 1. Disponível em: <www.cptec.inpe.br>. Acesso em: jan. 2012.

CPTEC/INPE. **Acervo das imagens de satélite (GOES – 12)**. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/acervo/goes_anteriores.jsp>. Acesso em: jul. 2012.

INMET. **Estações automáticas (Ourinhos/SP)**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo.php?QTcxNg>. Acesso em: jan. 2012.

DATASUS. **Dados de números de internações por município**. Capítulo CID – 10. Ministério da Saúde. Disponível em: <<http://www2.datasus.gov.br/DATASUS/index.php>>. Acesso em: maio 2012.

FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATION). **Crop evapotranspiration guidelines for computing crop water requirements FAO-Irrigation and drainagepaper 56**. Rome, 1998.

GOOGLE EARTH. **Imagens de satélite da cidade de Ourinhos/SP**. Acesso em: jan. 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Cidades: Ourinhos**. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: set. 2008.

OLIVEIRA FILHO, A. A.; SILVEIRA, M. R. **Ourinhos/SP: formação socioespacial e dinâmica econômica no contexto regional**. Disponível em: <http://www.observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal12/Geografiasocioeconomica/Geografiaregional/15.pdf>. Acesso em maio de 2013.

PREFEITURA MUNICIPAL DE OURINHOS/SP. **Dados gerais da cidade**. Disponível em: <<http://www.ourinhos.sp.gov.br/conteudo/mostrar/id/758/titulo/Dados+Gerais>>. Acesso em: jan. 2010.

USINA SÃO LUIZ S/A – Fernando Luiz Quagliato e outros. **Precipitações mensais**. Disponível em: <<http://www.ctcanavieira.com.br/Clima/index.jsp>>. Acesso em: jul. 2012.

ANEXOS

ANEXO I – RESOLUÇÃO CONAMA N.º 003 de 28 de junho de 1990

Publicada no DOU, de 22/08/90, Seção I, Págs. 15.937 a 15.939.

O CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE - CONAMA, no uso das atribuições que lhe confere o inciso II, do Art. 6º, da Lei nº 7.804, de 18 de julho de 1989, e tendo em vista o disposto na Lei nº 8.028, de 12 de abril de 1990, Decreto nº 99.274, de 06 de junho de 1990 e, Considerando a necessidade de ampliar o número de poluentes atmosféricos passíveis de monitoramento e controle no País;

Considerando que a Portaria GM 0231, de 27.04.76, previa o estabelecimento de novos padrões de qualidade do ar quando houvesse informação científica a respeito;

Considerando o previsto na Resolução CONAMA nº 05, de 15.06.89, que instituiu o Programa Nacional de Controle da Qualidade do Ar "PRONAR, RESOLVE: Art. 1º - São padrões de qualidade do ar as concentrações de poluentes atmosféricos que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, bem como ocasionar danos à flora e à fauna, aos materiais e ao meio ambiente em geral”.

Parágrafo Único - Entende-se como poluente atmosférico qualquer forma de matéria ou energia com intensidade e em quantidade, concentração, tempo ou características em desacordo com os níveis estabelecidos, e que tornem ou possam tornar o ar:

I – impróprio, nocivo ou ofensivo à saúde;

II - inconveniente ao bem-estar público;

III - danoso aos materiais, à fauna e flora.

IV - prejudicial à segurança ao uso e gozo da propriedade e às atividades normais da comunidade.

Art. 2º - Para os efeitos desta Resolução ficam estabelecidos os seguintes conceitos:

I - Padrões Primários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes que, ultrapassadas, poderão afetar a saúde da população.

II - Padrões Secundários de Qualidade do Ar são as concentrações de poluentes abaixo das quais se prevê o mínimo efeito adverso sobre o bem-estar da população, assim como o mínimo dano à fauna, à flora, aos materiais e ao meio ambiente em geral.

Parágrafo Único - Os padrões de qualidade do ar serão o objetivo a ser atingido mediante à estratégia de controle fixada pelos padrões de emissão e deverão orientar a elaboração de Planos Regionais de Controle de Poluição do Ar.

Art. 3º - Ficam estabelecidos os seguintes Padrões de Qualidade do Ar:

I - Partículas Totais em Suspensão

a) Padrão Primário

1 - concentração média geométrica anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 240 (duzentos e quarenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média geométrica anual de 60 (sessenta) micro gramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

II - Fumaça

a) Padrão Primário

1 - concentração média aritmética anual de 60 (sessenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida uma de urna vez por ano.

III - Partículas inaláveis

a) Padrão Primário e Secundário

1- concentração média aritmética anual de 50 (cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 150 (cento e cinquenta) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

IV - Dióxido de Enxofre

a) Padrão Primário

1- concentração média aritmética anual de 80 (oitenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2- concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de 365 (trezentos e sessenta e cinco)

Microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 40 (quarenta) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 24 (vinte e quatro) horas de, 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

V-Monóxido de carbono

a) Padrão Primário e Secundário

1 - concentração médio de 8 (oito) horas de 10.000 (dez mil) microgramas por metro cúbico de ar (9 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

2 - concentração média de 1 (uma) hora de 40.000 (quarenta mil) microgramas por metro cúbico de ar (35 ppm), que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

VI-Ozônio

a) Padrão Primário e Secundário

1 - concentração média de 1 (uma) hora de 160 (cento e sessenta) microgramas por metro cúbico do ar, que não deve ser excedida mais de uma vez por ano.

VII - Dióxido de Nitrogênio

a) Padrão Primário

1 - concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 1 (uma) hora de 320 (trezentos e vinte) microgramas por metro cúbico de ar.

b) Padrão Secundário

1 - concentração média aritmética anual de 100 (cem) microgramas por metro cúbico de ar.

2 - concentração média de 1 h de 190 (cento e noventa) microgramas por metro cúbico de ar.

Art. 3º - Ficam estabelecidos os seguintes métodos de amostragem e análise dos poluentes atmosféricos a serem definidos nas respectivas Instruções Normativas:

a) Partículas Totais em Suspensão - Método de Amostrador de Grandes Volumes ou Método Equivalente.

b) Fumaça - Método da Refletância ou Método Equivalente.

c) Partículas inaláveis - Método de Separação Inercial/Filtração ou Método Equivalente.

d) Dióxido de Enxofre - Método de Pararasilina ou Método Equivalente.

e) Monóxido de Carbono - Método do Infravermelho não Dispersivo ou Método Equivalente.

f) Ozônio - Método da Quimiluminescência ou Método Equivalente.

g) Dióxido de Nitrogênio - Método da Quimiluminescência ou Método Equivalente.

§ 1º - Constitui-se Método de Referência, os métodos aprovados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial - INMETRO e na ausência deles os recomendados pelo IBAMA como os mais adequados e que deva ser utilizado preferencialmente.

§ 2º - Poderão ser adotados métodos equivalentes aos métodos de referência, desde que aprovados pelo IBAMA.

§ 3º - Ficam definidas como condições de referência a temperatura de 25°C e a pressão de 760 milímetros de coluna de mercúrio (1.013,2 milibares).

Art. 4º - O monitoramento da qualidade do ar é atribuição dos Estados.

Art. 5º - Ficam estabelecidos os Níveis de Qualidade do Ar para elaboração do Plano de Emergência para Episódios Críticos de Poluição do Ar, visando providências dos governos de Estado e dos Municípios, assim como de entidades privadas e comunidade geral, com o objetivo de prevenir grave e iminente risco à saúde a saúde da população.

§ 1º - Considera-se Episódio Crítico de Poluição do Ar a presença de altas concentrações de poluentes na atmosfera em curto período de tempo, resultante da ocorrência de condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos mesmos.

§ 2º - Ficam estabelecidos os Níveis de Atenção, Alerta e Emergência, para a execução do Plano.

§ 3º - Na definição de qualquer dos níveis enumerados poderão ser consideradas concentrações de dióxido de enxofre, partículas totais em suspensão, produto entre partículas totais em suspensão e dióxido de enxofre, monóxido de carbono, ozônio, partículas inaláveis, fumaça, dióxido de nitrogênio, bem como a previsão meteorológica e os fatos e fatores intervenientes previstos e esperados.

§ 4º - As providências a serem tomadas a partir da ocorrência dos Níveis de Atenção e de alerta tem por objetivo evitar o atingimento do Nível de Emergência.

§ 5º - O Nível de Atenção será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subsequentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

1. Concentração de dióxido de enxofre (SO₂), média de 24 (vinte e quatro) horas, de 800 (oitocentos) microgramas por metro cúbico;

2. Concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 375 (trezentos e setenta e cinco) microgramas por metro cúbico;
3. Produto, igual a 65×10^3 , entre a concentração de dióxido de enxofre (SO_2) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;
4. Concentração de monóxido de carbono (CO), média de 08 (oito) horas, de 17.000 (dezesete mil) microgramas por metro cúbico (15 ppm);
5. Concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora, de 400 (quatrocentos) microgramas por metro cúbico;
6. Concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e cinquenta) microgramas por metro cúbico;
7. Concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 250 (duzentos e cinquenta) microgramas por metro cúbico.
8. Concentração de dióxido de nitrogênio (NO_2), média de 1 (uma) hora, de 1130 (hum mil cento e trinta) microgramas por metro cúbico.

§ 6º - O Nível de Alerta será declarado quando, prevendo-se a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão de poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subsequentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

1. Concentração de dióxido de enxofre (SO_2), média de 24 (vinte e quatro) horas, 1.600 (hum mil e seiscentos) microgramas por metro cúbico;
2. Concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 625 (seiscentos e vinte e cinco) microgramas por metro cúbico;
3. Produto, igual a 261×10^3 , entre a concentração de dióxido de enxofre (SO_2) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;
4. Concentração de monóxido de carbono (CO), média de 8 (oito) horas, de 34.000 (trinta e quatro mil) microgramas por metro cúbico (30 ppm);
5. Concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora, de 800 (oitocentos) microgramas por metro cúbico;
6. Concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico.

7. Concentração de fumaça. Média de 24 (vinte e quatro) horas, de 420 (quatrocentos e vinte) microgramas por metro cúbico.

8. Concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1(urna) hora de 2.260 (dois mil, duzentos e sessenta) microgramas por metro cúbico:

§ 7º - O nível de Emergência será declarado quando se prevendo a manutenção das emissões, bem como condições meteorológicas desfavoráveis à dispersão dos poluentes nas 24 (vinte e quatro) horas subsequentes, for atingida uma ou mais das condições a seguir enumeradas:

1. Concentração de dióxido de enxofre (SO₂); média de 24 (vinte e quatro) horas, de 2.100 (dois mil e cem) microgramas por metro cúbico;

2. concentração de partículas totais em suspensão, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 875 (oitocentos e setenta e cinco) microgramas por metro cúbico;

3. produto, igual a 393 x 103, entre a concentração de dióxido de enxofre (SO₂) e a concentração de partículas totais em suspensão - ambas em microgramas por metro cúbico, média de 24 (vinte e quatro) horas;

d) concentração de monóxido de carbono (CO), média de 8 (oito) horas, de 46.000 (quarenta e seis mil) microgramas por metro cúbico (40 ppm);

1. Concentração de ozônio, média de 1 (uma) hora de 1.000 (hum mil) microgramas por metro cúbico;

2. Concentração de partículas inaláveis, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico;

3. Concentração de fumaça, média de 24 (vinte e quatro) horas, de 500 (quinhentos) microgramas por metro cúbico;

4. Concentração de dióxido de nitrogênio (NO₂), média de 1 (uma) hora de 3.000 (três mil) microgramas por metro cúbico.

§ 8º - Cabe aos Estados à competência para indicar as autoridades responsáveis pela declaração dos diversos níveis, devendo as declarações efetuar-se por qualquer dos meios usuais de comunicação de massa.

§ 9º - Durante a permanência dos níveis acima referidos, as fontes de poluição do ar ficarão na área atingida sujeitas às restrições previamente estabelecidas pelo órgão de controle ambiental.

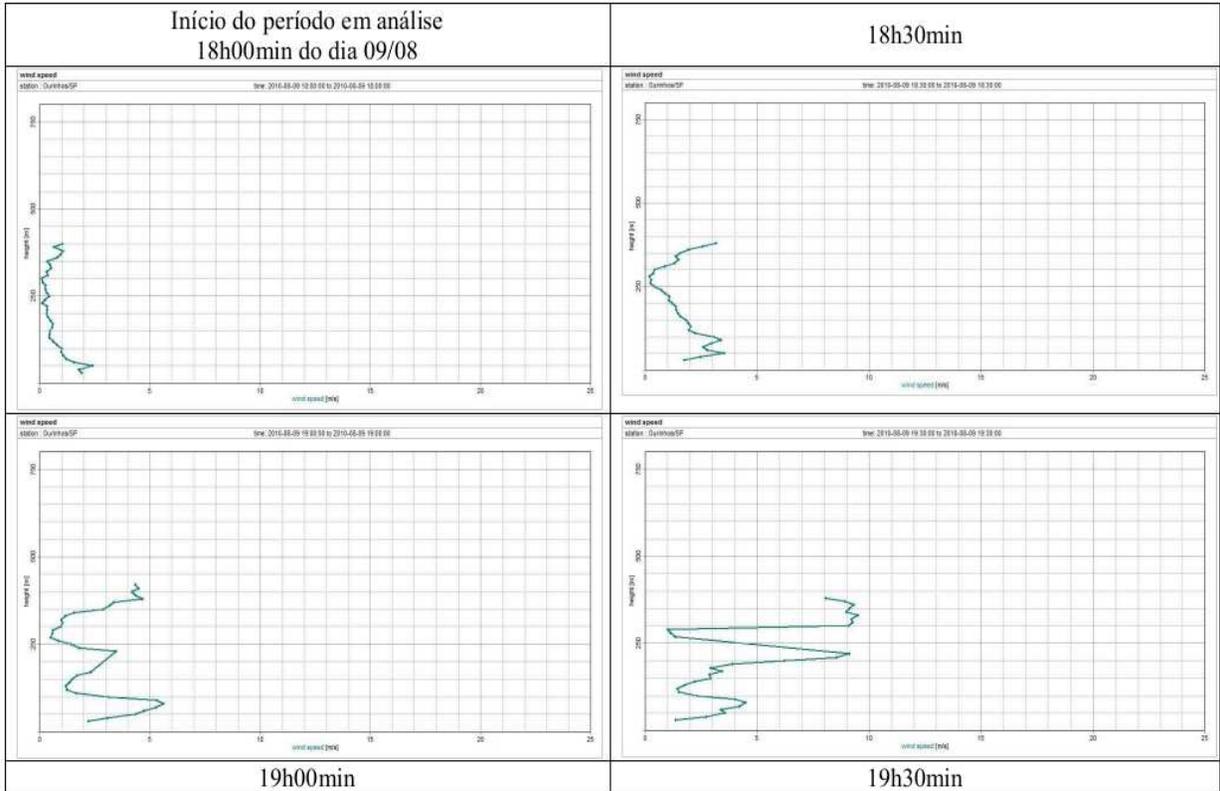
Art. 6º - Outros Padrões de Qualidade do Ar para poluentes, além dos aqui previstos, poderão ser estabelecidos pelo CONAMA, se isto vier a ser julgado necessário.

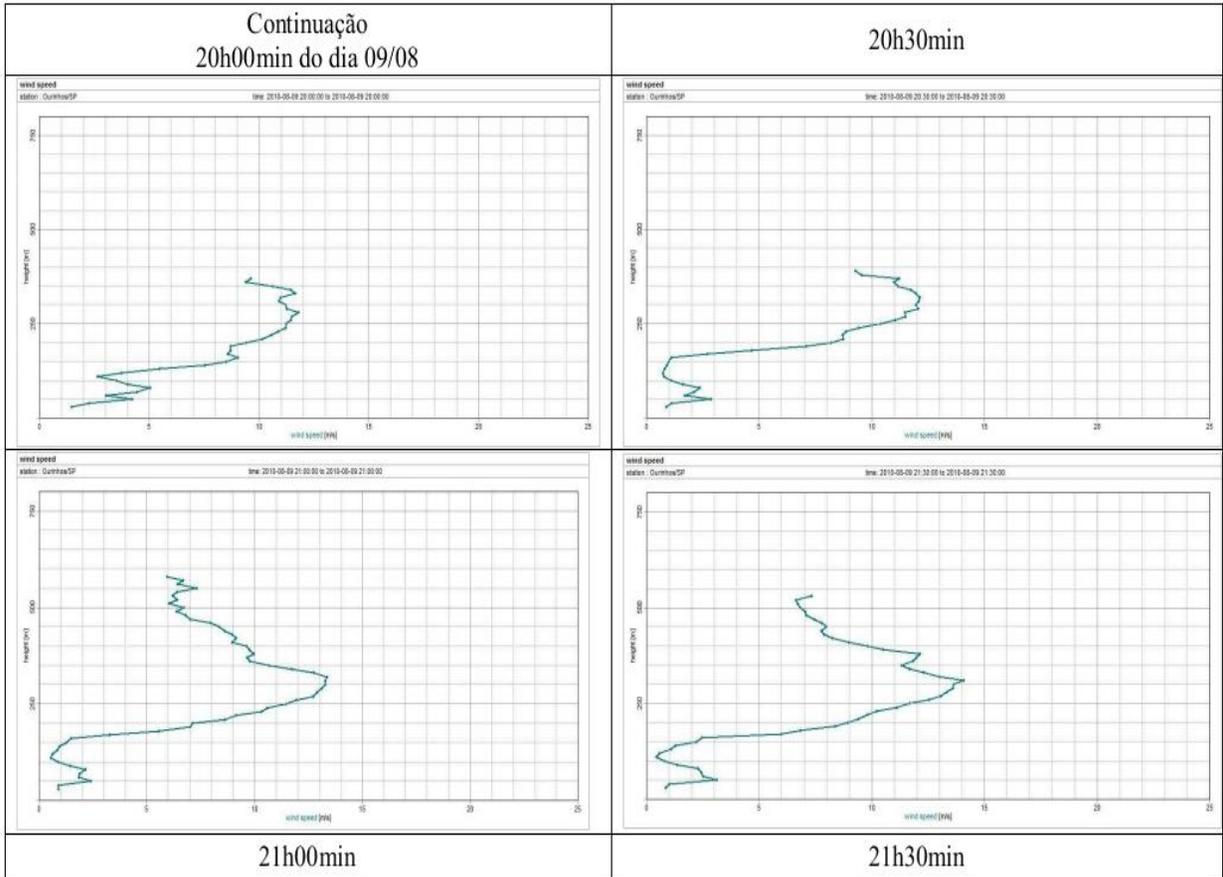
Art. 7º - Enquanto cada Estado não deferir as áreas de Classe I, II e III mencionadas no item 2, subitem 2.3, da Resolução/CONAMA nº 005/89, serão adotados os padrões primários de qualidade do ar estabelecidos nesta Resolução.

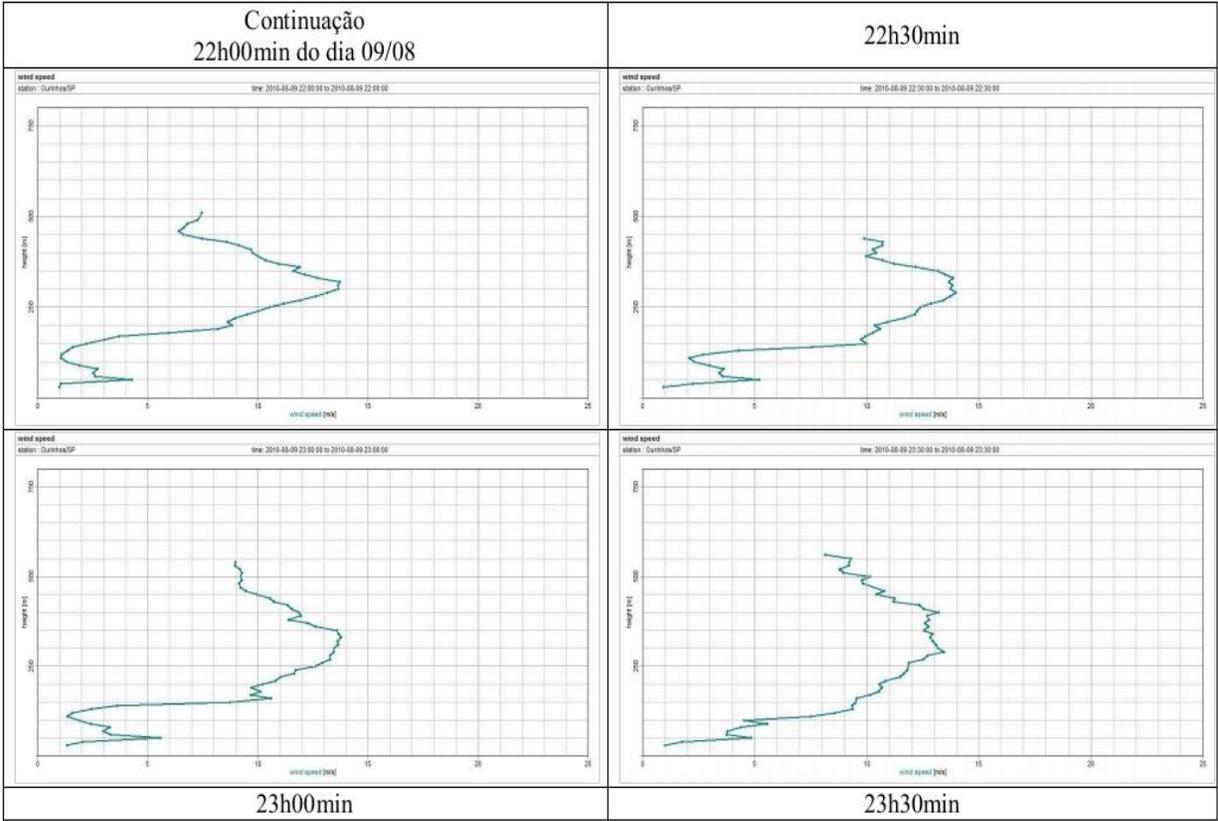
Art. 8º - Esta Resolução entra em vigor na data de sua publicação, revogadas as disposições em contrário.

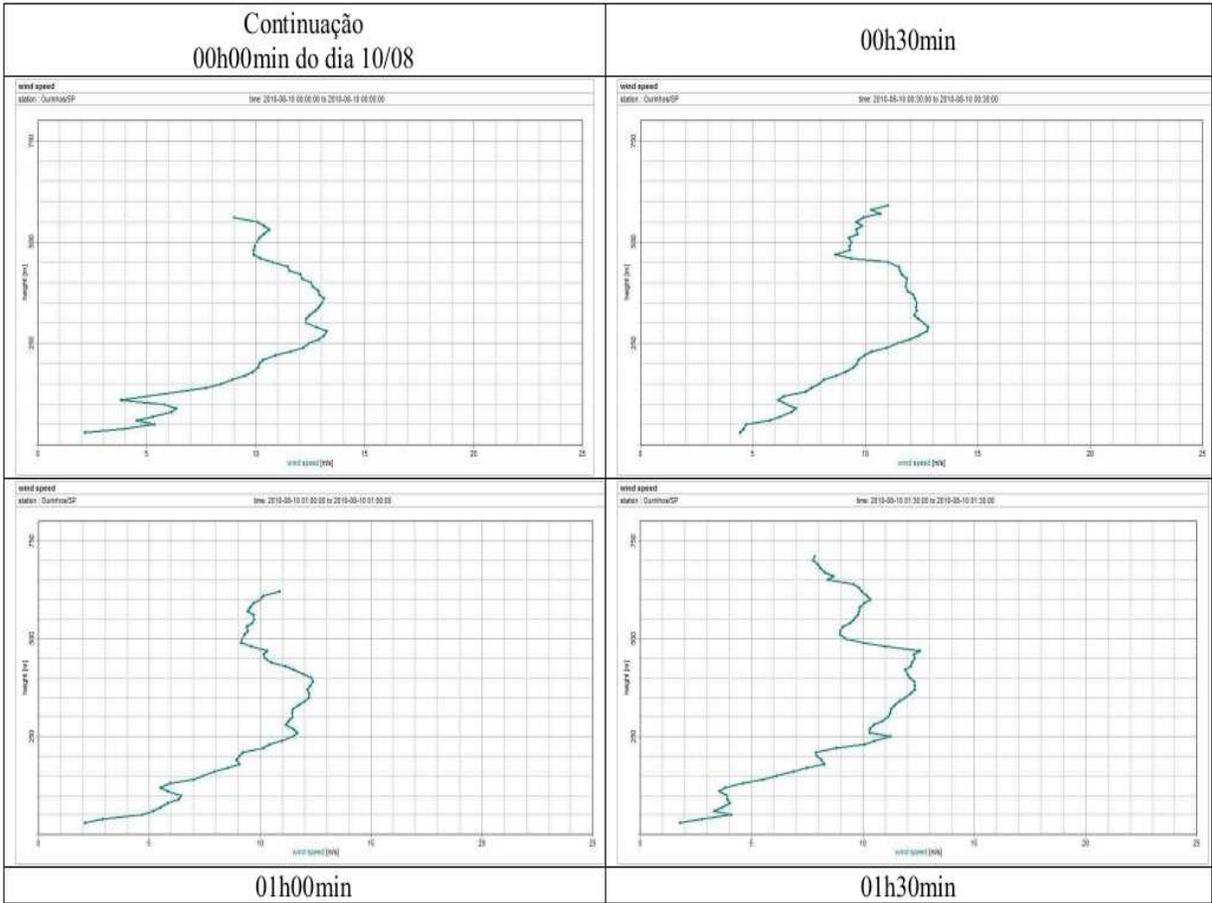
Tânia Maria Tonelli Munhoz José A. Lutzenberger

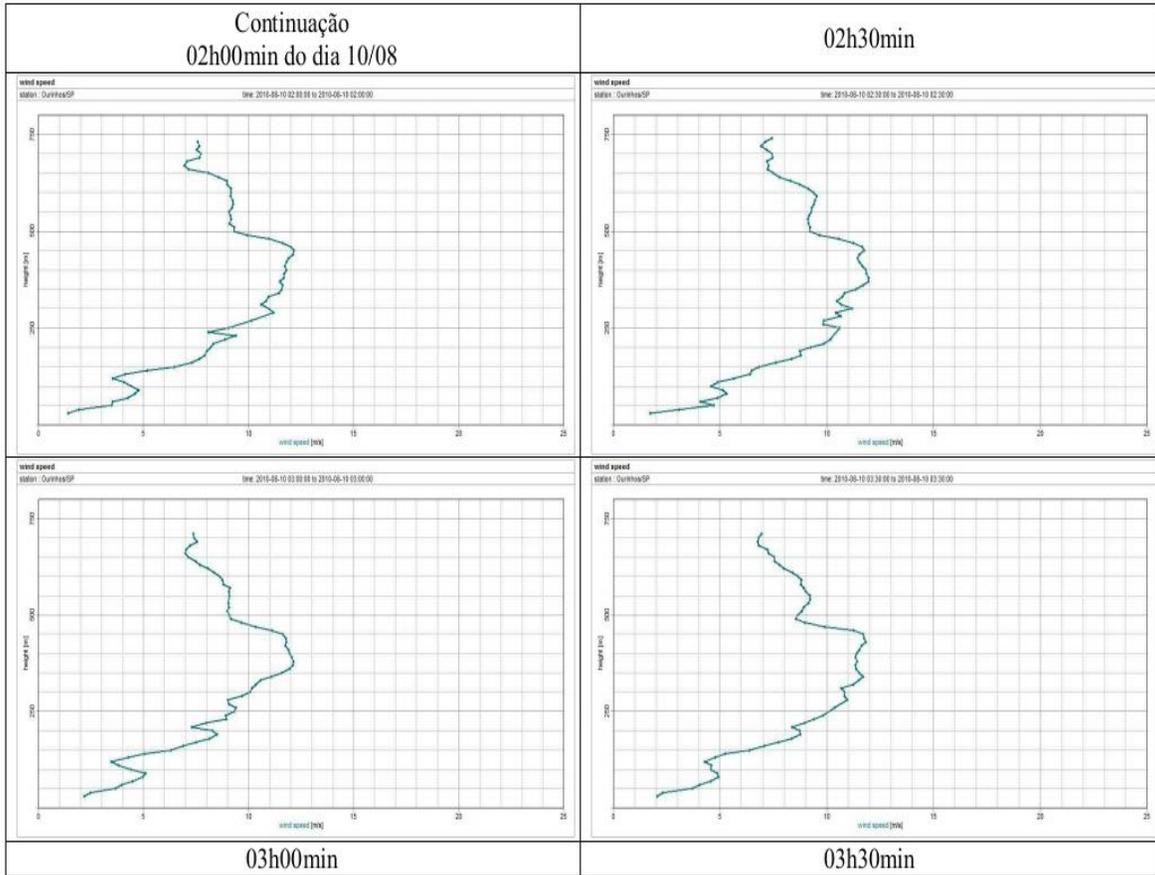
ANEXO II - PERFIL VERTICAL DO JATO DOS DIAS 9-10 DE AGOSTO DE 2010 (30MIN/30MIN)



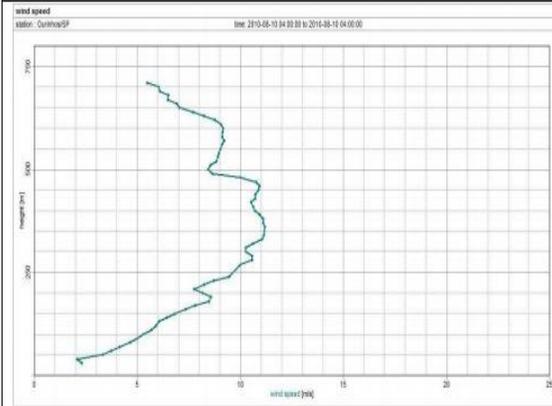




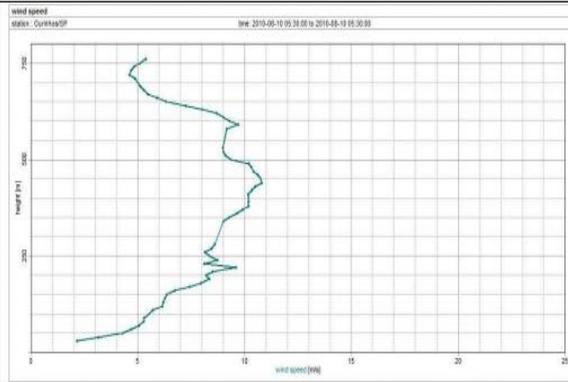
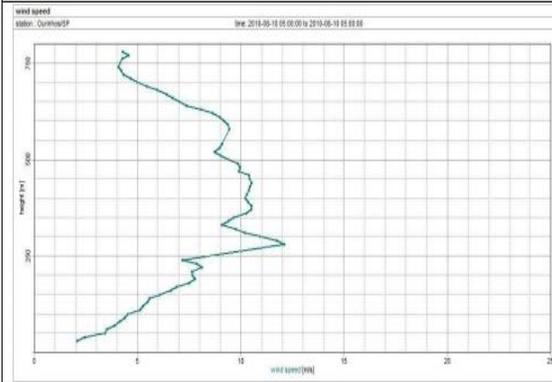
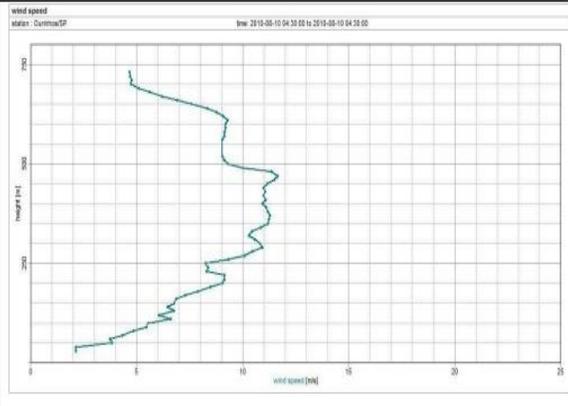




Cotinação
04h00min do dia 10/08



04h30min



05h00min

05h30min

