

ANEXO I

Caracterização da Região Metropolitana de São Paulo e Condições de Dispersão Associadas

1. Introdução

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) constitui o maior pólo industrial da América Latina. É constituída por 39 municípios e ocupa uma área de aproximadamente 8.000 km². Além da grande quantidade de indústrias, possui um grande número de veículos particulares e coletivos que, ao contrário de outros grandes pólos industriais, respondem pela maior parte da poluição atmosférica produzida. Segundo a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), cerca de 70% das concentrações de Monóxido de Carbono (CO) na RMSP são emitidas por veículos leves movidos a gasolina e álcool e por motocicletas. O grande número de veículos que circulam nessa região (cerca de oito milhões), principalmente durante os dias de semana, provoca grandes engarrafamentos nas primeiras horas da manhã e final da tarde, horários que geralmente coincidem com uma baixa altura da Camada Limite Planetária (CLP), fazendo com que as concentrações atinjam valores que, com relativa freqüência, ultrapassam os Padrões Nacionais de Qualidade do Ar (PNQA).

A RMSP é circundada por florestas, grandes represas, montanhas e constitui uma enorme ilha de calor associada à malha urbana. A grande diversidade das fontes de poluição somada a uma dinâmica extremamente complexa da circulação local, face ao tipo de topografia, a grande heterogeneidade no uso do solo e a proximidade do mar, torna a representação desses processos, pelos modelos de previsão e diagnóstico do tempo, bastante complexa.

Dentre os fenômenos de escala local que ocorrem na RMSP e nas suas vizinhanças podem-se citar as circulações de brisa marítima/lacustre/terrestre, circulações vale/montanha e as circulações induzidas pelos diferentes tipos de ocupação do solo da região, tais como as circulações geradas pela presença da grande área urbanizada como um efeito da chamada *Ilha de Calor Urbana*. Essas circulações serão brevemente discutidas a seguir.

2. As circulações de brisa

As brisas são principalmente originadas pela diferença na capacidade térmica entre a terra e a água. A água tem uma capacidade térmica maior do que a terra e, em consequência disso, quando exposta a uma mesma intensidade de radiação solar, a superfície de terra aquece mais rapidamente do que a superfície de água. A terra relativamente quente aquece o ar nas suas vizinhanças diminuindo sua densidade. Comparada com a terra, a água é relativamente fria, assim como o ar nas suas vizinhanças. Conseqüentemente, um gradiente de pressão horizontal se desenvolve entre a terra e a água, com a pressão mais alta sobre a superfície de água. Em resposta a este gradiente de pressão, o ar frio se desloca para a terra e, por continuidade, surge um deslocamento de ar da terra para a água em níveis mais altos, com o ar ascendente sobre a terra e descendente sobre a água. Dependendo da fonte, a circulação é chamada de circulação de brisa marítima (do mar) ou lacustre (dos lagos). Ambas resultam do contraste de temperatura entre terra e água.

Brisas marítimas ou lacustres são sistemas rasos (baixos níveis atmosféricos), geralmente confinados nas primeiras camadas da troposfera (<< 10 km). Tipicamente, a brisa começa próximo à linha de costa várias horas depois do nascer do sol e se expande gradualmente, tanto sobre a terra quanto sobre a água, atingindo sua máxima extensão no meio da tarde. Sobre a terra, a extensão da brisa varia de poucas centenas de metros a muitas dezenas de quilômetros ou mesmo centenas, em casos extremos.

Depois do pôr do sol, as brisas marítimas/lacustres desaparecem até que, no final da noite, os ventos em superfície comecem a desenvolver a chamada brisa terrestre com uma inversão em sua direção.

A mudança na direção do vento é causada pela reversão do calor diferencial entre a terra e a água. Durante a noite, o resfriamento radiativo é maior sobre a terra que sobre a água. Um gradiente horizontal na densidade do ar aumenta o gradiente horizontal de pressão que está dirigido da terra para a água, dando origem à brisa terrestre, com ar subsidente sobre a terra e ascendente sobre a água. A brisa terrestre atinge sua extensão máxima pouco antes do nascer do sol, mas tende a ser mais fraca que a brisa marítima ou lacustre (ATKINSON, 1981).

Embora alguns estudos sobre a brisa marítima tenham sido realizados para o estado de São Paulo (OLIVEIRA & SILVA DIAS, 1982, BERNADET, 1992, FREITAS, 2003, FREITAS *et al.*, 2007), estudos sobre a brisa lacustre estão concentrados, em sua grande maioria, na região dos Grandes Lagos nos EUA. Dentre os estudos sobre a brisa lacustre realizados no Brasil, podemos citar os trabalhos de STIVARI (1999), CORREIA (2001) e FREITAS (2003). STIVARI (1999) estudou o impacto causado pela formação do Lago de Itaipu sobre a circulação local na região oeste do Estado do Paraná. Identificou que a brisa lacustre apresenta uma intensidade de aproximadamente 2,5 m/s e é observada a 20 km do reservatório. CORREIA (2001), em seus estudos sobre a Represa de Sobradinho, verificou que as maiores alterações causadas pelo lago são sobre a umidade atmosférica e a intensidade do vento, mas também verificou que a construção da represa causou uma queda nos valores de temperatura máxima na área atingida pela brisa lacustre. Ressalta ainda que a intensidade da brisa lacustre é altamente dependente da configuração das margens e uso do solo nas áreas circundantes. FREITAS (2003) estudou os efeitos causados pela brisa lacustre gerada pelas represas Billings e Guarapiranga, localizadas ao sul da RMSP. Segundo o autor, as represas contribuem para uma diminuição de até 1 °C na temperatura e aumento significativo na umidade do ar, principalmente nas regiões próximas às mesmas, havendo uma menor influência em grande parte da área urbanizada da RMSP. Identificou também padrões de circulação fechada nas margens das represas, importantes para o processo de dispersão de poluentes.

3. A Ilha de Calor Urbana

Outro efeito relacionado a contrastes de temperatura e fundamental na Região Metropolitana de São Paulo é a chamada ilha de calor urbana. A temperatura média anual em um centro urbano é tipicamente mais alta que a de suas redondezas. Em alguns dias esse contraste pode atingir cerca de 5° C ou mais. O contraste de temperatura forma uma complexa circulação convectiva que contribui para altos níveis de concentração de poluentes sobre as grandes cidades.

Uma ilha de calor urbana se desenvolve, na maior parte das vezes, quando ventos de escala sinótica são fracos. Nessas condições, em algumas grandes áreas metropolitanas o aquecimento relativo da cidade, comparado com seus arredores, pode promover uma circulação convectiva do ar: ar relativamente quente sobe sobre o centro da cidade e é trocado por ar mais frio e mais denso, convergente das zonas rurais.

A intensidade da ilha de calor é altamente influenciada pela condição sinótica atuante. Os maiores gradientes de temperatura encontrados entre a área urbana de São Paulo e as áreas rurais podem atingir valores superiores à 4° C no período de inverno, sendo os maiores gradientes térmicos verificados no período noturno (FREITAS, 2003).

Um aspecto de grande importância para a dispersão de poluentes e para as condições de tempo e, principalmente, para as condições de vida na RMSP e outros grandes centros urbanos é que as circulações locais anteriormente citadas não atuam isoladamente. Na maioria dos casos existe uma interação complexa entre estas que pode propiciar tanto condições ideais de salubridade quanto condições críticas. O aprisionamento de ar poluído pela circulação de ilha de calor, ou das células convectivas associadas à brisa lacustre, pode contribuir para a ocorrência de ultrapassagens dos padrões nacionais de qualidade do ar. Por outro lado, a interação dessas circulações com a brisa marítima, principalmente durante o período de inverno em que outros sistemas de tempo comumente efetivos na remoção de poluentes são menos ativos, pode contribuir para melhores condições de qualidade do ar na região. Para verificar como se dá a interação entre a ilha de calor urbana e a brisa marítima, FREITAS (2003) e FREITAS *et al.* (2007) realizaram simulações com o modelo de mesoescala RAMS, acoplado a um módulo de balanço energético em áreas urbanas e o esquema TEB (*Town Energy Budget*, MASSON, 2000), utilizando arquivos de topografia e ocupação do solo em alta resolução espacial (aproximadamente 500 m), como ilustrado na Figura 1.

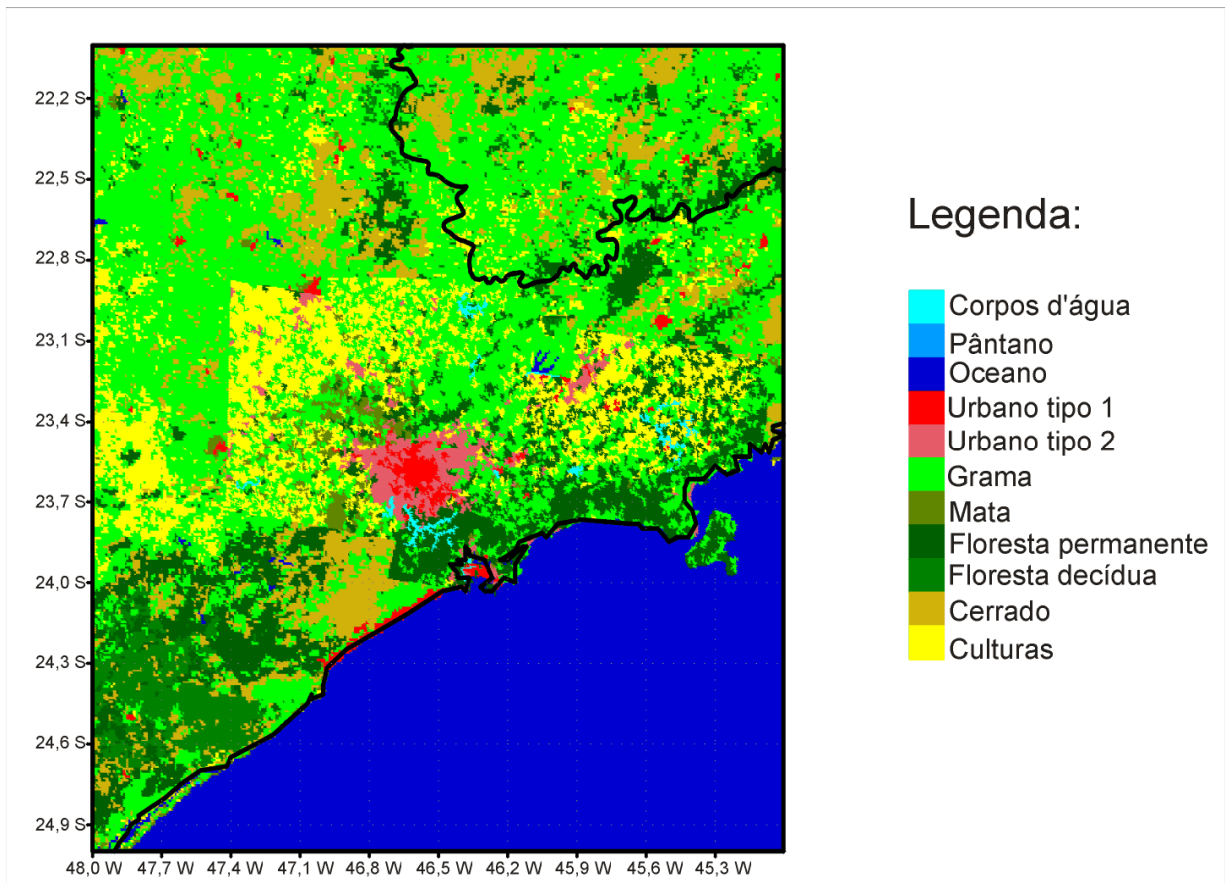


Figura 1: Associação das ocupações do solo obtidas pelo processo de classificação de imagens de satélite e pelo IGBP - *International Geosphere Biosphere Programme*

FREITAS (2003) mostrou que a topografia age de maneira a intensificar as circulações de brisa marítima e terrestre através da superposição das circulações do tipo vale/montanha com as circulações de brisa. A presença da escarpa da Serra do Mar contribui para que a brisa marítima atinja a RMSP cerca de três horas mais cedo do que atingiria caso não houvesse essa topografia acentuada. As Serras da Mantiqueira e Cantareira favorecem uma maior penetração da brisa marítima sobre o continente através do mesmo efeito. FREITAS *et al.* (2007) mostraram que a região urbanizada da RMSP contribui para o atraso na chegada da frente de brisa na zona norte e para uma propagação mais rápida até a sua porção sul, em decorrência das circulações geradas pela ilha de calor urbana. Também demonstraram que a ilha de calor urbana faz com que a velocidade dos ventos seja mais forte na célula de circulação da brisa marítima. Devido à forte convergência gerada pela ilha de calor urbana no centro da RMSP, a frente de brisa permanece estacionada

nessa região por algumas horas, gerando correntes ascendentes mais fortes nessa região, que ocasionam um maior transporte de umidade na vertical.

Em resumo, a ilha de calor contribui tanto para um avanço mais rápido na Zona Sul, como para um atraso na propagação da frente de brisa marítima, na região Norte. Este aspecto é de suma relevância neste trabalho, em virtude do trecho considerado estar localizado nesta área da RMSP e ter razoável extensão na direção leste-oeste, o que torna os aspectos das circulações locais fundamentais para uma representação mais realista da circulação atmosférica de superfície. Acrescido a isso, destaca-se também a proximidade com a Serra da Cantareira, cujo ajuste orográfico também influencia diretamente o vento em cada local.

4. Modelagem numérica aplicada sobre a RMSP

Em virtude da baixa disponibilidade de medições de variáveis meteorológicas, dada a dificuldade de instalação de muitas estações e outros problemas relacionados à sua manutenção, atos de vandalismo e o desgaste natural dos equipamentos, a modelagem numérica constitui uma ferramenta útil e praticamente indispensável em qualquer estudo sobre as condições atmosféricas e de qualidade do ar em qualquer região do globo. No caso brasileiro e, mais especificamente, da RMSP, essas dificuldades são expressivas e boa parte do problema vem sendo amenizada com o uso de modelos meteorológicos regionais ou de área limitada, chamados de mesoescala. Um exemplo desses modelos, utilizado neste trabalho, é o *Brazilian Regional Atmospheric Modeling System* – BRAMS, que é um modelo numérico de múltipla finalidade designado para simular circulações atmosféricas que vão desde a micro até a grande escala. Sua mais frequente aplicação é na simulação de fenômenos atmosféricos de mesoescala (com escalas horizontais da ordem de 2 a 2000 km) com o objetivo de fornecer tanto informações de previsão de tempo operacional quanto de suporte à pesquisa.

O BRAMS baseia-se no conjunto completo de equações que governam a evolução do estado atmosférico, baseadas nas leis de movimento de Newton e na termodinâmica de um fluido, incluindo parametrizações dos diversos processos físicos presentes nestas equações. Para a condição de fronteira

inferior, o BRAMS utiliza o LEAF - *Land Ecosystem-Atmosphere Feedback*, que é uma representação dos aspectos da superfície, incluindo vegetação, solo, lagos, oceanos e as influências de uns sobre os outros e sobre a atmosfera. O LEAF-3 inclui equações prognósticas para temperatura do solo e umidade em múltiplas camadas, temperatura da vegetação e água na superfície, incluindo orvalho e precipitação interceptada e energia termal para múltiplas camadas, temperatura e razão de mistura do vapor d'água do ar do dossel (WALKO *et al.*, 2000). Para o tratamento das áreas urbanas, o modelo utiliza o Town Energy Budget (MASSON, 2000; FREITAS, 2003), que utiliza uma geometria de *canyon* local (nas ruas entre os prédios) ao invés da usual representação de solo nu ou da modificação dos parâmetros da vegetação para a representação de áreas urbanizadas, como é o caso do esquema LEAF-3, permitindo o refinamento dos balanços radiativos bem como momento, calor turbulento e fluxos da superfície através de um tratamento fisicamente mais apropriado. Entre outros aspectos, este modelo faz uma representação dos principais aspectos físicos de áreas urbanizadas e, de grande interesse em estudos de dispersão, uma representação dos fluxos antrópicos de calor e umidade, tanto de origem industrial/doméstica como veicular.

5. Simulações das condições meteorológicas para o ano base

Com o objetivo de fornecer informações sazonais das condições meteorológicas sobre a RMSP, foram realizadas simulações com o modelo BRAMS durante o período de 01 de janeiro a 31 de dezembro de 2005. Embora a região possa ser considerada de grande variabilidade, este período é suficiente para representar as principais condições de dispersão de poluentes, abrangendo as situações consideradas favoráveis de verão e aquelas consideradas críticas durante o inverno. As simulações foram realizadas utilizando-se o esquema de aninhamento múltiplo de grades (*two-way interaction*), sendo a primeira grade com resolução horizontal de 16 km, a segunda com resolução de 4 km e a terceira de 1 km (Fig. 2).

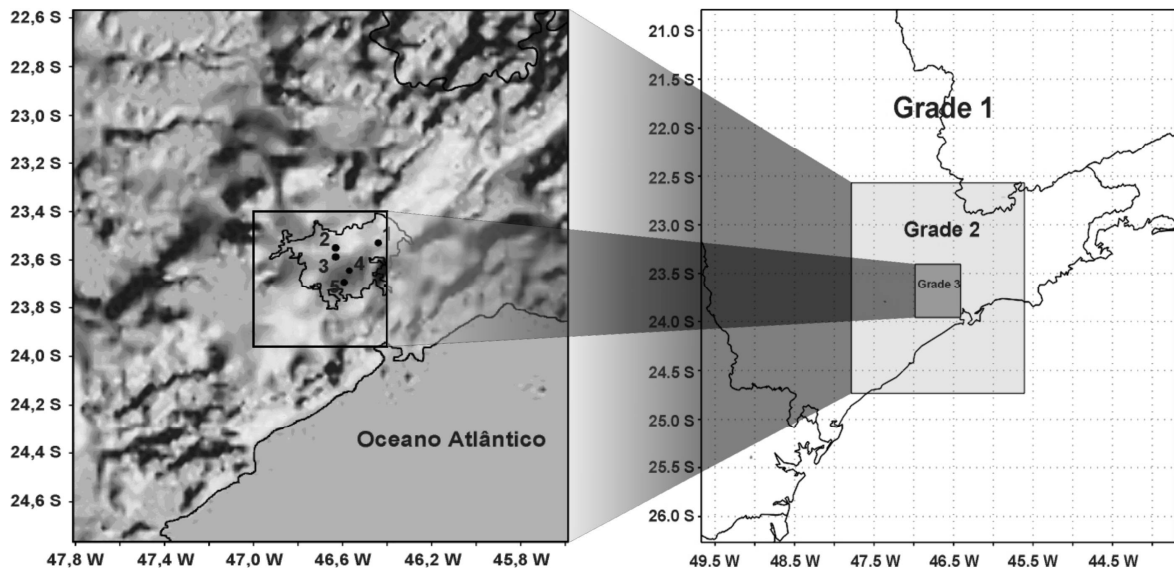
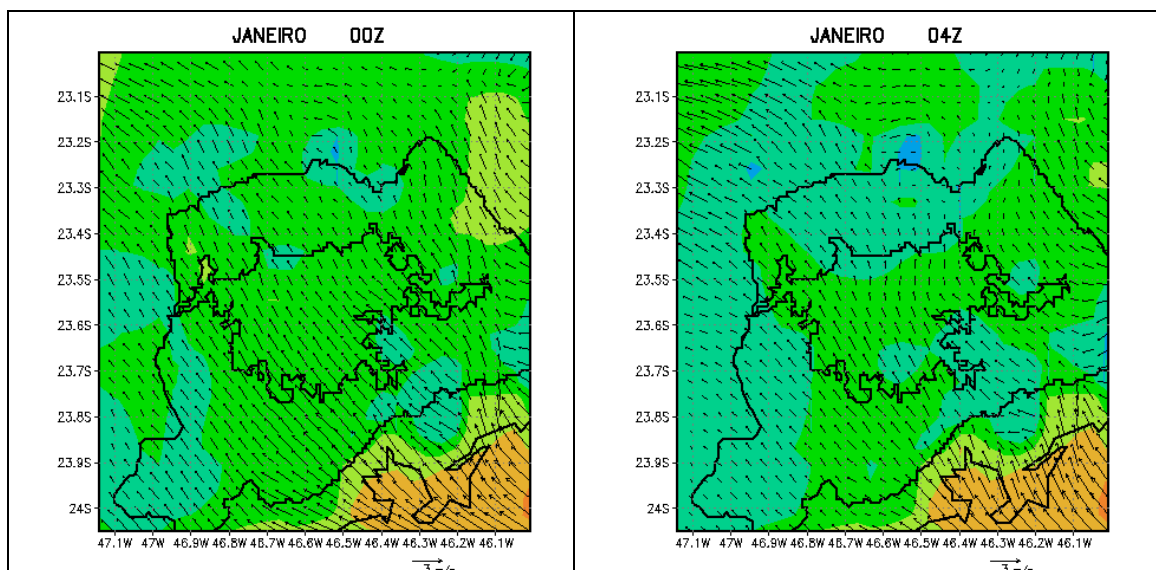


Figura 2: Domínios das grades utilizadas, com destaque para o contorno da RMSP. Estações meteorológicas: 1) São Miguel Paulista; 2) Pq. D. Pedro II; 3) Ibirapuera; 4) São Caetano do Sul e; 5) IAG-AF

Foram utilizados 33 níveis de altura na vertical (acompanhando o relevo), sendo o primeiro nível do modelo colocado a 14,3 m acima da superfície. A partir das simulações, foram calculados valores mensais das principais variáveis utilizadas em estudos de dispersão.

As figuras a seguir apresentam os campos de vento (m s^{-1}) e de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) próximos à superfície, a cada duas horas, nos quatro meses representativos de cada uma das estações do ano (Janeiro, Abril, Julho e Outubro).



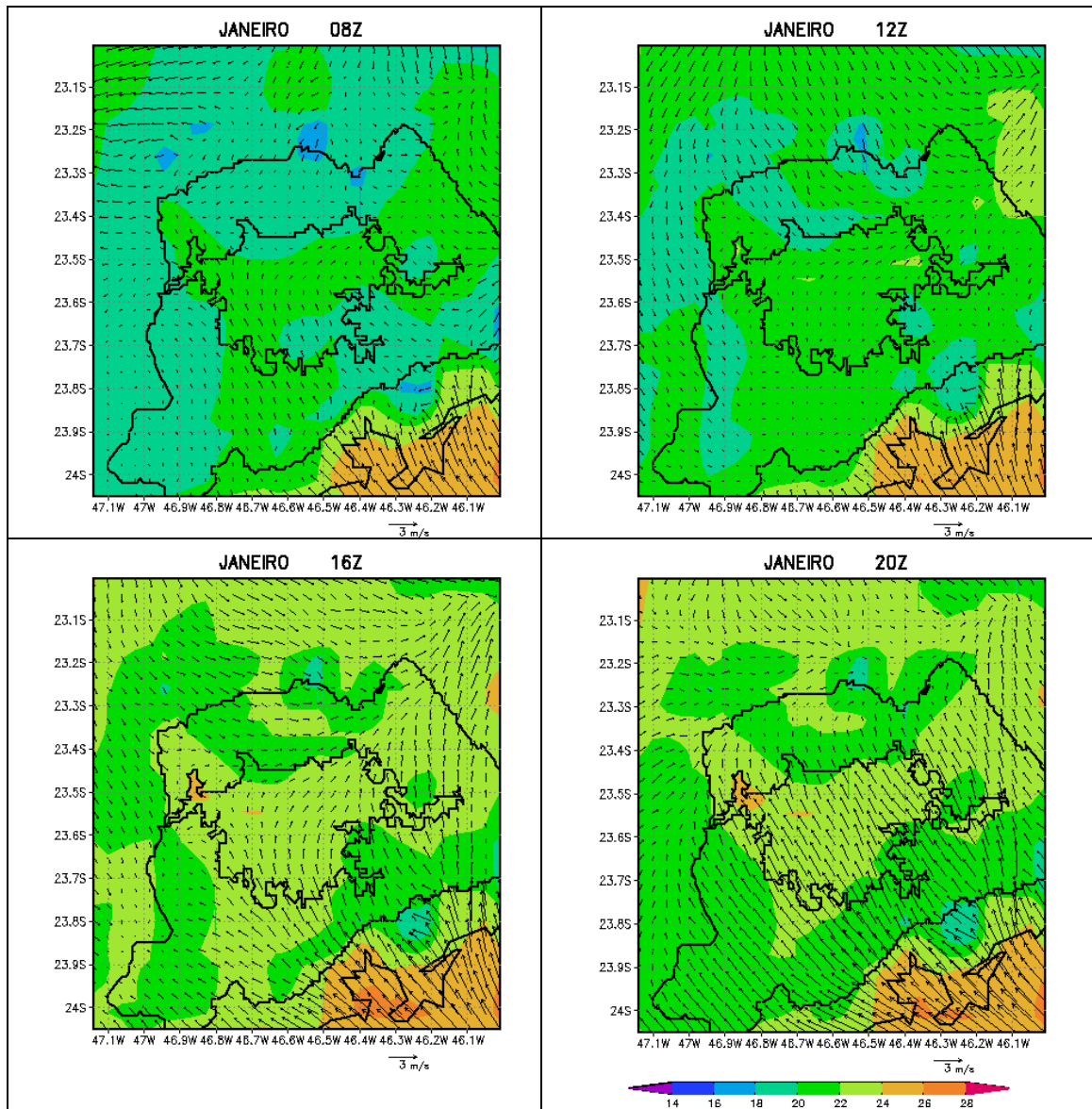


Figura 3: Campos médios de vento (m s^{-1}) e de temperatura ($^{\circ}\text{C}$) próximos à superfície para os horários das 00, 04, 08, 12, 16 e 20 UTC, durante o mês de Janeiro de 2005.

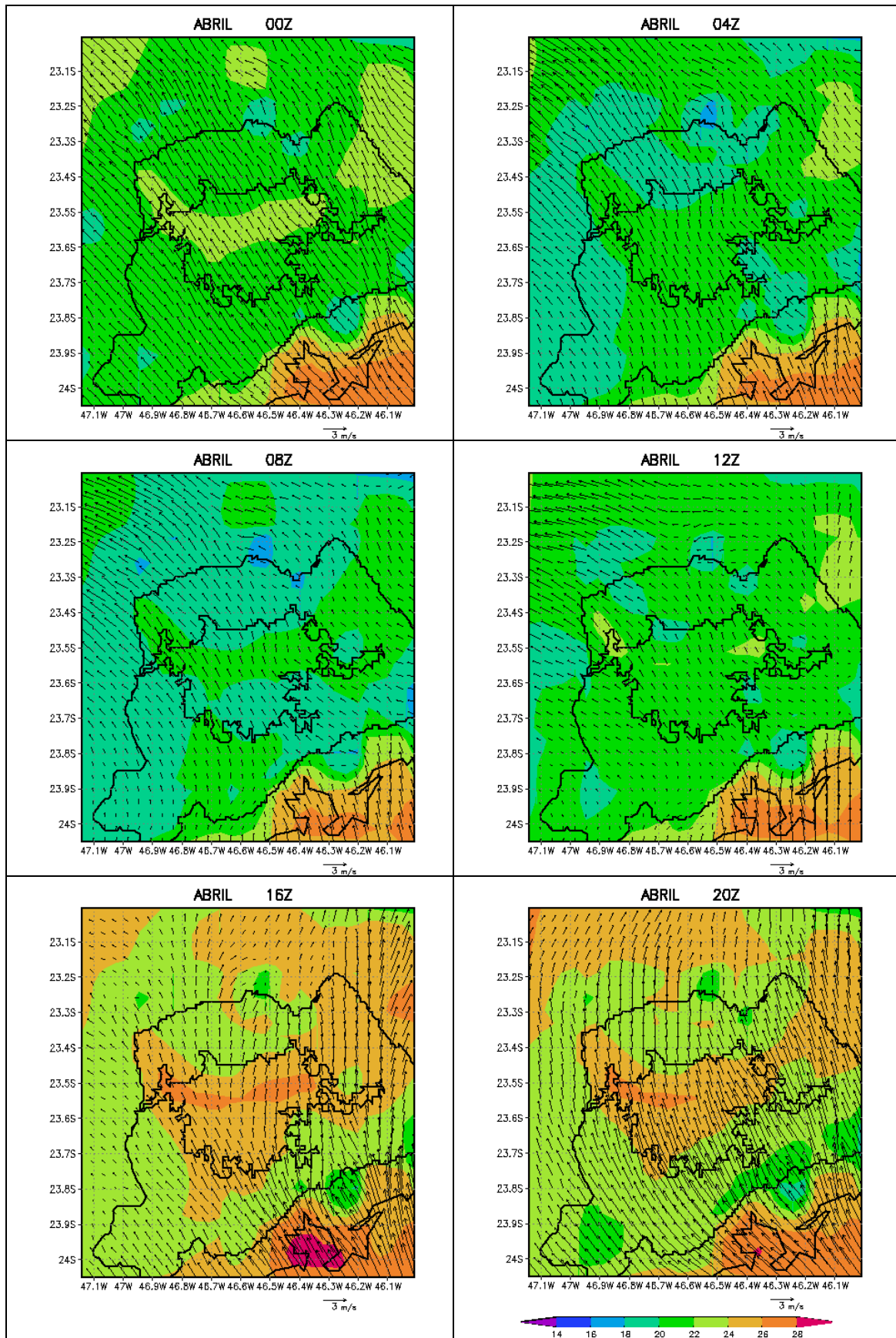


Figura 4: Mesmo que na Figura 3, mas para o mês de Abril de 2005.

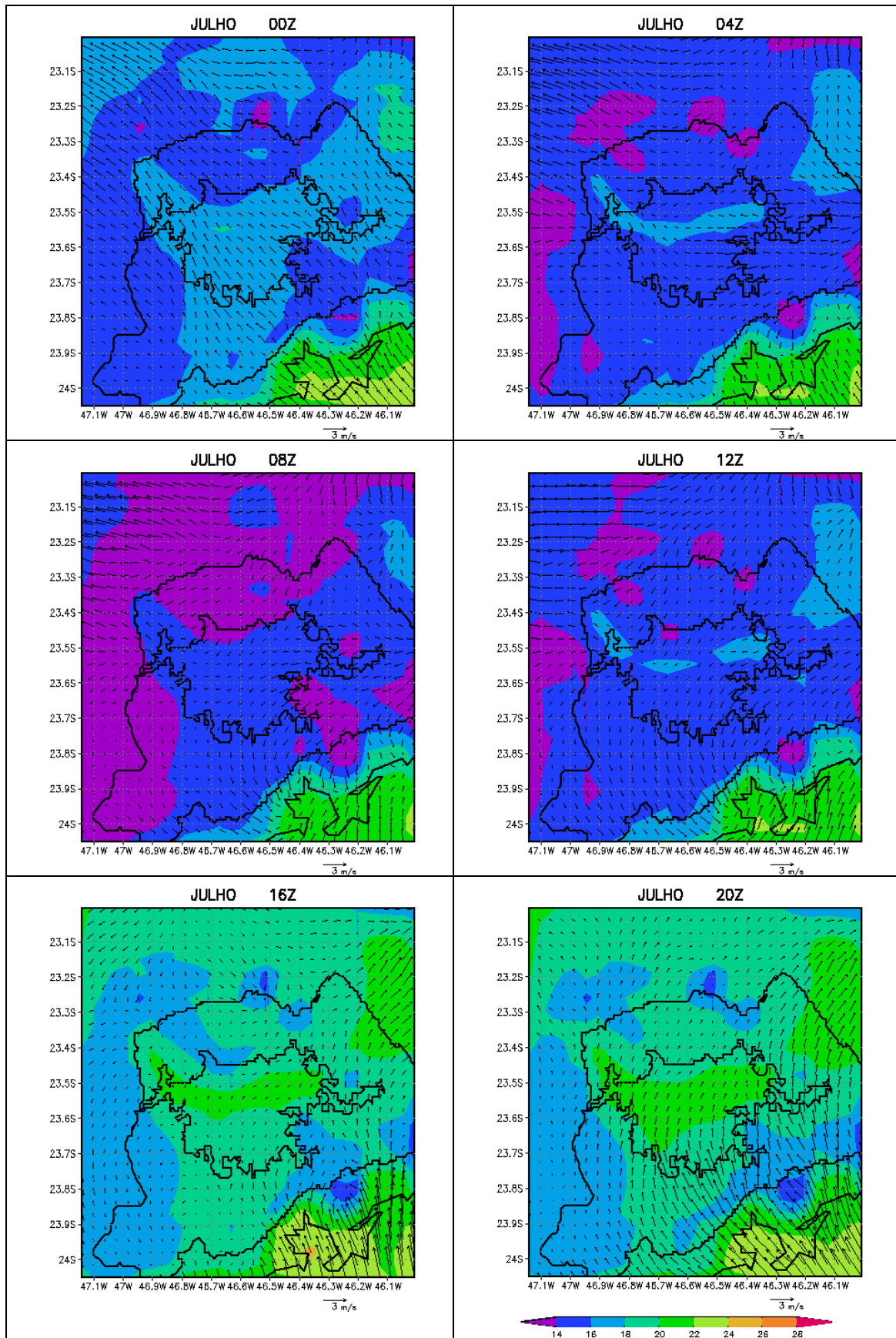


Figura 5: Mesmo que na Figura 3, mas para o mês de Julho de 2005.

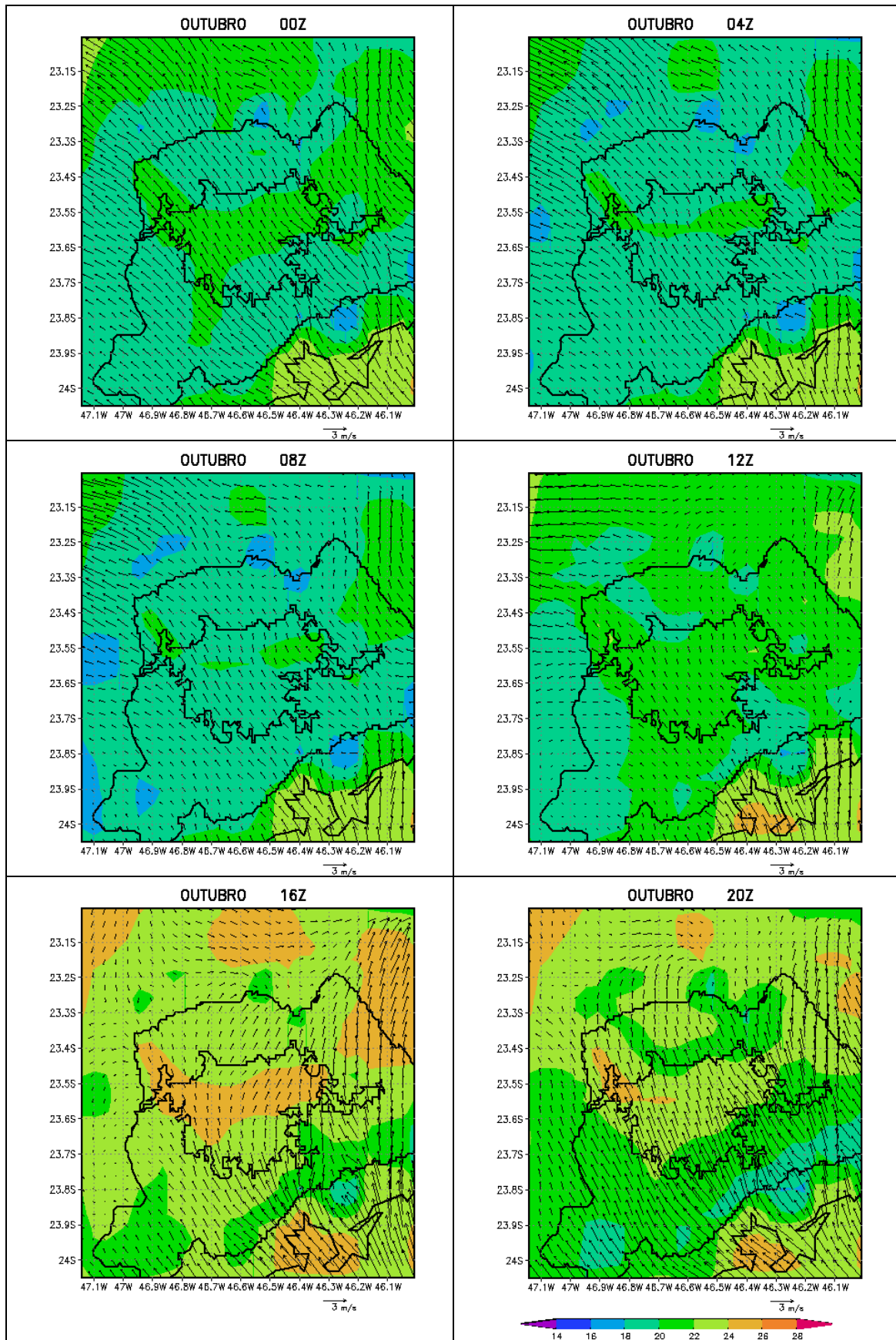


Figura 6: Mesmo que na Figura 3, mas para o mês de Outubro de 2005.

As médias do vento conforme os horários do dia podem trazer detalhes do comportamento do escoamento e serem de extrema valia para o conhecimento da direção de estabelecimento da pluma de efluentes gasosos emanados de determinada região. Considerando a localização da região estudada com relação à linha de costa média (cujas orientações se dá na direção sudoeste-nordeste), conclui-se que a direção típica da brisa marítima é de sudeste, e seu horário de penetração pode ser obtido observando o horário de mudança da direção e intensidade do vento. Outras mudanças relevantes são a queda da temperatura e, principalmente o aumento da temperatura de ponto de orvalho.

Uma característica marcante das Figuras 3 a 6 é a persistência de vetores de vento oriundos de sudeste em todo o domínio apresentado. No intuito de avaliar a qualidade desta representação, cuja repetitividade pode parecer irreal, foi utilizada uma série temporal extensa obtida por uma estação meteorológica automática localizada no IAG-Cidade Universitária, cujo registro estende-se de 1998 a 2006 com observações a cada 30 minutos.

A primeira determinação de interesse é o vento médio mensal, o qual é obtido através da média aritmética de todos os dados disponíveis para determinado mês. A representação gráfica das médias mensais para o período total de 9 anos de registros analisados (Fig. 7) mostra a dominância do quadrante sudeste para todos os meses. Um aspecto relevante a ser destacado é a variação anual desta dominância, com máximos relativos em Março/Abril e Setembro/Outubro. De qualquer modo, os valores médios são relativamente baixos, sendo inferiores a 1 m/s em todos os meses.

De certo modo, a dominância do vento de sudeste está diretamente relacionada à influência da brisa marítima, dada a predominância do quadrante sudeste neste regime. Não obstante, esta determinação do vento médio mensal representa apenas a direção e a intensidade dominantes, sendo muito pouco representativos de condições específicas que podem variar conforme a época do ano e o horário do dia.

Vento Médio Mensal

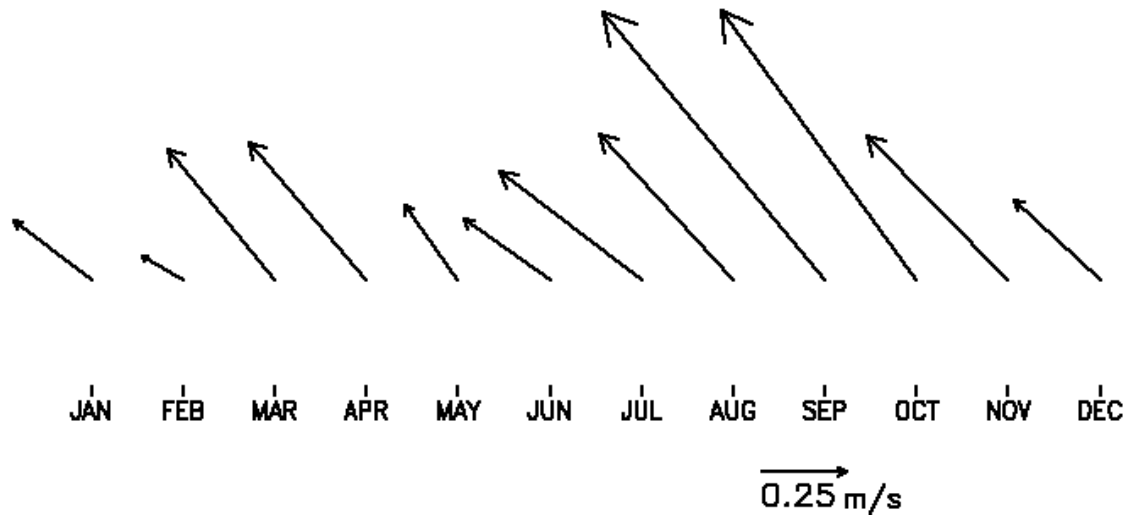


Figura 7: Vento médio em base mensal para o período de 9 anos de dados analisados. Da esquerda para a direita, de Janeiro a Dezembro.

Além dos campos médios simulados apresentados anteriormente, foi realizada uma comparação entre os resultados modelados para a componente de vento perpendicular à costa em diferentes pontos sobre a Região Metropolitana de São Paulo, conforme indicação na Figura 8. A justificativa para o exame desta componente deve-se à importância da célula de brisa terrestre/marítima na imposição do giro diário do vento nos distintos locais de interesse. De maneira objetiva, valores negativos da componente perpendicular representam ventos de noroeste enquanto valores positivos representam vento de sudeste.

A distribuição dos pontos ao redor da RMSP e aproximadamente na borda da malha urbana é adequada no sentido de representar as diferentes características do escoamento superficial, tanto em termos de sua intensidade quanto em termos de seu ciclo médio em base diária. A Figura 9 apresenta as médias mensais da componente perpendicular à costa para os meses de Janeiro, Abril, Julho e Outubro em cada um dos pontos indicados na Figura 8.

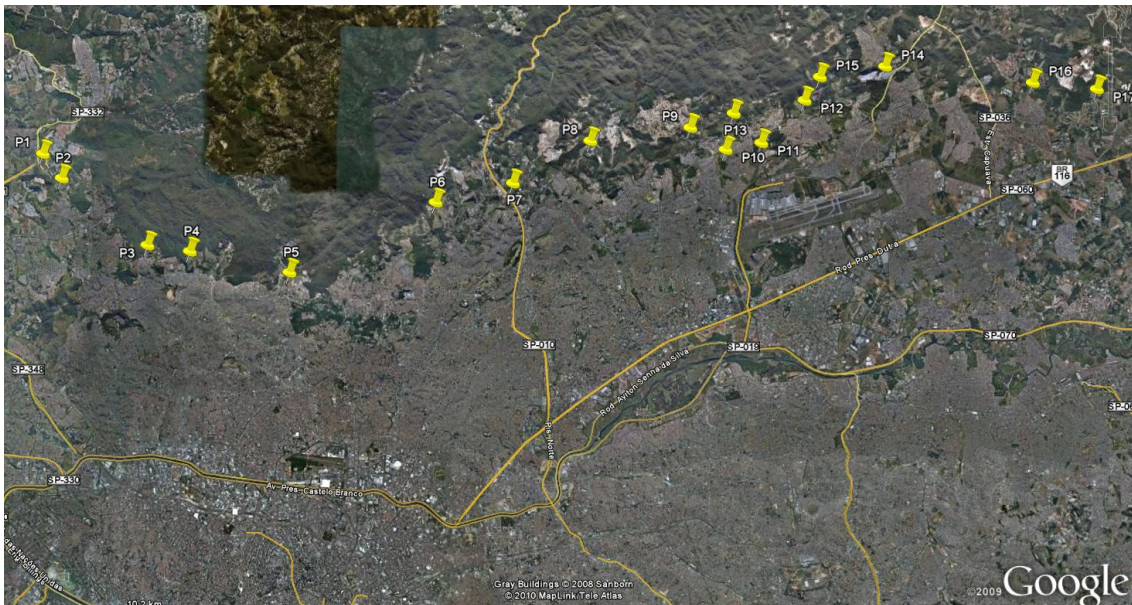


Figura 8: Localização dos pontos escolhidos para a comparação entre as componentes do vento nas proximidades do Trecho Norte do Rodoanel.

Uma análise dos padrões das curvas apresentadas na Figura 9 pode evidenciar as diferenças nos horários médios de virada do vento de superfície nos diferentes pontos e conforme os meses do ano. De maneira geral, e conforme esperado, a virada da componente perpendicular à costa ocorre antes nas estações mais próximas da linha de costa, e este atraso é sucessivamente maior à medida que a estação considerada se afasta da costa. Não obstante, é preciso destacar a importância da presença da malha urbana e da topografia, as quais promovem convergência sobre a parte urbanizada durante o dia.

Neste aspecto, cabe ressaltar a diferença entre os pontos extremos (P1 e P17, assim como a gradual evolução dos pontos intermediários), os quais apresentam componentes médias perpendiculares à costa com sinais contrários em determinadas situações. Esse aspecto fica evidente entre 06 e 09 UTC e entre 15 e 18 UTC nas médias de Janeiro, sendo estes que horários antecedem as entradas das frentes de brisa terrestre e marítima na região estudada. Nas médias de Julho este comportamento fica ainda mais acentuado, pois os períodos com inversão da componente perpendicular são entre 06 e 12 UTC e entre 15 e 20 UTC, aumentando o período com influência direta da célula de brisa. Mas médias de Abril e de Outubro não são

observadas inversões de sinal, mas claramente há diferenças entre as amplitudes e os horários de mudança de sinal.

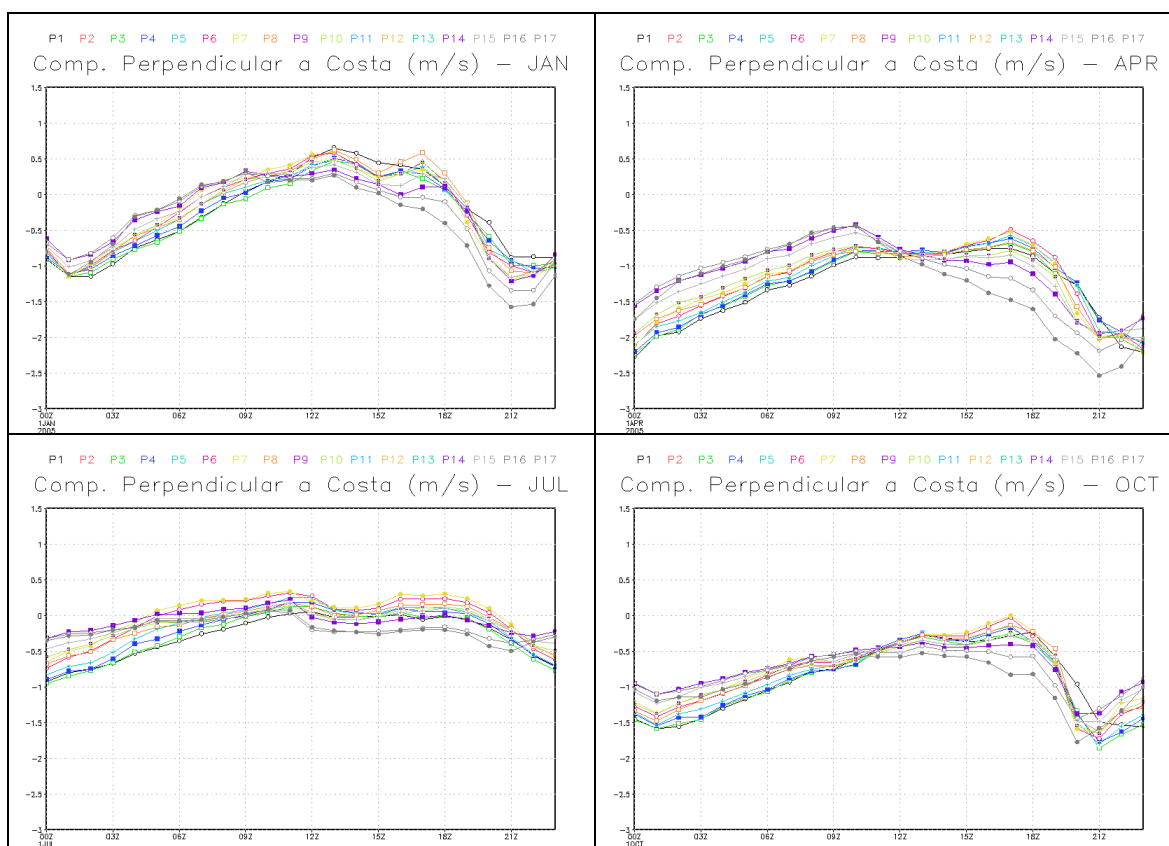


Figura 9: Comparação entre os valores médios horários do componente do vento de brisa ($m s^{-1}$) para 5 pontos na RMSP para meses de Janeiro, Abril, Julho e Outubro do ano base 2005.

O comportamento oscilatório do vento identificado nas Figuras 9 e 10 pode ser também verificado nas observações realizadas por estação meteorológica automática no IAG-Cidade Universitária, cuja localização na porção oeste da RMSP é determinante no comportamento médio da circulação à superfície. A Figura 10 apresenta graficamente os vetores das médias das observações conforme o horário do dia, de acordo com uma subdivisão em séries mensais destes dados. A Figura 11, por sua vez, apresenta o vetor ‘vento de brisa’, o qual representa a essência do comportamento devido às circulações de mesoescala, conforme será explicado a seguir.

A variação diurna do vento em base média mensal é bastante semelhante ao longo do ano, ressaltando a notória virada do vento pelo quadrante norte entre 06 e 15 horas em todos os meses, exceto em Setembro/Outubro. Observa-se uma certa redução dos valores médios nos

meses de inverno, efeito este que está diretamente relacionado à maior ocorrência de períodos de calma nesta época do ano.

Vento Médio por Horário do Dia

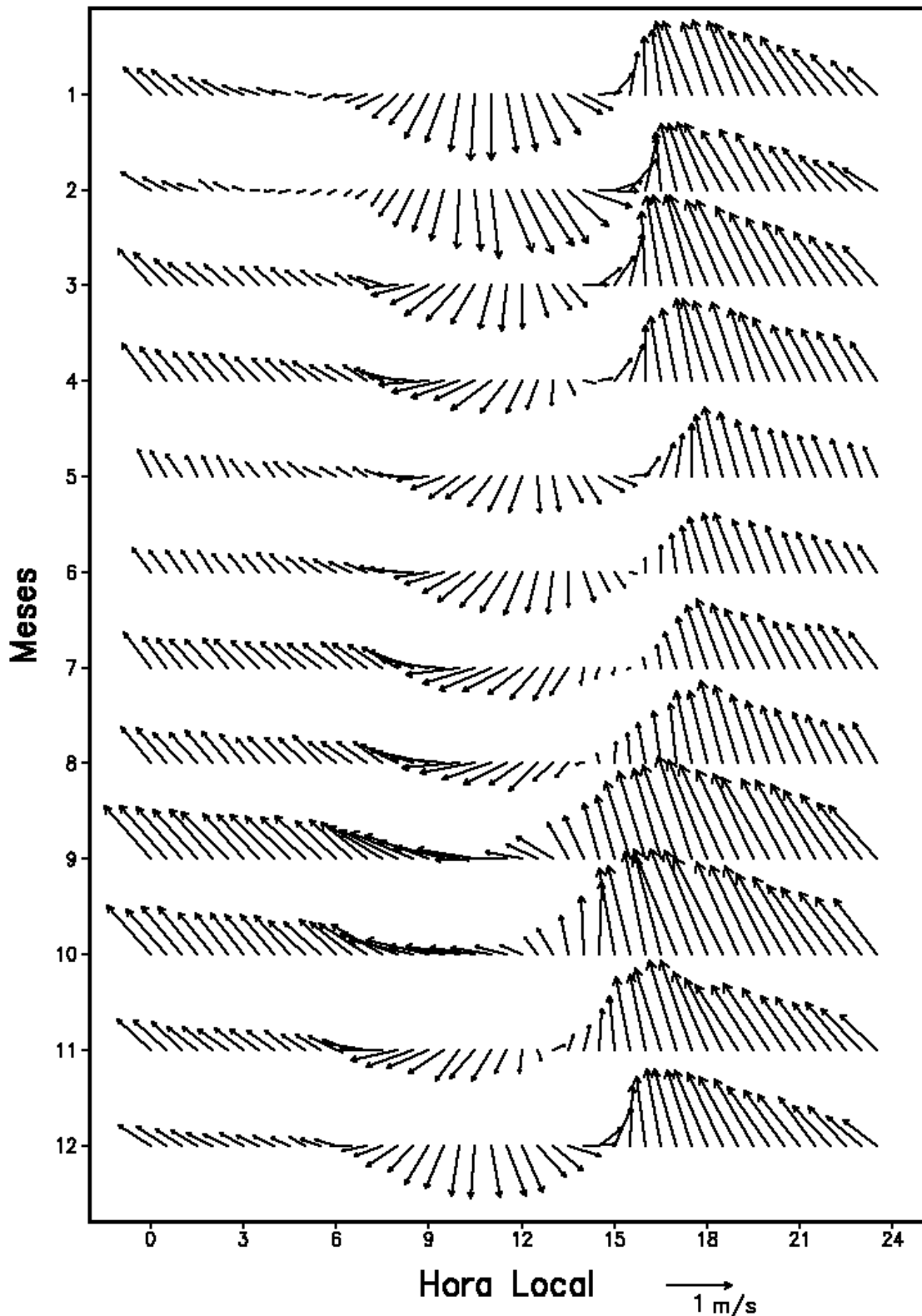


Figura 10: Vento médio conforme o horário do dia para os diferentes meses do ano para o período analisado de 9 anos de dados 1998-2006.

Vento de Brisa Médio por Horário do Dia

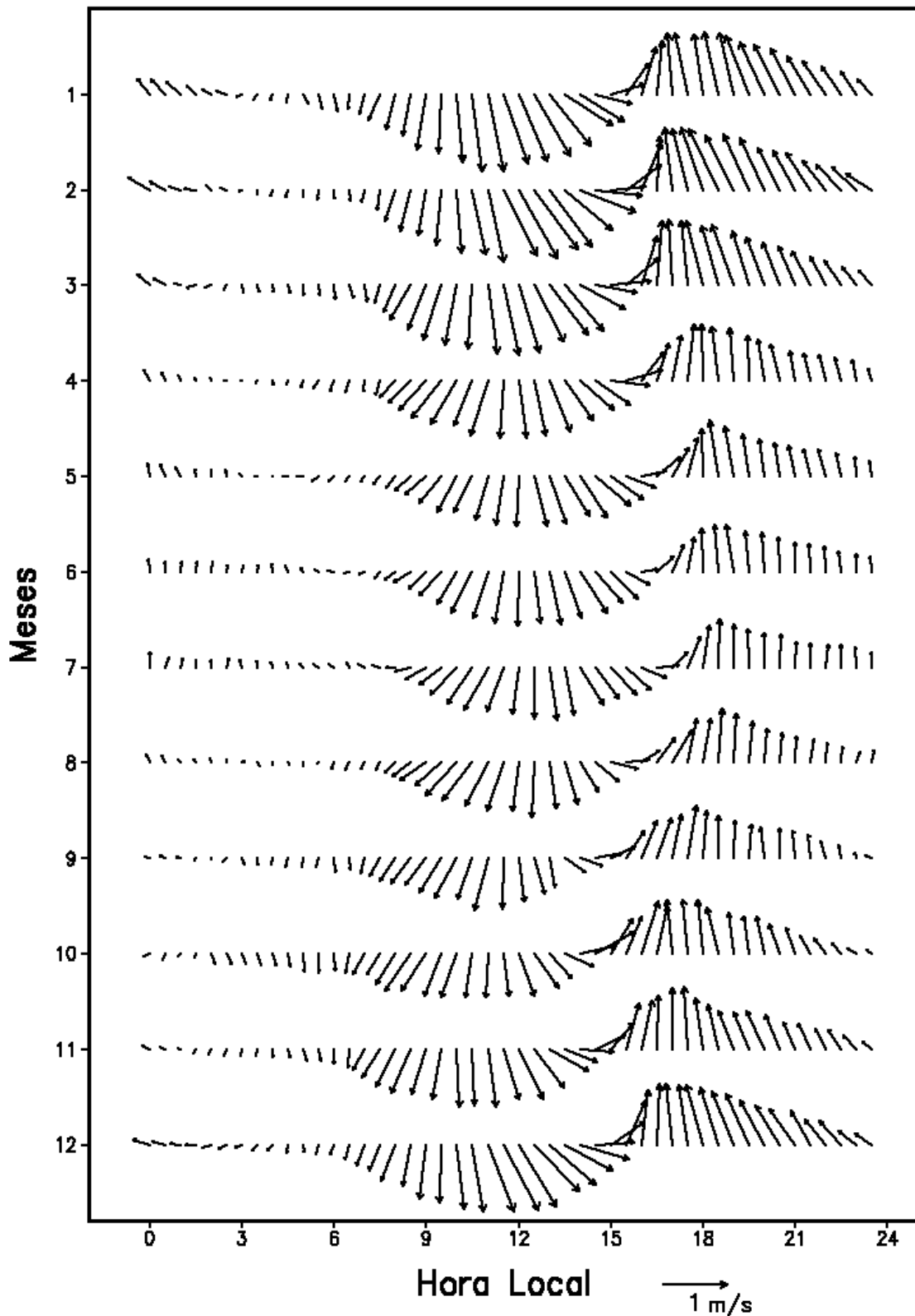


Figura 11: Vento de brisa médio mensal para o período analisado de 9 anos de dados 1998-2006.

A compilação conjunta das informações da Figura 7 e da Figura 10 (médias mensais e variação média diurna em base mensal) permite a obtenção das séries aqui denominadas 'vento de brisa', cuja determinação envolve a subtração vetorial do vento médio mensal das médias mensais conforme o horário do dia. A Figura 11 apresenta o vento de brisa médio mensal para o período de 9 anos de observações disponíveis, na qual fica evidente a grande semelhança do sistema de brisa ao longo dos diferentes meses, embora algumas variações sejam perceptíveis como a redução das amplitudes da brisa marítima e da brisa terrestre nos meses de Maio a Agosto e o pequeno atraso na entrada da brisa (horário da virada da componente meridional para Sul).

Estas diferenças médias mensais observadas na Cidade Universitária podem servir de indicativos para avaliar a representatividade das simulações numéricas, uma vez que os resultados modelados mostram claramente distinções de comportamento entre os diferentes meses (Figs 3 a 6). Apesar de não mostrada, a representação numérica do atraso na penetração da frente de brisa marítima nos meses de Maio a Agosto demonstrou-se bastante satisfatória ao considerar as informações da Cidade Universitária.

Outro aspecto relevante refere-se à intensidade das células de brisa simuladas pelo BRAMS, cujas comparações com observações indicam valores próximos da ordem de 1m/s tanto para a brisa terrestre quanto para a brisa marítima.

Estes fatos permitem acreditar que, apesar das restritivas limitações numéricas (principalmente resolução espacial e parametrizações de processos de superfície), os resultados fornecidos pelo modelo podem servir como bons descritores das condições observadas em regiões sem disponibilidade de dados meteorológicos de superfície.

Finalizando, é importante ressaltar que os resultados modelados utilizados para as simulações de dispersão com o CalRoads não se referem a médias mensais referentes ao ano de 2005 de acordo com o horário do dia, e sim a uma série completa com resolução temporal de 1 hora ao longo de todos os 365 dias do ano.

Referências Bibliográficas

- ATKINSON, B. W. Meso-Scale Atmospheric Circulations, *London Academic Press*, 1981. 495 p.
- BERNADET, L. R. Simulação numérica da brisa marítima e de sua interação com a topografia na presença de processos úmidos. São Paulo, 1992. 119 pp. *Dissertação de Mestrado do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto Astronômico e Geofísico da Universidade de São Paulo*.
- CORREIA, M. F. Impacto das ações antrópicas no clima do submédio do rio São Francisco: Um estudo numérico e observacional. São Paulo, 2001. 181p. *Tese de Doutorado do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo*.
- FREITAS, E. D. Circulações locais em São Paulo e sua influência sobre a dispersão de poluentes. São Paulo, 2003, 156p. *Tese de Doutorado do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo*.
- FREITAS, E. D.; ROZOFF, C.; COTTON, W. R.; SILVA DIAS, P. L. Interactions of urban heat island and sea breeze circulations during winter over the Metropolitan Area of São Paulo – Brazil. *Boundary Layer Meteorology*, 122(1), 43-65, 2007.
- MASSON, V. A physically-based scheme for the urban energy budget in atmospheric models. *Bound-Layer Meteorol.*, **94**, 357-397, 2000.
- OLIVEIRA, A. P. & SILVA DIAS, P. L. Aspectos observacionais da brisa marítima em São Paulo. In: *Congresso Brasileiro de Meteorologia*, 2, Pelotas, 1982, 129-145.
- STIVARI, S. M. S. Um estudo da brisa lacustre do Lago de Itaipu. São Paulo, 1999. 181p. *Tese de Doutorado do Departamento de Ciências Atmosféricas do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo*.
- WALKO, R. L.; BAND, L. E.; BARON, J.; KITTEL, T. G. F.; LAMMERS, R.; LEE, T. J.; OJIMA, D.; PIELKE, R. A.; TAYLOR, C.; TAGUE, C.; TREMBACK, C. J.; VIDALE, P. L. Coupled atmosphere-biophysics-hydrology models for environmental modeling. *J. Appl. Meteorol.*, **39**, 6, 931-944, 2000.