



Número: 64/2007

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ÁREA ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL

CARLOS HENRIQUE JARDIM

**PROPOSTA DE SÍNTESE CLIMÁTICA A PARTIR DO COMPORTAMENTO
TÉRMICO E HIGROMÉTRICO DO AR EM ÁREAS URBANAS**

Tese apresentada ao Instituto de Geociências como parte dos
requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Prof. Dr. Archimedes Perez Filho

CAMPINAS - SÃO PAULO

Agosto – 2007

UNIDADE BC
Nº CHAMADA: J284p
T/UNICAMP
V. _____ EX. _____
TOMBO BCCL 75026
PROC 16. 195-07
C _____ D X
PREÇO 11.00
DATA 14-11-07
BIB-ID 417058

© by Carlos Henrique Jardim, 2007

**Catlogação na Publicação elaborada pela Biblioteca
do Instituto de Geociências/UNICAMP**

J284p Jardim, Carlos Henrique
Proposta de síntese climática a partir do comportamento térmico e
higrométrico do ar em áreas urbanas. / Carlos Henrique Jardim.--
Campinas, SP.: [s.n.], 2007.

Orientador: Archimedes Peres Filho.
Tese (doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Geociências.

1. Climatologia urbana. 2. Geografia física. I. Peres Filho,
Archimedes. II. Universidade Estadual de Campinas, Instituto de
Geociências. III. Título.

Título em inglês: Proposal for climate summary from the behavior of heat and relative humidity
of the air in urban areas.

. Keywords: - Urban climatology,
- Physical Geography.

Área de concentração: Análise Ambiental e Dinâmica Territorial

Titulação: Doutor em Ciências

Banca examinadora: - Archimedes Perez Filho,
- Luci Hidalgo Nunes;
- Maria Ângela Fagnani;
- Tarik Rezende de Azevedo;
- Emerson Galvani

Data da defesa: 31/08/2007



UNICAMP

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS

PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

ÁREA ANÁLISE AMBIENTAL E DINÂMICA TERRITORIAL

AUTOR: CARLOS HENRIQUE JARDIM

**PROPOSTA DE SÍNTESE CLIMÁTICA A PARTIR DO COMPORTAMENTO
TÉRMICO E HIGROMÉTRICO DO AR EM ÁREAS URBANAS**

ORIENTADOR: Prof. Dr. Archimedes Perez Filho

Aprovada em: 31 / 08 / 2007

EXAMINADORES:

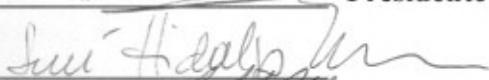
Prof. Dr. Archimedes Perez Filho

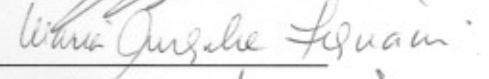
Profa. Dra. Luci Hidalgo Nunes

Prof. Dr. Tarik Rezende de Azevedo

Profa. Dra. Maria Ângela Fagnani

Prof. Dr. Emerson Galvani

 - Presidente





Campinas, 31 de agosto de 2007

AGRADECIMENTOS

Sem a intenção de estabelecer uma ordem de importância à relação das pessoas aqui mencionadas, quero agradecer a todos aqueles que de forma direta ou indireta contribuíram para a conclusão desta pesquisa. Entre elas, à minha mãe, Ivanilde, às minhas irmãs Flavia e Cecília, e toda a família pelo apoio desde sempre; ao meu orientador, o prof. Dr. Archimedes Perez Filho, pela acolhida em relação a presente proposta de pesquisa, disponibilização dos equipamentos através do Instituto de Geociências da Unicamp e, é claro, de me colocar em contato com a teoria dos sistemas e, em especial, com a obra de Edgard Morin, uma das fontes de inspiração deste trabalho; aos meus colegas professores da Universidade Estadual de Goiás e aos meus alunos do curso de geografia dessa instituição ao longo desses (quase) quatro anos de docência universitária (apesar das “discussões emocionadas” e “quebra-pau”, pois eu os faço estudar muito, o professor que disser que nada aprendeu com seus alunos então não aprendeu nada sobre ser professor).

[...] “a ciência caminha do conhecimento presumido para o desconhecido, tenta “de-cifrar” o que está cifrado. Ora, se a ciência caminha em direção ao desconhecido, qual é o caminho – o “método” – que leva até lá?”

Carlos Walter Porto Gonçalves (“Os (des)caminhos do meio ambiente”).

“Quando interrogamos a natureza”, dizia Einstein, “a maior parte das vezes ela responde talvez.” Poderíamos acrescentar que a natureza, não só não responde claramente à questão posta, como também, na maior parte dos casos, levanta novas questões” [...].

Claude Allègre (“Da pedra à estrela”).



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

Proposta de síntese climática a partir do comportamento térmico e higrométrico do ar em áreas urbanas

RESUMO

Tese de Doutorado

Carlos Henrique Jardim

As modificações impostas pelas cidades ao comportamento dos elementos climáticos são insuficientes para a definição de um clima urbano. Mesmo num espaço relativamente pequeno, deve-se levar em consideração a influência de uma série de outros fenômenos climáticos, cuja gênese remonta a participação de fatores alheios à própria organização urbana. Com a finalidade de demonstrar isso, tendo como área de estudo a bacia hidrográfica do Rio Aricanduva na zona leste do município de São Paulo (SP), procurou-se avaliar a influência dos fatores geográficos de superfície no comportamento da temperatura e umidade relativa do ar em áreas urbanas, considerando como pressuposto a relação entre a sucessão dos tipos de tempo e as mudanças na configuração espacial desses elementos. Essas mudanças foram interpretadas, em seguida, como indicadoras do caráter “sistêmico” do clima. Os dados utilizados foram resgatados de trabalhos anteriores, além daqueles produzidos durante o desenvolvimento desta pesquisa entre 2004 e 2006. A análise envolveu o cruzamento dos dados mensurados com as características físicas do ambiente de coleta e do tipo de tempo no dia. Os resultados foram traduzidos numa série de cartas, com o propósito apresentar o fato geográfico-climatológico dentro da sua real dimensão de tempo e escala.

Palavras chave: clima urbano; escala; sistema.



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

Proposta de síntese climática a partir do comportamento térmico e higrométrico do ar em áreas urbanas

ABSTRACT
Tese de Doutorado
Carlos Henrique Jardim

The modifications imposed by the cities to the behavior of the climatic elements are insufficient for the definition of an urban climate. Even in a space relatively small, it should be taken into account the influence of a series of other climatic phenomena, whose genesis raises the participation of factors strange to the own urban organization. With the purpose of demonstrating that, tends as study area Rio Aricanduva's basin in the area east of the municipal district of São Paulo (SP), it tried to evaluate the influence of the geographical factors of surface in the behavior of the temperature and relative humidity of the air in urban areas, considering as presupposition the relationship between the succession of the atmospheric states and the changes in the space configuration of those elements. Those changes were interpreted, soon afterwards, as indicative of the "systemic" character of the climate. The used data were rescued of previous works, besides those produced during the development of this research between 2004 and 2006. The analysis involved the crossing of the data measured with the physical characteristics of the collection atmosphere and of the meteorological conditions of the day. The results were translated in a series of maps, with the purpose to present the geographical-climatological fact inside of her real space dimension and time.

Words key: urban climate; scale; system.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1.1 - As características do clima enquanto sistema dinâmico complexo. 02
- Figura 1.2 - O “ecossistema urbano”. 13
- Figura 2.1 - Instrumental utilizado durante as tomadas em campo. 35
- Figura 2.2 - Características e locais de instalação dos barômetros. 37
- Figura 2.3 - Esquema da análise e interpretação dos dados. 43
- Figura 2.4 - Propriedades térmicas dos materiais. 45
- Figura 2.5 - Mosaico de fotografias aéreas coloridas utilizadas na composição da carta de albedo e capacidade térmica dos materiais. 47
- Figura 2.6 - Roteiro de análise e construção da carta síntese. 53
- Figura 2.7 - Estrutura tridimensional do objeto. 55
- Figura 2.8 - A dimensão multiescalar do fato geográfico-climatológico. 57
- Figura 3.1 - O tratamento do objeto e a perda de informação. 109
- Figura 3.2 - O “sistema” como modelo explicativo da realidade (paisagem). 111
- Figura 4.1 - Localização aproximada da área de estudo em meio à “Região Metropolitana de São Paulo”. 123
- Figura 4.2 - Distritos Municipais e Administrações Regionais de São Paulo. 125
- Figura 4.3 - O baixo vale do rio Aricanduva. 127
- Figura 4.4 - O baixo e o médio vale do Aricanduva. 127
- Figura 4.5 - O médio vale do rio Aricanduva à altura da APA do Carmo. 129
- Figura 4.6 - O alto vale do rio Aricanduva. 129
- Figura 4.7 - Fotografia aérea do baixo vale do rio Aricanduva. 131
- Figura 4.8 - Fotografia aérea do médio vale do rio Aricanduva. 131
- Figura 4.9 - Fotografia aérea do alto vale do rio Aricanduva. 133
- Figura 4.10 - Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva - Carta de Declividade. 135
- Figura 4.11 - Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva - Carta de exposição de vertentes. 137
- Figura 4.12 - Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva - Carta de uso da terra. 139
- Figura 4.13 - Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva - Carta de albedo e capacidade térmica. 141
- Figura 4.14 - Carta topográfica e imagem de satélite com destaque para a área urbana de Morrinhos e arredores. 145
- Figura 4.15 - Morrinhos (GO), Serra de Caldas e arredores. 147
- Figura 4.16 - Área rural de Morrinhos e o Pq. Ecológico. 147
- Tabela 5.1 - Comparação simultânea horária da temperatura e umidade relativa do ar no dia 29/07/2004. 151
- Tabela 5.2 - Valores de temperatura do solo obtidos em Morrinhos no dia 04/09/04. 171
- Tabela 5.3 - Valores de temperatura do ar obtidos em Morrinhos no dia 04/09/2004. 171
- Tabela 5.4 - Valores de umidade relativa do ar (%) obtidos em Morrinhos no dia 04/09/2004. 171
- Tabela 5.5 - Comparação horária dos elementos climáticos no Córrego Capim. 173
- Figura 5.1 - Comparação horária da temperatura do ar e sobre diferentes superfícies e umidade relativa do ar na área urbana de Morrinhos (GO). 175
- Figura 5.2 - Comparação horária da temperatura do ar e sobre diferentes superfícies e umidade relativa do ar na área rural de Morrinhos (GO). 177
- Tabela 5.6 - Comparação simultânea da temperatura do ar, umidade relativa do ar e pressão atmosférica nos bairros Jd. Marina e Jd. Iguatemi, no período de 03 a 23/08/2004. 185

Tabela 5.7 - Comparação simultânea da temperatura do ar, umidade relativa do ar e pressão atmosférica, às 12 h e 21 h, nos bairros do Jd. Iguatemi e Jd. das Rosas, entre fevereiro e março de 2005. 187

Tabela 5.8 - Comparação simultânea da temperatura do ar, umidade relativa do ar e pressão atmosférica entre 24 e 30/07/2005. 189

Figura 5.3 - Tipos de tempo e comportamento térmico e higrométrico do ar na Bacia do rio Aricanduva: situações representativas da sequência de inverno do ano 2000. 215

Figura 5.4 - Tipos de tempo e comportamento térmico e higrométrico do ar na Bacia do rio Aricanduva: situações representativas da sequência de primavera do ano 2000. 247

Tabela 5.9 - Comparação dos valores máximos e mínimos de temperatura do ar e umidade relativa do ar, chuva e pH da água de chuva nos bairros do Jd. Iguatemi e Jd. das Rosas entre fevereiro e março de 2005. 249

Tabela 5.10 - Valores horários simultâneos de temperatura do ar no mês de maio/2006 tomados na área urbana de Morrinhos (GO). 267

Tabela 5.11 - Valores horários simultâneos de temperatura tomada em contato com diferentes superfícies na área urbana de Morrinhos (GO). 269

Tabela 5.12 - Valores simultâneos de temperatura do ar, do solo e umidade relativa do ar no Pq. Estadual da Serra de Caldas. 271

Figura 5.5 - Comparação horária da temperatura do ar nos postos urbanos em Morrinhos (GO). 273

Figura 5.6 - Comparação horária da temperatura em diferentes superfícies na área urbana de Morrinhos (GO). 275

Figura 5.7 - Comparação horária da temperatura do ar, umidade relativa do ar e temperatura sobre diferentes superfícies no Pq. Estadual da Serra de Caldas. 277

Figura 5.8 - Organização climática na bacia hidrográfica do Aricanduva. 289

Figura 5.9 - Unidades climáticas na bacia hidrográfica do rio Aricanduva. 291

Figura 5.10 - Reportagem do jornal “Folha de São Paulo” sobre as “ilhas de calor”. 303

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.	01
2. A PROPOSTA DE TRABALHO, HIPÓTESES E OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.	15
2.1 Objetivos.	15
2.2 Hipóteses.	18
2.3 Metodologia.	21
2.3.1 Roteiro geral.	21
2.3.2 As fontes bibliográficas de informação e os procedimentos de coleta dos dados em campo.	26
2.3.3 A análise dos dados.	39
2.3.4 A construção do modelo gráfico e da carta síntese.	50
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.	61
3.1 O clima urbano.	61
3.2 Os tipos de tempo.	84
3.3 A noção de escala (espacial e temporal) e o conceito de sistema.	94
3.4 Os modelos de representação em geografia.	114
4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E DE OCUPAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO.	118
4.1 A bacia hidrográfica do rio Aricanduva.	118
4.2 A área urbana de Morrinhos (GO) e arredores.	143
5. RESULTADOS.	150
5.1 Aspectos relativos ao comportamento térmico e higrométrico do ar em ambientes microclimáticos.	150
5.2 Considerações a respeito da relação entre a temperatura do ar, umidade do ar, pressão atmosférica e os ventos a partir de comparações entre dois bairros na bacia do rio Aricanduva.	180
5.3 A umidade relativa do ar.	191
5.4 As características térmicas e higrométricas do ar na bacia do rio do Aricanduva e a sua relação com a sucessão dos tipos de tempo.	201
5.4.1 As situações marcadas por relativa homogeneidade térmica e higrométrica do ar.	204
5.4.1.1 As situações marcadas por inversões térmicas do ar.	211
5.4.2 As situações marcadas por heterogeneidade térmica e higrométrica do ar.	217
5.4.2.1 O comportamento térmico e higrométrico do ar na Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva na primavera-verão.	223
5.4.2.2 O comportamento térmico e higrométrico do ar na área urbana de Morrinhos (GO) e arredores e a convergência de múltiplos fatores na estruturação dos climas urbanos.	252
5.5 O modelo gráfico e a carta síntese das unidades climáticas na bacia do rio Aricanduva.	279
5.6 A “ilha de calor” nas cidades enquanto convergência pontual e horária de múltiplos fatores, o significado das “diferenças” de temperatura do ar e o “natural” nos estudos de climatologia urbana.	293

6. CONCLUSÕES.	323
6.1 O clima urbano enquanto um sistema de sistema.	323
6.2 Ordem de grandeza e a inserção na problemática ambiental do clima urbano.	325
6.3 O clima urbano e a sua relação com outros fenômenos climáticos.	330
6.4 A “restauração do equilíbrio” no sistema clima urbano.	340
7. REFERÊNCIAS.	344

1. INTRODUÇÃO

A presente pesquisa, de certa forma, representa a continuidade de um trabalho iniciado em 1996, na graduação do curso de geografia, na disciplina “Climatologia II”, voltada à climatologia urbana, ministrada pelo Professor Dr. José Roberto Tarifa, na Universidade de São Paulo. Desse curso rendeu um trabalho, no formato de um artigo, inédito (JARDIM, 1996), onde foram apresentados os resultados da comparação dos valores de temperatura sobre a superfície do solo e do ar seco, umidade relativa do ar e a acidez (pH) da água de chuva, entre três localidades próximas, mas com diferentes características quanto ao arranjo dos equipamentos urbanos e cobertura vegetal, num bairro residencial situado no médio vale da bacia hidrográfica do rio Aricanduva (sub-bacia do ribeirão Inhumas).

Àquela altura, nos primeiros passos dentro dessa linha de pesquisa, as diferenças de temperatura do ar e do solo foram interpretadas como evidências da transformação da atmosfera pela cidade, dentro de uma óptica simples de causa e efeito. Evidentemente, esse quadro se modificaria ao acenar para a enorme complexidade do tema na medida em que se tomava um maior contato com questões pertinentes à geografia física e, a partir desta, com a climatologia (figura 1.1).

De lá para cá foram produzidos outros trabalhos, nessa mesma linha de pesquisa, entre eles a monografia de conclusão de curso (bacharelado em geografia). Desse trabalho renderiam outros dois artigos (JARDIM, 1998; 2000; 2001). Naquela ocasião, a partir das características gerais da área de estudo, a bacia hidrográfica do rio Aricanduva (zona leste do município de São Paulo), considerou-se a seguinte hipótese: nos bairros densamente urbanizados situados no baixo vale (onde a “malha” urbana estende-se de forma contínua e as áreas verdes, representadas por praças e canteiros centrais de avenidas, assumem um aspecto pontual no espaço), haveria a tendência de se verificar valores mais elevados de temperatura do ar e mais baixo para a umidade relativa do ar, quando comparados àqueles tomados nos bairros do médio e alto vale da bacia, escassamente urbanizada e com grande estoque de áreas verdes, constituída principalmente por lotes vagos, áreas rurais e mata de eucaliptos.

Durante os dias que se seguiram ao trabalho de campo, munido de um psicrômetro de aspiração (modelo Assmann) e do intuito de comprovar a hipótese, não demorou até que se

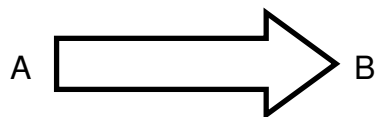
percebesse a não existência de uma relação direta entre as variáveis consideradas. A condição esboçada na hipótese, confirmada pela pesquisa, revelava apenas uma das muitas facetas de um clima urbano. Durante um dos dias dedicados ao trabalho de campo, sob a ação de um sistema frontal (céu totalmente encoberto e chuva leve e contínua durante todo o dia), as propaladas “diferenças” de temperatura e umidade do ar, tomadas como indícios de transformação da atmosfera urbana, simplesmente deixavam de existir. Havia, ainda, áreas dentro da bacia que compartilhavam de um comportamento térmico diário característico tanto de áreas urbanas quanto de áreas rurais.

Desses fatos, entre outros, surgiram uma série de questões, retomadas, logo em seguida à conclusão da graduação, no mestrado (Idem, 2002; 2003). Dentre essas questões pode-se apontar: até onde vai, em termos de escala espacial e temporal, a capacidade da cidade modificar o comportamento dos elementos climáticos? O que seria representativo dessa condição, em termos de valores numéricos, quando da mensuração desses elementos? Em quais circunstâncias isso ocorre?

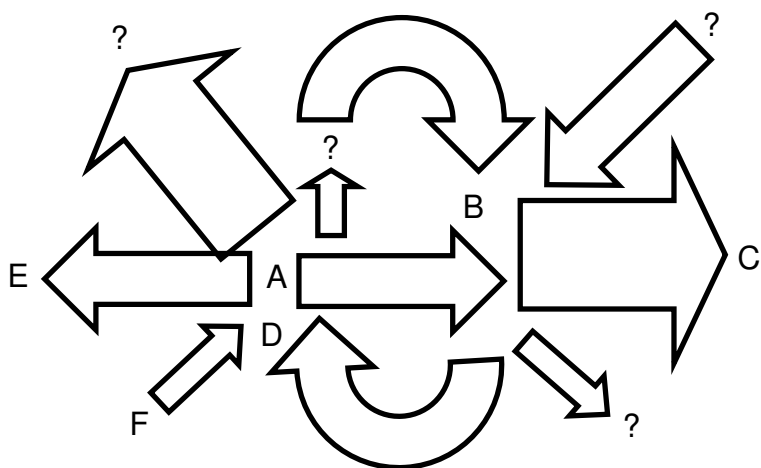
Os trabalhos mais recentes, desta vez no estado de Goiás, já em atividade como docente de ensino superior da Universidade Estadual de Goiás, versam sobre os microclimas e topoclimas na cidade de Morrinhos (GO) e região (JARDIM, 2005; 2007), a partir de comparações entre áreas urbanas, agrícolas e florestais. Devem-se acrescentar, também, dois outros artigos, desenvolvidos em colaboração com outros autores (JARDIM e PEREZ FILHO, 2004; JARDIM e FERREIRA, 2005), respectivamente sobre a abordagem sistêmica e a noção de fator (ou controle) e elemento (ou atributo) em climatologia, cujas discussões foram aqui retomadas, já no programa de pós-graduação da Unicamp, no doutorado.

Três traços fundamentais unem os trabalhos mencionados, até o ano de 2003, após a conclusão do mestrado: (1) todos foram elaborados na linha de um diagnóstico, (2) numa mesma área de estudo¹, mas (3) dentro de uma perspectiva teórica e escalar crescentes de apreensão do objeto. Ou, em outras palavras, das tomadas pontuais de temperatura, passou-se à consideração da bacia hidrográfica como um todo. Embora não configurasse, em qualquer um deles, ainda, uma proposta de síntese dos dados até então levantados.

¹ Isso, pelo menos, até que o autor migrasse para o estado de Goiás.



1 - Relação de causa e efeito entre dois objetos



2 - Relações de causa e efeito em sistemas dinâmicos complexos.

Figura 1.1 – As características do clima enquanto sistema dinâmico complexo

Na defesa da monografia de conclusão da graduação e da dissertação de mestrado, esteve presente junto à banca o Prof. Dr. José Bueno Conti. Nas duas ocasiões teria ele chamado a atenção para a importância naquilo que diz respeito às bacias hidrográficas como unidade de análise em climatologia. Talvez por falta de experiência ou mesmo de conhecimento (ou ambos), essa questão não teria ainda recebido a devida atenção.

No encerramento do III Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica em 1998, em Salvador (BA), o Professor Dr. Francisco de Assis Mendonça da Universidade Federal do Paraná, teria dito, não exatamente com as mesmas palavras aqui reproduzidas, o seguinte: [...] “o geógrafo não é nem engenheiro nem arquiteto. Isso não significa que tenha de entregar suas pesquisas de “mão beijada” para outros profissionais. Há coisas que temos condições de propor sim, e uma delas diz respeito ao ordenamento espacial” [...]. De certa forma, a idéia expressa nessa frase orientou parte das discussões aqui apresentadas, no sentido se de produzir material e críticas para o planejamento da cidade a partir do conhecimento produzido em climatologia.

Concomitante ao caráter de continuidade e à necessidade de imprimir um conceito norteador à pesquisa e, ao mesmo tempo, sintetizar os dados² até então produzidos a partir de uma proposta aplicada, é que surgiu a oportunidade de desenvolvê-las no nível de uma tese de doutorado.

Os dados relativos ao clima e à realidade da área de estudo acumulados até então, somados àqueles produzidos durante o desenvolvimento desta tese, permitiram compor, com certa margem de segurança, uma proposta da síntese climática, básica para uma crítica ao ordenamento espacial urbano atual, tomando como referencial a própria bacia hidrográfica do rio Aricanduva. Secundariamente, no sentido de reforçar as observações tomadas em São Paulo e, ao mesmo tempo, aproveitar a oportunidade de conhecer e trabalhar numa outra realidade climática incluiu-se os dados e observações tomadas na cidade de Morrinhos e arredores, no sul do estado de Goiás. Um maior detalhamento dessa nova realidade deve ser buscado nos capítulos posteriores, referentes à caracterização da área de estudo e aos resultados. Entretanto, cabe aqui ressaltar que a inclusão das observações relativas a Morrinhos, levou a uma melhor compreensão ao redor da organização do clima (uma das primeiras questões apontadas, assim que começaram

² Além dos dados produzidos para esta tese, outro montante, sequer utilizado, foi utilizado aqui e envolveu os de umidade relativa do ar, tomados durante mais de três meses no decorrer do ano de 2000, ainda no mestrado. Deve-se acrescentar, também, os dados produzidos na cidade de Morrinhos (GO) e região.

os trabalhos em 2004, referia-se à capacidade de Morrinhos produzir ou não um clima eminentemente urbano, haja vista as peculiaridades do local³), além de ampliar a percepção geral do autor frente à temática em questão.

Basicamente, as unidades climáticas foram definidas a partir da relação entre os fatores ou controles de superfície (características das vertentes, altura relativa das formas, orientação dos vales, concentração de edifícios, arranjo da malha viária, presença de áreas verdes, trânsito de veículos e pessoas etc.) com os elementos do clima avaliados (temperatura do ar seco, temperatura sobre as diferentes superfícies e umidade relativa do ar), sob as condições dos diversos “tipos de tempos”. Essas “relações” foram traduzidas na forma de um modelo gráfico e de uma carta síntese, representativos de um espaço climático “multidimensional”, sob um enfoque “sistêmico”. O arcabouço teórico-metodológico, por trás dessa discussão, consta dos capítulos seguintes.

Deve-se acrescentar ainda que, além do montante de dados climáticos gerados, até então nunca antes discutidos nas proporções aqui apresentadas para essa localidade da cidade de São Paulo, a contribuição desta pesquisa teve por finalidade enfatizar a importância de se considerar os “limites naturais” no planejamento urbano, a partir da consideração da “bacia hidrográfica” como unidade sistêmica de análise em climatologia urbana. Para fenômenos como a circulação dos ventos, a continuidade espacial da temperatura e umidade relativa do ar, o escoamento superficial e subterrâneo da água, os deslocamentos dos seres vivos etc., não existem “limites administrativos”. Ou, por outras palavras, o seu raio de ação não se estende até onde o homem quer, não obstante à vontade humana de querer impor um controle sobre a natureza (a tecnologia foi desenvolvida com esse intuito, ou seja, compreender para controlar). Por outro lado, uma massa de ar, uma vertente ou a calha de um rio, podem sim constituir-se em “limites” para tais fenômenos e impor-se como forma de controle. Daí que o “natural” e o “urbano”, produzido sobre a superfície “natural”, não podem ser vistos de forma dissociada.

A delimitação da pesquisa junto à bacia hidrográfica do Aricanduva deveu-se, basicamente, ao (1) farto material de estudo resultante de trabalhos anteriores, (2) acesso relativamente fácil às diversas localidades através da malha viária implantada, uma vez que se trata de uma bacia urbana (ou, pelo menos, esse é o elemento predominante), e (3) à possibilidade

³ Entre outras características, Morrinhos possui apenas um prédio e conta com 40 mil habitantes contra

de se comparar áreas contrastantes quanto às suas características ambientais e urbanas, já que oferece um quadro diversificado naquilo que diz respeito a isso.

Outro ponto merecedor de destaque chama a atenção pelo fato da zona leste configurar-se, no âmbito do município de São Paulo, numa região “problemática”. Ampla e populosa, toda essa área encerra uma série de contradições sócio-ambientais. Num estudo divulgado pela prefeitura municipal (PMSP/SMMA/SEMPA, 2005), a zona leste é tida como uma [...] “região com densa urbanização e escassez de vegetação. Grande quantidade de prédios, vias pouco arborizadas e carências de praças e jardins residenciais” [...]. A própria qualidade do ar dá uma idéia desse estágio de degradação. Através do mapeamento da distribuição da poluição do ar por dióxido de enxofre e material particulado (SOBRAL, 1996), verifica-se um claro deslocamento das isolinhas de concentração desses poluentes em direção a essa região da cidade, principalmente sobre a bacia do rio Tamanduateí. Paralela à bacia do rio Aricanduva e de mesma orientação geral (SE-NW), drena parte dos cursos d’água do ABC (municípios de Santo André, São Bernardo e São Caetano) e deságua no Tietê, no centro histórico da capital. O traçado das isolinhas coincide com a orientação dos ventos predominantes no município, de componentes sul e sudeste, e com a localização de distritos industriais e bairros densamente urbanizados no ABC paulista, situados na trajetória desses ventos antes de chegarem à capital.

Os pressupostos que orientaram o andamento da pesquisa consideram a bacia hidrográfica como um sistema, principalmente se for considerado o aspecto que assumem certas relações entre os elementos que a compõem. Essas relações tomam forma enquanto modificações no comportamento dos elementos climáticos. E, mais do que isso, na faculdade de manter essas modificações, ao longo do tempo, no comportamento desses mesmos elementos. Essas transformações conduzem ao surgimento de “qualidades novas” ou “propriedades emergentes”, oriundas da relação que os elementos novos surgidos e/ou pré-existentes assumem, tanto em “qualidade” (gênese, origem) quanto em “quantidade” (frequência, intensidade, dimensão etc.), até então inexistentes em alguns casos: a) nunca houve tantas pessoas e, conseqüentemente, tantos problemas, numa cidade tão grande quanto São Paulo; b) mais do que produzir o seu próprio clima, a cidade produz um “habitat singular”. É claro que a produção desse “habitat”, ao mesmo tempo em que propicia melhores condições de vida às pessoas (ou, pelo menos, é com

os 860 mil, aproximadamente, do vale do Aricanduva em São Paulo.

essa intenção que ele foi criado), produz transtornos no ambiente ao redor, pois é desse ambiente que o ser humano retira tudo aquilo de que precisa em termos de “matéria” e “energia” (diminuição da entropia nas organizações humanas associado ao aumento da entropia no ambiente natural).

As “propriedades novas” ou “emergentes” advêm com relações transformadoras e não apenas da sobreposição ou justaposição dos elementos num sistema. A atmosfera não está simplesmente sobreposta à superfície terrestre. Há uma verdadeira integração entre um e outro e uma das conseqüências é a participação de ambos na formação e aprofundamento do solo, no desencadeamento de processos erosivos, na sustentação das diversas comunidades biológicas, armazenamento de energia solar pela biomassa e incremento na produção de vapor para a atmosfera etc. Essa integração caracteriza um movimento recíproco de troca de matéria e energia (a atmosfera não está presente no sistema apenas no sentido de fornecer o “input” inicial por trás do desencadeamento de uma série de transformações, mas na qualidade de “transput⁴”, já que participa de todo o processo, em todos os momentos). No caso do clima, as “propriedades novas” emergem da relação entre os elementos ou atributos atmosféricos (propriedades físicas de uma parcela de ar) com os fatores ou controles de superfície (tudo aquilo que é capaz de alterar o comportamento dos atributos atmosféricos). A modificação ou, em casos mais extremos, a supressão de um controle qualquer, como a vegetação natural de uma bacia hidrográfica, e a sua concomitante substituição por edifícios, ruas etc., introduz modificações no balanço energético. Modificações, estas, traduzidas por uma série de fenômenos climáticos (dos quais os “climas urbanos” configuram como um desses fenômenos) que podem perdurar no espaço praticamente todo o tempo (“time”), sob as mais diversas circunstâncias de tempo (“weather”) ou, por outro lado, deixar de existir (situações em que o clima urbano desaparece), motivado pela imposição de outro sistema de expressão espacial maior (uma frente fria, por exemplo).

A influência dos controles de superfície no comportamento dos elementos climáticos foi sintetizada por Tarifa (1981, p. 16) da seguinte forma:

⁴ Termo extraído da obra de Monteiro (1999, p.24) e utilizado aqui com aquele mesmo sentido: [...] “minhas limitações em economia e na teoria geral dos sistemas levaram-me a considerar o clima como um “in-put” (insumo) básico à produção agrícola. Mais tarde eu aprenderia que os economistas dispunham de um termo mais adequado – aquele de “trans-put”, ou seja, o insumo que atua, ao longo de todo o processo, no sistema”.

[...] Estando, pois, localizados junto à interface solo-atmosfera (camada limite) qualquer alteração na natureza dessa superfície, tanto espacial como vertical, altera significativamente o modo de propagação da energia, alterando conseqüentemente os resultados das trocas verticais de radiação solar e interferindo nos processos advectivos pelas mudanças que introduz no comportamento do vento. Resultam dessas interferências, alterações nas variações de temperatura e umidade, que nada mais são do que elementos ou variáveis respostas, conseqüentemente funções do balanço de energia por unidade de tempo, dentro de um espaço tridimensional.

O trecho citado, na verdade, foi o “gancho” para o desenvolvimento do mestrado (JARDIM, 2002). A preocupação naquela ocasião (e que ainda persiste, de certa forma), de caráter mais exploratório, apoiava-se num “municimento” de dados com a finalidade de se verificar a adequação do qualificativo “clima urbano” para a realidade climática da cidade. Ou seja, até onde se estende a influência das cidades no clima. Hoje, ao fazer uma revisão daquele trabalho à luz das informações até então acumuladas, parece mais adequado o termo “derivado” ao referir-se ao clima das cidades, termo este já utilizado por Monteiro (1975; 1990a) em outro momento de sua obra, uma vez que tais modificações, como já foram mencionadas, compartilha o mesmo espaço com outros fenômenos ou, até mesmo, deixa de existir.

Como era de se esperar, mais do que respostas, a preocupação esboçada naquele trabalho conduziu a outras questões. Embora o trecho citado anteriormente já encerre em si uma síntese da realidade, naquilo que diz respeito à estruturação do clima, é, ao mesmo tempo, suficientemente flexível (e é aí que reside o valor de um enunciado) para fomentar outras questões: (1) até onde vão, em termos de magnitude espacial e temporal, expresso pelos valores dos elementos mensurados, essas modificações? (2) A intensidade e a frequência dessas modificações no clima são tamanhas a ponto colocar o cidadão a mercê daquilo que ele próprio ajuda produzir? (3) Como encerrar o produto dessas modificações, reveladas pelo comportamento dos elementos atmosféricos, num modelo gráfico representativo da realidade climática de uma bacia hidrográfica urbana?

Dessas questões surgiram outras que, à medida que foram submetidas à prova, através do confronto com outras informações, oriundas da realidade in loco e/ou a partir dos resultados de outros trabalhos, revelaram todo um quadro de associações entre os elementos ou das variáveis do sistema considerado. A modificação de qualquer um deles acarretam mudanças no comportamento dos demais elementos. Isso pode ser ilustrado a partir da supressão de áreas verdes e o incremento da superfície edificada, seguida do aumento na temperatura do ar seco e

diminuição dos valores de umidade relativa do ar, a partir de tomadas num transecto longitudinal à bacia (JARDIM, 1998; 2002), e um possível incremento na quantidade de material particulado em suspensão no ar de acordo com Sobral (1996), pelo menos nas camadas de ar mais próximas à superfície, limitadas pelo dossel urbano (“canopy layer”) e na camada limite (“boundary layer”).

Reforçou, também, não só a idéia de associação entre os elementos climáticos com os fatores (ou controles) de superfície, mas gerou subsídios para se discutir a “natureza” (gênese) dessas associações, uma vez que se trata de variáveis dependentes, ligadas às características de um ou outro fator, revelada pela “intensidade” e “dimensão” das modificações no comportamento dos elementos climáticos.

Essas associações ou conexões desdobrar-se-iam num espaço “multidimensional”, representado pela evolução temporal da relação entre os fatores (ou controles) e os elementos, em diferentes escalas de grandeza espacial. Aliás, essa é a idéia básica que orientou a construção do modelo gráfico e da carta síntese. A título de exemplos, podem ser mencionadas as ocasiões quando se verificou a influência do relevo da bacia na canalização dos ventos e na formação de microclimas, principalmente sob a ação de sistemas atmosféricos tropicais e/ou polares em vias de tropicalização, em situações horárias de estabilidade atmosférica, acompanhados da intensificação das “ilhas de calor” ou a formação de “bolsões” de ar frio nas situações de inversões térmicas. Percebe-se, pelos exemplos, a conexão entre diferentes categorias de objetos com diferentes dimensões, na produção de diferentes fenômenos: a interação dos sistemas atmosféricos (escala regional/multiregional) com os controles de superfície da bacia paulistana resulta nos tipos de tempos (escala local); a interação dos tipos de tempos com feições menores do quadro ambiental (planícies fluviais, setores de vertentes, bairros, áreas verdes com dimensões de milhares a alguns milhões de m² etc.) resulta na produção de “ilhas de calor”, inversões térmicas, canalização de ventos, “bolsões” urbanos com elevada concentração de ozônio, dióxido de chumbo, material particulado, pontos de alagamento etc. (escala dos mesoclimas, topoclimas e microclimas).

Uma outra tentativa de resposta às questões colocadas, discutida em trabalho anterior (JARDIM, 2002), permanece em aberto. Se fosse tomada um “sim” como resposta à questão relativa à intensidade e frequência dos fenômenos climáticos e a sua influência na vida do cidadão, poder-se-ia argumentar que a cidade, juntamente com os seus habitantes, deixaria de

existir, sucumbida pelo acúmulo de “desordens” em seu interior (episódios de enchentes, poluição, “ilhas de calor”, congestionamento de veículos, criminalidade, dívida pública etc.). Nessas condições, a cidade literalmente pararia motivada por colapsos de diferentes magnitudes, num ritmo semelhante à formação de uma bola de neve, sob a ação dos mecanismos de retroação positiva.

Evidentemente, isso não acontece. Pelo menos não no ritmo crescente a ponto de colocar a cidade (sistema urbano), num curto intervalo de tempo, a beira de um colapso total. E aí ter-se-ia que admitir um “não” como resposta à influência do clima urbano na vida do cidadão. O que também não é verdadeiro. Embora encerre múltiplos problemas, São Paulo ainda “funciona”. Assim como outros sistemas, dentro de certo limiar, as cidades auto-regulam-se (capacidade de restaurar o equilíbrio sob a ação de mecanismos de retroação negativa). A cidade renova-se através de um fluxo contínuo de matéria e energia (entrada de radiação solar, ventos, chuva, calor e frio, trânsito de pessoas, veículos, idéias, mercadorias etc.). Idéia também compartilhada por Drew (1989, p.28), ao discutir o conceito de resiliência ambiental, ou seja, [...] “até que ponto o meio tolera as mudanças impostas sem que se verifique uma alteração no conjunto do sistema” [...] e por Detwyler e Marcus (1972, p.19) ao representar o ecossistema urbano (figura 1.2), dividido em componentes de “input” e “output”, [...] “resulting from interaction of the environmental and cultural subsystems” [...].

O embasamento teórico-metodológico (discutido de forma mais pormenorizada no capítulo referente à revisão bibliográfica) buscou respaldo nos conceitos de “escala temporal” e “espacial”, “sistemas” (e, por extensão, no “sistema clima urbano”), bem como nas questões acerca da relação “fator-elemento” e “ritmo climático”. Que, em princípio, constituem-se em instrumentos lógicos utilizados com a finalidade de explicar a interdependência entre as variáveis do meio.

Os dados de campo foram analisados comparativamente, uns em relação aos outros, a partir do cruzamento das características físicas do ambiente de coleta, posteriormente transformadas em cartas temáticas, com as condições de tempo do dia (estados atmosféricos ou tipos de tempos), reflexo da repercussão espacial dos sistemas atmosféricos. Com isso, obteve-se um “perfil” de comportamento dos elementos climáticos, nas diferentes localidades dentro da bacia do rio Aricanduva, relativos à temperatura do ar seco, umidade relativa do ar, pressão

atmosférica e ventos, ao longo do tempo (“time”), e que alimentaram a construção de um modelo gráfico, apoiado na matriz de correlação dos fatos geográficos proposta por Berry (1964), importante instrumento para a elaboração da carta síntese.

Os resultados apontaram para uma organização climática complexa, onde se verificou a existência e a inter-relação de diversas categorias taxonômicas de climas, mesmo num espaço relativamente pequeno como a bacia hidrográfica do rio Aricanduva. O modelo gráfico apresentado, juntamente com a carta síntese das unidades climáticas, buscou traduzir essa complexidade espaço-temporal, sede da produção de múltiplas situações (inclusive de “climas urbanos”) que se desenvolvem em múltiplos espaços e tempos, reflexo do caráter dinâmico do clima e da paisagem, onde se encontra a cidade. E com isso tentou-se responder, de forma modesta, evidentemente, uma questão colocada por Monteiro (1999, p.10): [...] “Quando enunciamos que o clima de um lugar (espaço) é a resultante do comportamento dinâmico mais habitual ou recorrente da atmosfera, cronologicamente desenvolvido (tempo) sobre aquele dado lugar, teremos o problema de definir que lugar é este” [...].

É fato que a cidade é sede de “climas urbanos”. Não existem “climas urbanos” no interior da Amazônia ou do deserto do Saara (a menos, é claro, que se considere como sede do clima as cidades que aí se localizam). Mas é fato, também, que a cidade abriga uma série de outros fenômenos climáticos cuja origem remonta a participação de outros controles e elementos alheios, inclusive, à própria organização urbana.

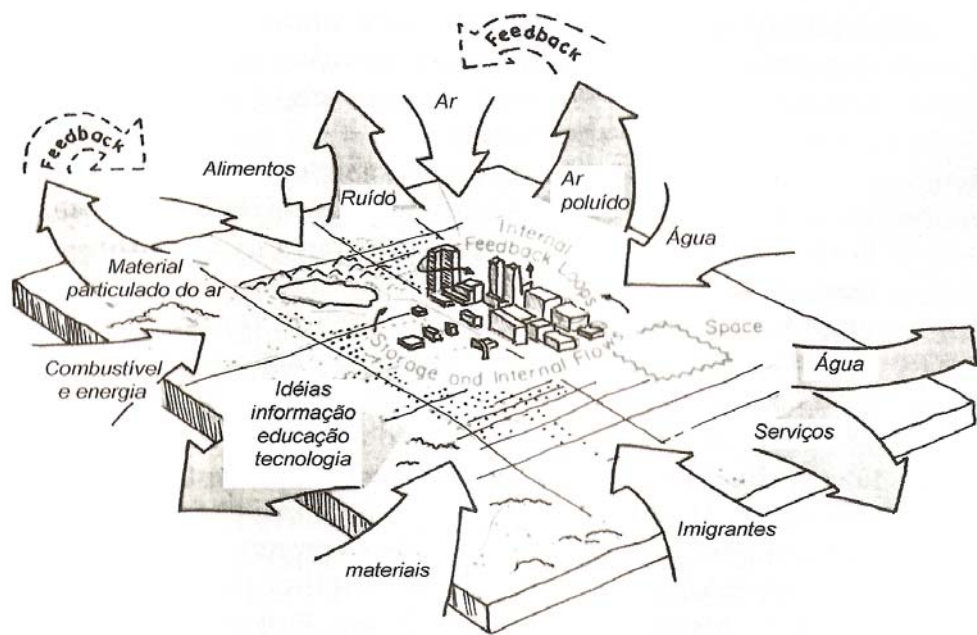


Figura 1.2 - O “ecossistema urbano”.

Adaptado por Carlos H. Jardim de Detwyler e Marcus (1972).

2. A PROPOSTA DE TRABALHO, HIPÓTESES E OS PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.

2.1 Objetivos

Os objetivos da presente pesquisa dividem-se em três partes. O primeiro deles foi avaliar a influência dos fatores geográficos de superfície (basicamente o relevo e os elementos associados à urbanização) no comportamento dos elementos climáticos⁵ (temperatura do ar seco e de superfície e a umidade relativa do ar), tendo como área de estudo a Bacia Hidrográfica do Aricanduva, localizada na zona leste do município de São Paulo (a descrição da área de estudo encontra-se no capítulo quatro, referente às características físicas e de ocupação na área de estudo).

O segundo está relacionado à precariedade de informação a respeito do clima, à escala micro e topoclimática, o que leva à necessidade de produzir dados, dada a sua importância para o planejamento urbano e ambiental, já que esse é o ambiente atmosférico dentro do qual o homem se relaciona de forma mais direta com o clima e com o próprio ambiente ao redor. A essa escala, portanto, o clima constitui-se, em grande parte, enquanto produto do modo como o homem se organiza no espaço (o ser humano é um grande produtor de microclimas) embora, muitas vezes, o faça de forma desordenada. Portanto, o clima é reflexo, também, da “desorganização” social e espacial⁶. E no espaço urbano isso fica evidente, principalmente nas áreas periféricas da cidade de

⁵ Isso quer dizer que o propósito aqui esboçado, inclui saber como a cidade modifica a atmosfera (a partir do comportamento dos elementos climáticos avaliados) e não o contrário, ou seja, o impacto produzido pelos fenômenos atmosféricos sobre a cidade e, conseqüentemente, sobre o cidadão. O reconhecimento dessas duas linhas de pesquisa em climatologia urbana foi mencionado por Taesler (1986), expresso da seguinte forma: [...] “From a climatological point view, the main interest in to study the impact of the urban area on the atmosphere. In urban planning an building design the prime interest is in the opposite direction, i.e. to study the impacts of the urban atmosphere on the function, economy and safety of the built environment and on the health and well being of its accupants.” [...].

⁶ O clima pode ser entendido tanto como produto da “organização” quanto da “desorganização” espacial. Certa vez, numa entrevista, durante o período das eleições em 2006, um cientista político disse que o brasileiro, quando vota, o faz de forma consciente. O que não quer dizer, acrescentou ele, que o faça sempre de forma correta. Com o clima acontece o mesmo. Embora o ser humano seja um grande produtor de microclimas, isso não quer dizer que tudo que ele produza seja benéfico para si e/ou para as demais formas de organizações espaciais. Grande parte dos recursos propiciados pelo clima é amplamente mal aproveitada: ventilação, luminosidade, chuva etc., ou, o que é pior, não só não é aproveitado, como sofre um incremento, como é o caso da energia calorífica dissipada pelas atividades humanas aliada ao excedente de energia calorífica natural nos trópicos. A oferta de calor é muito maior do que a demanda (o que poderia configurar como “poluição térmica”).

São Paulo, associada ao crescimento acelerado pelos quais passaram as metrópoles brasileiras, onde se encaixa grande parte da bacia do Rio Aricanduva, ainda mais se for levado em consideração o aspecto recente e rápido de como esse processo ocorreu a partir da década de cinquenta.

Se a forma de organização espacial do homem é fruto de uma relação “contraditória” com a natureza a sua volta (organização e desorganização), os microclimas e topoclimas urbanos, reflexos, em grande parte, dessa relação, fatalmente expressarão características que, tomados enquanto recursos naturais podem ser potencializados tanto de forma positiva quanto negativa⁷.

Se a organização das cidades ao longo do tempo as leva interferir negativamente no clima ao modificar o comportamento dos elementos climáticos, isso não significa, necessariamente, que a cidade exerça sempre e de forma contínua, essa modificação, quer devido ao seu porte (e é aí que entram nos resultados, as considerações sobre a cidade de Morrinhos e arredores, no sul-sudeste de Goiás) ou aos controles atmosféricos presentes dentro da região onde a mesma se encontra (interação entre fatores locais e regionais, associados aos tipos de tempos), como acontece em algumas ocasiões na cidade de São Paulo, quando deixa de existir um clima eminentemente urbano.

Dentro desse contexto, perante uma situação em que se exigisse alguma forma de intervenção junto ao espaço nessa localidade da cidade, defendeu-se a necessidade de se elaborar um mapeamento (e esse é o terceiro dentre os objetivos apontados), no qual fossem considerados os fatores “naturais”, presentes no quadro físico-ambiental da realidade da área de estudo, que precederam a sua ocupação e que se colocam praticamente fora da influência humana, notadamente os aspectos ligados às grandes feições do relevo presentes na bacia do rio Aricanduva e, principalmente, os tipos de tempo na bacia paulistana, aliados, evidentemente, a aquelas formas de controles produzidos pelo homem, dentro daquilo que representa uma bacia hidrográfica enquanto unidade sistêmica de análise em climatologia urbana.

⁷ A título de exemplos, a ventilação natural poderia substituir inteiramente (ou pelo menos em parte) os dispositivos mecânicos de refrigeração de ar e economizar muitas horas de energia elétrica (e a vantagem está em não produzir calor) assim como a água da chuva poderia ser estocada para uso posterior. Aliás, quando existiam, as florestas desempenhavam esse papel. Na ausência destas, o estoque artificial de água de chuva em cisternas ou caixas d'água, evitaria que uma parcela significativa de água entrasse de forma rápida no sistema urbano e culminasse com a proliferação de pontos de alagamento. E, evidentemente, as companhias de abastecimento d'água teriam seus lucros reduzidos, da mesma forma como foi breve o interesse na divulgação de alternativas à utilização de energia elétrica durante os sucessivos “apagões” nos anos de 2000-2001.

Essa discussão convergiu para a elaboração de um documento cartográfico, na forma de uma “coleção” de mapas, em sucessão temporal (mapas dinâmicos), representativos da síntese climática na bacia hidrográfica do rio Aricanduva, produto da relação entre os controles climáticos de superfície e os elementos atmosféricos, associado aos tipos de tempo (em sua sucessão temporal), com a finalidade de apoiar futuras intervenções no arranjo espacial dos equipamentos urbanos e, conseqüentemente, de interferir de forma positiva na qualidade de vida do cidadão.

Deve-se ressaltar que a transformação dos resultados numa carta teve, também, o intuito de trazer a tona mais elementos para uma discussão a respeito da importância desse tipo de linguagem (cartografia) para a climatologia⁸.

⁸ A cartografia está para geografia, assim como a matemática está para a física, embora constitua-se num erro grosseiro confundir cartografia com geografia ou matemática com física. Tanto a cartografia como a matemática podem ser entendidas como formas de linguagem e devem ser amplamente aproveitadas para a comunicação de idéias, em ambas as áreas, de acordo com as afinidades de cada um dos campos de conhecimento.

2.2 Hipóteses

Os dados tomados em campo, relativos aos elementos atmosféricos, constituem-se em produtos da relação entre os tipos de tempo (que se sucedem de forma semanal, diária ou, até mesmo, horária), oriundos da repercussão dos sistemas atmosféricos, numa escala local (e, portanto, muito maior do que os limites de uma bacia hidrográfica como a do rio Aricanduva), com os controles de superfície (genericamente, as grandes feições relativas ao relevo e, secundariamente, ao uso da terra).

Esses controles, na bacia do rio Aricanduva, desdobram-se nos níveis microclimáticos, topoclimáticos e mesoclimáticos, conforme nomenclatura utilizada por Tarifa e Armani (2001a; 2001b) para a classificação das setenta e sete unidades micro e topoclimáticas no município de São Paulo, apoiado nas ordens de grandeza de Cailleux e Tricart e adaptada por Monteiro (1975; 1999) para o clima, cuja influência, evidentemente, não vai além do espaço definido pelos controles nessa ordem de grandeza.

Da relação entre os tipos de tempo e os controles de superfície, resulta que uma carta da síntese climática desse espaço, deve, necessariamente, refletir essa variação temporal de sucessão dos tipos de tempos, ou seja: ao invés de uma carta, como definiram os autores supracitados (TARIFA e ARMANI, 2001a; 2001b), as características do fenômeno pede um tipo de representação, dentro do qual conste uma série de cartas, a partir do comportamento dos elementos climáticos (neste caso, a temperatura do ar e a umidade relativa), sob a influência dos tipos de tempo, associadas ao seu caráter dinâmico (ritmo) de sucessão.

Não se trata de negar a existência das setenta e sete unidades topo/microclimáticas do município de São Paulo (ou das dez unidades identificadas na bacia do Aricanduva pelos mesmos autores), mas, de indagar se essas unidades estão presentes na bacia do Aricanduva sob quaisquer circunstâncias em qualquer condição de tipo de tempo (estado atmosférico), da forma como foram definidas. Disso, decorre que:

(1) Se os tipos de tempo (“weather”) variam com o decorrer do tempo (“time”), o comportamento dos elementos atmosféricos e, conseqüentemente, a configuração espacial desses mesmos elementos em superfície (ambos estreitamente associados à evolução dos tipos de tempo), também se modificam com essa sucessão;

(2) A modificação com o decorrer do tempo (“time”) da configuração espacial das unidades climáticas leva a definição de “unidades temporais de clima” (relação entre tempo e espaço);

(3) As representações dinâmicas, mais do que as formas tradicionais de representações cartográficas de unidades climáticas, também apoiadas na delimitação de manchas de diferentes cores, tons e padrões de texturas, mas desprovidas da idéia de tempo cronológico na medida em que retratam um instante ou o objeto congelado no tempo, revelam aspectos da organização complexa desse sistema, ou seja, o clima enquanto hierarquia de totalidades organizadas ou sistemas de sistemas em constante modificação. Dessa forma, nas cidades, não existe um “clima urbano” ou um fenômeno que caracteriza o clima urbano. A realidade mostra que nas cidades co-existem vários fenômenos climáticos (inclusive aqueles relativos aos climas urbanos, cuja gênese repousa numa estreita relação da cidade com a atmosfera) que compartilham o mesmo espaço ao mesmo tempo (sincronia) e em diferentes tempos (diacronia). A inseparabilidade entre tempo e espaço defendida aqui como chave para a compreensão do clima, encontrou respaldo nas palavras de Morin (2002, p.96): [...] “Se há um começo (catástrofe), ele traz em si de maneira indistinta, com sua desordem, o princípio de ordem e a potencialidade organizadora, e a história cósmica começa com a rotação do circuito tetralógico” [...]. Diferentemente do “círculo vicioso” (que é o circuito tetralógico formado pela interação “estática” entre ordem–desordem–organização), a paisagem (e, por extensão, o clima) poderia ser descrita como um “circuito irreversível” (rotação do circuito tetralógico), expresso pelas mesmas relações do “círculo vicioso”, mas, agora, ao considerar o seu movimento, alimentado por uma fonte inicial (catástrofe), descreve um caminho, descrito por um espiral, até atingir a dispersão (máximo de entropia, morte térmica do universo ou ausência de transformações). Nesse “caminho” operariam transformações irreversíveis. No âmbito da paisagem, essas “transformações irreversíveis” referem-se à sua evolução através dos tempos e, no âmbito do clima, às variações horárias, diárias, estacionais, anuais etc. (o verão deste ano não foi igual ao verão do ano passado e assim por diante) e, também, àquilo que Sorre (1934) considera sobre a impossibilidade de um clima ser igual a outro;

(4) A natureza dessa realidade (realidade geográfico-climatológica) é percebida de maneira mais nítida quando se trabalham de forma conjunta, no âmbito das representações

cartográficas, as duas dimensões do plano, o tempo e a escala⁹. Diferentemente da história, cuja explicação do fato mobiliza uma dimensão (tempo), a elucidação do fato geográfico (e aí se insere a climatologia) requer quatro dimensões.

⁹ Uma das questões que fomentou a elaboração das hipóteses, diz respeito àquilo que Monteiro (1990b, p.69) coloca sobre a representatividade dos pontos de observações: [...] “Dentro da complexidade urbana, na qual penetramos, fica-nos um grande problema: até que ponto os valores medidos num dado ponto de observação podem ser estendidos no espaço urbano. Cada ponto expressa – no momento em que foi registrado – o comportamento da atmosfera naquele dado ponto. Este encerra simultaneamente, em si mesmo, as componentes da circulação atmosférica regional, aquelas advindas da resposta local, ao mesmo tempo em que deve refletir algo do contexto meso-climático definido pelas grandes linhas da topografia e sobretudo: está intimamente comprometido com as condições microclimáticas que a edificação urbana propiciou em larga escala [...] Assim sendo o problema crucial que se apresenta inicialmente ao geógrafo é o de saber até onde os valores obtidos para aquele determinado ponto podem ser projetados ou “estendidos” espacialmente” [...]. Dentro da perspectiva esboçada pelo autor, um ponto isoladamente está inserido num universo de complexidade muito maior do que os sentidos humanos são capazes de captar, ou seja, vão muito além daquilo que está ao redor do ponto. Caberia ao pesquisador, num primeiro momento, analisar essa realidade, e isso não se faz sem um aparato teórico e instrumental adequado, para, num segundo momento, recompô-la ao nível de uma síntese.

2.3 METODOLOGIA

2.3.1 Roteiro geral

O referencial teórico no qual se apoiou a pesquisa repousa na relação controle-atributo ou fator-elemento¹⁰ em climatologia, dentro de uma perspectiva temporal (cronológica) e escalar (espacial) dada pelas definições de clima de Sorre (1934) e de ritmo de Monteiro (1971). Nenhum dos dois trabalhos trata especificamente de clima urbano, embora encerre uma discussão válida no âmbito de toda a climatologia.

Da definição de clima enquanto [...] “la série des états de l’atmosphère au-dessus d’un lieu dans leur succession habituelle¹¹” (SORRE, 1934, p.3), o termo “sucessão” remete à idéia de encadeamento e o “habitual” às características de duração, frequência e intensidade do fenômeno climático (subentendidos aí as médias e os desvios em relação às médias), particular de cada lugar (enquanto fenômeno geográfico, não há como definir clima sem mencionar o “lugar”, já que a sua gênese guarda uma estreita vinculação com as características da superfície terrestre). E assim como o clima, cada ponto da superfície terrestre (ou “lugar”) é passível de ser avaliado em termos de dimensões espaciais (escala, magnitude ou ordem de grandeza do fenômeno), características (forma, estrutura e propriedades físicas e químicas do material) e dinâmica (funcionalidade).

Isso posto, não caberia perguntar se o que diferencia os muitos climas que se definem sobre a Terra, é o comportamento de um ou outro elemento atmosférico. A ocorrência de chuva é um traço presente na caracterização climática em muitos lugares sobre a superfície terrestre. No entanto, a magnitude do impacto, a duração, frequência e intensidade desse fenômeno, dentro de um quadro de sucessão de estados atmosféricos (ou tipos de tempo) no qual o fenômeno foi produzido, são diferenciadas de lugar para lugar. Em outras palavras, é o “ritmo” que diferencia o clima de um lugar para outro, o que levou Monteiro (1971, p.4) a definir “ritmo” como a [...] “expressão da sucessão dos estados atmosféricos” [...]. Na verdade, essa definição coincide com a

¹⁰ Os elementos, segundo Armani (2004, p.76), responderiam pelas [...] “propriedades que descrevem o estado físico de uma parcela de ar” [...] e os fatores ou controles seriam [...] “as características físicas, biológicas, humanas do espaço que transformam as propriedades” [...] dessa parcela de ar. Nesse sentido, além de ser fundamental [...] “conhecer a natureza do espaço contido em cada realidade climática” [...] (Idem. p.77), deve-se considerar que isso muda com o tempo e a grandeza espacial em foco.

¹¹ [...] “série de estados atmosféricos sobre um determinado lugar em sua sucessão habitual.”.

definição de clima à escala local. Mas se a compreensão de clima é inseparável da noção de escala, a definição de ritmo deve ser estendida à compreensão de clima em qualquer escala.

A “análise rítmica” ou a análise dos elementos atmosféricos sobre um determinado lugar sob a perspectiva do ritmo, constitui-se numa tentativa de integração das escalas espaciais e temporais, uma vez que o clima se reveste de interações geográficas percebidas pelos “desvios” no comportamento dos elementos observados: [...] “necessidade de considerar a realidade dos extremos em confronto com as abstrações médias” [...] (Idem, p.2). Daí que um dado tomado isoladamente pode tanto refletir um valor médio quanto um desvio em relação a essa média, o que justifica a necessidade de decomposição cronológica e representação contínua e concomitante dos elementos climáticos para a real compreensão do clima¹².

Dizer que a cidade é capaz de produzir modificações no comportamento dos elementos atmosféricos, significa dizer, também, que ela é capaz de modificar o ritmo de comportamento desses mesmos elementos: [...] “Le facteur temps (durée) est essentiel dans la définition des climats” [...] (SORRE, 1934, p.9). E ritmo pressupõe, antes de tudo, movimento, fluxo, dinâmica, que é a essência de um sistema. Portanto, não se trata de um elemento, mas de uma propriedade que governa a ação de todos os demais elementos, ou seja, uma qualidade nova ou propriedade emergente de um sistema (o climático, inclusive), uma vez que se reveste de características particulares de sistema para sistema (daí a necessidade de considerá-lo enquanto “transput” e não apenas “input”).

Isso, evidentemente, não significa dizer que o ritmo de comportamento dos elementos climáticos nas áreas urbanas é idêntico ao ritmo de comportamento dos elementos climáticos associados à sucessão dos tipos de tempo à escala local. Caso assim fosse, bastaria a compreensão das características do clima local para entender todo o resto. Cada “canto” da cidade (ou cada lugar sobre a superfície terrestre, independente da escala) se reveste de características próprias e, portanto, de um clima particular (microclimas, topoclimas, mesoclimas etc.). A ênfase dada ao

¹² A representação gráfica dos elementos climáticos, dentro da proposta da análise rítmica, reflete essa postura, na medida em que exige a representação simultânea de todos os elementos climáticos considerados, ao longo do tempo, desde aqueles tomados em superfície, quanto o sistema atmosférico atuante na ocasião das observações. Na leitura de uma longa série de dados do gráfico de análise rítmica, percebem-se mudanças climáticas de curta duração embutidas em mudanças de duração maior e assim por diante. Os valores de temperatura do ar e umidade relativa da seqüência temporal de dados utilizada nesta pesquisa, que se distanciavam em vários graus Celsius ou em valores percentuais em relação à média e/ou em relação aos dados tomados num posto tido como padrão, e de ocorrência

conceito de “escala” (aliado ao ritmo climático), enquanto sinônimo de hierarquia, conduz implicitamente à idéia de níveis de organização e, conseqüentemente, de sistema climático (escala → hierarquia → níveis de organização → sistema).

As seqüências temporais de dados incluídas nesta pesquisa refletem essa postura. A “curva” horária de comportamento da temperatura do ar e da umidade relativa foi tomada como representativa da gênese de um dado evento, vinculado às características dos tipos de tempo e/ou aos controles de superfície¹³. Este último traduzido pelas cartas de declividade, orientação de vertentes, uso da terra, albedo e capacidade térmica dos materiais em superfície (figuras 4.10 a 4.13, descritas, adiante, ainda neste capítulo). Nesse contexto, segundo Monteiro (1978, p.61) [...] “O espaço revela as partes e a estrutura do sistema, enquanto as seqüências temporais dos elementos ativos pretende revelar o processo” [...]. O “espaço”, neste caso, foi identificado com os controles de superfície (naturais e urbanos) e, integrado aos “tipos de tempo” compõe a “estrutura”. Os “processos” são denunciados pelo comportamento dos elementos climáticos em cada lugar ao longo do tempo (cronológico) e resulta numa série de fenômenos climáticos (inversões térmicas, “ilhas de calor”, isoterma etc.). A síntese emerge da relação entre “estrutura” e “processo”.

Embora o “tipo de tempo” constitua-se num elemento importante diante da análise auferida, o foco da pesquisa, reforçando o que foi dito ainda a pouco, repousa sobre a “resposta” térmica e higrométrica da superfície natural e/ou urbana em relação a determinado tipo de tempo ou encadeamento de tipos de tempo. Nesse sentido, tipos de tempo diferenciados quanto à gênese, podem gerar “respostas” semelhantes¹⁴ quanto ao comportamento da temperatura e umidade relativa do ar a partir da superfície, o que levou a uma simplificação das categorias de tipos de

normalmente episódica, foram identificados como “desvios”, embora não tenha sido utilizado o referido gráfico.

¹³ Essa foi a tônica adotada diante da análise das seqüências horárias dos elementos climáticos medidos em campo. Cada valor foi analisado em comparação aos demais, tendo em conta as características físicas do espaço do qual era representativo e o tipo de tempo na ocasião.

¹⁴ Tipos de tempo caracterizados por céu claro, sem nuvens, elevado número de horas de brilho solar, marcados por situações de calmaria ou com ventos de baixa intensidade, podem ser agrupados genericamente sob o rótulo de “tipos de tempo anticiclônicos”, embora a origem dessas condições de estabilidade atmosférica possa ser diversa, associada, por exemplo, ao “Anticiclone Polar Atlântico” ou ao “Anticiclone Tropical Atlântico”. Embora a resposta térmica e higrométrica do ar seja semelhante sob tais condições (indicada pela curva gráfica de comportamento desses elementos), isso não significa que a sua intensidade e a freqüência sejam iguais. Disso decorre a necessidade de associar, quando se estabelece uma nomenclatura para um tipo de tempo, as suas características ao sistema atmosférico do qual partiu a sua gênese. Ex.: “Tipo de Tempo Anticiclônico Polar Continental” ou “Tipo de Tempo Anticiclônico Polar em Processo de Tropicalização”, como fizeram Tarifa (1973) e Moraes et al. (1977).

tempo utilizadas por Tarifa (1973) e Moraes et al. (1977), discutidas na “revisão bibliográfica”, a apenas duas: (1) situações marcadas por relativa heterogeneidade térmica e higrométrica do ar, nas quais os micro, topo e mesoclimas encontram condições de se estruturarem e (2) situações nas quais as diferenças de temperatura e umidade do ar anulam-se¹⁵ e o comportamento desses elementos torna-se (quase) homogêneo em toda área de estudo. A construção da sequência gráfica (figuras 5.3 e 5.4) teve a finalidade de selecionar os tipos mais representativos quanto à “resposta” térmica e higrométrica do ar sob essas diversas condições de tempo.

O levantamento de dados em campo e a elaboração das bases cartográficas refletiram uma postura indutiva do ponto de vista metodológico, apoiada na observação dos elementos climáticos. Em seguida, o cruzamento desses dados, revestido do embasamento teórico, apoiado em leituras referentes ao tema, conduziu a uma atitude dedutiva, a partir da qual se procurou demonstrar, através dos resultados, aquilo que foi considerado como objetivo e hipótese de trabalho. Para, finalmente, chegar à síntese.

Nesse sentido, a análise auferida, a partir das diferenças (ou não) dos valores resultantes da mensuração dos elementos climáticos (analisados de forma comparativa e traduzidos em tabelas e gráficos), deu-se a partir de um esquema lógico que envolveu a (1) identificação do problema, (2) a sua descrição, (3) a interpretação dos dados (explicação, causalidade) e, finalmente, (4) a compreensão do fato (síntese dos resultados).

A mensuração dos elementos climáticos e a sua correlação com as características do local onde foram avaliados, a partir dessa perspectiva comparativa e sincrônica, objetivaram a identificação das áreas “fontes” e/ou “escoadouros” de calor e umidade na área de estudo e a sua relação com o “input” solar e as fontes antropogênicas. Deve-se lembrar, neste caso, a necessidade de controle da variável relativa ao vento (direção e intensidade), principalmente aqueles ligados à ação dos sistemas frontais, associados à forte instabilidade atmosférica, e do

¹⁵ Na verdade, isso não ocorre. Situações marcadas por uma completa homogeneidade dos valores de temperatura e umidade do ar são tão raras quanto aquelas nas quais as diferenças vêm à tona com intensidades de vários graus Celsius ou em valores percentuais. Retomando uma discussão iniciada em trabalho anterior sobre o significado dessas “diferenças” nas variações dos elementos climáticos (JARDIM, 2002), considerou-se como situações marcadas por relativa homogeneidade aquelas cujos valores de temperatura e umidade do ar, quando os postos eram comparados entre si, não ultrapassassem, respectivamente, 2,0°C e 10%. Da mesma forma, consideraram-se como situações marcadas por relativa heterogeneidade térmica e higrométrica, quando era possível identificar as unidades micro e topoclimáticas, aquelas nas quais os valores de temperatura e umidade relativa do ar ultrapassassem o patamar definido anteriormente.

sistema de brisa oceânica. A ação desses ventos ocorre no sentido de remover e re-distribuir para outras áreas, por advecção de ar, o calor irradiado pela superfície.

2.3.2 As fontes bibliográficas de informação e os procedimentos de coleta dos dados em campo

O primeiro procedimento, como não poderia deixar de ser, envolveu o levantamento de informações pertinentes ao objeto de estudo, incluindo, evidentemente, aspectos relativos à área onde fora desenvolvida a pesquisa. Parte do material bibliográfico consultado foi mencionada no capítulo referente à revisão bibliográfica (capítulo 3) e outra parte aparece diluída no desenvolvimento de todo o texto.

Das leituras das obras sobre climatologia urbana, procurou-se salientar os procedimentos metodológicos e alguns aspectos contidos nos resultados. O pressuposto que orientou a análise dessas obras, refere-se à própria característica da realidade com a qual o pesquisador se defronta que é, em essência, marcadamente diversa. Dessa forma, mesmo que houvesse um objeto comum em todos esses trabalhos (o “clima urbano”), a própria realidade do fenômeno, muitas vezes passada despercebida pelo próprio autor da obra, forçaria o pesquisador a se defrontar com um quadro multifacetado, o que justificaria, em parte, a pluralidade de metodologias empregadas e de resultados obtidos destacados dos trabalhos. Essa “pluralidade” de resultados destacados resumiu-se a uma tentativa de reconstruir neste trabalho, antes de iniciar a apresentação dos resultados aqui alcançados, um quadro mais próximo da realidade climática nas cidades.

Quanto às características da área de estudo, as poucas referências à bacia hidrográfica do rio Aricanduva constam, de forma mais ou menos genérica, das obras de Ab’Saber (AZEVEDO, 1958), no trabalho de Deli (1994), Jardim (1996; 1997; 2001; 2002) e Tarifa e Armani (2001a; 2001b). O primeiro autor concentra-se nos aspectos geomorfológicos do sítio urbano de São Paulo e menciona a bacia do Aricanduva ao tratar das “colinas e terraços de além-Tamanduateí”, aproveitados na caracterização do universo de análise. O segundo autor, a partir da sua monografia de conclusão do bacharelado, traz uma série de dados históricos referentes à urbanização da área, ao analisar a rota do Caguaçu, que ligava o antigo aldeamento de São Miguel (hoje um dos distritos que compõe a capital paulista), através da bacia do Aricanduva, à São Paulo daquela época (no séc. XVII). Os três autores mencionados em seguida, concentraram-se nos aspectos do clima. Os dados oriundos desses trabalhos foram amplamente utilizados aqui.

Cabe ressaltar, apenas, que Tarifa e Armani tratam essa questão no âmbito do município de São Paulo e não particularmente da bacia do Aricanduva.

Outra fonte utilizada foi o estudo patrocinado pela prefeitura do município de São Paulo (PMSP/SMMA/SEMPA, 2005), através do “Atlas Ambiental do Município de São Paulo”, cujas informações foram aproveitadas no capítulo referente à caracterização da área de estudo.

Como se trata de uma área praticamente desprovida em termos de estudos climáticos, a produção de material (e neste caso o trabalho de campo e a produção do material cartográfico assumiram aspectos relevantes nesse contexto) respondeu por uma etapa fundamental. A principal fonte de dados a esse respeito consta do trabalho de Jardim (2002). Em relação à obra citada, maiores detalhes quanto à obtenção dos dados, a calibragem dos equipamentos, instalação dos postos, procedimentos de análise etc., podem ser conferidos num volume depositado junto à biblioteca central da FFLCH/USP e na CAPES. Cabe, no entanto, destacar aqui alguns aspectos já que a referida obra constituiu-se numa importante fonte de dados.

Naquela ocasião, entre o inverno (de 26/07 a 02/09) e a primavera (24/10 a 23/12) do ano de 2000, foi instalada uma série de postos em vários pontos da bacia do rio Aricanduva. Para a mensuração dos dados de temperatura e umidade do ar, utilizou-se de sensores digitais (data-loggers), dispostos dentro de mini-abrigos meteorológicos (dois em cada abrigo, a partir de cinco postos no inverno e seis na primavera e início do verão), construídos especificamente para esse fim¹⁶. A distribuição dos postos, ao longo do eixo maior da bacia do Aricanduva, seguindo a calha principal do rio Aricanduva, foi orientada pelas diferenciações de topografia, altitude e uso da terra, conduzidos dentro de uma óptica que revelasse o comportamento do clima

¹⁶ Os detalhes da construção dos mini-abrigos, envolveram os seguintes aspectos: fundo aberto para entrada de ar, com tela, laterais vazadas (orifícios circulares com diâmetro de ½ polegada), teto com caimento para os lados em forma de duas águas com abas mais largas que as paredes laterais, para permitir o escoamento do ar pelo vão. O conjunto todo media 43 cm de altura: o corpo, sobre o qual repousa o telhado, mede 26 x 26 cm de lado e 28 cm de altura, mais 15 cm de altura do telhado. A parte interna foi revestida com uma lâmina de 1,0 cm de isopor vazado (inclusive no teto), distante 1,0 cm das paredes laterais, também vazadas. A disposição das paredes de isopor dentro do abrigo se deu de maneira a não coincidir com os furos das paredes de madeira pois, sendo elas também vazadas, a entrada dos raios solares poderia interferir na leitura do aparelho. Todo esse arranjo na forma do abrigo teve por finalidade permitir a formação de um fluxo de ar contínuo interno, evitando a estagnação do ar e, conseqüentemente, alteração dos valores de temperatura e de umidade registrado pelos sensores. Desse modo, o ar contido na parte interna do abrigo aquece-se, torna-se mais leve, ascende e sai pelas aberturas laterais entre o telhado e o teto, cedendo lugar para um novo volume de ar que entra por baixo (uma tela de arame fino fechava a parte inferior do abrigo), de maneira a renovar todo o volume interno continuamente. Os abrigos foram instalados entre 1,0 a 2,0 m de altura da superfície subjacente, sobre pedestais, nos telhados, beirais de telhados e lajes das casas.

comprometido com fatores de ordem topoclimáticos e mesoclimáticos (daí o fato de terem sido instalados sobre os telhados das casas).

Cada um dos sensores instalados nos mini-abrigos (um para a mensuração da umidade relativa do ar e outro para a temperatura do ar) comportava uma programação relativa ao horário das tomadas e que, ao final do período de coleta, eram recolhidos e os dados descarregados no computador. Durante cem dias, de forma contínua num intervalo de uma hora entre uma medida e outra, foi mensurado um montante de 25314 dados, na forma de dados brutos. O posterior trabalho estatístico, na forma de valores médios diários de cada posto e o cálculo da amplitude máxima horária dos valores de temperatura e umidade relativa do ar entre os postos, gerou outro montante de dados. Devem-se acrescentar, ainda, os dados horários de vento da estação meteorológica do LCB/DG/USP para o mesmo período, utilizados como controle (inclusive para a calibração do equipamento e teste do mini-abrigo) das variações locais.

A caracterização dos locais de instalação dos postos é capaz de traduzir de forma mais precisa as condições em que foram tomadas a temperatura e a umidade relativa do ar. O posto 01, situado no extremo noroeste da bacia, na baixa vertente nordeste da margem esquerda do Rio Aricanduva, próxima a sua foz, foi instalado na cobertura de um edifício de 11 andares, sobre uma laje de cimento recoberta por brita. A altitude aproximada desse ponto, no terreno, é de 745 m. Soma-se a isso a altura do prédio, de aproximadamente 35 m (total de 780 m). Trata-se, também, do setor mais densamente urbanizado da bacia do rio Aricanduva, passando, inclusive, por um processo de rápida verticalização e valorização dos imóveis. Assim como o posto 02, possui reduzida porcentagem de áreas verdes (não superior a 5%).

O posto 02, na Vila Manchester, foi instalado sobre o parapeito de uma área ajardinada, encima da garagem de um sobrado, sobre um pedestal de madeira. O bairro está situado praticamente ao mesmo nível da planície de inundação do Rio Aricanduva (730 m). O bairro é predominantemente residencial, com casas térreas/01 andar (verticalização insipiente). A densidade de ocupação dos terrenos pelas construções é alta, onde se verifica um baixo estoque de áreas verdes (inferior a 10%), composto principalmente por praças e canteiros centrais de avenidas.

O posto 03 foi instalado sobre uma pequena laje de cimento (área aproximada de 2,3 m²), sobre um pedestal de ferro de 1,15 m de altura, no topo de uma residência de três pavimentos. A

casa destaca-se como ponto mais elevado em meio ao entorno e o padrão de urbanização assemelha-se ao da Vila Manchester. A altitude nesse ponto, no terreno, é de 750 m. Tanto esse, quanto o posto 01 encontram-se em setores mais elevados do terreno, abrigados das cheias do Rio Aricanduva.

Os postos 04, 05 e 06 foram localizados no médio vale do Rio Aricanduva. Esse setor da bacia destaca-se pela presença de amplas áreas verdes (Parque e APA do Carmo, com 4,5 milhões de metros quadrados), de aspecto contínuo pelo espaço, e vertentes com alta declividade. O posto 04, no Jd. São Cristóvão foi situado sobre uma laje de cimento de uma casa residencial térrea, sobre um pedestal de 1,15 m, às margens do Córrego Inhumas (750 m). O posto 05, no Jd. das Rosas, a 795 m de altitude, situou-se no topo do divisor de águas entre o Córrego Inhumas e um ribeirão sem nome, paralelo ao seu curso, do lado esquerdo. O posto foi instalado no alto do segundo pavimento, também sobre um pedestal de 1,15 m, entre um telhado de amianto e um vão aberto para o quintal. As condições de instalação do posto 06 (bairro de São Mateus) são muito parecidas com as do posto 04. A sua altitude é de 760 m e encontrava-se praticamente às margens do Rio Aricanduva, à altura do cruzamento da Avenida Afonso Sampaio de Souza com a Marginal Aricanduva, tendo ao fundo a A.P.A. do Carmo.

A característica dos bairros nesse setor médio da bacia reproduz, ainda que de forma não tão veemente como aquela dos bairros do alto vale, aquilo que se denomina “autoconstrução” (o nome correto seria “padrão doméstico de construção” segundo a profa. Sandra Lencione, do Departamento de Geografia da USP), ou seja, construções levadas adiante pelos próprios moradores, a medida que a família cresce. Basicamente, predominam casas residenciais térreas/01 andar, a verticalização está praticamente ausente, a não ser por alguns condomínios de baixo padrão dispersos pelo espaço.

Os postos 07 no Jd. Santa Bárbara e o 08 no Jd. Iguatemi foram instalados no alto vale da bacia do Rio Aricanduva. Nesse setor ainda há grande disponibilidade de terrenos vazios, muitos em fase inicial de loteamento, e de áreas de mata (essa característica é mais evidente nas proximidades do posto 08). As características de urbanização nesse setor reproduzem o tipo descrito anteriormente (padrão doméstico de construção), sem qualquer tipo de planejamento inicial. O traçado “caótico” das ruas demonstra isso (figura 4.6). Aspectos da infra-estrutura, como asfalto, iluminação de ruas e residências e rede de esgoto, chegaram, na maior parte das

vezes, após a construção das casas. Os loteamentos, realizados de forma irregular, não deixaram espaços reservados para equipamentos públicos e, portanto, reproduz o mesmo modelo de implantação urbana do médio vale. O posto 07 foi instalado sob um beiral de telhado de cerâmica, no andar superior de um sobrado, a 820 m, e o posto 08 sobre uma laje de cimento a 825 m. Ambos situavam-se em topo de vertentes.

Os postos 05 (Jd. das Rosas) e 08 (Jd. Iguatemi) foram utilizados nos trabalhos de campo entre 2004 e 2007, onde foram instalados os barômetros, além de incluir outros pontos da bacia do Aricanduva, em tomadas móveis, como o Pq. do Carmo e a Radial Leste.

Na fase atual da pesquisa, os dados produzidos em campo tiveram a finalidade refinar os já existentes, ao mesmo tempo em que se privilegiou tomadas pontuais, tanto na área de estudo quanto fora dela. Segundo Fachin (2001),

1. o fenômeno estudado em suas causas e efeitos deve ser repetidamente observado;
2. variar as condições em que foi produzido o fenômeno, a fim de verificar se sua natureza permanece constante ou se as mudanças continuam sendo as mesmas já observadas [...]

O segundo aspecto da citação merece aqui destaque. Disso decorre que os levantamentos em campo nesta fase ocorreram em períodos de coleta que variaram de algumas horas a três semanas, em horários pré-determinados.

No sentido de “variar as condições em que foi produzido o fenômeno”, privilegiaram-se tomadas em locais até então não visitados, a fim de que se pudessem abarcar outras situações não abrangidas pelos trabalhos anteriores (tomadas em ambientes florestais, ao longo de avenidas com intenso trânsito de veículos, ambientes confinados, bairros com características físicas peculiares etc.). Nesse sentido, deve-se acrescentar, também, a inserção de outro montante de dados, utilizados de forma subsidiária, produzida em Goiás, dentro e nos limites próximos à área urbana de Morrinhos no sudeste do estado, haja vista o já mencionado fato do autor residir e trabalhar na região atualmente.

As tomadas em Morrinhos e arredores permitiram verificar o comportamento da temperatura do ar e do solo em áreas urbanas, rurais e florestais e sob condições de forte aquecimento diurno (em algumas ocasiões, com temperaturas ao redor de 35,0°C) e umidade relativa do ar inferior a 30% (fato incomum na bacia paulistana), dada à latitude do lugar e distância em relação ao oceano, característico de um clima tropical continental alternadamente

seco e úmido, diferente das condições climáticas locais na bacia paulistana, área de transição entre os climas tropicais e subtropicais, marcadamente influenciada pelo oceano Atlântico. Ao mesmo tempo, proporcionou uma comparação com os dados tomados em uma cidade pequena, cujo porte e dinâmica não fossem (supostamente) suficientes para produzir um clima urbano. O que reforçou, de certa maneira, a importância dos “tipos de tempo”, em sua sucessão habitual, na definição dos climas urbanos.

Os instrumentos utilizados nessa fase da pesquisa, envolveram termômetros de mercúrio, termômetros digitais com haste de metal para penetração em superfícies (utilizados, neste caso, para tomadas da temperatura sobre superfícies, ao nível do solo), termo-higrômetros digitais, um termômetro digital para tomadas simultâneas de dois canais (para tomadas ar-solo e/ou solo em superfície e em profundidade), três psicrômetros de aspiração (semelhantes ao modelo Assmann, de fabricação caseira), dois barômetros de Torriceli, dois pHmetros para avaliação da acidez da água da chuva e um anemômetro digital (figuras 2.1 e 2.2). Cada um desses equipamentos foi utilizado em momentos distintos, combinados ou não, de acordo com as necessidades da pesquisa ou à medida que surgiam novas indagações. Tomou-se o cuidado, no entanto, com a aferição dos termômetros utilizados com os da estação meteorológica local (no caso, com a estação do INMET sediada no município de Morrinhos), a fim de que os dados fossem comparáveis¹⁷ entre si.

A montagem dos psicrômetros envolveu a introdução de dois termômetros de mercúrio (marca Incoterm, cedidos pelo Departamento de Geografia do Instituto de Geociências da Unicamp) no interior de um tubo de pvc com 5 cm de diâmetro. Numa das extremidades foi instalada uma ventoinha, ligada a uma bateria de 9V. Quando ligada, um leve fluxo de ar ascendente percorria o tubo na posição horizontal, com o bulbo de mercúrio dos termômetros voltados para baixo. Como o aparato era posicionado verticalmente, a 1,5 metros das superfícies, o fluxo de ar encontrava pelo caminho, primeiramente, o bulbo de mercúrio, junto à extremidade inferior aberta do pvc. Em seguida, o fluxo de ar percorria toda a parte interna do conjunto até ser

¹⁷ Na ocasião, os termômetros utilizados foram dispostos dentro do abrigo meteorológico padrão, ainda em uso nas estações convencionais do INMET (embora a prioridade, hoje, recaia sobre as estações automáticas, melhores naquilo que diz respeito à obtenção de dados e custos de manutenção). Após um determinado período, no qual foram realizadas leituras horárias de todos os aparelhos, determinou-se o quanto deveria ser subtraído ou adicionado às leituras realizadas, a partir de um termômetro tomado como padrão (no caso, um termômetro de mercúrio da marca Incoterm, utilizado pelo INMET, com resolução de 0,2°C e precisão de 0,1°C).

aspirado para fora pela ventoinha, situada na extremidade superior. O tempo esperado para estabilização da coluna de mercúrio variava entre 3 a 5 minutos.

As observações realizadas em Morrinhos (GO), em condições semelhantes às aquelas realizadas em São Paulo, reforçaram, ainda, com dados e argumentos, apoiados em medidas sistemáticas, muito do que foi visto em São Paulo. Ajudou, inclusive, a compreender melhor a dimensão da interferência da cidade no clima, já que Morrinhos, com seus aproximadamente 37 mil habitantes, distribuídos entre a área urbana (com aprox. 10 km²) e rural do município, ficam atrás de qualquer um dos 14 distritos que compõem a bacia do rio Aricanduva que, somados, remonta um total superior a 1,6 milhões de habitantes¹⁸.

Evidentemente, os limites dos distritos, necessariamente, não acompanham os limites da bacia do rio Aricanduva. Entretanto, se for tomado como referencial o valor médio de 10,5 mil habitantes/km², obtido extraíndo-se a média do somatório do número médio de habitantes/km² dos distritos que compõem a bacia e multiplicado pela sua área (aprox. 80 km²), chega-se a algo em torno de 840 mil habitantes.

Outro aspecto que justificou a inserção dos dados gerados em Morrinhos, diz respeito à fácil locomoção e, conseqüentemente, da instalação do aparato de medida e acompanhamento das variações dos atributos climáticos, através de diferentes setores dentro do município, entre a zona urbana, rural e florestal (este último, na forma de manchas, com poucos hectares, espalhadas pelo espaço, constituindo-se em reserva legal de propriedades agrícolas e áreas de conservação), além de pessoal apto tanto em número quanto em treinamento básico de observação meteorológica em campo. O que não seria possível, ou pelo menos de difícil realização, em São Paulo.

Os dados de umidade relativa do ar gerados no Aricanduva, o ano de 2000, com os sensores, foram retomados aqui, uma vez que na ocasião em que foram produzidos, não houve tempo hábil para se trabalhá-los (JARDIM, 2002). Há que se lembrar que os sensores usados para a mensuração desse elemento apresentavam um erro instrumental, dado pelo próprio fabricante e

¹⁸ Embora Morrinhos represente uma fração do que significa São Paulo em termos de economia e população, não deixa de apresentar problemas tão graves quanto aqueles observados nas metrópoles, só que de outra natureza, ligados principalmente à atividade agrícola: substituição da paisagem natural por agricultura e pastagens e os problemas decorrentes disso, relativos à destruição do banco genético do cerrado e a simplificação dos ecossistemas, a multiplicação de pontos de erosão, formação de micro e topoclimas climas com características marcadamente antrópicas, com maior disponibilidade de calor sensível e menores valores de umidade relativa do ar, ambos constatados por Jardim (2005), sem mencionar uma possível correlação (ainda não verificada) entre os mais elevados índices de câncer no pâncreas do estado de Goiás e a contaminação das águas pela intensa utilização de agrotóxicos.

verificado durante a sua calibração, de + ou – 5%. Teoricamente esse erro poderia chegar a 10%. A fim de que isso pudesse ser minimizado, procedeu-se a uma análise pautada numa comparação com os dados de temperatura do ar, tomados na mesma ocasião, já que a variação desse atributo acompanha às variações da temperatura do ar.

Providenciou-se, também, junto ao Depto. de Geografia do Instituto de Geociências da Unicamp, um par de barômetros de mercúrio (ou barômetro de Torriceli, figura 2.2), com resolução de $\frac{1}{2}$ mmHg (a precisão entre os dois instrumentos, determinada pela calibração, foi inferior a $\frac{1}{2}$ mmHg) e cinco termômetros de mercúrio, com resolução de $0,2^{\circ}$ C e precisão de $0,1^{\circ}$ C, verificada após calibração¹⁹, todos da marca Incoterm (os mesmos utilizados pelas estações convencionais do INMET). A partir dos dados de pressão, seria possível inferir o movimento do ar dentro da bacia, já que o ar flui, necessariamente, das áreas de alta pressão para as áreas de baixa pressão, semelhantes aos mecanismos de brisa de vale e de montanha ou da brisa marítima e terrestre.

Os termômetros foram montados dentro de uma estrutura de pvc (figura 2.1), com uma ventoinha na extremidade superior, semelhante aos psicrômetros de aspiração. O bulbo de mercúrio de um dos termômetros foi recoberto por uma gaze, a qual era umedecida durante as tomadas de temperatura em campo. Da diferença de temperatura entre os dois termômetros (depressão psicrométrica) foi possível estimar por meio de tabelas, a umidade relativa do ar. A finalidade da ventoinha na extremidade superior do conjunto era criar um leve fluxo de ar e forçar a ventilação através do tubo de pvc e reduzir a inércia termal do mercúrio, ao mesmo tempo em que criava condições mais próximas às do ambiente real (o tempo para a estabilização dos termômetros de mercúrio nos psicrômetros de aspiração é mais rápida do que nos abrigos, daí o fato de serem utilizados em tomadas móveis), já que o abrigo meteorológico tende a produzir um ambiente microclimático próprio, não obstante toda a série de cuidados envolvidos para minimizar isso.

No caso dos barômetros, a recomendação do fabricante é a de deixá-los expostos, em ambiente ventilado²⁰. No entanto, embora sejam aparelhos precisos, a sua extrema fragilidade e conseqüente dificuldade de manuseio (dado ao tamanho, já que se compõe de uma haste de vidro

¹⁹ Para a finalidade desta pesquisa e de comparação entre as leituras dos instrumentos, esse erro é desprezível. Deve-se mencionar, ainda, que os termômetros adquiridos são os mesmos utilizados pelas estações convencionais em operação do INMET.

preenchida por mercúrio de quase um metro de comprimento) e ao preço que assumem no mercado (impraticáveis, ainda, tanto para o cidadão comum quanto para muitas instituições de ensino e pesquisa), foram construídos abrigos em madeira, revestidos com isopor, com a finalidade de protegê-los de choques e possível alteração da leitura por condução de calor (ganho ou perda) através do contato com a parede. Tomou-se o cuidado de permitir o máximo possível de ventilação inserindo uma série de aberturas laterais, orientadas para baixo para evitar a insolação direta, e tela na parte frontal não voltada para o sol, onde era realizada a leitura.

A avaliação do pH (potencial hidrogeniônico) da água de chuva, atrelada aos episódios de precipitação, exigiu um acompanhamento temporal contínuo e fixo, diferente da temperatura e umidade. Foram utilizados dois pHmetros, da marca Quimis, devidamente calibrados por meio de soluções. As medidas ocorreram durante e após os eventos de chuva, tomando-se o cuidado de lavar os recipientes de coleta de chuva com detergente neutro e água destilada. A evolução temporal dos episódios de chuva foi acompanhada através de imagens de satélite e cartas sinóticas, já que a variação do parâmetro avaliado está relacionada às características da chuva (leve e contínua ou concentrada num curto intervalo de tempo). Da mesma forma que as demais variáveis, a intenção era avaliar o comportamento desse elemento frente às modificações impostas pela urbanização e incrementar a produção de dados no canal físico químico e relativo ao impacto hidrometeorológico.

²⁰ Não é preciso dizer que a referida recomendação é insuficiente.



Fotos: Carlos H. Jardim

Figura 2.1 Instrumental utilizado durante as tomadas em campo.

De cima para baixo, o psicrômetro de aspiração. Na foto menor (direita), detalhe das ventoinhas e da bateria de 9V. Ao centro (esquerda), o mini-abrigo meteorológico, com um termo-higrômetro digital no interior. À direita, o termo-higrômetro digital, ao lado, o termômetro com haste de metal para temperatura do solo, o anemômetro, o termômetro digital com dois canais, ao centro e, abaixo, outro modelo de termo-higrômetro digital, utilizado para tomadas móveis. A foto ao lado, abaixo, ilustra o termômetro digital com haste de metal para tomadas de temperatura do solo, junto à base do abrigo meteorológico. A foto acima mostra o phmetro utilizado para avaliação da acidez da água de chuva.



Fotos: Carlos H. Jardim

Figura 2.2 - Características e locais de instalação dos barômetros

Detalhe da instalação do barômetro no Jd. das Rosas (acima, esquerda) e no Jd. Iguatemi (acima, direita). Abaixo, na esquerda, detalhe da coluna de mercúrio e, abaixo, à direita, detalhe da coluna e do depósito de mercúrio, com a tampa (em preto) semi-aberta para permitir a entrada de ar.

2.3.3 A análise dos dados

Com a finalidade de atingir os resultados, os dados coletados em campo (temperatura do ar e do solo, umidade relativa do ar, pressão atmosférica, direção e velocidade dos ventos e o pH da água da chuva) foram analisados levando-se em consideração quatro aspectos (figura 2.3): (1) a comparação dos dados entre si (de forma contínua e sincrônica), tomados em diferentes pontos, num mesmo horário e/ou dentro de uma seqüência horária, quer tenha ela remontado algumas horas, dias, semanas ou meses; (2) as características físicas (naturais e urbanas) do ambiente de coleta e/ou do ambiente do qual o posto era representativo; (3) identificação do sistema atmosférico atuante (e do tipo de tempo associado) na ocasião das observações; (4) interpretação dos dados e identificação dos possíveis controles (ou fatores) envolvidos na estruturação do fato geográfico-climatológico.

Naquilo que diz respeito especificamente à identificação dos fatores ou controles climáticos envolvidos na estruturação de um dado fenômeno numa dada ocasião, em atenção ao enunciado de Monteiro²¹ (1990b) sobre a representatividade do ponto de observação, tomou-se o cuidado de identificar, quando possível, as diferentes “respostas” dos diversos pontos de observação frente aos diversos fatores aos quais estavam expostos. Por outras palavras, nem sempre os micros e topoclimas naturais e/ou urbanos encontram condições de se estruturar. Há ocasiões em que essas condições se confundem com o clima local. Nesse sentido, a questão colocada frente à análise dos dados era a seguinte: a resposta térmica e higrométrica sobre um dado ponto, assinalada num dado momento (tempo cronológico), sob determinadas condições de tempo (tempo meteorológico) e lugar (espaço) guarda relações mais estreitas com os controles de superfície ou da atmosfera, associadas à circulação local e/ou regional do ar? Essa questão fomentou a produção de várias respostas, organizadas no capítulo cinco (resultados), também dentro de uma hierarquia, ou seja, os capítulos secundários presentes nesse capítulo, iniciam por discutir a resposta térmica e higrométrica no nível dos micro e topoclimas, passa pelos mesoclimas até chegar à relação com a sucessão dos tipos de tempo no nível local. A síntese dessa discussão corroborou com a construção do modelo gráfico discutida adiante.

²¹ Ver item 4 da “hipótese de trabalho”.

As características físicas (naturais e antrópicas) da área de estudo, fundamentais à compreensão da sua organização climática, foram traduzidos numa série de cartas e incluíram aspectos relativos à forma do terreno, declividade, exposição das vertentes, uso da terra e as características de albedo e de capacidade térmica das superfícies. Os pormenores envolvidos na elaboração de cada uma das cartas foram discutidos a seguir.

A confecção das cartas com as características do terreno atendeu ao item dois do primeiro parágrafo deste capítulo. O item três remete aquilo que Monteiro (1990a, p.16) coloca como imprescindível para os estudos climáticos diante da [...] “diversidade e multiplicação das investigações no espaço urbano” [...] e a sua correspondência em relação às [...] “variações temporais: diário, mensais, sazonais, para que as variações intra-anuais possam estar referenciadas aos “tipos de tempo” mais expressivos dentre aqueles que a circulação atmosférica regional condiciona localmente” [...]. Nesse sentido, contou-se com o apoio de cartas sinóticas e imagens de satélite, obtidas via internet, além de observações visuais quanto às características das nuvens (cobertura do céu e tipo de nuvem) e direção e intensidade dos ventos, básicos para a definição dos tipos de tempos. Deve-se mencionar, também, a tentativa de estabelecer uma síntese climática na bacia do rio Aricanduva, apoiada na “tipologia” dos tipos de tempo conforme trabalho de Tarifa (1973) e Moraes et al. (1977).

Outro aspecto que justificou o acúmulo de informações sobre o terreno para o seu posterior confronto com os dados mensurados, relativos ao comportamento do elemento atmosférico, diz respeito à gênese do fenômeno e dos processos correlatos, e a sua variação de um lugar para outro. Localidades caracterizadas, por exemplo, por formas denudacionais de topo convexo, com declividades iguais ou superiores a 15°, são diferentes daquelas situadas sobre formas de acúmulo nas planícies fluviais: enquanto a primeira caracteriza uma área dispersora de águas, calor e poluentes atmosféricos, a segunda, sob determinadas circunstâncias, favorece a estagnação de todos esses elementos. Essa constatação levou à elaboração e adoção da “carta morfográfica” enquanto base para a elaboração das demais cartas (carta de declividades e de exposição de vertentes, respectivamente figuras 4.10 e 4.11).

A construção da carta morfográfica apoiou-se em fotografias aéreas (BASE S.A, 1994), na escala 1:25.000 e nas cartas topográficas nas escalas 1:25.000 e 1:50.000 (EMPLASA, 1980/81; IBGE, 1984). Teve por finalidade a identificação das rupturas de declividade côncava para a

delimitação dos fundos de vale e convexas-retilíneas para a delimitação dos topos. A construção dessa carta foi básica para a elaboração das cartas de declividade (figura 4.10) e de exposição de vertentes (figura 4.11). Tanto uma como a outra poderiam ser elaboradas unicamente a partir das cartas topográficas. No entanto, optou-se por elaborá-las a partir da carta morfográfica, sobreposta à carta topográfica, pois, através da ruptura do relevo, percebem-se com maior nitidez as áreas planas, ou com valores de declividade muito baixa, em meio ao conjunto da paisagem. Essas áreas, em tese, não configurariam numa carta de orientação de vertentes e o seu valor, na carta clinográfica, seria próximo a zero. Ambas as cartas traduzem parâmetros que influenciam diretamente a energia solar incidente.

As classes de declividade, cinco ao todo, foram determinadas dentro daquilo que permitiu a escala das cartas (aprox. 1: 75.000) e os detalhes a respeito da sua confecção, determinação das classes e da construção do ábaco foram extraídos de De Biasi (1992) e Granell-Pérez (2001).

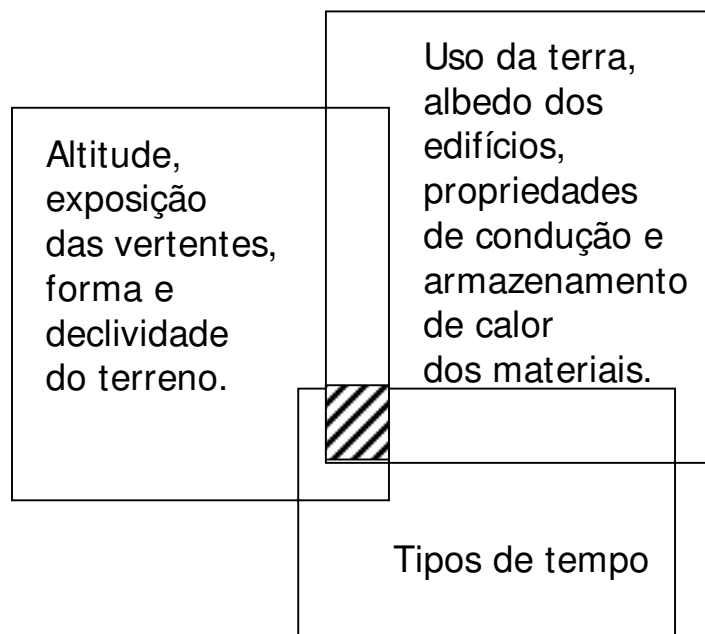
A carta de exposição de vertentes (figura 4.11) apoiou-se no trabalho de De Biasi et. al. (1977). A partir de um ábaco, foram definidas oito faces diferentes, cada qual associada a uma exposição diferente da vertente. Aos quadrantes noroeste, norte e nordeste foram atribuídos cores quentes (coincidindo com o vermelho para o quadrante norte, vertente mais quente) e aos quadrantes sudeste, sul e sudoeste, cores frias (o azul mais escuro para o quadrante sul, vertente mais fria). Os quadrantes leste e oeste receberam cores neutras, de mesmo valor visual, já que, teoricamente, estão expostas à mesma carga de radiação diária, embora em horários diferentes.

Na carta de uso da terra (figura 4.12), realizada a partir das mesmas bases topográficas e fotográficas já mencionadas, distinguiu-se, num primeiro momento, as formas dos edifícios a partir do comprimento do seu eixo principal (os galpões industriais e/ou comerciais distinguem-se pelo predomínio do eixo horizontal; os prédios, pelo predomínio do eixo vertical; as casas, pela pequena dimensão e proporcionalidade dos seus eixos), tamanho e textura das formas e o porte dos diversos tipos de vegetação, de onde foi possível, também, inferir a função. Esses elementos foram agrupados na forma de grandes “manchas”, com cores diferenciadas.

Num segundo momento, sobre essa carta, tomada como base, elaborou-se a carta de unidades de albedo e capacidade térmica dos materiais em superfície (figura 4.13). Para a sua confecção, utilizaram-se como parâmetros a cor e as características de armazenamento de calor dos materiais, já que a grandeza relativa à capacidade térmica se traduz pelo produto da densidade

de massa (Kg/m^3) pelo calor específico (J/kg.K) do material (figura 2.4). A cor negra foi utilizada como indicativo de superfícies que absorvem toda ou quase toda a energia solar incidente e o branco como aquelas que refletem quase tudo. Os tons de cinza correspondem aos níveis intermediários de albedo. Sobre essas unidades foram sobrepostas as unidades indicativas da capacidade térmica dos materiais, utilizando-se de hachuras: as hachuras mais espaçadas para as unidades de baixa capacidade térmica (aquecem e resfriam-se rapidamente) e hachuras mais concentradas para aquelas com elevada capacidade térmica (demoram tanto para se aquecer quanto para se resfriar). Para a elaboração dessas cartas foram utilizadas fotografias aéreas na escala 1: 5000 (figura 2.5), coloridas, datadas de março de 2000, obtidas junto à Secretaria de Habitação da Prefeitura do Município de São Paulo (BASE S. A., 2000).

Levou-se em consideração a relação direta dessa variável (albedo) com a disponibilidade de radiação incidente na superfície (radiação solar direta e difusa) e a sua transformação, depois de absorvida pela superfície, em calor sensível (prontamente disponível para aquecer o ambiente), calor latente, calor ganho ou cedido à superfície por condução e a variação de calor armazenado num dado volume, uma vez que as superfícies naturais e/ou urbanas não respondem enquanto “superfícies ideais”, desprovidas de massa. Deve-se acrescentar, também, a dimensão do objeto exposto à radiação. Nesse sentido, quanto mais escura a superfície, maior a absorção da radiação solar direta (principalmente, já que constitui 50% a 70% do total de radiação em um ambiente aberto em condições de ausência ou de baixa nebulosidade) e, secundariamente, a difusa, o que implica numa menor refletividade para o ambiente. O contrário ocorre com as superfícies claras. Quanto maior a disponibilidade de radiações num ambiente, maior também é a carga de radiação que um organismo ou um objeto qualquer recebe e, como resultado, se aquece. Segundo estimativas (NÃÃS, 1989, p.76), a redução da carga de radiação recebida por um organismo (no caso, uma cabra, tomada como exemplo a partir do livro da autora) exposto ao sol e outro à sombra, varia de $70 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{h}$ a $40 \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{h}$.



Os climas nas cidades: caracterizado por um ritmo e escala de repercussão espacial (ritmo + escala; escala = hierarquia → níveis de organização → sistema).

Figura 2.3 - Esquema da análise e interpretação dos dados.

Table 4.1 Molecular thermal properties of natural materials^a.

Material	Condition	Mass density ρ ($\text{kg m}^{-3} \times 10^3$)	Specific heat c ($\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1} \times 10^3$)	Heat capacity C ($\text{J m}^{-3} \text{K}^{-1} \times 10^6$)	Thermal conductivity k ($\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$)	Thermal diffusivity α_h ($\text{m}^2 \text{s}^{-1} \times 10^{-6}$)
Air	20°C, Still	0.0012	1.01	0.0012	0.025	20.5
Water	20°C, Still	1.00	4.18	4.18	0.57	0.14
Ice	0°C, Pure	0.92	2.10	1.93	2.24	1.16
Snow	Fresh	0.10	2.09	0.21	0.08	0.38
Snow	Old	0.48	2.09	0.84	0.42	0.05
Sandy soil	Fresh	1.60	0.80	1.28	0.30	0.24
(40% pore space)	Saturated	2.00	1.48	2.96	2.20	0.74
Clay soil	Dry	1.60	0.89	1.42	0.25	0.18
(40% pore space)	Saturated	2.00	1.55	3.10	1.58	0.51
Peat soil	Dry	0.30	1.92	0.58	0.06	0.10
(80% pore space)	Saturated	1.10	3.65	4.02	0.50	0.12
Rock	Solid	2.70	0.75	2.02	2.90	1.43

^aAfter Oke (1987) and Garratt (1992).

Figura 2.4 - Propriedades térmicas dos materiais
(extraído de Arya, 2001).

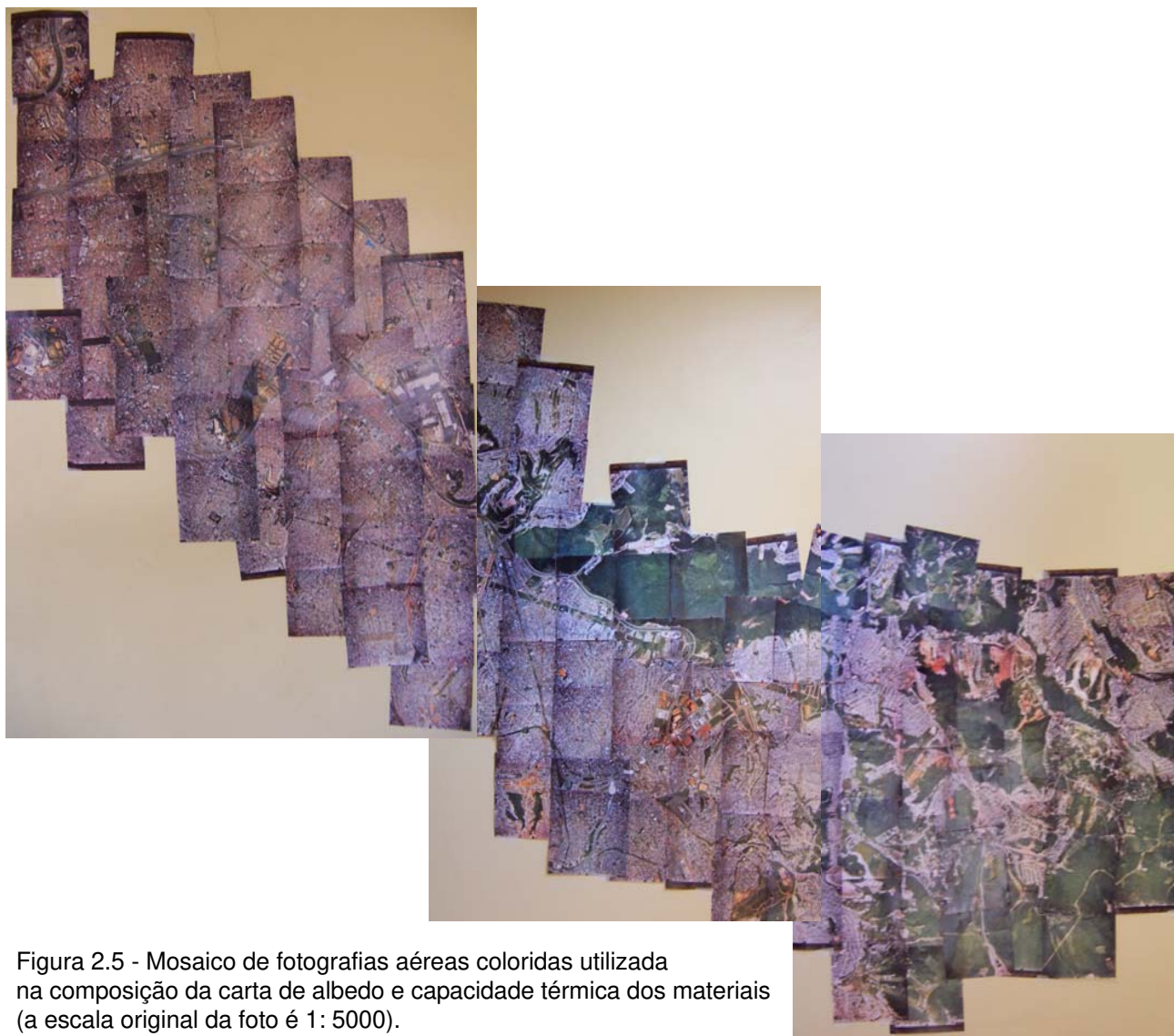


Figura 2.5 - Mosaico de fotografias aéreas coloridas utilizada na composição da carta de albedo e capacidade térmica dos materiais (a escala original da foto é 1: 5000).

As propriedades de armazenamento e condução de calor dos materiais influenciam largamente a temperatura dos materiais. Mesmo que o objeto possua cor branca e, portanto, elevado albedo, isso, necessariamente, não garante temperaturas mais baixas. Fato que, aliás, é observado na construção dos abrigos meteorológicos. Para que não haja armazenamento e condução de calor à porção interna do abrigo, o que certamente influenciaria as condições de mensuração dos elementos climáticos, além da cor branca das superfícies externas e orifícios para ventilação, é necessário que o material constituinte possua baixa capacidade de armazenamento e condução de calor, como a madeira, a cortiça, isopor etc., diferentes de materiais como chapas de alumínio e zinco, bons condutores de calor.

A finalidade da construção das cartas foi a obtenção de bases para cruzamento com os dados coletados em campo e, a partir daí, definir as unidades climáticas urbanas. O cruzamento das informações contidas nas cartas analíticas (morfografia, declividade, orientação de vertentes, uso da terra, albedo e condutividade térmica dos materiais) permitiu o estabelecimento de algo próximo a aquilo que Martinelli (1994, p. 69) denomina de “unidades físico-geográficas sintéticas”, ou seja, de aproximar-se de uma solução de conjunto, de síntese (discutido no próximo item).

2.3.4 A construção do modelo gráfico e da carta síntese

Dentro de uma óptica sistêmica, tudo guarda relação com tudo. A questão, porém, é saber o que está mais próximo do que, e isso acontece quando se busca a gênese do fenômeno em foco (daí decorre, mais uma vez, a importância do conceito de escala). O deslocamento de ar produzido pelo avanço de uma massa de ar de encontro a outra, com características físicas diferentes, pode gerar um ciclone. O ruflar de asas de uma borboleta também produz um deslocamento de ar. Entretanto, o caminho a ser percorrido até que este se constitua num ciclone, que em última análise é um somatório quase infinito de pequenos deslocamentos de ar, é muito mais longo do que aquele da massa de ar. Tanto um quanto o outro são objetos que se definem em escalas diferentes.

Entretanto, mais do que definir o “tamanho” do objeto, a passagem de um nível escalar para outro revela características relativas à “hierarquia”, enquanto “níveis de organização” dos fenômenos (fenômenos mais ou menos complexos). E para compreender a “organização”, recorreu-se ao conceito de “sistemas”.

Não há como desvincular “escala” (espacial e temporal) e “sistema”. Não existem objetos isolados, existem sistemas (ou melhor, sistemas dentro de sistemas, numa perspectiva escalar infinita, o que não quer dizer que tudo diga respeito à geografia). O objeto é um sistema. Portanto, compreender o objeto de estudo implica situá-lo em termos de “escala”, “hierarquia” ou “níveis de organização” e, portanto, de “sistema”. Essa foi a tônica geral adotada na construção do modelo gráfico e da carta síntese (figuras 5.8 e 5.9). É na carta síntese que transparece de forma mais nítida a relação do objeto geográfico-climatológico com o conceito de “sistemas” abordado no capítulo referente à revisão bibliográfica.

O modelo gráfico (figura 5.8), construído nos moldes de um tablô de dados de dupla entrada, semelhante ao adotado por Berry (1964) para a sua matriz de correlação dos fatos geográficos, deu-se a partir do cruzamento do “lugar” ou “sítio” com as “características desse lugar” ou “situação” (JARDIM e FERREIRA, 2005). De acordo com Teixeira Neto (1986, p.36) citando Bertin (1980, p.160), [...] “todo mapa, ou diagrama, é a transcrição de um tablô de entrada dupla”. É desse “tablô” que resultou a carta síntese das unidades climáticas na bacia do rio Aricanduva (figura 5.9).

Buscou-se, com isso, ilustrar a relação que assumem as características do(s) clima(s) em cada lugar, dentro da bacia, em diferentes tempos²² e escala espacial. O “lugar” responde pela bacia, em diferentes níveis escalares: a bacia hidrográfica (nível escalar 1 ou mesoclimas), as vertentes (nível escalar 2 ou topoclimas) e os setores de vertentes (nível escalar 3 ou microclimas). Em cada um desses “lugares” nos diferentes níveis escalares, procurou-se distinguir traços particulares passíveis de caracterizar o clima daquela unidade, produto da interação dos controles (relevo e uso da terra), com os elementos climáticos avaliados (temperatura do ar e a umidade relativa). As unidades climáticas (figura 5.9) resultaram do cruzamento dos controles em superfície com os elementos climáticos (eixo das linhas na figura 5.8) em cada lugar nos diferentes níveis escalares (eixo das colunas da figura 5.8) e de tempo (tempo cronológico e tempo meteorológico).

A figura 5.8 situa os diferentes níveis de resposta em termos de escala de grandeza espacial. Esse modelo representou uma tentativa de acoplamento entre as escalas espaciais (verticais e horizontais) e temporais do clima, no nível de uma bacia hidrográfica urbana. Seria como se uma folha de papel (representando as duas dimensões do plano), representativa de um objeto qualquer, fosse multiplicada em várias, uma atrás da outra, cada qual indicativa de um dado momento (terceira dimensão ou dimensão temporal). A distância do observador em relação a esse objeto traduz a noção de escala espacial (quarta dimensão). Essas relações foram traduzidas pela figuras 2.7 e 2.8.

Nesse sentido, as duas dimensões do plano respondem a questão sobre “Onde está situado?” e “Quais as características do fenômeno em foco?”. A dimensão temporal está relacionada à gênese desse fenômeno ou “Quando e sob quais circunstâncias isso ocorreu?” e “Quais as características do objeto sob tais circunstâncias?”. A escala (quarta dimensão) revela a situação hierárquica do objeto dentro do sistema, ou seja, “O que está mais próximo do que?” ou “O dado colhido num determinado lugar guarda relações com quais fatores ou controles?” (figura 2.8).

No tocante à representação cartográfica, segundo Teixeira Neto (1986, p.39)

[...] Diante de um tabló de dados duas formas de tratamento de dados são fundamentalmente vislumbradas: os tratamentos matemáticos e/ou estatísticos, como as análises fatoriais e os tratamentos multivariados (que supõem algoritmos próprios e

²² Em seu duplo sentido: tempo cronológico e estado atmosférico ou tipo de tempo.

equipamentos eletrônicos, como os computadores modernos) e os tratamentos gráficos. Os primeiros supõem tablôs de dados de grandes dimensões, momento em que a informática, aliando facilidade e rapidez nas operações, substitui boa parte das tarefas do homem. Os últimos fazem apelo à representação gráfica moderna, tendo como ponto de partida uma construção matricial tipo coleção de mapas, por exemplo.

Optou-se, aqui, pela segunda forma de tratamento dos dados apresentada pelo autor, ou seja, aquela contida na representação em termos de uma coleção de mapas. A intenção, com isso, foi garantir a legibilidade e a separabilidade visual daquilo que se representa e, principalmente, em atenção às características do objeto de estudo, evidenciar o caráter espacial e dinâmico do clima, resultado de evolução temporal (figura 5.9). Se a informação colhida ao redor de objetos com tais características fosse condensada num único mapa, a leitura dessa carta se tornaria difícil, ou até mesmo impraticável. O mapa deve ser construído com o intuito de ser “visto” e não “lido”. A visualização demanda apenas um instante em termos de percepção.

A confecção de várias cartas, cada uma das quais associada a um sistema atmosférico e/ou tipo de tempo (ou a uma série de sistemas atmosféricos e/ou tipos de tempos²³), partiu de uma seqüência onde, num primeiro momento, não haveria um clima urbano (situações sob a influência dos tipos de tempo Frontais e Anticiclônico Polar) para uma situação na qual, logo em seguida, configurassem os climas urbanos em consonância com outros fenômenos micro e topoclimáticos (influência dos tipos de tempo Anticiclônico Polar Tropicalizado e Anticiclônico Tropical Dinâmico do Atlântico) até chegar numa outra situação onde não configurariam esses climas urbanos juntamente a esses outros fenômenos micro e topoclimáticos (situações sob a influência do Sistema Tropical Atlântico, após vários dias de atuação, e o Sistema Pré-Frontal).

²³ Quando não havia elementos suficientes para a identificação do tipo de tempo, a resposta térmica e higrométrica de uma dada localidade foi avaliada segundo as características do sistema atmosférico atuante na ocasião.

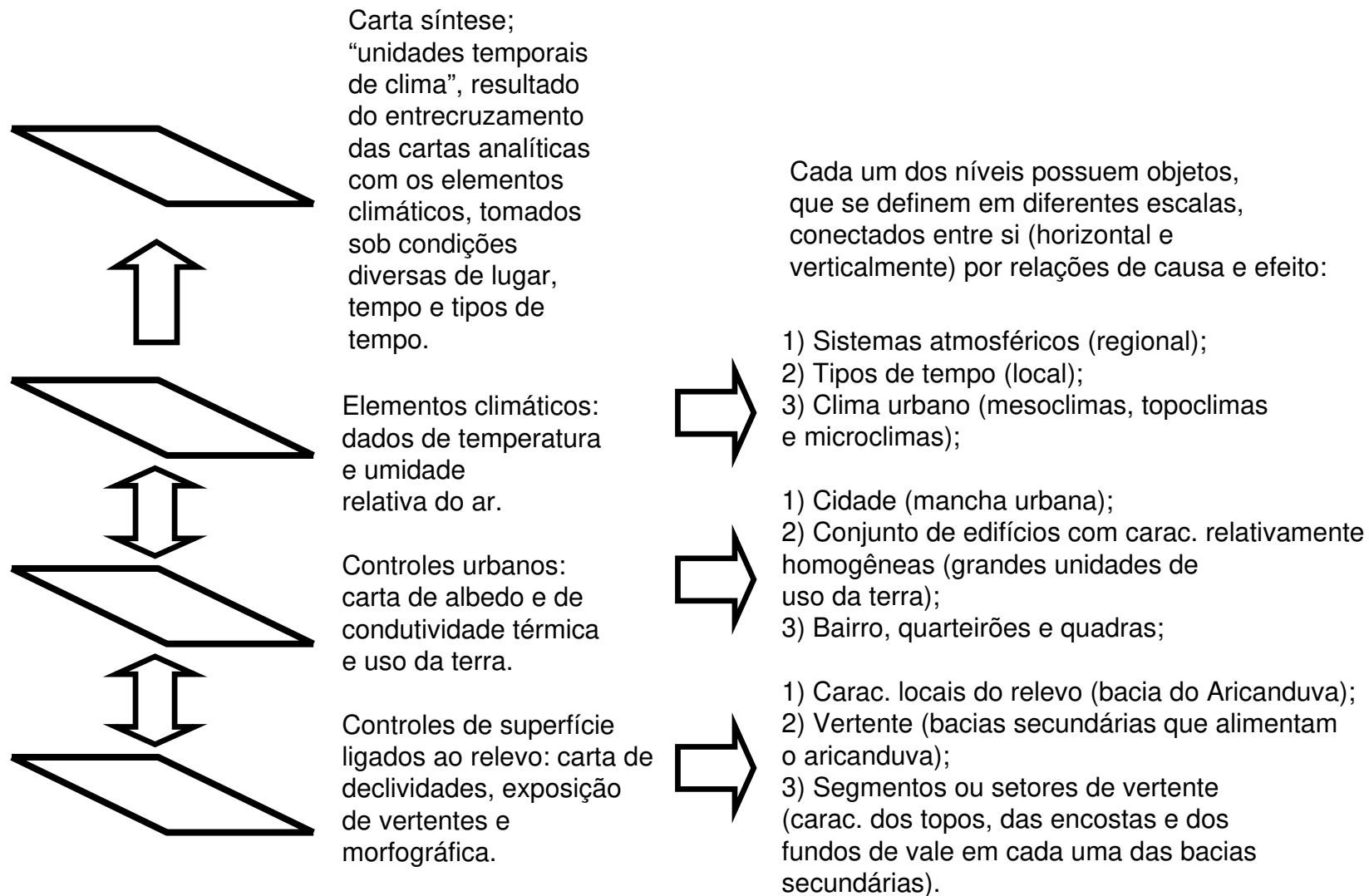


Figura 2.6 – Roteiro de análise e construção da carta síntese

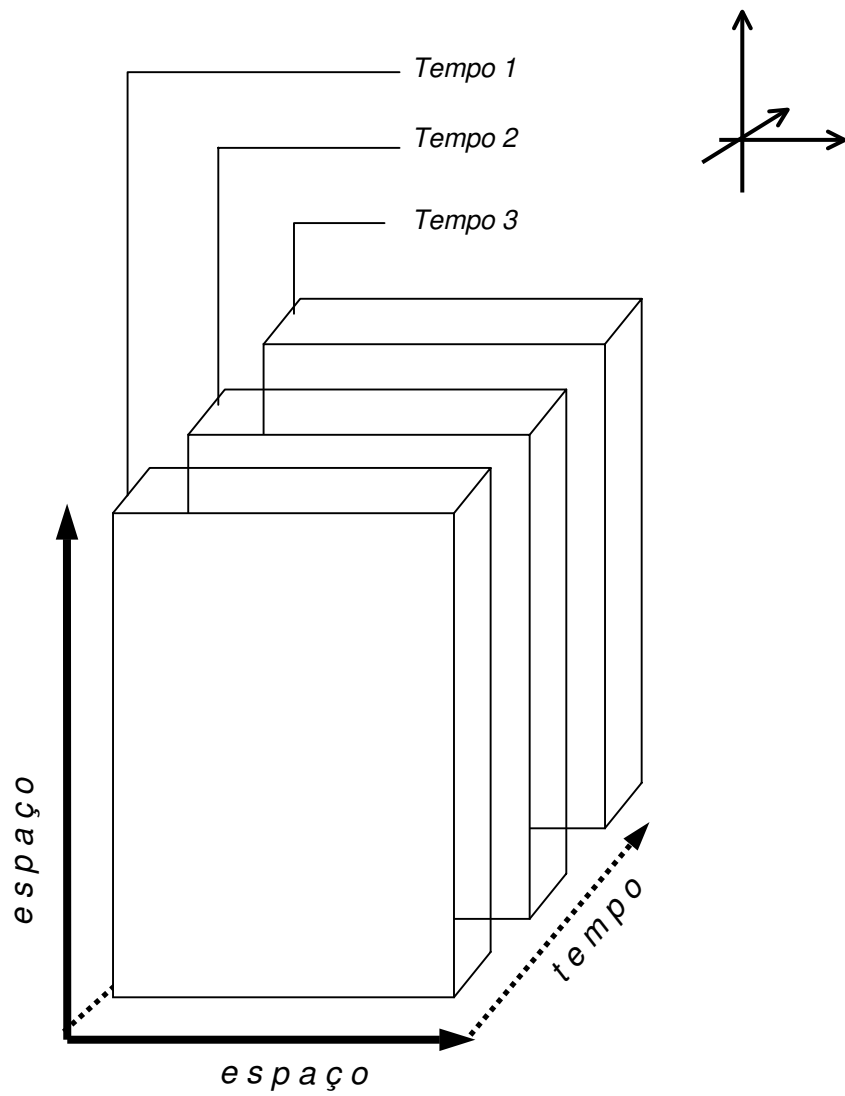
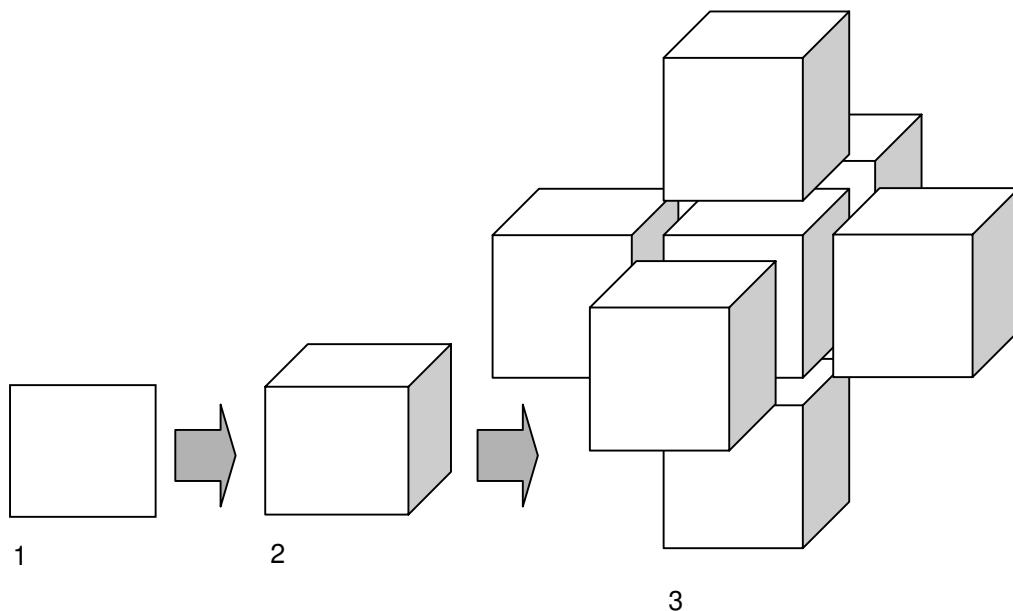


Figura 2.7 - Estrutura tridimensional do objeto.



Elaboração: Carlos H. Jardim.

1. As duas dimensões espaciais do plano relativas à localização e à caracterização momentânea do clima (objeto "congelado" no tempo);
2. As dimensões espaciais e espaço-temporais do clima (comportamento do objeto com o decorrer do tempo: dinâmica temporal, evolução, processo). Diferentemente do plano (atemporal), a "profundidade" do cubo traduz a idéia de sobreposição de tempos;
3. Desdobramento escalar das dimensões espaciais e espaço-temporais do clima. Cada face do "cubo" desdobra-se em outro "cubo" dentro dos limites do espaço geográfico (cada desdobramento, a partir de um cubo isolado, corresponde a um novo nível hierárquico ou escalar de organização do objeto).

Figura 2.8 - A dimensão multiescalar do fato geográfico-climatológico.

Do primeiro para o último, a cidade inicia “fria”, quando praticamente não há contrastes térmicos e de umidade do ar entre as unidades climáticas, passa por uma fase de transição, no qual se instalam condições que favorecem as “especificidades” de cada lugar frente à entrada, condução (trânsito de energia pelo sistema), armazenamento e saída de energia do sistema (as unidades micro e topoclimáticas que aparecem são tantas quantas as especificidades de cada lugar) para uma situação, semelhante à primeira, quando a cidade está “aquecida” e onde é possível identificar apenas uma ou duas unidades. Nesse sentido, as cores frias, associadas à baixos valores de temperatura do ar e da superfície e, conseqüentemente, baixo estoque de calor armazenado, foram utilizadas para designar o início da seqüência (cores e tons de azul escuro), passando pelo azul claro, vermelho, amarelo e laranja (cores e tons denotativos dos topoclimas que se instalam com o decorrer do tempo, associados ao aquecimento e resfriamento desigual em cada ponto), até chegar ao vermelho, no fim da seqüência de evolução dos tipos de tempo.

A evolução e encadeamento dos tipos de tempo não seguem, necessariamente, essa ordem, embora traduza uma situação recorrente na bacia paulistana. E também não se trata de uma solução nova. A representação espacial de objetos dinâmicos ou que mudam o seu desempenho com o decorrer do tempo, e a atmosfera é um perfeito exemplo disso, já foi conduzida em outros trabalhos através do confronto de [...] “várias edições de um mesmo tipo de mapa, numa seqüência temporal” [...] (MARTINELLI, 1991, p. 145). A inovação, se é que se pode dizer isso, está na discussão que antecedeu à elaboração da carta síntese, da mesma forma que o raciocínio do autor transparece na elaboração da legenda e não da carta ou produto cartográfico final.

Outro ponto que merece destaque diz respeito à delimitação das unidades climáticas. Nas situações onde foram retratados os topoclimas (situações 02 e 03 na figura 5.9), existem limites relativamente bem definidos entre as unidades, ao passo que nas cartas onde foram representados os mesoclimas (situações 01 e 04 na figura 5.9) há largas faixas de transição. Tal característica deve-se à estreita relação das unidades topoclimáticas com os controles naturais e urbanos de superfície (a influência na atmosfera exercida pela sombra de uma árvore, por uma praça, por um parque urbano ou um bairro cujas dimensões abarquem pouco mais do que uma dezena de quarteirões, estaria restrita ao entorno imediato desses objetos). Por outro lado, à medida que o objeto se revelasse nas escalas superiores (mesoclima, local, regional, zonal etc.), esses limites tornar-se-iam cada vez mais tênues, sendo substituídos por largas faixas de transição, condizente

com o grau crescente de descomprometimento da atmosfera com essa superfície (ganharia importância, nesse sentido, o caráter de fluidez do ar frente à distribuição de calor e umidade).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O clima urbano

Um dos principais argumentos apresentados enquanto justificativa no desenvolvimento dos estudos de clima urbano é o crescimento das cidades, concomitante ao da própria população urbana. A cidade como “morada” do homem. Do antigo “habitat” de pequenas dimensões, polinucleado e disperso pelo espaço rural, a cidade passa a polarizar não só a população, mas toda a sorte de funções e, conseqüentemente, de problemas ambientais.

Oke (1986), apoiado em Peterson (1984), estima que em 2025 a população da Terra seja de 8,2 bilhões. Desse total, 60% viverão nas cidades. Outro dado interessante a esse respeito, apresentado por Roth (2002) sobre o crescimento das cidades, menciona o enorme volume de pessoas mobilizadas nesse processo na Ásia. Segundo algumas projeções apontadas pelo autor, a população urbana desse continente somava 2,7 bilhões em 1999 (47%). Para 2030, a perspectiva é de que esse número seja substituído por 4,9 bilhões (60%). Em 2015, 16 das 24 maiores cidades do mundo com mais de 10 milhões de habitantes, estarão localizadas na Ásia. O que, de certa forma, também se repete no Brasil. De acordo com dados do IBGE para o ano de 2000 (MARICATO e TANAKA, 2006), 78% da população brasileira vive em núcleos urbanos, embora 72% dos municípios brasileiros tenham menos de 20 mil habitantes (o Brasil não é tão urbano quanto parece?). Desse percentual, 32% (aprox. 55 milhões de pessoas) vivem em 11 metrópoles do país (que englobam um total de 209 municípios dentre os mais de cinco mil existentes).

Evidentemente, a aglomeração de pessoas nos núcleos urbanos traz benefícios. A ampliação na difusão de serviços de saúde e educação são dois exemplos disso. Conforme Maricato e Tanaka (2006, p.18)

[...] as cidades brasileiras, em especial as metrópoles, ganharam cerca de 120 milhões de novos habitantes. Alguns dos impactos desse rápido processo de urbanização sobre a sociedade brasileira são positivos. Vários indicadores sociais apresentam uma evolução favorável e muito dessa evolução se deve à integração das pessoas e famílias nas cidades. Os principais exemplos são a queda da mortalidade infantil (que passou de 150 mortes por mil nascidos vivos em 1940 para 26,6 por mil em 2000), o aumento da expectativa de vida (média de 40,7 anos em 1940 e de 70,5 em 2000), a queda na fertilidade (6,16 filhos por mulher em idade fértil em 1940 e 2,38 em 2000) e a melhora do nível de escolaridade (55,9% de analfabetos em 1940 e 13,6% em 2000). Foi notável também a ampliação do saneamento e da coleta de lixo domiciliar.

Só que essas vantagens, traduzidas numa melhoria da qualidade de vida são, muitas vezes, acompanhadas do declínio da qualidade ambiental²⁴. Os benefícios apontados pelas autoras, anteriormente, não acompanharam o crescimento e a multiplicação das cidades pelo país, quando as 11 das metrópoles brasileiras apontadas abrigam [...] “82% da população moradora em habitações subnormais (majoritariamente favelas) e 33% do déficit habitacional (2.192.296 unidades) [...] 45 milhões de pessoas, em todo o país, ainda vivem sem água potável, 83 milhões não tem esgoto e 14 milhões não tem o lixo coletado” (Idem, p.18-19). E o clima, enquanto variável ambiental tende a refletir muito desses aspectos.

As mudanças impostas ao comportamento dos elementos atmosféricos, comandadas pelas modificações na natureza das superfícies ocupadas pelas cidades, interferem no balanço de radiação, estoque de calor, umidade, circulação do ar e emissão de poluentes. Entre outros fatores, tais características devem-se às mudanças nas propriedades de albedo, condução e emissividade dos materiais empregados na construção civil, ou até mesmo obstrução de certa porcentagem da radiação solar (“sky view factor”) pelos altos edifícios. Este, também, relacionado ao incremento da “rugosidade” da superfície e o aumento da turbulência do ar. A diminuição da umidade do ar dever-se-ia à supressão de áreas verdes e superfícies líquidas, com a drenagem de pântanos e a canalização de rios e córregos. A emissão de poluentes atmosféricos relaciona-se à queima de combustíveis fósseis, atribuída principalmente a imensas frotas de veículos e concentração de atividades industriais.

Barry e Chorley (1985, p.405) traduziram de forma quantitativa algumas dessas modificações na atmosfera das cidades: duas vezes mais dióxido de carbono; 200 vezes mais dióxido de enxofre; 10 vezes mais monóxido de carbono; 10 vezes mais dióxido de nitrogênio;

²⁴ Há setores nas cidades que congregam tanto baixos níveis de qualidade de vida e de qualidade ambiental. Foi possível averiguar que bairros localizados em meio aos distritos de São Mateus, Pq. S. Rafael e Jd. Iguatemi, a partir de mapeamento com base em fotografias aéreas coloridas (BASE S.A., 2000) na escala 1: 5000, uma quase-total ausência de vegetação. O próprio Atlas Ambiental do Município de São Paulo (PMSP/SMMA/SEMPA, 2005) traz dados a respeito. De acordo com a referida obra, nessas localidades há uma quantia que varia de zero a 1,0 m² de vegetação por habitante, em contraposição ao Morumbi, com valores entre 100 a 500 m² de vegetação por habitante. As diferenças não param por aí: a cor cinza claro das telhas de amianto e das lajes de concreto, desprovidas de telhado, que recobrem quase todo o lote, sem quintais, em meio ao padrão caótico de ruas e quarteirões, associados à índices como baixo nível de escolaridade (4 a 5 anos em média, contra 8-9 em Pinheiros, V. Mariana e Saúde), renda média domiciliar entre zero e 999 reais contra 3 a 4 mil reais na V. Mariana etc. A gênese dessas condições, no discurso político, configura como fatalidade e nunca enquanto produto social e historicamente produzido.

20 vezes mais hidrocarbonetos; 3 a 7 vezes mais material particulado; 15 a 20% menos radiação solar global; 30% menos de infiltração do ultravioleta no inverno; 5 a 15% menos na duração da luz solar; temperatura mínima invernal (média) em 1,0° C a 2,0° C mais elevadas; redução de 20% a 30% nos valores médios anuais de velocidade do vento; 5% a 20% mais no número de dias com calmarias; 100% mais névoa no inverno e 30% a mais no verão; aumento de 5% a 10% de nebulosidade; aumento de 5% a 10% na precipitação total (aumento de 10% dos dias com menos de 5 mm).

Essas mudanças, percebidas pela sua repercussão junto à cidade, no balanço de energia, nos níveis de poluição e nos impactos hidrometeorológicos, conforme traduzem os dados acima, derivam de modificações no próprio comportamento dos elementos atmosféricos. Modificações, estas, motivadas pela própria cidade que passaram a atuar, de forma mais efetiva, enquanto controle ou fator climático. As cidades não ampliaram apenas em área: ganharam novos contornos e funções. E isso abriu caminho para uma série de trabalhos em climatologia urbana, preocupada com a relação entre os controles de superfície e os elementos climáticos.

Num desses trabalhos, Parry (1967) relaciona vários fatores à formação de “ilhas de calor”. Segundo o autor, a estrutura urbana, formada por superfícies verticais e horizontais de tijolo, pedra e concreto, possuiria baixo albedo, elevada capacidade térmica, além de absorver muita radiação solar. O calor armazenado é liberado lentamente durante a noite. Nas áreas rurais, a vegetação absorve menos energia solar e gasta boa parte dessa energia na evaporação da umidade e fotossíntese. Admite, também, o papel da fumaça e material particulado em suspensão no ar no sentido de diminuir a entrada de radiação solar e diminuir as temperaturas diurnas, ao mesmo tempo em que inibe as perdas de calor durante a noite proveniente da radiação terrestre²⁵.

O autor centra os estudos na cidade de Reading (Inglaterra), àquela época com 120 mil habitantes, instalada num vale, ao longo dos baixos terraços e platôs (altitude 150-300 metros). A cidade conta com 10 estações climatológicas, presentes em sítios urbanos e rurais. A comparação dos dados, a partir desses sítios com características diferenciadas e com altitudes similares, ao

²⁵ Em atenção às considerações do autor, deve-se ter claro que a capacidade térmica dos materiais utilizados na construção civil possui baixa capacidade térmica (e não elevada como coloca o autor), o que faz com que a cidade se aqueça e resfrie rapidamente, ao contrário das áreas rurais onde a porcentagem de radiação absorvida é elevada, embora os valores de capacidade térmica sejam baixos dado ao elevado calor específico do povoamento vegetal (próximo ao da água). Considerar, também, que embora a evaporação da água assuma um importante papel na manutenção de valores de temperatura mais baixos nessas áreas, a participação da fotossíntese é praticamente nula.

longo de 12 meses, mostrou que as diferenças médias diárias de temperatura ao ar são inferiores a 1°F (aprox. 0,5°C). A diferença média das máximas permaneceu ao redor de 0,5°F. Segundo o autor, as diferenças locais tendem a ser suprimidas pela turbulência do ar. No entanto, em relação às temperaturas mínimas, o contraste urbano-rural apontou diferenças médias da ordem de 1,5°F (aprox. 0,8°C).

Foi descartada a concentração de material particulado em suspensão no ar como causa dessas diferenças. As estações que apresentaram baixos valores de concentração, metade em relação àquelas com as mais elevadas concentrações, exibiram diferenças de temperaturas mínimas semelhantes ou até superiores. No entanto, foi assinalada uma relação direta com a densidade de áreas construídas (mais do que a produção artificial de calor), associada à perda de calor pelos edifícios no período noturno. Essa conclusão foi reforçada pelas características de obstrução do céu frente à entrada de radiação solar (técnica de “sky view factor”). Os sítios urbanos caracterizados por elevados índices de obstrução do céu foram também os que revelaram os mais elevados valores de temperatura mínima do ar (essa chegou a acusar uma diferença média de 0,9°C, aprox., em ordem crescente, do sítio urbano menos obstruído para o sítio urbano mais obstruído).

Um dos trabalhos mais antigos na área de climatologia urbana desenvolvidos no Brasil encontra-se na obra intitulada “Teoria e Clima Urbano” do prof. Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (MONTEIRO, 1975). Com o intuito de propor um eixo teórico-conceitual, apoiado na “Teoria Geral dos Sistemas”, e fomentar outros estudos na área de climatologia urbana, tão necessária à compreensão da organização das cidades, o autor define aquilo que ele chamou de “canais de percepção do clima” ou “subsistemas termodinâmico” (conforto térmico), “físico-químico” (qualidade do ar) e “hidrometeorológico” (impacto meteorológico). A fonte primária de energia do primeiro e do último está na atmosfera. A fonte do subsistema físico-químico encontra-se na atividade urbana, na circulação de veículos e indústrias. Além de fontes diferenciadas, cada um deles possui um mecanismo de ação própria e, conseqüentemente, de “produtos” diferenciados, como é o caso das “ilhas de calor”, a poluição do ar e as enchentes na cidade (isso sem mencionar os impactos sociais e econômicos de cada um). O autor (idem, p.116) também propõe como definição de clima urbano [...] “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”.

Abrindo um parêntese, durante uma aula proferida no curso de geografia da universidade Estadual de Goiás, ao discutir o papel do homem na transformação da paisagem no Brasil e a sua relação com o clima, percebeu-se de forma mais nítida o alcance dessa proposição. A repercussão no clima do desmatamento e das queimadas na Amazônia, por exemplo, afeta tanto o sistema hidrológico (hidrometeorológico), quanto aquele relativo ao termodinâmico e físico-químico do clima. No primeiro caso, através de análise de isótopos de oxigênio e hidrogênio presentes na água da chuva (SALATI, 1985), concluiu-se que 50% das chuvas têm origem na evapotranspiração da vegetação. Do total de água que entra no sistema, 25% sequer atinge o solo, outros 25% constitui o escoamento superficial e os 50% mencionados infiltram no solo e voltam para a atmosfera através da evapotranspiração das plantas. A porcentagem referente ao escoamento superficial tende a aumentar nas áreas agrícolas e, mais ainda, nas cidades.

A título de constatação, o autor desta tese, juntamente com os alunos do primeiro ano da disciplina de “Impactos ambientais em áreas de cerrado”, ministrada no curso de geografia da Universidade Estadual de Goiás, na unidade de Morrinhos, num experimento em campo realizado com a finalidade de avaliar a velocidade e a quantidade de água infiltrada no solo, verificou-se que para uma área florestal (cerradão), os totais de água infiltrada durante um intervalo de tempo de 30 minutos, remontaram 22,6 litros contra 0,435 litros para uma área de solo exposto numa lavoura de soja adjacente, recém colhida. O mesmo experimento, no mesmo local, realizado tempos depois, em condições análogas, traduziu valores semelhantes. A conclusão foi óbvia: se há uma maior disponibilidade de água para escoar, maior também será a quantidade de solo arrastado para outros lugares. Além de outros impactos, a remoção do solo contribuirá para o aumento da carga sedimentar e assoreamento dos cursos d’água. O que traduz, também, um péssimo exemplo de utilização dos recursos naturais.

A remoção das matas implicaria, também, numa abrupta mudança do albedo. A vegetação possui um baixo coeficiente de reflexão, ou seja, ela absorve quase toda a energia solar incidente. A sua remoção implicaria num aumento da reflexão de radiação solar pelo solo e, conseqüentemente, em diminuição da temperatura. Sobre uma superfície mais fria, as correntes ascendentes de ar tornar-se-iam mais fracas cedendo lugar à formação de nuvens com pequeno desenvolvimento vertical, associadas a uma condição de maior estabilidade e, conseqüentemente, com menos chuva.

Do ponto de vista das alterações físico-químicas, apoiado em ARTAXO et al. (2003), as queimadas num domínio como o da Amazônia, disponibilizariam uma imensa quantidade de elementos químicos para a atmosfera, como o fósforo, relativamente raro e fundamental para a manutenção dos ecossistemas florestais, que é lavado para outros lugares pela circulação atmosférica.

Cronologicamente, dentre outros trabalhos que discutiram a influência dos controles de superfície (urbana) na modificação dos elementos climáticos nas cidades, sem, contudo, pretender fazer disso uma completa revisão sobre o assunto (o que certamente renderia outra tese), encontra-se o trabalho de Monteiro e Tarifa (1977), a respeito do clima na cidade de Marabá (PA).

Situada em zona equatorial continental, o comportamento dos elementos climáticos estaria muito mais ligado ao balanço de radiação (convecção do ar) do que aos campos de pressão atmosféricos (advecção do ar), como acontece em São Paulo. O reflexo dessa condição na temperatura do ar, tanto na área urbana quanto nos arredores da cidade, transparecem pelas diferenças de temperatura, tomadas em diferentes locais ao ar livre, quase insignificante (décimos de grau). As maiores discrepâncias foram encontradas nos ambientes microclimáticos: num dado momento, a estação principal da cidade no aeroporto acusou 31,0°C, ao mesmo tempo em que, no interior da mata, era registrado 27,0°C.

Essa condição foi atribuída ao papel da água nesse meio. A forte ascensão da temperatura do ar logo após um temporal e elevadas taxas de umidade do ar, com valores próximos ao ponto de orvalho, no período da manhã, decorrente do (relativo) resfriamento noturno, demonstram isso.

Essas constatações respondem, entre outras, a duas questões colocadas pelos próprios autores logo no início do trabalho: quais as implicações disso em termos de conforto? Que elementos do quadro geoecológico se mostram mais relevantes em relação à atenuação do aquecimento²⁶?

²⁶ Seria, também, o momento de se colocar outra questão: a não ocorrência dessas “diferenças” de temperatura verificadas não se constituiriam, também, em objeto a ser investigado? O “excesso” de calor é uma experiência cotidiana do habitante dessa região. E aqueles que estudam as modificações climáticas associadas à urbanização querem encontrar ainda “mais diferenças” de temperatura? É difícil imaginar o que viria muito acima de 30°C ou 40°C, em condições de umidade próximas à saturação do ar. O estudo de climatologia urbana nessas áreas deveria orientar-se em outra direção, que é aquela apontada pelos autores, ou seja, a do conforto térmico.

O trabalho de Moraes et al. (1977) tem o mérito de trazer para a discussão a relação entre os mecanismos verticais de trocas de energia e os tipos de tempo, a partir de dados colhidos junto à estação do IAG-USP na cidade de São Paulo, para o ano de 1974.

A partir de análises mensais e episódicas, os autores constataram uma grande variação nos totais de radiação global e emissão efetiva terrestre e, conseqüentemente, na disponibilidade de energia líquida armazenada (é essa energia que participa dos processos de evaporação e aquecimento do ar). Sob a ação do Sistema Frontal, por exemplo, em condições de elevada nebulosidade durante o mês de janeiro, o valor de radiação global foi de 203 cal/cm².dia, a emissão efetiva terrestre foi 19 cal e a energia líquida ficou em 123 cal. Essa energia armazenada traduziu-se num valor de temperatura média do ar de 19,0°C. Numa outra situação, ainda no mês de janeiro, mas sob as condições de tempo associadas ao Anticiclone Polar Oceânico em Processo de Tropicalização, esses mesmos valores, respectivamente, responderam por 520 cal/cm².dia, 125 cal e 239 cal. Sob essas condições, a temperatura média do ar foi de 22,0°C.

Ao comparar essas situações com uma situação de inverno, sob a influência do Anticiclone Polar Oceânico, nota-se a tendência de baixo armazenamento de energia (respectivamente 264 cal/cm².dia, 127 cal e 55 cal) e, conseqüentemente de valores de temperaturas mais baixos (a média foi de 16,0°C).

Tarifa (1981), desta vez em São José dos Campos, a partir de tomadas de temperatura do ar, tanto na área urbana quanto na área rural do município, traduzida por uma carta que retrata a “natureza da superfície”, considerando as diferentes exposições das vertentes, sob a ação de determinados sistemas atmosféricos, constatou, para a área urbana, valores médios diários mais elevados de temperatura do ar e mais baixos de umidade relativa (respectivamente de 1,0°C a 3,4°C sob a ação da Frente Polar Atlântica e Sistema Polar Atlântico, e de 2 a 12% na umidade relativa). Os valores mais baixos foram observados na mata (diferenças diárias de temperatura do ar da ordem de 2,9°C em relação às áreas com cobertura de pasto e 1,7°C em relação à área de eucalipto). Quanto ao relevo, as vertentes orientadas para norte se mostraram mais aquecidas do que as vertentes sul. As áreas planas de beira de rio, ventiladas e recobertas por vegetação, mostraram-se mais frias do que as vertentes sul.

Fica claro no artigo que a vegetação não é o único fator atenuador da temperatura do ar. As faces mais sombreadas das vertentes e a condição topográfica atuam, conjuntamente ou não

com a vegetação, como “escoadouros” e não como fonte de calor. E que, naturalmente, deve ser levado em consideração para a compreensão da organização dos climas e no planejamento das cidades.

Sampaio (1981), em Salvador (BA), discute a relação entre uso do solo e “ilhas de calor” a partir de um uma técnica quantitativa, de cunho estatístico. Esse tipo de estudo, segundo o autor (Idem, p.17), constituiria a [...] “chave para o bom entendimento dos fatores estruturais que afetam o conforto humano” [...]. Os fatores compreenderiam o clima urbano e o ambiente construído. Cita, logo em seguida, a necessidade de se desenvolver critérios e indicadores para detectar “áreas de desconforto” no ambiente urbano.

A base de dados repousa sobre um único episódio, no dia 01/04/1980. Os aparelhos utilizados incluíam 05 psicrômetros de aspiração e termômetros de máxima e mínima, dispostos a 80 cm acima do solo e as leituras ocorreram com intervalos de 01 hora, das 6 h às 18 h. Os índices de correlações obtidos não apontaram para uma relação direta entre o uso do solo (causa) e “ilhas de calor” (efeito): [...] “tudo leva a crer numa impossibilidade de se pretender isolar a variável uso do solo, para efeito de demonstrar a ocorrência de Ilhas de Calor. Embora seja clara a interferência do mesmo no aquecimento das áreas” [...] (Idem, p.82). Essas diferenças de temperatura do ar que o autor aponta, e que mantém válida a hipótese, referem-se a contrastes térmicos obtidos a partir de valores instantâneos que variam de 2,6°C a 5,0°C em ambientes edificados e de 1,5°C a 2,0°C em ambientes abertos, quando comparados aos valores do posto meteorológico local.

Essa “impossibilidade de isolar a variável uso do solo” refere-se à influência de outros fatores na estruturação do clima de Salvador, notadamente a massa d’água oceânica e os ventos: [...] “quanto maior as distâncias das amostras de uso do solo das grandes massas de água, maiores foram as amplitudes da curva de elevação da temperatura” [...] (Idem, p.60).

Entre 26 e 30 de novembro de 1984, foi realizada na Cidade do México uma conferência técnica sobre climatologia urbana com atenção às áreas tropicais, organizada pela World Meteorological Organization. Vinte trabalhos, na forma de artigos, foram reunidos posteriormente num volume pela própria World Meteorological Organization (1986).

Dentre os artigos, chama a atenção o trabalho de Oke (1986), aonde o autor coloca enquanto desafio a necessidade de intercâmbio e de se fazer uma avaliação do conhecimento até

então produzido, necessidade da difusão desse conhecimento entre profissionais de áreas diversas e a cooperação entre a climatologia e o planejamento urbano.

A partir de um balanço do que foi produzido na área de climatologia urbana, o autor aponta a enorme diferença do número de trabalhos realizados nas cidades das latitudes médias em relação aos trópicos e defende a validade da transferência e aplicação do conhecimento entre essas duas zonas, a partir das similaridades climáticas e das similaridades quanto à estrutura e funções das cidades nessas duas zonas, embora admita que haja algumas mudanças na magnitude de algumas propriedades de superfície. Essas mudanças transpareceriam nas características dos materiais empregados nas cidades tropicais naquilo que diz respeito às suas propriedades térmicas (capacidade térmica, condutividade e difusividade térmica e recepção): no trópico seco, materiais de elevado valor de massa como pedras e tijolos utilizados para retardar a entrada de calor; no trópico úmido, construções leves e que favoreçam a ventilação. Aponta, também, a relação entre as propriedades radiativas (albedo e emissividade) e a escolha dos materiais a serem empregados nas edificações e o papel da umidade na determinação da energia disponível em superfície. Chama a atenção, ainda, para as diferenças quanto à influência antropogênica: nos trópicos os combustíveis fósseis não são dominantes, há uma larga utilização em algumas regiões de refrigeradores de ar elétrico e excesso de material particulado no ar associado à densa rede de estradas sem asfalto.

A fim de que isso tudo possa ser avaliado, o autor traz um balanço das metodologias empregadas nas investigações em climatologia urbana e questiona a validade de se comparar áreas urbanas e rurais, quando as cidades abrigam em si mesmas grandes diferenças geográficas. Além disso, a magnitude e a forma como operam os processos atmosféricos, resultando em diferentes feições climáticas, estão sujeitas às condições meteorológicas. Ao final, propõe o uso de modelos como ferramenta a serviço dos climatologistas e planejadores, como indicar a sensibilidade dos sistemas climáticos urbanos frente às variações na entrada de energia e o teste de soluções de problemas ligados ao clima urbano.

As características das construções em cidades tropicais não cumprem o seu papel como dispersora de calor, principalmente se for considerado o excedente de radiação solar próprios dessa zona climática. Num artigo de Landsberg (1986), o modelo de construções de casas, importado das altas latitudes temperadas do hemisfério norte para os trópicos, abrigam o cidadão

das chuvas (o quê, por sinal, é um elemento importante na definição do clima tropical), mas não proporcionam boas condições de conforto térmico aos seus moradores.

A inaptidão desse modelo, discutido por Givoni (1986) para as regiões tropicais secas é resultado, em grande parte, do “design” das cidades. Entre esses fatores estão: o tamanho e densidade da área construída (os espaços amplos favorecem a ventilação, já nos espaços pequenos, as trocas com o ambiente diminuem); a localização e orientação das construções (construções muito próximas impedem a livre circulação do ar e a orientação das fachadas principais dos edifícios, frente aos raios solares, pode implicar num desconforto interno para os seus ocupantes no período noturno); a orientação e a largura das ruas em relação à direção dos ventos (quando as ruas são perpendiculares à direção dos ventos, a corrente principal de ar flui acima dos edifícios, criando uma circulação secundária no nível das construções e das ruas; quando estas se dispõem em ângulo, o fluxo principal é distribuído entre seus componentes, oferecendo melhores condições para o resfriamento estrutural dos edifícios); as condições de sombreamento oferecidas ao longo das ruas e dos edifícios; e das áreas de park (dentre outras características, as plantas possuem baixa condutividade térmica, interferem na temperatura do ar por meio da evapotranspiração, reduzem a velocidade dos ventos, filtram a poeira e propiciam sombreamento).

Na escala de cada edifício individualmente, acrescenta ainda a importância da configuração geométrica, a orientação das fachadas principais, tamanho e localização das janelas (estas, possibilitam a luz do dia, ventilação para o conforto fisiológico e resfriamento estrutural do edifício), propriedades dos materiais de construção e a cor das superfícies externas (a influência da cor é máxima no telhado e pode implicar em ganho de calor para o ambiente interno).

O tipo e a disposição desses elementos urbanos têm as seguintes principais finalidades: minimizar a entrada de radiação solar durante a estação quente, a partir da redução e sombreamento das fachadas laterais dos edifícios e muros e a proteção de janelas e telhados; minimizar as taxas de elevação interna da temperatura do ar e maximizar as taxas de resfriamento interno, principalmente no período da noite, a partir de ventilação cruzada entre os cômodos da habitação, proveniente do ambiente externo. Entre os principais sistemas passivos de refrigeração (mais indicados para os trópicos), o papel do vento e as condições de seu aproveitamento,

assumem vital importância diante da redução do stress térmico e resfriamento estrutural dos edifícios.

A ação dos ventos também é enfatizada por Nieuwolt (1986), para as cidades localizadas nas baixas latitudes equatoriais. Diferentemente do trópico seco, a umidade atmosférica assume importante papel no controle dos climas equatoriais. Se a ventilação é um fator importante no trópico seco, ela também traz poeira, o que exige certos cuidados, como o dimensionamento das janelas (no trópico seco elas devem ser pequenas).

Danni (1987), numa dissertação de mestrado, trata do comportamento da temperatura do ar e da umidade relativa do ar na cidade de Porto Alegre (RS). O segmento temporal, quando ocorreram as observações, envolveu todo o mês de janeiro de 1982. Foram distribuídos 32 pontos pela cidade. Foram utilizados psicrômetros montados com termômetros de mercúrio e termohigrógrafos, todos instalados em locais ventilados e abrigados do sol, a 1,7 metros da superfície. As leituras foram realizadas às 9 h e 21 h.

A autora aponta como objetivos, verificar a formação de “ilhas de calor”, a relação desse fenômeno com o tempo (tempo meteorológico), com o uso do solo urbano e aspectos físicos da cidade, bem como avaliar o comportamento da umidade relativa do ar no período considerado relativo à pesquisa.

A autora aponta várias causas por trás da formação de “ilhas de calor”. Uma delas refere-se ao armazenamento de calor durante o dia pelo equipamento urbano, cujos efeitos eram perceptíveis principalmente à noite: [...] “No período noturno, destaca-se a ação da superfície edificada que passa a ser, isoladamente, a maior responsável pelas elevadas temperaturas, apesar de não apresentar uma correlação forte” [...]. (Idem, p.66)

Outro importante fator diz respeito à topografia. Numa das ocasiões, no dia 06 de janeiro [...] “quando uma nova FPA²⁷ acercava-se de Porto Alegre, onde a entrada de ar quente de NW proveniente da TA²⁸ criava uma situação de instabilidade pré-frontal, logo substituída, à noite pela passagem da frente, é marcado pela existência de uma ampla ilha fria matutina que, ao anoitecer, cede lugar para uma IC²⁹ com 6°C de contraste térmico entre seu núcleo e a periferia da

²⁷ Frente Polar Atlântica.

²⁸ Tropical Atlântica.

²⁹ Ilha de Calor.

cidade [...] Tanto uma como a outra são conseqüências do efeito de proteção a sotavento dado pela topografia.” (Idem, p.77).

Em relação ao papel da nebulosidade, naquilo que diz respeito aos contrastes térmicos entre campo e cidade [...] “as maiores diferenças de temperatura registradas às 9 h - dias 13 e 17 - ocorreram sob condições de céu encoberto – 10/10 e 9/10 respectivamente [...] Em contraste, foi num dos dias de fraca nebulosidade (dia 25) que se observou uma das menores amplitudes térmicas entre as duas áreas (0,5°C), quando atuava o PV³⁰ com vento E de 2,5 m/s”. (Idem, p.69).

O comportamento da umidade relativa esteve fortemente atrelado ao comportamento da temperatura do ar (a área urbana era mais seca). No entanto, nas ocasiões quando se verificou menor umidade relativa do ar na área rural (“ilhas secas”), a autora aponta como causa a formação de orvalho sobre a vegetação, o que não ocorre nas áreas urbanas. Num parque urbano, a ocorrência de menores valores de umidade relativa do ar, quando comparados aos dos postos urbanos, além da formação de orvalho a autora aponta o efeito da urbanização das proximidades. É destacada, também, a não influência da ação dos sistemas atmosféricos como controle da umidade relativa do ar: [...] “os sistemas atuantes não exerceram controle sobre a umidade, sendo esta mais relacionada ao horário em que as realizaram as medições”. (Idem, p. 73)

Numa coletânea de artigos sobre climatologia urbana reunida pela revista Geosul³¹, Monteiro (1990a, p.9) chama a atenção sobre a importância de se tomar a cidade enquanto [...] “fato geográfico”, em sua real estruturação físico-natural e ambiente altamente “derivado” pelo homem sob uma dinâmica funcional conduzida pelos condicionamentos econômicos” [...], cujo conteúdo reflete uma postura diferente daquela adotada pelo meteorologista ou, conforme coloca o mesmo autor (idem, p.10), como “aparatus produtor de anomalias”. Essa mudança de postura reflete uma atitude “sistêmica”, se é que se pode chamar assim, a partir do momento em que o autor estabelece uma diferença entre o “ar sobre a cidade” (“air over cities”) daquela de “ar integrado à cidade” ou “comprometido com o organismo urbano” (“air within the cities”).

Outro ponto defendido nesse trabalho refere-se ao instrumental técnico e estratégias de abordagem para se conduzir as investigações em climatologia urbana. Não é preciso dizer que a maior parte da população mundial e do Brasil vivem em áreas urbanas e as cidades, mais do

³⁰ Sistema Polar Velho.

nunca, constitui-se no “habitat” do homem. O que por si só já justificaria a ampliação dos estudos nessa área. Entretanto, como coloca o próprio autor, mais de dez anos se passaram depois da publicação da “Teoria e Clima Urbano” [...] “e a situação presente, se não anula ou reduz o interesse nas especulações teóricas está a exigir uma ênfase na prática” [...].

Isso posto, traz o autor uma série de considerações sobre como conduzir uma investigação em climatologia urbana e destaca a necessidade de homogeneidade dos aparelhos de medida, multiplicação dos pontos de observação, referência das medidas numa estação meteorológica local, estar atento às situações típicas da cidade (fluxo de veículos, densidade de aparelhos de ar condicionado etc.), comparação sincrônica e concomitante das observações climáticas nos diversos pontos e, por fim, a relação daquilo que foi observado com as características do tipo de tempo no dia.

Em outro artigo, na mesma coletânea (SEZERINO e MONTEIRO, 1990), a partir de um trabalho de investigação sobre o campo térmico na cidade de Florianópolis, apoiado num transecto com dez pontos de observação (as leituras eram realizadas às 9 h, 15 h e 21 h), entre a porção continental e insular da cidade, do dia 15/05 a 30/06/1987, os autores relatam diferenças de temperatura do ar associadas à influência da topografia, altitude e urbanização, sob diferentes condições de tempo. Numa dada ocasião, no horário das 21 h, foi registrada uma série de valores de temperatura do ar (17,2°C no posto meteorológico; 18,4°C no centro urbano; 16,4°C no mangue do Itacorubi; 14,4°C no alto do Morro da Cruz) cujas causas repousaram sobre fatores diferenciados.

No caso do posto meteorológico e o posto do mangue, verifica-se um descomprometimento com fatores topográficos e urbanos, onde a circulação do ar é livre. Já a diferença positiva identificada entre o centro urbanizado (mais quente) e o posto meteorológico (mais frio) foi interpretada como indício de formação de “ilha de calor”, decorrente das trocas térmicas entre os edifícios e a tendência da cidade em conservar mais calor. Ainda, de acordo com os autores (idem, p.47), a “ilha de calor” representaria o [...] “caráter básico de um clima urbano”. E, por fim, verificou-se o efeito da altitude no posto do Morro da Cruz.

Outro aspecto observado refere-se à disposição da cidade em meio ao seu sítio de topografia irregular e a tendência à formação de “ilhas de calor” semelhantes àsquelas encontradas

³¹ GEOSUL. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, n.9, 1990.

mais tarde por Brandão (1996) na cidade do Rio de Janeiro, de características polinuclear. Ainda sim, embora os aspectos do fenômeno se assemelhem, as causas por trás da sua estruturação são as mais diversas possíveis ou, como apontam os autores (idem, p.57) [...] “em meio à universalização dos efeitos há a diversificação das causas”.

Em outro trabalho (MONTEIRO, 1990b), apesar de contrariado e da advertência logo no início do texto sobre o ensino e a pesquisa no meio acadêmico³², o autor traça um panorama simplificado do que envolveria a realização de um trabalho voltado à climatologia urbana.

Entre os aspectos apontados, chama o autor a atenção para a periodização das observações, nas quatro estações do ano (ou, pelo menos, no inverno e no verão), a partir de leituras horárias, ou a cada duas horas, ao longo de um período de 24 horas. Os dados devem ser sempre referenciados num posto meteorológico. Enfatiza, também, a necessidade de “adentrar a cidade para tomar-lhe o clima” com a finalidade de avaliar as diferenças existentes entre o “ar comprometido” em relação ao “ar livre” das estações meteorológicas, livre das influências dos artefatos urbanos e toma, enquanto procedimento preliminar básico, o direcionamento à análise do campo térmico, que, segundo o autor [...] “todo um jogo de correlações e interações se produz na geração das características climáticas da cidade” [...].

Como requisito básico à análise, enfatiza a necessidade de condições absolutamente idênticas quanto ao aparato utilizado. E como critério de escolha dos pontos, a sua capacidade em revelar “a natureza ou o caráter peculiar da cidade focalizada”.

Outro importante ponto refere-se a uma antiga questão colocada em climatologia (E, evidentemente, sem uma resposta definitiva até hoje!), que é [...] “até que ponto os valores medidos num dado ponto de observação podem ser estendidos no espaço urbano” [...] (Idem, p.69). Logo em seguida, antes de arriscar uma resposta, o autor enfatiza que [...] “Cada ponto expressa, no momento em que foi registrado, o comportamento da atmosfera naquele dado ponto. Este encerra simultaneamente, em si mesmo, as componentes da circulação atmosférica regional, aquelas advindas da resposta local, ao mesmo tempo em que deve refletir algo do contexto mesoclimático definido pelas grandes linhas da topografia e, sobretudo: está intimamente

³² [...] “Infelizmente em nossa realidade universitária, parece que o mais útil e eficiente é o que se reveste do caráter de “receita” (para não dizer “cartilha” ou “catecismo”). Uma prática que induz mais a passividade em vez da atividade criadora nos repugna profundamente” [...]. (MONTEIRO, 1990b, p.62).

comprometido com as condições microclimáticas que a edificação urbana propiciou em larga escala.” [...].

Em princípio, como coloca o autor, os valores seriam válidos até onde fossem encontradas as mesmas condições daquelas do ponto onde fora inicialmente mensurado o valor. O que o leva a criticar a técnica de traçado de isotermas para o ambiente urbano: [...] “no espaço urbano, seria inadmissível, realizar um mapeamento térmico, segundo a arbitrariedade de um traçado de “isotermas” baseado na interpolação entre os pontos” [...] (Idem, p.69). Isso se deve ao grau de comprometimento do ar com os artefatos urbanos, notadamente nos níveis escalares microclimático ou próximo a isso.

No artigo “A cidade como processo derivador e a geração de um clima urbano” (MONTEIRO, 1990c), três pontos merecem destaque: (1) a reafirmação do caráter sistêmico do clima urbano: [...] “como um sistema que, aberto como é, pressupõe mobilidade tanto espacial quanto temporal” [...] (Idem, p.60); (2) a importância da conexão entre o sítio e a cidade na produção do clima urbano; (3) e a relação entre as diferentes escalas geográficas.

Deve-se considerar que tanto a cidade como o seu suporte geo-ecológico transforma-se com o tempo, embora a cidade o faça de maneira mais rápida (dinâmicas diferenciadas) e que qualquer [...] “análise introdutória para o estudo de um clima urbano requer uma acurada observação tanto da tipologia do sítio como dos modelos de morfologia urbana e do imenso espectro de combinações que se podem configurar.” [...] (Idem, p.83) ao mesmo tempo em que não há como desvincular essas características das funções urbanas.

Esses aspectos destacados levam o autor a enfatizar a modelização cartográfica como instrumento de representação das sínteses climáticas, aliando o plano horizontal ao vertical (representações tridimensionais). Dessa forma [...] “o geógrafo pesquisador do clima urbano terá que produzir um documento especial, acoplando uso do solo, à geomorfologia, associando o primitivo às derivações, de modo a revelar as feições geo-ecológicas resultantes e penetrando na trama do urbano, tanto em morfologia quanto nos aspectos dos diferentes dinamismos da vida urbana” [...] (Idem, p.91).

Sakamoto (1994) também chama a atenção para a participação de vários fatores na estruturação do clima urbano, especialmente naquilo que diz respeito ao comportamento da temperatura do ar. Dentre as considerações que a autora tece, longe de terem sido respondidas,

mesmo levando-se em consideração trabalhos mais recentes³³, merecem destaque as indagações, segundo palavras da própria autora, acerca do significado da generalização dos dados obtidos em campo e sobre a possibilidade de estabelecer uma relação direta entre o elemento mensurado e os fatores envolvidos no seu comportamento (no caso, a configuração do céu). Segundo a autora, sobre a validade de se generalizar os dados colhidos em campo [...] “um dado de temperatura do ar obtido em escala que tende à micro-escala, na qual múltiplos fatores podem agir em conjunto e são de difícil avaliação e controle, para uma escala mais ampla, que tende a topo ou meso-escala?” (Idem, p.29).

Do ponto de vista metodológico, a partir dos objetivos propostos (que, grosso modo, refere-se à relação entre a temperatura do ar e o grau de obstrução do céu pelas edificações ou “sky view factor”), tendo como área de estudo a cidade de São Paulo, foram realizadas nos dias 01/11/1986 e 18/07/1987 uma série de tomadas em campo a partir de 14 pontos fixos, dispostos num transecto em diagonal, de orientação SW-NE, da planície fluvial do rio Pinheiros ao Tietê, passando sobre o divisor de águas onde está a Avenida Paulista. Devem-se acrescentar mais alguns pontos abrangidos pelas tomadas móveis, totalizando 20 pontos. Em cada ponto foi calculado o grau de obstrução do céu e mensurada a temperatura do ar, utilizando-se de tomadas fixas, em mini-abrigos meteorológicos, dispostos a 1,5 metros do solo, e tomadas móveis. No dia 01/11 as tomadas foram realizadas das 7 h às 22 h com três horas de intervalo entre uma tomada e outra. No dia 18/07, dedicado às tomadas móveis, os transectos, cinco ao todo, ocorreram entre 8 h e 30 min às 9 h e 30 min e entre 20 h e 30 min às 22 h.

Os resultados não mostraram uma relação direta e nem constante entre as duas variáveis consideradas. Numa situação horária pela manhã a [...] “variação térmica entre os pontos não indicou associação com os valores de SD³⁴. Provavelmente o vento, associado à sombra dos edifícios na avenida, foram os fatores relacionados à baixa variação térmica entre os pontos.” (Idem, p.151). Numa outra situação horária, à noite, essa relação mostrou-se mais evidente, quando a [...] “temperatura mais baixa (22,5°C) foi registrada no ponto cujo valor de SD é mais baixo, em frente ao MASP e Parque Siqueira Campos. A temperatura mais elevada (25,0°C) foi registrada no ponto cujo valor de SD é mais elevado, na esquina com a Rua Augusta.” (Idem,

³³ Pessoalmente, é aí que reside um dos méritos desse trabalho.

³⁴ A autora refere-se ao “sky diagram”, “sky view factor”, configuração do céu ou grau de obstrução do céu.

p.152). Nos demais pontos, segundo a própria autora (Idem, p.153), as [...] “diferenças térmicas apresentadas pelos demais pontos são baixas (não excedendo 0,8°C) e não apresentaram relação direta com os valores de SD.”. Em outro momento, ainda, a autora (Idem, p. 154) verificou uma diferença relativamente elevada de temperatura do ar embora os valores de obstrução do céu fossem os mesmos: [...] “Entre os dois pontos das extremidades do transecto (pontos 4 e 18) há uma diferença desprezível do valor de SD (de aproximadamente 2%) e a diferença térmica foi de 2,5°C.”. A autora atribui a diferença de temperatura às características de urbanização, em termos de densidade, porte e vegetação em cada ponto.

A multiplicidade de fatores envolvidos na estruturação do clima urbano leva a autora a admitir, em suas “considerações finais”, que [...] “se um par de pontos for comparado, por exemplo, e se entre eles as diferenças abrangem o nível topográfico, a disponibilidade de céu e a orientação das edificações, torna-se difícil avaliar qual dos fatores é decisivo quanto à variação térmica que apresentem.” (Idem, p.164). E, mais adiante (Idem, p. 166) [...] “as relações entre a “configuração do céu” e a temperatura do ar não são diretas, variam de acordo com o horário e que o vento desempenha papel importante naquelas relações”.

Na tese de Mendonça (1994), chama a atenção a metodologia empregada: ao invés de tomadas simultâneas, o autor considerou como referencial o “tipo de tempo”, ou seja, as tomadas de temperatura e umidade relativa do ar foram realizadas em setores diferentes da cidade de Londrina (PR), de forma não simultânea, mas sob a influência de tipos de tempo semelhantes³⁵. Dentre os resultados, merece destaque as considerações sobre a influência do entorno rural sobre os valores de temperatura do ar nas áreas urbanas coincidindo com a intensificação das “ilhas de calor” (transporte de calor das áreas rurais para os centros urbanos), principalmente no período de entressafra, quando os solos estão expostos (maior fluxo de calor sensível sobre os solos secos e parcialmente recobertos pela vegetação quando comparados às áreas verdes e superfícies líquidas); relação do aquecimento diferencial das áreas urbanas com o decorrer das estações do ano (maior aquecimento no período vespertino de inverno do que no verão); formação de “Ilhas

³⁵ Essa metodologia resolve um sério problema nos estudos de climatologia: disponibilidade de aparelhagem e de pessoal para a realização das leituras em campo. Em tese, uma única pessoa seria capaz de cobrir uma vasta área, seja numa cidade ou fora dela. É evidente que a “diacronia” também revela aspectos da realidade. No entanto, a falta de simultaneidade limita a comparação dos valores dos elementos climáticos, tomados em diferentes localidades e, conseqüentemente, uma das formas de perceber os “ritmos”, que é a “sincronia” dos elementos do clima. Ex.: o aquecimento e resfriamento simultâneo dos diferentes bairros numa cidade, sob a influência de um mesmo tipo de tempo.

de Frio” em determinados pontos da cidade, associado à influência de ventos frios e úmidos; variações intra-urbanas da temperatura do ar, acompanhadas de maior amplitude térmica do ar em dias muito secos, associado à disponibilidade de calor sensível.

O trabalho de Sette (1996), realizado em Rondonópolis, cidade de porte médio, àquela época com aproximadamente 160 mil habitantes, localizada no sudeste do estado do Mato Grosso, sob as condições de clima tropical continental alternadamente seco e úmido, constata uma série de diferenças nos valores de temperatura do ar, temperatura do solo, chuva e umidade relativa do ar, a partir de postos fixos (mini-abrigos meteorológicos) instalados em área urbana e rural.

O período dedicado ao monitoramento ocorreu no ano de 1993 e abrangeu dois episódios de 24 horas com tomadas contínuas a cada 30 minutos nos dias 27 e 28 de fevereiro e 24 e 25 de setembro, e outros dois episódios mais extensos, entre os dias 04 a 10 de março e 20 a 26 de setembro nos horários das 6 h e 30 min, 12 h e 20 h.

Naquilo que diz respeito às variações de temperatura do ar e umidade relativa, as diferenças encontradas revelaram valores positivos de alguns décimos de graus a pouco mais de 4,0°C no centro da cidade, quando comparados aos do posto meteorológico da UFMT, em área rural, num setor periférico da cidade, situado numa cota de altitude mais elevada em relação aos demais postos (315 m contra 218 m do posto do centro da cidade). Em relação à umidade relativa do ar, o posto do centro da cidade exibiu valores médios 9% inferiores aos do posto padrão (UFMT) no período de chuvas. Na estação seca essa média subiu para 14%.

Essas diferenças são explicadas em algumas breves passagens e, segundo a autora [...] “tanto a área central, como aquelas de maior de maior adensamento em termos de edificações [...] apresentaram-se mais quente, em torno de 0,8°C. Este resultado revelou que o grau de resfriamento noturno, em situação de tempo estável, não é suficiente para descaracterizar um dos atributos da cidade, que é o de maior acúmulo de energia em relação às áreas rurais.” [...] (Idem, p.68). Mais adiante (Idem, p.92) [...] “Percebeu-se que à medida que a radiação solar se reduz e a emissividade terrestre aumenta, diminui a magnitude da ilha de calor.” [...]. Em relação às diferenças de umidade relativa a autora destaca que na [...] “estação seca a distribuição espacial da umidade na área urbana de Rondonópolis acompanhou mais a configuração da ilha de calor, ou seja, apresentando valores inversos aos da temperatura.” [...] (Idem, p.98).

O trabalho de Santos (1996), na mesma linha de Sette (1996), também explora a relação entre os controles urbanos e os elementos atmosféricos (temperatura do ar e umidade relativa do ar) sob condições de tempo adversas, desta vez na cidade de Maringá (PR). Merece destaque a delimitação das “unidades topoclimáticas” da cidade, apresentada como um dos produtos da pesquisa, em função de uma tentativa em aplicar o qualificativo “topoclima” para áreas urbanas.

Do ponto de vista metodológico, o autor enfatiza a necessidade de orientação dos horários de observações em campo condizentes com os horários de funcionamento da cidade (ida e volta das pessoas aos estabelecimentos de trabalho, horários de lazer nos finais de semana etc.). Na tomadas em campo privilegiou-se a utilização dos psicrômetros de funda, dada à maior mobilidade de quem os manuseia (as observações foram calcadas em tomadas móveis) e à precisão na mensuração da temperatura do ar em relação às condições propiciadas pelos mini-abrigos. Os dados de temperatura e umidade relativa do ar, representativos de um ponto, foram obtidos a partir da média dos dados obtidos em pelo menos três pontos diferentes, mas próximos àquele que se considerou como representativo daquele dado espaço da cidade. Tal procedimento visava escapar ao alcance de algum controle climático pontual, cuja influência sobre os elementos climáticos poderia ser interpretada como representativa daquele dado espaço. Os dados foram produzidos durante o verão em dois dias no mês de janeiro e um dia em fevereiro.

Os resultados apontaram para a existência de 13 unidades topoclimáticas urbanas em Maringá (desdobradas em 75 unidades geográficas), embora os contrastes térmicos entre as referidas unidades, como mostra o próprio autor, não exibam valores elevados: [...] “As diferenças térmicas mais significativas (entre 1,5°C e 3,0°C), foram verificadas nos horários de maior radiação solar direta. E como já foi constatado por outros pesquisadores, com o céu encoberto (tempo nublado), os contrastes térmicos tenderam a ser reduzidos (ou homogeneizados)” [...] (Idem, p.153). O autor também tece considerações a respeito da relação entre o comportamento da umidade relativa do ar e o papel da vegetação, embora não tenha verificado uma relação direta entre essas duas variáveis (um aspecto desse comportamento foi alvo de comentários no capítulo referente aos resultados, tratado adiante, nesta tese). Quanto às “unidades topoclimáticas”, um dos argumentos do qual o autor se utiliza, ao considerar a topografia plana de Maringá, refere-se ao papel das edificações (na verdade, de todo o tipo de artefato urbano) no sentido de criar unidades climáticas.

Armani (2004) também traz uma proposta de síntese, a partir do reconhecimento de unidades climáticas numa bacia florestal (bacia B no núcleo Cunha do Instituto Florestal do estado de São Paulo), semelhante à proposta de Tarifa (2002) para o maciço da Juréia-Itatins, no litoral sul do estado de São Paulo. Embora não se trate de área urbana, um dos méritos da proposta de Armani (2002) repousa no reconhecimento do “tempo” (cronológico) enquanto aspecto fundamental por trás da dinâmica (ou ritmo), necessário à definição de “unidades climáticas dinâmicas ou rítmicas”, tendo em vista que os controles climáticos são essencialmente dinâmicos. A presença ou ausência de água no meio em questão é um exemplo disso, ainda mais associado à vegetação que, segundo o autor, mostrou-se [...] “tão, ou mais importante, que a orientação e declividade das vertentes” [...] (Idem, p. 187).

Apesar das considerações do autor a respeito do dinamismo do meio, o produto cartográfico das unidades climáticas não explorou esse componente de representação.

O trabalho de Santana (1997) destaca a relação entre o desenho da cidade (“design”) e o clima na cidade de Fortaleza (CE). Segundo a autora, um aspecto da importância dessa discussão passa pela criação de meios que facilitem as trocas térmicas entre o homem e o meio ambiente de forma natural, pelo uso adequado de vestimenta, por um tipo correto de habitação e pela criação de espaços urbanos confortáveis.

Ao discutir a importância do desenho urbano nas condições climáticas da cidade de Fortaleza (CE) e a participação dos elementos naturais, enfatiza a visão do poder público e das próprias pessoas que vivem na cidade, em relação ao “design” das mesmas, consideradas como um cenário inerte onde se dão as relações humanas:

[...] Cidade que privilegia o espaço privado através de uma legislação que praticamente desconhece o espaço público que vem sendo paulatinamente privatizado; que tem um desenho contra e não com a natureza; que destrói ao invés de preservar os elementos naturais; onde ventilação, insolação, iluminação natural e vegetação são substituídas por elementos artificiais, sem levar em conta as características climáticas da cidade, mostrando claramente a falta de conhecimento, respeito e valorização em relação aos recursos naturais nas decisões referentes à morfologia urbana. (Idem, p. 5).

As tomadas em campo dividiram-se em duas etapas: a primeira delas, com a finalidade de avaliar o comportamento térmico e higrométrico em meso-escala, a partir de zonas com diferentes tipos de uso do solo, contou com um total de 03 dias, no final de janeiro (dias 30 e 31) e início de fevereiro (dia 01) de 1997, em três horários (9 h, 15 h e 21 h). Foram utilizados termômetros de

bulbo úmido e seco, dentro de abrigos (total de cinco abrigos) projetados especialmente para as tomadas, posicionados a 1,20 m da superfície. O tempo médio de estabilização foi de 30 min antes da primeira leitura da temperatura. A segunda etapa, desenvolvida entre os dias 5, 6 e 7 de fevereiro de 1997 (a partir de quatro pontos simultâneos, um dia em cada lugar), nos horários da 9 h, 15 h e 21 h, teve a finalidade de avaliar o comportamento dos mesmos elementos em ambientes microclimáticos, a partir dos mesmos parâmetros (tamanho e densidade da estrutura urbana; rugosidade; porosidade; orientação e localização das ruas, lotes e edificações; permeabilidade do solo; propriedades termodinâmicas dos materiais constituintes do tecido urbano; presença de água e da vegetação; formato e dimensão dos espaços públicos livres de edificações), em áreas sombreadas e em espaços sob os efeitos da radiação solar direta. Os instrumentos, além dos utilizados na etapa anterior, envolveram um termômetro de globo (montado em suporte protegido da radiação solar direta), anemômetro e biruta.

Mesmo protegidos da radiação solar direta, foi grande a radiação térmica originada do calor armazenado pelo ganho de radiação solar direta dos materiais constituintes do tecido urbano do entorno. A temperatura radiante (medida pelo termômetro de globo) é condicionada pelas características da área. A radiação solar direta provoca um armazenamento de calor nas superfícies e massas edificadas que passa a ser difundido para o meio através da radiação, convecção e condução, sob a forma de radiação térmica. Ela também é refletida pelas superfícies. A ventilação facilita essas trocas térmicas por convecção, contribuindo para temperaturas radiantes menores.

A permanência dos pontos em locais sombreados, a temperatura radiante do ambiente cai, chegando a ser igual ou menor que a temperatura do ar, pois o espaço urbano não está mais sob a influência da radiação solar direta sendo apenas determinada pelo calor acumulado durante o dia e difundido em forma de radiação térmica.

Nessas condições a autora verificou que: a heterogeneidade na forma física da cidade cria bolsas de microclima; a intervenção para modificação dos diferentes microclimas visaria satisfazer às exigências do conforto térmico; a concentração numa só área de várias atividades significa concentrar, também, radiações térmicas e poluentes atmosféricos; a existência ou não de áreas verdes tem papel importante na qualidade do espaço urbano, pois quanto maiores os índices de áreas verdes na estrutura urbana, menores os ganhos térmicos dessas áreas e,

conseqüentemente, temperaturas menos elevadas no espaço urbano; às 15 horas, quando a intensidade de radiação solar direta é menor que o calor cedido por convecção, período considerado pico de maior aquecimento da temperatura do ar, as zonas de maior massa edificada cedem calor por convecção mais rapidamente e em maior quantidade, elevando a temperatura do ar (as zonas com menor massa edificada, acumula e cede menos calor, elevando menos a temperatura que nas outras zonas); em áreas densamente edificadas há uma diminuição na velocidade dos ventos, contribuindo para a redução da perda de calor sensível, resultando em espaços termicamente desconfortáveis; setores mais verticalizados e densos mostraram temperaturas do ar mais amenas no período da manhã, por apresentarem maior massa edificada necessitando assim de maior tempo para se aquecer e, conseqüentemente, elevar a temperatura (esses mesmos setores apresentaram as mais altas temperaturas do ar às 15 h, quando a intensidade da radiação solar é menor que o calor cedido por convecção mais rapidamente e em maior quantidade); as sombras reduzem a absorção da radiação solar direta e, conseqüentemente, de reflexão das superfícies construídas, evitando um maior acúmulo e irradiação de calor.

A respeito das diferenças de temperatura entre os setores mais adensados das cidades e os seus arredores, Hasenak e Flores (1994) atribuem à obstrução do horizonte celeste pelos altos edifícios, frente à entrada de radiação solar, um importante controle do volume de energia armazenada. Nas áreas onde o horizonte é reduzido, o volume de energia armazenada é maior e pode ser constatado pelas diferenças de temperatura do ar, mais elevados nessas áreas em relação às áreas de horizonte menos obstruído, principalmente nas primeiras horas da manhã, quando a contra-radiação passa a ser a principal componente do balanço de energia.

Esses mesmos autores salientam, também, que tanto os edifícios altos, quanto a vegetação arbórea, constituem-se em obstáculos físicos à condução de energia. Entretanto, a vegetação usaria parte dessa energia no processo de evapotranspiração.

Aynsley e Gulson (1999), a respeito da formação de “ilhas de calor” em cidades situadas nos trópicos úmido, apoiado em outros autores, argumentam a favor de um incremento nos valores de temperatura do ar, principalmente em cidades populosas, da ordem de 4,0°C, verificado em Singapura, e de 6,5°C em Kuala Lumpur. Muito embora relatem variações positivas de 2,0°C verificados em cidades com pouco mais de 1000 habitantes. Como característica geral, esses valores positivos de temperatura ocorreriam, principalmente, no período

noturno sem ventos e, de forma menos pronunciada, durante o dia. Atribuem enquanto causa principal, a densidade urbana, os impactos decorrentes de modificações no sombreamento e resfriamento evaporativo, associados ao “design” dos edifícios.

O trabalho de Amorim (2000), desenvolvido na cidade de Presidente Prudente (SP), utilizou-se de uma série de 29 anos de dados (1969 – 1999) como forma de controle das variações dos elementos climáticos (temperatura e umidade relativa do ar) no nível intra-urbano da cidade, nos meses de julho e janeiro. As tomadas em campo ocorreram durante 29 dias em julho de 1998 e 28 dias em janeiro de 1999, entre 7 h e 18 h.

Dentre os resultados apontados, merece destaque o papel atribuído aos ventos, relevo (altitude e topografia), densidade de construções, presença de áreas verdes, proximidade em relação às áreas rurais e o tipo de tempo no dia enquanto fatores por trás das variações desses elementos. Fenômenos como inversões térmicas (setor de fundo de vale no Jd. Balneário), aumento da umidade relativa do ar, mesmo em áreas urbanas, decorrente da proximidade em relação às áreas rurais (caso do Jd. Bongiovani e do Conj. Hab. Ana Jacinta) e a localização das ilhas de calor ora delimitadas sobre os pontos mais altos ora em pontos mais baixos da cidade, associadas à resposta térmica da superfície subjacente, configuram entre esses resultados.

3.2 Os tipos de tempo

Até o momento argumentou-se, apoiado em trabalhos de outros autores, a respeito da origem e das características dos climas urbanos. Entretanto, como já fora mencionado, tal fenômeno não existe por si só, na medida em que se configura enquanto produto da relação entre os climas locais, definidos pela sucessão dos tipos de tempos, com o espaço urbanizado. Portanto, se a gênese dos climas deve ser buscada sempre nas escalas superiores, como coloca Monteiro (1999), a compreensão dos climas urbanos requer uma revisão não apenas a respeito do conceito de tipo de tempo (que se desenvolvem numa escala local e, portanto, muito superior àquela em que se define a bacia do rio Aricanduva), mas sobre o próprio conceito de “ritmo” enquanto [...] “expressão da sucessão dos estados atmosféricos” [...] (idem, 1971, p.4) ou, por outras palavras, como “expressão da sucessão dos tipos de tempo”.

Um dos autores mais antigos a trabalhar o conceito de “tipos de tempo” foi Sorre (1934), ao definir clima enquanto “sucessão habitual dos tipos de tempos sobre um determinado lugar”. Dentro do contexto esboçado na definição do autor, primeiro há que se distinguir “tempo” (estado atmosférico ou tipos de tempo) para depois chegar-se ao “clima”. O primeiro refere-se às condições momentâneas da atmosfera e pode ser classificado em “tipos de tempos” de acordo com as suas características, usualmente descrito pelos telejornais enquanto “tempo bom”, com céu claro e sem nuvens, ou nublado, parcialmente nublado, chuvoso etc. É claro que essa descrição não basta. Caso assim fosse, há quanto tempo, poderia perguntar alguém, perduram condições de “tempo bom” sobre o semi-árido nordestino? E não dá para falar em “tempo” sem mencionar o sistema atmosférico associado. Podem ser interpretadas condições de “tempo bom” sob a ação de vários sistemas atmosféricos. O Sistema Polar Atlântico propicia condições desse tipo à medida que mantém as condições de estabilidade e perde paulatinamente as características de ar polar. O mesmo pode-se dizer do Sistema Tropical Atlântico (aquele das condições de “tempo bom” no nordeste) e do Sistema Tropical Continental.

A gênese dos tipos de tempos é decorrência da repercussão dos sistemas atmosféricos com os controles de superfície, numa escala local. Enquanto à escala regional definem-se espaços climáticos relativamente uniformes, associados à controles no nível dos domínios fitogeográficos, como a Amazônia e o Cerrado, e da região natural de Bertrand (1972), como a fachada oceânica

da Serra do Mar e o seu reverso, ou das macro unidades de relevo do Brasil (ROOS, 1998). Já no âmbito microclimático definem-se espaços “especializados”, ligados a um ou alguns fatores ou controles específicos (uma clareira numa floresta, aglomerações de pessoas, uma caverna, uma sala com ar condicionado etc.). Os climas locais respondem por um meio termo entre esses dois níveis. É nessa escala, considerada “singular” ou com muito poucas chances de se reproduzir em outro lugar sobre a superfície terrestre, segundo Sorre (1934), que se definem os tipos de tempos. Para o referido autor, essa é a unidade elementar. Enquanto os climas regionais respondem pelo nível da “uniformização” e o nível microclimático ao da “especialização”, o clima local responde pela “individualização” dos espaços climáticos (MONTEIRO, 1999). Nesse sentido, é possível verificar o estabelecimento de um sistema atmosférico qualquer, sob uma ampla região e, no entanto, a partir dos dados colhidos junto às estações meteorológicas, verificarem-se diversos tipos de tempos, simultaneamente, representativos de diversas realidades climáticas locais. O avanço do eixo principal da Frente Polar Atlântica, simultaneamente sobre a amplidão dos territórios dos estados do Mato Grosso do Sul e São Paulo, repercute de forma diferenciada nas diversas localidades: em algumas é percebido apenas enquanto aumento da nebulosidade, em outras, por episódios de chuva leve e contínua e, em outras ainda, por copiosos aguaceiros seguidos de enchentes.

O “tempo” (“weather”) é a menor unidade do clima. Em campo, quando são mensuradas a temperatura e a umidade do ar, a direção e a intensidade dos ventos, a pressão atmosférica etc., avalia-se as características dos tipos de tempo ou estados atmosféricos e não propriamente o clima. O clima só passa a ser percebido à medida que os diversos “tipos de tempos”, ou simplesmente tempo (“weather”), são projetados no espaço e no tempo cronológico. Daí decorre a noção de “habitual”, ou seja, de “sucessão” e “encadeamento” dos sistemas atmosféricos e dos tipos de tempos associados, a partir das situações mais recorrentes. Um dia marcado por temperaturas elevadas, superiores a 30°C, céu despojado de nuvens e umidade relativa do ar inferior a 30%, não define um clima do tipo tropical continental alternadamente seco e úmido como ocorre em Cuiabá. Embora essa seja uma situação recorrente no trimestre de inverno para essa localidade, trata-se de uma condição que se pode verificar a qualquer momento em várias outras partes do mundo.

Isso não quer dizer, também, que seja preciso acumular 30 anos de dados meteorológicos, conforme aponta a WMO (World Meteorological Organization), como tempo mínimo para caracterizar o clima de uma localidade ou mesmo impor um limite rígido, como fez Geiger (1961), ao restringir os microclimas aos dois primeiros metros acima da superfície. Os dois casos são discutíveis. Quando o conhecimento se cristaliza em torno de regras rígidas, praticamente cessa toda a discussão a respeito, como acontece com a cartografia geológica, toda ela apoiada em convenções. É evidente que quanto mais longa a série de registros climáticos, tanto mais próximo da realidade climática estará o pesquisador. Por outro lado, bastam algumas horas, ou mesmo alguns dias distribuídos durante as diferentes estações do ano, para se compreender o desenvolvimento de fenômenos microclimáticos. O que não significa pouca coisa, já que a maior parte das atividades humanas desenvolve-se sob condições micro e topoclimáticas.

Aqui no Brasil, Monteiro (1969), em sua tese de doutorado “A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil)”, Monteiro (1969) discute como os tipos de tempos se articulam e se sucedem no decorrer das diferentes estações do ano.

A individualização dos climas regionais é a circulação atmosférica. O nível de abordagem é meteorológico, pois os exemplos não se prendem a um interesse episódico relevante, e não se estabelece relações com os demais elementos do quadro geográfico. O nível geográfico é alcançado quando se coloca a análise dos tipos de tempo em seqüência contínua (desde a análise comparativa de vários anos tomados como padrões da circulação de um continente, nas variações sazonais dentro de um ou alguns anos numa região, até a análise episódica de um fenômeno local). Só o encadeamento dos estados atmosféricos mostra os tipos esquematizados na análise meteorológica precedente, em suas perspectivas reais, revestidos de suas infinitas gradações e facetas. Também é pela sucessão que se percebem as diferentes combinações dos elementos climáticos entre si e suas relações com os demais elementos do quadro geográfico. É a seqüência que conduz ao ritmo, que é a essência da análise dinâmica. As afinidades conferidas ao ritmo são puramente qualitativas, imprescindíveis à individualização climática regional, ao mesmo tempo em que exigem um tempo real de observação.

Isso é demonstrado pelo papel da Frente Polar Atlântica na gênese das precipitações na fachada sul-oriental do Brasil (eixo Porto Alegre - Florianópolis - Curitiba - São Paulo - Rio de

Janeiro - Caravelas). Os ritmos de ação dos fluxos de invasões polares apresentaram uma acentuada diferença, implicando em variações nas distribuições das chuvas no espaço regional. No inverno de 1957, avanços sucessivos fizeram deslocar a ação da Frente Polar Atlântica para a altura do trópico, resultando em elevada pluviosidade no território paulista. No inverno de 63 a fraqueza dos avanços polares e, sobretudo, aos longos intervalos entre eles permitiram uma forte penetração da Massa Tropical Atlântica, que respondeu por longos episódios de bom tempo, reduzindo sensivelmente as chuvas no território paulista, enquanto a Frente Polar Atlântica, recuada sobre Santa Catarina e Rio Grande do Sul, concentrava ali as precipitações.

Outro trabalho, também do mesmo autor (MONTEIRO, 1971), retomado no início do capítulo referente à metodologia, constitui-se num texto-chave para a compreensão do conceito de ritmo. Uma primeira tentativa de definição refere-se à alternância entre os episódios de seca com concentração de chuvas e irregularidades climáticas presentes em todos os lugares, e não só no nordeste. A relação com outros fenômenos como a navegação, agricultura, abastecimento d'água, desenvolvimento de processos erosivos etc., denuncia a necessidade de se conhecer a realidade dos extremos frente às abstrações médias.

O ritmo enquanto [...] “expressão da sucessão dos estados atmosféricos, conduz, implicitamente, ao conceito de habitual” (Idem, p.4), ou seja, variações e desvios que geram distorções até atingir padrões extremos (sucessão dos tipos de tempos enquanto elemento básico para explicar o ritmo climático).

Outro aspecto relevante (Idem, p.9) refere-se à “decomposição cronológica”, ou seja, a representação concomitante dos elementos fundamentais do clima (fundamental à compreensão genética dos fatos climáticos), aliado, por exemplo, às necessidades horárias das plantas (seca climática versus seca agrônômica), onde se verifica as insuficiências de um calendário apoiado no ritmo climático habitual, o que conduz à sua segunda conclusão, a da análise rítmica detalhada ao nível do tempo, revelando a gênese do fenômeno pela interação dos elementos e fatores, através da representação contínua e simultânea dos elementos básicos do clima.

Outra conclusão refere-se à relação entre “quantidade” e “qualidade” (aspectos quantitativos relacionados aos qualitativos mais o lugar no espaço). Entrosamento entre as observações locais mais a circulação atmosférica. A maneira como os estados atmosféricos ou tipos de tempo se sucedem corresponde ao aspecto qualitativo e as individualidades locais às

variações quantitativas, de forma a abarcar o componente vertical, que seria a radiação, e a circulação secundária, ou o componente horizontal.

Outro trabalho que envolve o conceito de “tipo de tempo”, desta vez a partir dos componentes ligados ao balanço de radiação, está presente no trabalho de Tarifa e Monteiro (1972). O balanço de radiação representa o resultado das trocas de energia que se estabelece na atmosfera, condicionadas pelo fluxo de radiação emitida pelo sol, predominantemente em ondas curtas, e pela radiação terrestre, de ondas longas, emitida pela superfície. O transporte adveccional procura restabelecer o equilíbrio entre os saldos positivos de energia das regiões intertropicais e aqueles negativos das regiões extratropicais. Adicionando-se a esses mecanismos térmicos os efeitos provocados pela rotação da Terra e a influência dos fatores geográficos, tem-se a definição dos centros de ação da circulação atmosférica. Assim, o balanço de energia, componente vertical básica, e a circulação secundária, expressão dos componentes horizontais, completam-se e integram-se na abordagem dinâmica do clima.

Essa abordagem, conforme reza o objetivo proposto no trabalho, visa à realização de uma análise sequencial diária do balanço de energia em Presidente Prudente (SP), consoante à análise da circulação secundária (avaliação do balanço de energia para os diferentes tipos de tempos; observação do comportamento do processo energético no mecanismo de sucessão dos tipos de tempo; e, através dessa correlação, obter parâmetros que permitam uma definição quantitativa dos principais sistemas atmosféricos, tomados pela unidade base “tipo de tempo”). O material sobre o qual recaiu a análise apoiou-se em dados analíticos obtidos junto às estações meteorológicas locais e dados dinâmicos oriundos de cartas sinóticas.

Para a estimativa do balanço de energia, a radiação global foi definida por: $Q_g = Q_i + Q_t$, onde Q_i =radiação solar incidente (soma da radiação solar direta e difusa); Q_t =radiação térmica da atmosfera. O albedo da superfície (a) é igual à razão entre a radiação solar refletida (Q_r) e a radiação solar incidente (Q_i). O total de energia absorvida é dado por $Q = Q_g (1-a)$. A absorção provocará um aumento de temperatura nessa superfície, a qual emitirá em ondas longas a radiação térmica terrestre (R_b). A energia líquida disponível (H) é a diferença entre a radiação absorvida (Q) e a emitida pela superfície (R_b), onde $H = Q - R_b$. Substituindo, $H = Q_g(1-a) - R_b$. Para calcular a emissão efetiva terrestre (R_b) foi utilizada a equação desenvolvida por Bernard (1956), baseada em Brunt (1932) e citada por Penman (1956), no qual $R_b = at^4(0,56) - 0,09 \sqrt{ed}$ ($0,1 +$

0,9 n/N). Onde “a” é a constante de Boltzmann ($1191 \times 10^{-10} \text{ cal/cm}^2 \cdot \text{dia}$), E_d é a pressão do vapor e n/N é a razão de insolação.

A discussão partiu de dois níveis com comparações sazonais e influência dos macrossistemas atmosféricos inter e extratropicais no balanço de energia e a avaliação dos tipos de tempo isoladamente.

Os resultados alcançados mostraram que os tipos de tempo ligados a ação da Frente Polar Atlântica são os que mostraram os menores valores de energia líquida (H), associado à elevada nebulosidade que intercepta a maior parte da radiação solar. Os maiores valores de energia líquida (H), em todas as estações, estão ligadas aos anticiclones continentais e depressionários continentais (maiores valores de pressão máxima de vapor em função das altas temperaturas). A maior parte da energia líquida seria condicionada pelas características dos tipos de tempos associados aos sistemas extratropicais (os mais frequentes ao longo das estações do ano) e pode ser verificada nos valores de Q_g (radiação global) e radiação efetiva (H). Esses valores são máximos para todas as famílias no verão e mínimos no inverno.

Dessa forma, tem-se que: maior frequência no verão dos tipos de tempo ligados aos sistemas extratropicais; nebulosidade mais acentuada na primavera-verão em função da trajetória mais oceânica dos tipos de tempo associados aos sistemas extratropicais e, conseqüentemente, aumento dos valores de H; os tipos de tempos polares continentais demonstraram dados muitos baixos de H. Em função das temperaturas baixas que diminuem tanto a emissão de um corpo negro (at^4) como a pressão atual do vapor (e_d), o valor de R_b (radiação térmica terrestre) elevado associado a pouca nebulosidade.

Os tipos de tempos frontais chuvosos de SSE e o Semifrontal chuvoso são os que provocam os maiores declives na Q_g e H; o tempo frontal aquecido era menos nublado (Q_g não tão baixo quanto os anteriores, maior transmissividade de radiação solar). O Frontal Encoberto Continental Polar de SO provocou aumento dos valores de temperatura e diminuição da pressão atual do vapor. O Frontal Aquecido proporcionou as maiores quantidades de H disponível; o Frontal Encoberto Continental Polar de SO os menores valores de H.

As diferenças fundamentais entre os tipos frontais em relação aos anticiclônicos polares estão na nebulosidade e no teor de umidade. A tropicalização do anticiclone térmico polar, característico do Sistema Tropical Continental, mostrou os menores valores de H. Os elevados

valores de Rb são condicionados indiretamente pelas baixas temperaturas que não permitem a existência de nebulosidade. Embora o teor relativo de umidade seja elevado (89%) a baixa temperatura diminui o seu teor absoluto, dificultando o processo de condensação.

Os anticiclones continentais estão ligados à ação da Massa Tropical Continental e Massa Equatorial Continental. A primeira apresentou-se com valores de temperatura elevadas, menores valores de umidade relativa do ar e de nebulosidade, e elevados valores de H. A segunda, com nebulosidade intensa, altos teores de umidade (superiores a 90%), diminuição do Qg e, conseqüentemente, de H. O tipo de tempo Depressionário Instável da Baixa do Chaco apresentou-se com menores valores de H, acompanhado de linhas de trovoadas de NW; os tipos de tempo semidepressionários da Baixa do Chaco mostraram-se com maiores valores de H e pouca nebulosidade.

Como conclusões os autores apontam a relação entre transporte adveccional de energia e os diferentes tipos de tempo, além de sua influência quantitativa no processo vertical de transmissão dessa energia. Nos tipos de tempo frontais, associados a grande quantidade de nebulosidade, a razão de insolação mostra-se como o elemento básico para diferenciar os frontais dos anticiclônicos. A energia líquida (H) como elemento para identificar os tempos frontais chuvosos de SSE dos frontais aquecidos (menores valores de radiação efetiva) e a temperatura como elemento diferenciador entre o polar continental e o oceânico. Entre o tipo de tempo Subsidente Continental de NO e o Anticiclônico Equatorial Nublado Úmido de NO, a distinção cabe aos teores de umidade e razão de insolação. Entre os Depressionários Continentais é a razão de insolação, baixa para o Depressionário Instável de NNO e alta p/os Depressionários e Semi-Depressionários da baixa do Chaco.

Outro trabalho que trata essa questão é o de Tarifa (1973), a partir da observação dos ritmos dos tipos de tempo e sua correlação com a disponibilidade de água (balanço hídrico). O ritmo como essência do clima e a correlação como um dos fundamentos da análise geográfica (análise correlativa). A análise repousou na observação da variação diária dos elementos climáticos, através da evolução, gênese e articulação dos tipos de tempos e os seus reflexos produzidos no meio geográfico.

O método de Thornthwaite considera a água do solo como uma grandeza contabilizável: a precipitação pluvial representa o acréscimo de umidade no solo e a evapotranspiração assinala o

débito potencial de umidade. Os limites apontados para o excedente e o déficit hídrico são, respectivamente, 125 mm para a capacidade de campo e 55 mm para o ponto de murcha das plantas.

No caso de Presidente Prudente (área de estudo) a ocorrência de excedente hídrico se deu no verão, embora a sua concentração a tenha tornado pouco eficiente para as plantas e gerado graves conseqüências para o complexo geográfico. Situações de equilíbrio somente ocorreram nos meses de janeiro e fevereiro.

Os tipos de tempo anticiclônicos foram responsáveis por retiradas hídricas constantes. O tempo Anticiclônico Equatorial Nublado Úmido de NW (associado à Massa Equatorial Continental) foi o responsável pelos excessos hídricos, caracterizado por chuvas leves e contínuas, diferentes dos episódios frontais, oriundos das correntes perturbadas de S, SE e SO concentradas em curtos espaços de tempo. A expansão da baixa do Chaco esteve associada às Instabilidades de NW. O tempo controlado pela Frente Polar Atlântica favoreceu a entrada de perturbações de N e NW e a expansão da Massa Equatorial Continental. A Transição para o outono marcou o início do retorno ao maior potencial isobárico dos sistemas extratropicais (mudança no ritmo de pulsação e evolução do fluxo polar). O aquecimento basal das massas de ar provocou chuvas de caráter convectivas locais. A não definição da baixa do Chaco e da Massa Tropical Continental provocou passagens frontais sem aquecimento pré-frontal, diminuindo os totais de chuva. O último estágio de aquecimento do anticiclone polar e o tempo Anticiclônico Superaquecido de Norte e Noroeste. Não é o número de passagens frontais que aumenta a intensidade das chuvas, mas o intervalo entre elas.

Os resultados mostraram que os diferentes tipos de tempos estiveram por trás de reposições ou retiradas hídricas. A articulação dos tipos de tempos é decorrente de determinados ritmos. As longas retiradas hídricas estiveram associadas aos tipos de tempos homogêneos e de domínio parcial de apenas um conjunto de cada vez (intertropical ou extratropical).

O trabalho de Sant'Anna Neto (1994) também aborda a questão do ritmo, através da caracterização do comportamento climático calcado no regime, ritmo e gênese das precipitações, levando-se em consideração tanto a sua expressão habitual, quanto as suas variações excepcionais (anos secos e chuvosos). O referencial teórico-metodológico apoiou-se na concepção sorreana do clima, ritmo climático de Monteiro e no método sintético das massas de ar de Pédélaborde.

A área de estudo compreendeu o eixo Cananéia - Iguape - Santos - Ubatuba no litoral do estado de São Paulo. A análise recaiu sobre o período de 1981 (ano padrão - habitual) 1983 (ano chuvoso) e 1985 (ano seco).

No ano de 1985, por exemplo, caracterizado como seco no litoral paulista, choveu acima da média em Ubatuba, o que leva a pensar, a partir de uma perspectiva rítmica, que não basta quantificar o número de participações dos sistemas atmosféricos, mas a necessidade de se compreender o encadeamento entre eles ao longo das estações, meses ou, até mesmo, dias.

A análise rítmica do ano padrão de 1981(habitual) mostrou a predominância do ar polar, respondendo por 54,6% em Cananéia (199 dias) e decaindo em direção a Ubatuba (47,9% ou 175 dias com maiores índices de precipitação tropical e frontal). Em função disso, ambas tiveram um maior número de dias de chuva do que Santos. Ao contrário, os sistemas tropicais tiveram menor participação em Cananéia (14,5% ao longo de 53 dias) e Ubatuba com 18,4% ou 67 dias. Em relação aos Sistemas Frontais, sua participação foi maior em Ubatuba (33,7% ou 123 dias), diminuindo em direção a Cananéia (30,9 % ou 113 dias). O enfraquecimento dos sistemas frontais foi compensado pelo tempo de permanência das frentes na área (estacionárias, oclusas e em dissipação). Nesse ano de 1981 foram registradas 50 passagens de frentes.

A análise rítmica do ano padrão de 1983 (chuvoso) mostrou um aumento da participação dos sistemas tropicais associados aos frontais, com 60 passagens de frentes (Ubatuba 67,3% ou 245,5 dias; Santos 63,8% ou 233 dias; Iguape 57,7% ou 210,5 dias; Cananéia 58,1% ou 212 dias).

Na análise rítmica do ano padrão de 1985 (seco), praticamente não há “seca” na zona costeira. O número de passagens frontais decresceu com a latitude, em direção a Cananéia. Com exceção de Ubatuba, o ar polar predominou nas demais localidades.

Os resultados mostraram que a gênese pluvial costeira paulista está associada à atividade frontal. O índice de participação frontal nunca foi inferior a 77% para o inverno e primavera e 85% para o verão e outono. O setor sul mostrou-se sob controle das massas polares, o litoral central como área transicional e no litoral norte verificou-se maior atuação dos sistemas tropicais e maior atividade frontal (as frentes perdem intensidade, estacionando e se dissipando sobre a área, ocasionando um acréscimo de pluviosidade). No litoral norte evidenciou-se o domínio dos sistemas tropicais e maior atividade frontal, onde a latitude e a disposição do relevo são responsáveis pelo enfraquecimento das evoluções das frentes e as precipitações aumentam em

função das frentes estacionárias que atuam na área. No litoral central ou “área transicional”, a participação dos sistemas tropicais e extratropicais foram mais equilibradas. Quando o Anticiclone Tropical Atlântico se apresenta mais vigoroso bloqueia as passagens frontais, recendo maior intensidade de precipitações, pois as frentes tendem a recuar até essa área (de Maresias até Peruíbe) antes de se dissiparem. Quando o ar polar é mais intenso, empurra as frentes mais para o norte, provocando episódios de chuvas menos intensas. E, por fim, o litoral sul, área de maior participação dos sistemas extratropicais, embora não tão numeroso quanto aquelas do litoral norte, porém com menos situações de frentes estacionárias, visto que atravessam com mais rapidez a região.

De maneira geral observa-se que a primavera-verão é a época das chuvas, verificando-se um maior número de passagens de frentes e o fluxo polar é mais intenso. No inverno, quando o ar tropical é mais atuante e o número de frentes que passam pela área diminuem, as regiões abrigadas, localizadas a sotavento, são as que mais ressentem a redução das chuvas. Já o inverno e o verão foram os mais constantes em termos de variação de chuva.

3.3 A noção de escala (espacial e temporal) e o conceito de sistema

A leitura das obras mencionadas, na primeira parte deste capítulo, mostrou que a capacidade da cidade modificar as características da camada de ar que a envolve e interpenetra constitui-se num fato. Por outro lado, é outra questão se essas modificações constituem-se num problema a ponto de interferir na organização do homem nesse espaço. Daí a necessidade de tentar compreender o clima à luz dos dados levantados em campo e com o auxílio de ferramentas teóricas associadas aos conceitos de escala (espacial e temporal) e sistema, enquanto modelo de organização complexa.

Fundamentalmente, uma bacia hidrográfica é um sistema. Guerra (1993, p.48) a definiu como [...] “um conjunto de terras drenadas por um rio principal e seus afluentes”. Chama este autor, ainda, a atenção para os aspectos ligados à hierarquia das bacias (bacias principais, secundárias e terciárias) e o dinamismo dos processos erosivos, ligado às “modificações que ocorrem nas linhas divisoras de água sob o efeito dos agentes erosivos, alargando ou diminuindo a área da bacia”.

Coelho Neto (1995, p.95), assinala que

[...] As rotas preferenciais dos fluxos superficiais ou subsuperficiais definem os mecanismos erosivo-deposicionais preponderantes e resultam da interação dos diversos fatores bióticos (flora e fauna), abióticos (clima, rocha, solo e posição topográfica) e antrópicos (uso do solo), que compõem o respectivo ambiente de drenagem. Alterações na composição desses fatores podem induzir a modificações significativas na dinâmica espaço temporal dos processos hidrológicos atuantes nas encostas e, conseqüentemente, no trabalho geomorfológico [...]

Ressalta, ainda, a natureza interdisciplinar dos estudos hidrológicos diante da [...] “necessidade de buscar as bases para a previsão não apenas dos processos hidrológicos, mas também de outros fenômenos associados, como, por exemplo, a ciclagem de nutrientes, estabilidade de encostas e qualidade da água” [...].

As “modificações” no ambiente de drenagem, decorrentes das “alterações na composição dos fatores” conforme coloca a autora, corresponde a aquilo que para o clima Tarifa (1981) assinala como responsável pelas variações de temperatura e umidade nos ambientes investigados. De uma definição para outra, percebe-se um salto qualitativo imenso. A primeira traduz um caráter iminentemente hidrológico enquanto que a segunda, além desse aspecto, evidentemente,

deixa transparecer a característica de totalidade, ou de um “todo” integrado, mais próximo da noção de sistema adotada aqui e discutida adiante.

Essas mesmas “modificações” levaram Botelho e Silva (2004) a estabelecer algumas distinções, entre bacias florestais, agrícolas e urbanas, notadamente naquilo que diz respeito ao ciclo hidrológico terrestre, após o contato da água com a superfície. As perdas de água numa bacia florestal, quando comparadas à outra recoberta por gramíneas, são iguais. Embora as perdas de solo sejam dez vezes maiores na segunda. Apontam, também, a baixa taxa de infiltração da água em solos após vários anos de cultivo, equivalente, em alguns casos, a 4,5% daquela verificada em área florestal sobre o mesmo tipo de solo. Nas áreas urbanas destacam o componente ligado ao escoamento superficial, e as possibilidades de enchentes, associada à ausência (ou quase) de infiltração da água, decorrente da impermeabilização da superfície por edificações e ruas e mudanças no traçado dos rios, como a sua retificação e diminuição da seção transversal, com a finalidade de livrar mais espaços para ocupação e escoar rapidamente o grande volume d’água.

Apesar dos aspectos negativos associados à intensa impermeabilização do solo, os autores apontam que [...] “Quando o grau de pavimentação aproxima-se dos 100%, esta passa a ter um efeito benéfico, já que não haverá mais solo exposto para atuação dos processos erosivos” [...]. Entretanto, dentro da proposta de bacia hidrográfica apresentada pelos autores (idem, p. 157) enquanto “unidade de análise e planejamento ambientais” onde [...] “é possível avaliar de forma integrada³⁶ as ações humanas sobre o ambiente e seus desdobramentos sobre o equilíbrio hidrológico” [...], deixam de lado as implicações disso no balanço de radiação, tanto em áreas urbanas quanto rurais, a favor de uma maior disponibilidade de calor sensível e, portanto, de aquecimento do ar.

Cassetti (1995, p.33) discute as implicações sistêmicas presentes no meio ambiente a partir da leitura do relevo enquanto suporte das derivações ambientais:

[...] tudo começa a partir da necessidade de ele (o homem) ocupar determinada área, que se evidencia pelo relevo [...] Assim, a ocupação de determinada vertente ou parcela do relevo, seja como suporte ou mesmo como recurso, conseqüentemente responde por transformações do estado primitivo, envolvendo desmatamento, cortes e demais atividades que provocam as alterações da exploração biológica e se refletem diretamente no potencial ecológico.

³⁶ Grifo do autor.

Mais adiante (idem, p. 54) [...] “É, portanto na vertente que se materializam as relações das forças produtivas, ou seja, onde ficam impregnadas as transformações que compõem a paisagem.” Ao propor a vertente como categoria de análise, e pelo que se pôde apreender da leitura da obra a preocupação do autor vai além da geomorfologia, dois pontos merecem destaque: além das implicações sistêmicas nos estudos ambientais e/ou em bacias hidrográficas, há um claro referencial escalar espacial. A vertente corresponderia àquilo que Bertrand (1972) definiu como a menor unidade distinguível no terreno, ou algo próximo disso, correspondente às unidades de paisagem no nível do “geótopo”.

Monteiro (1975, p.136) também coloca como um problema por resolver essa questão que envolve a escala do objeto ou “nível de associação geocológica”: [...] “Um geossistema, definido em grande extensão, pressupõe geofácies maiores que muitos geossistemas contidos em outros espaços geográficos” [...]. Ainda segundo o referido autor, os conceitos atribuídos por Bertrand (1972) aos diversos níveis de organização espacial (zona, domínio, região natural, geossistema, geofície e géotopo), a partir de observações nos Pireneus, podem ser encontrados aqui no Brasil na forma de unidades espaciais consideravelmente maiores.

Nesse mesmo trabalho (Monteiro, 1975, p.137), o autor esboça um quadro, com base nas ordens de grandeza escalar de Cailleux e Tricart, das categorias taxonômicas do clima e, ao mesmo tempo, insere o clima urbano. Da leitura do referido quadro, percebe-se que o clima urbano define-se a partir da escala sub-regional e local, em direção ao microclima, que é a menor unidade perceptível no terreno, numa escala (em metros lineares) de alguns metros a poucas centenas de metros.

Em ordem decrescente, os espaços climáticos zonais responderiam pelas maiores unidades, definidas fundamentalmente pela latitude; o nível regional, pelos sistemas atmosféricos; o nível sub-regional responderia pelas diferentes fácies dos climas regionais, ou seja, fácies oceânica ou continental de um sistema atmosférico, condizente com a sua trajetória, desde o local de origem, ou pela imposição de uma macro-forma de relevo, como a cordilheira dos Andes; o nível local responde pelo espaço das metrópoles; o mesoclima por uma feição de relevo de maior vulto dentro da cidade, como o divisor de águas entre o rio Pinheiros e o Tamanduateí na cidade de São Paulo, ou mesmo bairros situados em metrópoles, cidades médias

ou grandes, embora não atinjam o status de metrópole, definem-se nessa escala; no topoclima incluem-se as cidades pequenas e/ou o traço de relevo dentro de uma feição maior (uma vertente ou segmento de vertente com declividade ou exposição diferenciada), como naquele exemplo do divisor de águas entre o Pinheiros e o Tamanduateí; e, finalmente, o nível microclimático, onde se define a habitação em particular.

O mesmo quadro deixa claro que, ao passar de um nível escalar para outro, muda-se as “estratégias de abordagem”: os “meios de observação”, que incluem as imagens de satélite e cartas sinóticas, até baterias de aparelhos especiais no caso dos microclimas; os “fatores de organização”, relativo aos fatores (ou controles) de organização climática³⁷; e as técnicas de análise.

Sobre a importância desse conceito para os estudos geográficos, Ribeiro (1993, p.288) destaca a necessidade de [...] “uma referência de valor arbitrada segundo critérios que interessam à compreensão de um fenômeno.”. Opinião também compartilhada por Conti (1995), ou seja, a adoção de determinados procedimentos é função da escala e das características do fenômeno a ser compreendido: [...] “a cada uma dessas ampliações, redefinimos não apenas as escalas do estudo, mas também os elementos ou fatores ou, em outras palavras, alteram-se os atributos e as propriedades de cada um desses sistemas espaciais do clima” [...]. Ribeiro (Idem, 1993) defende, também, que os [...] “estudos dos fenômenos relacionados com o comportamento da atmosfera são orientados no sentido da compreensão de sua extensão (espaço) e de sua duração (tempo). A definição da intensidade, frequência e, finalmente, de uma tipologia climática dependerá, basicamente, da adequação da abordagem espaço-temporal com o conjunto de técnicas analíticas empregadas no processo da pesquisa e comunicação dos seus resultados”.

Isso conduz a uma proposta ligeiramente diferente daquela de Monteiro (1975), apoiada nas “ordens de grandeza”, subdividida em três níveis interativos: macroclimatologia, mesoclimatologia e microclimatologia. A nomenclatura clássica (zonal, regional, local, topoclima e microclima) não foi descartada e aparece diluída nesses três níveis.

³⁷ É interessante notar que, quando se fala em organização, deve-se estar atento que não é só a dimensão do objeto que muda, mas, principalmente, as relações dentro das quais se encontra envolvido esse objeto. A seguinte passagem, extraída de Paese e Santos (2004, p.7) ilustra bem isso: [...] “estudando as relações entre a riqueza de grupos funcionais de espécies arbóreas e a estrutura da paisagem em 11 fragmentos de florestais no interior do Estado de São Paulo, verificou que, em escala menor, os padrões observados estavam relacionados à dispersão das espécies pelo vento e, em escala maior, à dispersão de sementes por animais, especialmente aves.” [...].

As “regras” na definição dessa nomenclatura esboçam, também, a preocupação no sentido de definir o que seriam as “escalas superiores” e “escalas inferiores”³⁸:

- a) São consideradas escalas superiores àquelas mais próximas ao nível planetário e escalas inferiores aquelas mais próximas dos indivíduos habitantes da superfície da Terra; b) As combinações de processos físicos interativos numa escala superior resultam em modificações sucessivas no comportamento da atmosfera nas escalas inferiores; c) As combinações particulares de processos físicos nas escalas inferiores possuem limitada repercussão nas escalas superiores; d) O grau de dependência de radiação extraterrestre na definição climática é maior nas escalas superiores, enquanto que a influência dos elementos da superfície, inclusive a ação antrópica, vai-se tornando mais pronunciada na medida em que se atingem as escalas inferiores; e) Quanto mais extenso o resultado de determinada combinação, maior será o tempo de sua permanência, sendo o inverso igualmente verdadeiro; f) A extensão de uma determinada combinação na atmosfera resulta num atributo tridimensional sendo, portanto, volumétrica a noção de extensão, em climatologia, e tendo como limite superior o próprio limite da atmosfera terrestre.

Retornando ao conceito de sistema, Gutjahr (1993, p. 5), embora traga em sua dissertação um título bastante sugestivo para a discussão que aqui se desenvolve (“Critérios relacionados à compartimentação climática de bacias hidrográficas”), faz apenas uma breve menção quando toca na questão do clima como um sistema, ao considerar a [...] “importância de tomar-se a bacia como um todo” [...] e [...] “considerada unitariamente, apresenta inúmeras características fundamentais das quais podem ser destacadas as interações entre seus principais componentes” [...]. Mas quais as características e a natureza dessas interações? De que maneira elas intervêm na estruturação do clima?

Armani (2004), cuja contribuição remete às questões associadas ao “ritmo” e à relação “controle-atributo” na definição de espaços micro e topoclimáticos numa bacia hidrográfica florestal (bacia B do núcleo Cunha do Instituto Florestal), não traz nenhuma discussão do que seria ou justificasse a utilização da bacia hidrográfica como unidade de análise. Evidentemente, no caso do referido trabalho, não se tratou de uma questão de escolha, já que a referida bacia é monitorada pelo Instituto Florestal e conta com uma série de instalações (o que, por sinal, facilita muito a vida de qualquer pesquisador).

Entretanto, a ausência dessa discussão leva a pensar se não poderia ter sido adotada uma vertente, o segmento de uma vertente, ou qualquer outra unidade de superfície para o desenvolvimento da pesquisa. Será que a escolha do “recorte espacial” também não guarda

³⁸ Objeto de controvérsias entre diversos autores, haja vista a confusão entre “escala geográfica” e

relação com aquilo que se quer demonstrar? Opinião compartilhada por Nunes (1998) ao apontar que [...] “A escala de abordagem é um dos aspectos mais importantes das ciências atmosféricas, definindo numa pesquisa não apenas a área³⁹ e o período de abrangência, mas também as técnicas e os métodos a serem empregados em busca de seus objetivos”. Opinião também compartilhada por Conti (1995).

Ainda em relação ao trabalho de Armani (2004), deve-se destacar a metodologia, já que foi semelhante àquela utilizada por Jardim (2002) naquilo que diz respeito aos instrumentos utilizados (os mesmos tipos de sensores de temperatura e umidade - data-loggers), o período e o intervalo de monitoramento (de forma contínua, sem interrupção, em intervalos de ½ h, ao longo de semanas e/ou meses) e a construção dos abrigos (embora o modelo seja diferente daquele adotado por Jardim (2002), a construção dos abrigos é uma etapa importante nos trabalhos de micro e topoclimatologia).

Um dos aspectos, senão o principal, que cabe reter das obras mencionadas, continuação de uma discussão iniciada em trabalho anterior (JARDIM e PEREZ FILHO, 2004), diz respeito ao conceito de sistema. O próprio conceito de escala é fundamental para compreender a hierarquia dos sistemas, já que a natureza está estruturada em sistemas de sistemas, organizações menores contidas em organizações maiores e assim por diante.

Para Tricart (1977, p.19) o conceito de sistema é um instrumento lógico [...] “para estudar os problemas do meio ambiente. Ele permite adotar uma atitude dialética entre a necessidade da análise – que resulta do próprio progresso da ciência e das técnicas de investigação – e a necessidade, contrária, de uma visão de conjunto, capaz de ensejar uma atuação eficaz sobre esse meio ambiente.” [...].

De acordo com Morin (2002), um sistema corresponde a uma unidade complexa de um todo inter-relacionado. A organização contida num sistema assegura a solidez das ligações ao conferir certa possibilidade de duração apesar das perturbações aleatórias.

Essas “perturbações” correspondem aos componentes de “desordem” contidos em qualquer sistema, já que, quando se fala em “natureza” não se tratam de sistemas isolados. A “desordem” (descontinuidade espaço-temporal dos fenômenos, rupturas, catástrofes, acaso etc.) constitui o ingrediente básico das mudanças ou transformações num sistema. A “ordem”

³⁹“escala cartográfica”.

(recorrência ou frequência dos fenômenos no tempo e espaço, padrões de arranjo espacial dos objetos etc.), por outro lado, confere uma relativa estabilidade ao sistema, ou seja, tempo suficiente para que possa absorver essas mudanças e, assim, reajustar-se às novas circunstâncias impostas pelo meio. À medida que as desordens são corrigidas, através de uma série de retroações, o sistema abre caminho para a sua continuidade e transformação (ajustes, evolução, adaptação etc.). Um sistema constitui-se para continuar existindo (essa é a sua função básica). A sua destruição virá mais cedo ou mais tarde. No entanto, a sua “destruição”, no mais das vezes, significa uma mudança de “configuração”, ou seja, o sistema inicial deixa de existir à medida que cede espaço, em meio às sucessivas transformações, para outros sistemas e para sistemas cada vez mais complexos.

Segundo Christofletti (1979), os sistemas devem ter: elementos (partes ou componentes), atributos (qualidade ou propriedades dos elementos), inter-relação entre esses elementos, permeada por mecanismos de retroação positiva e negativa, e entrada e saída de matéria e energia. O produto das transformações ocorridos no interior do sistema (“output”) depende das características dos elementos que o compõem e o que ele recebe como “input” inicial.

Além desses aspectos básicos, Frontier (2001, p.15) acrescenta como essencial na constituição de um sistema (ênfatisando os ecossistemas) o que ele chama de “três princípios da sistêmica”: (1) a “dependência interativa”, (2) a “emergência de uma entidade global” e o (3) “efeito de retorno do todo sobre as partes”. No primeiro caso, um determinado efeito pode ser resultante de efeitos intermediários (eventos em cascata motivados por mecanismos de “feedback”). No segundo, os elementos que põem em funcionamento o sistema, não se resumem aos elementos isolados, mas são eles, também, sistemas: [...] “um meio químico reage à presença da molécula H_2O e não aos átomos de H e O” [...]. No terceiro caso, partindo do princípio de que um elemento não existe de forma isolada, a potencialidade de um elemento é contida pela dinâmica do conjunto a fim de que ele possa atender às finalidades daquele sistema (perda de propriedades individuais e ganho em propriedades de conjunto).

Um exemplo são os milhares de genes contidos em cada um dos cromossomos dos organismos vivos. Grande parte deles permanece inativa ou é desacelerado com o passar do tempo, como acontecem com os genes por trás das características de primatas nos seres humanos.

³⁹ Grifo do autor.

Gould (1987), ironicamente, define os seres humanos enquanto “fetos de chimpanzé”. Nesse sentido, um organismo vivo só poderia ser considerado um sistema, a partir do momento em que se consideram as relações entre as partes que o compõem. Por outro lado, um organismo dissecado, decomposto em cada uma de suas partes, deixa de ser um organismo ou sistema, uma vez que perdeu justamente a propriedade de relação ou inter-relação. Da mesma forma que uma máquina decomposta ao nível dos seus constituintes deixa de ser um sistema para tornar-se um amontoado de peças. É bom frisar que não se tratam apenas de simples ligações, mas de relações, que, fatalmente, levam à transformações no conjunto: as ligações são aleatórias, enquanto as relações levam à mudanças nas características e comportamento dos elementos e, conseqüentemente, do objeto. Da mesma forma que uma floresta participa ativamente na formação de solo, nas mudanças das características hídricas desse ambiente e na manutenção de outros organismos, organizados em sistemas de sistemas, estes mesmos elementos (solo, água e organismos vivos), por sua vez, ajudam a criar condições para que essa mesma floresta sobreviva e cresça. O produto dessas transformações, fruto de uma série de retroações, modifica o seu comportamento e constituem-se nas propriedades emergentes, ou qualidades novas, até então ausentes nesse sistema.

Isso ocorre porque a vegetação não está sobreposta ao solo, mas integrada a ele. A mesma coisa pode-se dizer da atmosfera em relação à superfície. O ar integra-se à superfície na medida em que a modifica e é modificado por ela. E, da mesma forma, essa superfície modifica o comportamento dos elementos climáticos, ao alterar a trajetória dos ventos, na retirada ou adição de material particulado no ar, na modificação das suas características de temperatura e umidade etc. A diversidade de climas sobre a superfície terrestre surge como propriedade emergente, produto das relações entre os controles de superfície com os elementos atmosféricos, em diferentes tempos e grandezas ao longo da evolução da Terra.

No quadro climático e da vegetação na América do Sul, por ocasião do auge do último glacial, entre 12 e 18 mil anos A.P., formações florestais como a Amazônia e a Mata Atlântica, até então restritas aos fundos de vale na forma de extensas matas galerias e enclaves (matas orográficas, brejos etc.), de acordo com Ab’Saber (1977), adquirem as dimensões atuais graças, não apenas ao fato do clima ter se tornado mais úmido (além do “input” inicial, o clima permanece presente durante toda a evolução desse sistema na forma de “transput”) mas, também,

ao trabalho de “transformação” associados aos mecanismos de retroações do solo e do próprio clima, levado adiante para os setores mais elevados das vertentes e distantes da dinâmica fluvial. O avanço da vegetação, numa fase marcadamente “biostásica”, favorece a pedogênese. Solos mais profundos propiciam melhores condições de armazenamento de água e elevação do lençol freático e, conseqüentemente, numa maior oferta de água para a vegetação, capaz de supri-las mesmo nos períodos mais secos.

As relações de interdependência e de transformações vão além do espaço amazônico. Segundo Tarifa (1994, p.19), naquilo que diz respeito ao potencial humano de transformação da natureza, ao caracterizar o clima do centro-oeste brasileiro, mostra que o mesmo depende de fatores associados à circulação geral da atmosfera e que

[...] a contribuição do processo de ocupação agropecuária na região dos Cerrados, para provocar uma alteração climática à nível regional é praticamente inexistente. Uma das maiores preocupações dos climatólogos, é de que a área do Brasil Central possa sofrer uma diminuição das chuvas (à longo prazo) em função das mudanças que venham ocorrer na Amazônia” [...] “uma parte considerável da umidade atmosférica do Brasil Central, é geneticamente formada na Amazônia Centro-Occidental [...]

Nesse sentido, a Amazônia corresponderia ao único domínio brasileiro onde a vegetação exerce um papel preponderante na organização do clima dentro de uma escala regional ou, até mesmo, multiregional. Basta para isso lembrar que a Amazônia, a floresta equatorial do Congo e a zona de baixas pressões no oeste do oceano Pacífico, constituem-se em três importantes áreas de produção de vapor e umidade para a alta troposfera. Daí em diante, levada por correntes de ar para latitudes mais elevadas, figura como excedente de umidade na caracterização do clima dessas latitudes. Lembrar o importante papel da água como regulador das variações de temperatura do ar.

Lovelock (1988) também defende a idéia de interdependência entre os diversos elementos que compõem a realidade e lança mão de uma série de argumentos a favor disso. Dentre eles, a composição constante dos elementos químicos presentes na atmosfera (entre eles, a porcentagem de oxigênio em 21%) e a manutenção da temperatura média da Terra num dado patamar ao longo do tempo. Concentrações superiores de oxigênio (25%) desencadeariam incêndios florestais incontroláveis, mesma nas formações mais úmidas, ao passo que em concentrações inferiores (15%), não seria possível riscar um palito de fósforo. No caso do controle da temperatura pela

biota, o autor estabelece um paralelo entre um planeta hipotético, povoado por margaridas negras e brancas e a evolução do sol. Inicialmente, quando o sol ainda está mais frio e emite menos luz, predominariam as espécies escuras, mais aptas ao aproveitamento da pouca energia solar que chega até elas. À medida que o sol expande e se aquece, ocorreria uma seleção no sentido de privilegiar as espécies de cor clara, já que agora a necessidade de refletir a radiação solar de volta para o espaço e, conseqüentemente, dissipar o calor, é vital para a manutenção da vida. Essa indissociabilidade entre o desenvolvimento da biota e as condições ambientais, é denominada pelo autor de “coevolução”.

Essa idéia transparece na definição de clima urbano, proposta por Monteiro (1999, p.29), lembrando outro momento da sua obra (Idem, 1975), enquanto um [...] “sistema aberto, singular, altamente complexo”⁴⁰, evolutivo e (possivelmente) auto-regulável”.

E o que seria um “sistema complexo”? Num artigo de Oliveira (2005), o comportamento dos sistemas dinâmicos pode ser genericamente caracterizado enquanto regular ou caótico. Nos primeiros, qualquer perturbação inicial é “esquecida” e o sistema retoma a sua posição inicial de equilíbrio (exemplo do pêndulo de um relógio). Já nos sistemas caóticos, qualquer perturbação implica num afastamento de suas condições iniciais (o que confere a esses sistemas um caráter de imprevisibilidade). Entretanto, tanto um quanto o outro atingem o equilíbrio, num tempo finito, seja no patamar inicial ou em outro patamar. Já num sistema complexo, não. O seu comportamento é [...] “coletivo, emerge da contribuição de todos os seus componentes ao mesmo tempo, pois suas partes estão correlacionadas entre si, e a influência de cada componente se propaga aos demais mesmo a longa distância [...] não adianta buscar em uma única célula de uma ave a explicação para o seu vôo [...] ou analisar o comportamento de uma só pessoa para entender o que ocorre no mercado financeiro”.

Para Mattos e Perez Filho (2004), um sistema complexo apresenta certas características que permitem distingui-los de outros sistemas. Seriam elas: (1) “não-linearidade e realimentação”, quando o sistema produz uma resposta desproporcional à magnitude da perturbação (a resposta do sistema perturbado é reforçada ou atenuada por mecanismos de retroação positivos e negativos); (2) “o todo é diferente da soma de suas partes”, ou seja, a relação entre os elementos de um sistema conduz ao surgimento de características novas (ou

⁴⁰ Grifo do autor.

propriedades emergentes), que até então não existiam ao nível das partes, e que, de certa forma, coloca em cheque as abordagens analíticas tradicionais⁴¹; (3) o “aninhamento hierárquico” ou “sistemas de sistemas” diz respeito à não existência de objetos isolados. Tais objetos seriam, também, sistemas (ou subsistemas) integrados a sistemas maiores; (4) “atratores e repulsores” relacionam-se à trajetória (tendência) na evolução do sistema; (5) “sistemas abertos afastados do equilíbrio termodinâmico” ou a forma como o sistema utiliza a energia captada do ambiente para aumentar a organização interna e diminuir a entropia; (6) e a “auto-organização” quando o sistema cria e perpetua, de forma espontânea, a própria organização.

As modificações apontadas, desde a visão medieval de mundo, passando pelas concepções mais simples de sistema às abordagens atuais ao redor dos conceitos de entropia, caos, geometria fractal, sistemas complexos etc., e o reflexo disso na geografia, foi sumarizada por Vicente e Perez Filho (2003). As características básicas apontadas pelos autores em relação ao desenvolvimento da ciência, assinalam alguns momentos distintos: (1) a antiga visão medieval de mundo, profundamente religiosa, quando não havia divisão entre homem, Deus e natureza (a natureza confundia-se com Deus e por isso deveria ser temida e, conseqüentemente, conservada). (2) Um segundo momento, entre o final da idade média e o renascimento, quando o homem coloca-se, aos poucos, alheio à natureza (ruptura entre homem e natureza). Como característica desse período pode-se apontar o desenvolvimento dos métodos científicos, apoiados no uso da razão e dados sensíveis como os métodos empírico-indutivo (Bacon), dedutivo (Descartes), a idéia de universo mecânico, linear e previsível contida nos estudos de Newton etc. Em resumo, o conhecimento agora se orienta no sentido de compreender para prever e dominar o ambiente (exploração e expropriação da natureza). (3) Um terceiro momento assinala um acentuado aprofundamento ao redor dos processos analíticos, expresso na corrente de pensamento positivista, já no século XIX, ao mesmo tempo em que emerge a complexidade da sociedade e da relação desta com a natureza e da própria natureza (os fenômenos não são tão previsíveis quanto se imaginava), culminando com o desenvolvimento de uma postura dialética nas ciências humanas e, mais tarde, com o paradigma sistêmico nas ciências exatas, da terra e da natureza. O conhecimento começava a dar sinais de insuficiência diante dos problemas com os quais o

⁴¹ [...] “Embora a análise isolada da cada parte constituinte do sistema possa fornecer informações interessantes, o entendimento da estrutura e funcionamento do sistema não é possível sem que se

homem se defrontava? Muitos desses problemas, aliás, decorrentes da própria forma como o homem se organiza no espaço.

Evidentemente, a postura científica atual (talvez possa ser caracterizado aí um quarto momento) está contaminada por todas essas tendências. A ciência atual não deixou de ser positivista. No entanto, ainda apoiado nos autores supracitados (idem, 2003), as “novas tendências” emergem com mais nitidez a partir do século XX e apontam para a realidade sistêmica⁴². Entre essas “novas tendências” o próprio conceito de sistemas, a teoria da relatividade, a física quântica, caos, entropia, auto-organização etc., levam, aos poucos, a uma nova percepção da realidade. As considerações de Sotchava sobre o território e a definição de ecologia de Haeckel (Idem, 2003, p.332) como, respectivamente [...] “todo o envoltório físico-geográfico, por excelência, um sistema complexo” [...] e [...] “estudo das inter-relações dos organismos individuais e seu meio ambiente” [...] refletem essa postura atual.

Voltando à questão da relação entre escala espacial e sistema, a visão do objeto sob diferentes perspectivas, também revela diferentes aspectos da totalidade (ou sistema) na qual se insere. A propósito disso, Monteiro (1980, p.59), apoiado em Frankl, contrapõe uma atitude “projecionista” ou “reducionista” àquela “dimensionalista” (figura 3.1), onde qualquer posicionamento fora da realidade implica, fatalmente, numa perda de informação:

[...] Um fenômeno (cilindro) projetado fora de sua própria dimensão (o espaço tridimensional) em dimensões diferentes e inferiores a sua própria (planos horizontal e vertical) resulta em figuras contraditórias [...] fenômenos diferentes (cilindro, cone e esfera) projetados fora de suas próprias dimensões, dentro de uma dimensão inferior à sua própria, resultam em figuras ambíguas [...] as posições teóricas a assumir na prática da investigação geográfica devem se estender sobre os elementos que mantém juntos os indivíduos no sistema.

O físico sino-americano Michio Kaku (KAKU, 2001, p. 403), ao traçar um panorama da ciência para o século XXI, traduz a noção de escala ao relatar, a partir de um trecho de sua obra, como ocorriam as batalhas na Roma antiga:

[...] a comunicação entre as forças que travavam as batalhas em diferentes frentes era caótica e confusa com mensagens sendo transportadas por corredores. É por isso que os romanos iam sempre para o hiperespaço – isto é, a terceira dimensão – apoderando-se do

estude as interações entre os elementos e a organização do sistema como um todo” [...] (MATTOS e PEREZ FILHO, 2004, p.12).

⁴² Talvez seja prematuro afirmar, mas isso não se configuraria num esboço de um reencontro com a natureza, num patamar superior de conhecimento, como coloca Prigogine e Stengers (1984)?

cume de um monte. Desse ponto de vista privilegiado, era possível ver vários campos de batalha lá embaixo como um único quadro, coerente e unificado⁴³.

A escala adequada (nível de análise) proporciona um ponto de vista privilegiado do objeto de estudo (organização do clima na cidade). Aquilo que parecia “caótico” e “confuso” a princípio torna-se “coerente” e “unificado”. Uma melhor compreensão dos problemas climáticos urbanos exige um desdobramento multiescalar (neste caso, centrado na cidade). Isso não quer dizer que haja limites precisos entre um fenômeno e outro, de grandezas diferenciadas. Assim como na natureza os limites são marcados por zonas de transição e a realidade está presente em todos os níveis.

Essa idéia de “escala” foi trabalhada pelo mesmo autor, numa obra anterior (KAKU, 2000), não para o clima evidentemente, mas ainda no âmbito da física. Isso fica claro na figura do “tesseract” ou o “hipercubo” (figura 2.8). Para um ser bidimensional, segundo o autor, um cubo não poderia ser visualizado diretamente. Mas, ainda sim, teria condições de explorar essa figura geométrica através da sua projeção (sombra) num plano. Da mesma forma (para nós, seres tridimensionais), quando se inscreve um triângulo sobre um plano, a soma interna dos seus ângulos é 180°. Mas quando esse triângulo é desenhado sobre uma superfície curva (suspeita-se que o universo seja curvo e não plano) essa soma é maior.

Da mesma forma, mas sob outra perspectiva, Mitchell J. Feigenbaum, um dos interlocutores da ciência do caos (GLEICK, 1990, p.161), em certa ocasião observou que

[...] Passou por algumas pessoas que faziam um piquenique e, ao afastar-se, olhou para trás com frequência, ouvindo o som de suas vozes, observando os movimentos das mãos que gesticulavam ou pegavam a comida. De repente, sentiu que o quadro tinha atravessado algum umbral de incompreensibilidade. As figuras pareciam pequenas demais para serem discerníveis. Os gestos pareciam desconexos, arbitrários, aleatórios. Os fracos sons que chegavam até ele tinham perdido o sentido.

O ir e vir, aproximar-se e distanciar-se do objeto, como se estivesse ajustando o foco de uma câmara fotográfica revela a hierarquia (próximo e distante, ordem de grandeza) ou os níveis de organização (faz sentido ou não, ordem e desordem) do sistema. Feigenbaum, logo em seguida, conclui que [...] “a conexão entre o encolhimento e a perda de significado não era tão óbvia” [...], ou seja, mostrava muito mais do que a física poderia explicar.

⁴³ Grifos do autor.

Um paralelo dessa discussão com o clima, transparece em Monteiro (2000, p.53). A necessária compreensão entre clima e sociedade, envolve o reconhecimento de que o

- a) comportamento atmosférico, integrado às demais esferas e processos naturais, “organiza” espaços climáticos a partir das escalas superiores em direção às inferiores;
- b) a ação antrópica em derivar ou “alternar” essa organização ocorre no sentido inverso, ou seja, das escalas inferiores para as superiores.

No caso do clima, se o intuito for a compreensão dos topoclimas e mesoclimas, a sua gênese deve ser buscada nos climas locais. Se for a do clima local, a sua gênese está no clima regional. Se for o regional, a sua origem deve ser buscada no clima zonal que, por sua vez, guarda relações com variáveis de ordem astronômicas e assim por diante, semelhante à cadeia alimentar dos biólogos ou ao esquema em forma de arborescência de Arthur Koestler (MONTEIRO, 1975). A organização do clima insere-se em cada um dos níveis e é dada pela relação dos fatores ou controles de superfície com os elementos atmosféricos.

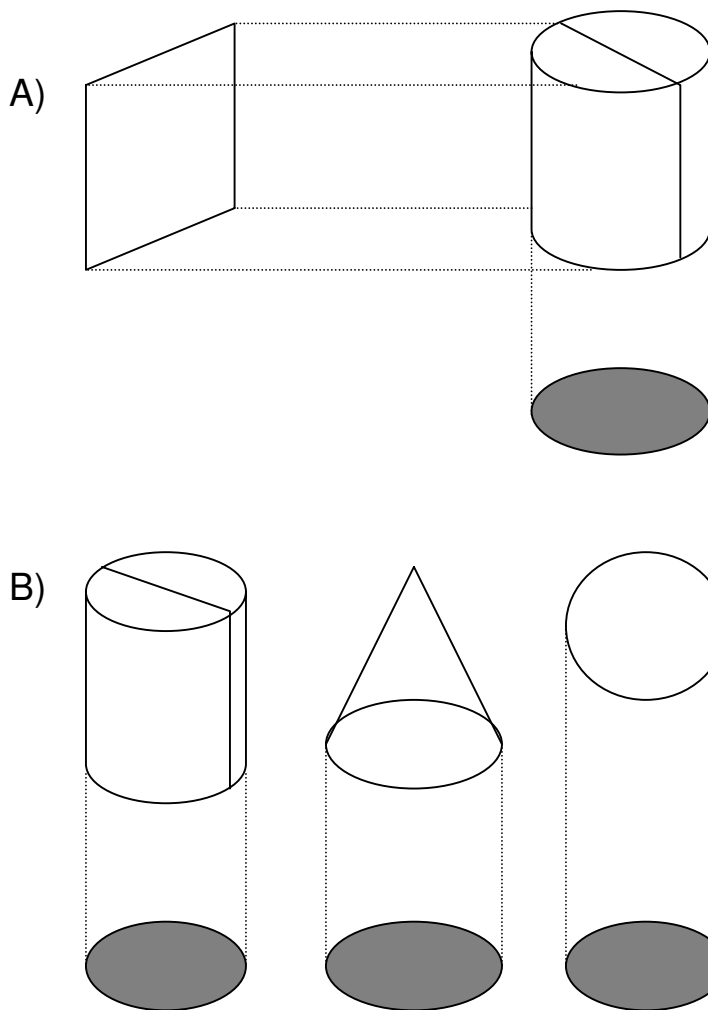
Uma visão mais atenta do diagrama da arborescência revela o acoplamento dos diferentes níveis. Da mesma forma como na natureza não existem sistemas isolados, mas sistemas de sistemas de sistemas, um nível de organização dá suporte para outros níveis. As formas biológicas mais simples da natureza sustentam formas cada vez mais complexas. Isso explica por que os meteorologistas, quando traçam as cartas sinóticas, representativas da circulação de superfície, trabalham a partir dos níveis isobáricos de 700 mb (3000 mil metros de altitude ou mais, aproximadamente): para evitar o “ruído” da superfície. Quanto mais próximo à superfície, maior o número de variáveis envolvidas e, conseqüentemente, maior a complexidade. Daí o fato da climatologia ser essencialmente geográfica. As características e a gênese de qualquer fenômeno atmosférico abaixo desse nível (“camada de mistura”) guardam estreitas relações com as características da superfície subjacente.

Disso resulta que a realidade comporta dois componentes dimensionais estreitamente ligados às escalas espaciais: o vertical (hierarquia) e o horizontal (organização funcional). Para Christofolletti (1999), ao traçar um panorama do desenvolvimento dos conceitos de ecossistema e geossistema destaca, para o primeiro, o seu caráter iminentemente biológico (relação entre os seres vivos), relativo a espaços de pequena dimensão (ocorrência pontual do fenômeno, abaixo do nível local) e de estruturação vertical (nos moldes da cadeia alimentar). No caso dos

geossistemas, é ressaltado o seu caráter geográfico, espacial, onde as relações dos seres vivos com o seu ambiente e a inserção dos sistemas sócio-econômicos, relativos a espaços relativamente amplos (do nível local em direção ao regional) e de estruturação horizontal⁴⁴, constituem-se num mosaico composto pelos ecossistemas e corredores (figura 3.2).

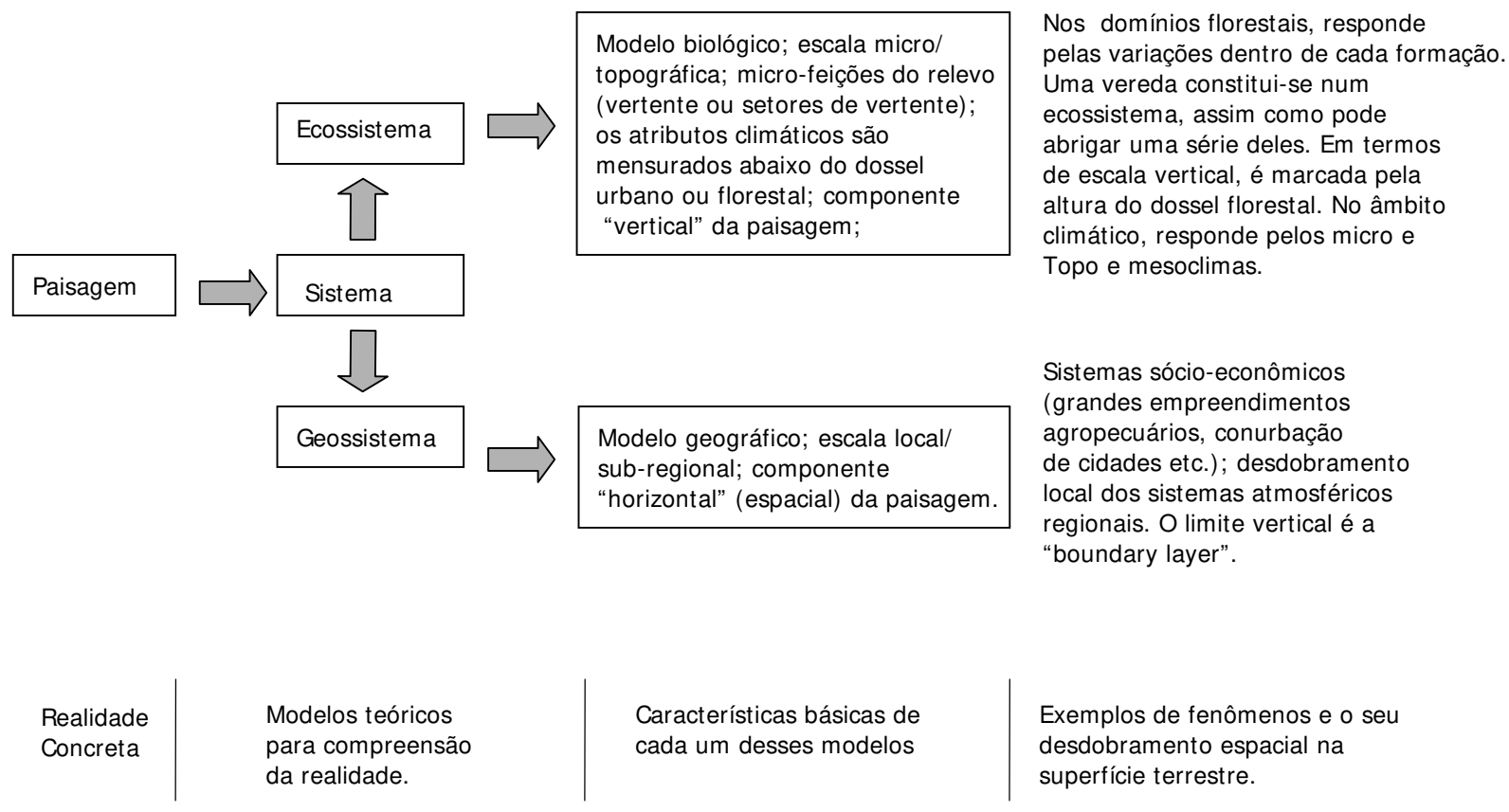
Da mesma forma, a realidade climática também comporta esses dois componentes: a mensuração de um dado elemento (vento, chuva, temperatura etc.), num determinado lugar e momento, revelam o seu comportamento pontual. A generalização dessas tomadas, em vários momentos e lugares, revela a generalização desse comportamento pelo espaço. Do primeiro para o segundo, seguem mudanças quantitativas e qualitativas importantíssimas. Mesmo que na avaliação de um fenômeno qualquer sejam elencadas as mesmas variáveis, a passagem de um nível, marcado pelo desenvolvimento de um evento como o estabelecimento do Sistema Polar Atlântico no trimestre de inverno, pelos territórios do sul do Brasil, para as geadas, os controles envolvidos na estruturação de um e outro fenômeno são diferentes. No caso das geadas, os controles relacionam-se às micro feições do relevo, em termos de altura das formas, posição relativa (topo, vertente, fundo de vale), orientação e declividade das vertentes etc. No caso da atuação dos sistemas atmosféricos pouco importa a presença ou não desses fatores ou a sua variação. A sustentação do evento, ligado à latitude, distância em relação aos oceanos, às características dos centros de ação ou à intensidade dos centros de alta e baixa pressão sobre a superfície da terra, equilíbrio termo-halino das águas oceânicas etc., impõe-se frente ao caráter pontual do primeiro.

⁴⁴ Os diferentes ecossistemas que compõem a Amazônia, por exemplo, possuem um componente vertical, relativo à sua influência no meio, que varia desde o nível de alteração do solo propiciado pela ação dos ácidos húmicos, até a modificação das características do ar acima do dossel florestal. No caso da Amazônia, essa modificação transparece no episódio diário de chuvas, associado aos mecanismos de evapotranspiração vegetal. Por outro lado, a extensão horizontal desse domínio ultrapassa a dimensão horizontal dos muitos milhões de ecossistemas que abriga. Esse é o componente horizontal que transparece de forma mais nítida a partir dos geossistemas. É nesse nível que uma série de outros fenômenos assumem importância na estruturação desse domínio, como é o caso dos sistemas atmosféricos e das macro unidades do relevo.



Des. Carlos H. Jardim. Adaptado de Monteiro (1980).

Figura 3.1 - O tratamento do objeto e a perda de informação.



Organização: Carlos Henrique Jardim

Figura 3.2 – O “sistema” como modelo explicativo da realidade (paisagem).

Monteiro (1971, p.13) refere-se aos aspectos qualitativos do clima, como aqueles ligados à sua gênese (origem) e os quantitativos como aqueles ligados às características do lugar: [...] “Na análise rítmica as expressões quantitativas dos elementos climáticos estão indissoluvelmente ligadas à gênese ou qualidade dos mesmos e os parâmetros resultantes desta análise devem ser considerados levando em conta a posição no espaço geográfico em que se define”. Embora as geadas e os sistemas atmosféricos estejam indissoluvelmente relacionados, são fenômenos de diferentes origens (aspecto qualitativo) e produzidos por diferentes fatores ou controles (as características dos controles respondem pelo aspecto quantitativo).

Os controles presentes em cada um dos fenômenos mencionados, em níveis escalares diferenciados, correspondem aos elementos presentes num sistema e se organizam também de modo diferenciado, para produzi-lo. A maneira como uma bacia hidrográfica urbanizada, como a do Aricanduva, transforma o “input” solar, é diferente daquela numa bacia florestal. O consumo dessa energia nos processos de fotossíntese e evapotranspiração assumem marcada importância na estruturação do seu clima. No outro caso, nas áreas urbanas, grande parte dessa energia é transformada em calor sensível, imediatamente disponibilizada para aquecer o ambiente ao redor. O reflexo disso transparece nas taxas diferentes de aquecimento e resfriamento (que é um elemento do seu ritmo) em cada ambiente, características da sua organização climática. Na organização climática, a relação entre os diferentes níveis espaciais é assegurada pelo “ritmo”: [...] “Os elos de ligação e afinidades espaciais estariam para ser encontrados, portanto, no ritmo, no modo de variação e no quantum expresso pelos elementos discretos em que se pode reduzir o tempo ou condições atmosféricas” [...] (MONTEIRO, 1991, p.44).

3.4 Os modelos de representação em geografia

A questão sobre a representação da realidade na forma de um modelo, remonta uma antiga preocupação do autor, embora tenha ganhado contornos mais nítidos a partir do curso “Análise e modelagem de dados espaciais em SIG”, ministrado pelo prof. Marcos César Ferreira em 2003, no programa de pós-graduação do IGE-UNICAMP. O produto dessa disciplina, retomado aqui, foi apresentado na forma de um artigo (JARDIM e FERREIRA, 2005), por sugestão do segundo autor, inclusive, no X Encontro de Geógrafos da América Latina, em março de 2005.

A partir do caminho que percorreram os estudos geográficos em direção à construção de modelos, destacam-se as diferentes concepções de natureza das questões geográficas a partir das visões da escola “corológica”, tendo a frente Hartshorne, e “espacial” com Schaefer. Apoiado em Sack (1974), a primeira enfatiza a natureza e as interrelações entre lugares específicos ou regiões enquanto a segunda enfatiza o arranjo geométrico e a gênese do fenômeno. Nesse sentido, o caráter “nomotético” transparece de forma mais nítida na segunda, apoiado no estabelecimento de leis gerais, enquanto o caráter “idiográfico”, apoiado na explicação de fatos singulares, relacionar-se-ia à primeira.

A escola corológica trataria de regiões específicas, áreas ou lugares enquanto produtos de diferenciação e integração, dentro de um espaço euclidiano. Isso envolveria, segundo Hartshorne [...] “study the distribution of different phenomena, separately and in relation to each other, over the earth” [...] (Idem, p.442). Residiria aí, também, a diferença entre a “ciência sistemática”, cujo foco repousa sobre o estudo de um fenômeno particular, e a geografia, preocupada com as relações entre os diversos fenômenos espaciais.

A abordagem da escola espacial privilegia o arranjo geométrico dos fenômenos numa área. As “leis” buscadas para a explicação do fenômeno seriam aquelas que regeriam esse “arranjo” espacial, integrando forma, função e processo: [...] “How can questions and answers vary in their degree of spatialness, and how is it possible scientifically to separate out the effects or significance of the spatial?” [...] (Idem, p.444).

Ainda sim, mesmo divergindo em alguns aspectos, as diferenças apontadas em relação às duas escolas, para o referido autor, seriam exageradas: [...] “A balanced synthesis should result when the spatial and the chorological schools are seen as two foci of a scale of nomothetic

completeness in discourses which concern the geometric connections among facts” [...] (Idem, 1974, p.440).

Na estrutura de informação matricial de Berry (1964), adotada aqui como um dos referenciais na construção do modelo gráfico (figura 5.8), cada ponto no espaço, resultado de múltiplas intersecções, assume um valor dentro de uma estrutura “raster”, como preferiria Burrough e Frank (1995), uma vez que os fenômenos tratados desdobram-se num espaço contínuo (e os elementos climáticos, em especial, assumem esse caráter de continuidade pelo espaço, dada pela própria fluidez do ar). A interpolação desses valores, dispostos na forma de “grade” ou “rede”, delimitaria “espaços probabilísticos” de ação de um determinado fenômeno e não limites geometricamente definido a partir de um modelo vetorial (representações corológicas).

A estrutura de representação cartográfica na forma de isolinhas (isotermas, isoietas etc.) é um exemplo disso. A menos que cada milímetro quadrado da superfície terrestre possa ser descrito quanto às suas características, uma das maneiras de saber como se comportam os seus atributos espaciais é através da interpolação de valores observados em diferentes pontos, mais ou menos distantes entre si. O produto desse processo revela “espaços probabilísticos”, ou seja, as chances de se encontrarem determinados valores em determinados espaços. Ninguém foi lá e mediu para avaliar a veracidade ou não daquele dado, apenas determinou-se a sua probabilidade de ocorrência. A partir daí, evidentemente, podem ser averiguados os fatores que condicionam tais padrões de distribuição.

Peuquet (1994) acrescenta que, num dado espaço, podem ser identificadas entidades (objetos), dotadas de atributos (funções) e que relacionam-se entre si e com o meio circunvizinho. Ou seja, mesmo os objetos (a informação relativa aos objetos é guardada na forma de vetor), possuem atributos locais ao definirem relações (a informação relativa aos atributos locais é guardada na forma de uma estrutura raster).

Na dimensão temporal, ainda segundo a autora, os fenômenos desdobram-se numa superfície topológica: um evento maior abriga eventos menores e, ao mesmo tempo, não segue, necessariamente, uma única direção (tempo unidirecional). O dinamismo seria percebido pelas transformações no espaço e no tempo.

Em climatologia o dinamismo transparece através do ritmo dos elementos climáticos: [...] “Os ritmos, enquanto totalidade, podem ser dissociados na análise, mas, no real concreto, se mesclam, convergem, divergem, produzindo disritmias, “ilhas de calor”, enchentes, poluição, doença, exclusão e mortes.” (TARIFA, 2001, p. 29).

Ainda no âmbito do clima, a gênese de eventos microescalares está relacionada a eventos de natureza de expressão temporal e espacial maiores. A entrada de uma Frente Polar seguida do estabelecimento do Sistema Polar Atlântico, ambos os fenômenos de expressão regional, pode repercutir junto à superfície terrestre, em áreas deprimidas, na forma de pequenos bolsões de ar frio, como os fundos de vales, e levar à estagnação do ar. Se as condições de tempo forem suficientemente estáveis, fria e úmida, pode ocorrer a formação de nevoeiros, orvalho e até mesmo geada. Neste caso, a gênese de um fenômeno microescalar depende da ação de um fenômeno de macroescalar (temporal e espacial). Desse exemplo percebe-se, ainda, a indissociabilidade, defendida pela autora, entre as grandezas tempo e espaço.

Ainda naquilo que diz respeito à relação tempo-espaço, numa bacia como a do rio Aricanduva, podem ser identificadas inúmeras entidades ou objetos, passíveis de serem delimitadas do ponto de vista geométrico, como as unidades de uso da terra (estrutura vetorial). Esse objeto possuiria características e funções diferenciadas (atributos) quando comparado a outros setores da mesma bacia hidrográfica e, ao mesmo tempo, manteria relações com outros objetos (o ar circundante, por exemplo). Tanto o uso da terra quanto o ar possuem atributos e definem relações tanto no âmbito dos objetos quanto locais.

Colocado dessa forma, o modelo deve refletir, diante da diversidade de características e funções emergentes, fruto das relações dos controles de superfície com os elementos atmosféricos (impossibilidade de se isolar apenas uma variável do meio e confrontá-la com os controles envolvidos na sua estruturação), uma análise a partir da integração dos dados (espacial, temporal e escalar), mais ou menos nos moldes do “gráfico de análise rítmica” preconizado por Monteiro (1971), sobre o perfil do relevo (na verdade sobre um perfil onde seriam retratados as características do suporte físico ambiental e urbanas).

Segundo Haggett e Chorley (1975, p.1), os fatos só adquirem relevância [...] “dentro de uma estrutura de referência mais geral” [...]. Dessa forma, logo em seguida, definem os modelos enquanto [...] “estruturação simplificada da realidade [...] aproximações altamente subjetivas, por

não incluïrem todas as observações ou medidas associadas, mas valiosos por obscurecerem detalhes acidentais e por permitirem o aparecimento dos aspectos fundamentais da realidade” [...]. Logo, a sua validade repousa justamente no seu caráter sintético tal qual quando se formula uma hipótese de trabalho, já que também é uma tentativa de modelizar e, de certa forma, se antecipar à aquilo que pode acontecer.

De acordo com Christofolletti (1999, p.25), os modelos devem incluir a “implementação em algum tipo de linguagem formal, ao estabelecimento de inferências prevendo as consequências do modelo e à avaliação dessas inferências em face da adequabilidade e uso para o qual o modelo foi construído”.

Isso posto, no caso do clima, a relação entre os seus elementos com os controles de superfície, apresenta-se de diferentes formas e em vários lugares dentro da bacia hidrográfica do rio Aricanduva. Os “vários” e “diferentes” lugares podem ocorrer numa mesma escala, no nível da “organização” (estrutura horizontal do modelo) e, ao mesmo tempo, nas diferentes escalas de manifestação dos fenômenos climáticos na área de estudo (hierarquia dos fenômenos, estrutura vertical). O tempo cronológico (“time”) corresponde à projeção dessas relações ao longo das horas, dias, meses, estações do ano, anos etc.

4. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E DE OCUPAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO

4.1 A bacia hidrográfica do rio Aricanduva

A área de estudo encontra-se dentro do município de São Paulo (SP), um dos 38 municípios conurbados que, juntos, compõem a RMSP ou Região Metropolitana de São Paulo. A bacia hidrográfica do rio Aricanduva situa-se na zona leste do município, aproximadamente entre 23°30'-23°37'sul e 46°22'30"-46°33'45" oeste (figura 4.1). Segundo dados da prefeitura municipal de São Paulo (PMSP/SMMA/SEMPA, 2005), para o ano de 2000, a população do município conta com 10.434.252 habitantes. A área total do município abrange 1.509 km².

Antes de adentrar a área de estudo, há que se considerarem os seguintes aspectos: São Paulo está entre as dez maiores metrópoles do mundo. Assim como Cidade do México, Nova Iorque, Xangai, Tóquio etc., há uma convergência de múltiplos fatores num só local: sede financeira (a exceção do Banco do Brasil, cuja sede localiza-se em Brasília, a sede de todos os demais bancos encontram-se em São Paulo), foco de atração populacional (embora essa taxa tenha decrescido nas metrópoles em favor do crescimento das cidades médias, as periferias dos centros metropolitanos brasileiros ainda detém taxas de crescimento significativas quando comparadas ao esvaziamento de seu centro), segregação sócio-espacial, ou seja, presença de bairros mais ou menos assistidos pelos serviços públicos, comércio, lazer etc. Tais características reafirmam aquilo que Monteiro (1975) coloca sobre as cidades como ambiente altamente “derivado”, onde as transformações introduzidas pelo homem são máximas.

É dentro desse contexto que se encontra a bacia do rio Aricanduva. De aspecto alongado e orientado de NW-SE, divide, de acordo com Ab'saber (AZEVEDO, 1958), duas formações geológicas distintas: na margem esquerda predominam os sedimentos recentes de origem flúvio-lacustre, onde se instalaram formas de relevo pouco dissecadas com amplas colinas de topo plano-convexas. Na margem direita, os vales profundos, em meio a colinas de dimensões mais restritas, foram esculpidos sobre o maciço granítico de Itaquera. A área total responde por aproximadamente 80 km², com 20 km de extensão ao longo do seu eixo longitudinal, acompanhando o canal principal, da foz no Tietê (noroeste da bacia) às nascentes mais distantes, na divisa com Mauá (sudeste), e o máximo de 6 km de largura de eixo transversal.

Segundo Deli (1994), o processo de ocupação da bacia data do século XVII e inicia-se pelo seu baixo vale, com o estabelecimento dos bairros da Penha e Tatuapé, à medida que invasores usurpavam terras pertencentes ao aldeamento de São Miguel. Os primeiros loteamentos datam do início do século XX, na antiga chácara Carrão, hoje Vila Carrão, a partir de 1916. O primeiro setor do alto vale começou a ser ocupado somente em 1949, e corresponde hoje ao sub-distrito de São Mateus, através da Avenida Sapopemba. Essa avenida constitui-se num prolongamento da Avenida do estado e estende-se pela bacia do rio Tamanduateí, somente alcançando o Aricanduva em seu trecho do médio vale.

A ligação de São Mateus com o baixo vale do Aricanduva permaneceria dificultada até a conclusão da Avenida Rio das Pedras no início da década de 70, prolongamento da Avenida Conselheiro Carrão, e só mais tarde, na segunda metade da década de 70 e início da década de 80, é que se conclui a Avenida marginal Aricanduva (paralela à Avenida Conselheiro Carrão – Av. Rio das Pedras, até o cruzamento com a Afonso Sampaio de Souza, que dá acesso ao Pq. do Carmo, no médio vale), prolongando-se praticamente até o extremo da bacia, pela Avenida Raguebi Choffi, no sub-distrito do Jd. Iguatemi, na divisa com o município de Mauá.

O reflexo dessa ocupação tardia dos setores do alto vale, transparece ainda hoje nos distritos do Pq. São Rafael e Jd. Iguatemi (principalmente neste último). Os bairros aí assumem aspecto de “ilhas” em meio a imensas áreas desocupadas, caracterizadas por diversos tipos de vegetação, desde manchas florestais com eucalipto, áreas rurais e, no mais das vezes, por vegetação de porte herbáceo, haja vista que boa parte desses terrenos destina-se a especulação imobiliária, e há lei municipal que obriga os donos a mantê-los “limpo” e cercado.

Hoje, o quadro diversificado da urbanização, varia desde bairros com características “centrais”, como o Tatuapé, Vila Carrão, Vila Manchester e Vila Formosa, situados no baixo vale da bacia, com forte tendência à verticalização (figuras 4.3, 4.4 e 4.7), até bairros com predomínio de casas residenciais térreas/01 andar (padrão doméstico de construção) dos Jardins Aricanduva, Tietê e Sta. Bárbara, situados no médio vale da bacia (figuras 4.4, 4.5 e 4.8). No alto vale, embora se repita o padrão e arranjo das construções do médio vale, os bairros situados nos distritos do Parque São Rafael e Iguatemi, como já foi mencionado, assumem aspectos de “ilhas”, isolados em meio a amplas áreas desocupadas, com marcada presença de vegetação (figuras 4.6 e 4.9). Do médio para o alto vale, a altura de São Mateus e Itaquerá, deve-se assinalar a presença da APA do

Carmo que, junto ao SESC Itaquera e o Parque do Carmo, perfazem uma área de quatro milhões de metros quadrados (5% da área total da bacia) com predomínio de vegetação arbórea, quase toda ela na bacia do rio Aricanduva.

As características da urbanização descritas, presente em todas as metrópoles brasileiras (e, talvez, em todas as metrópoles situadas em países subdesenvolvidos), refletem uma nítida segregação espacial em relação a serviços, comércio, lazer etc. De acordo com dados da PMSP/SMMA/SEMPA (2005), dos bairros situados no alto vale do Aricanduva em direção àqueles situados no baixo vale (figura 4.2), verifica-se uma maior taxa de crescimento populacional anual no distrito do Jd. Iguatemi (5 a 9,9%) contra zero a 2,49% nos distritos de São Mateus, Pq. do Carmo e Cidade Líder e de - 6,24 a - 0,01% (taxa negativa) nos distritos do Tatuapé, Penha, Carrão, Vila Matilde, Aricanduva e Vila Formosa. Outro aspecto refere-se às médias de idades dos moradores: o Iguatemi, no alto vale, detém as menores médias de idade, entre 20 e 22 anos, contra 23 a 29 em São Mateus, Pq. São Rafael, Cidade Líder e Pq. do Carmo, Aricanduva e Vila Formosa (no médio vale) e entre 30 e 36 anos o Tatuapé, Carrão e Penha. A renda domiciliar também reflete o mesmo padrão, com valores de zero a 999,99 reais no Jd. Iguatemi e Pq. São Rafael, entre 1000 e 1999,99 reais em São Mateus, Pq. do Carmo, Cidade Líder, Aricanduva, Carrão e Vila Matilde e entre 2000 e 2999,99 na Vila Formosa e Tatuapé. A média de anos de estudo também varia de 5,0 a 5,99 no Jd. Iguatemi e Pq. S. Rafael, entre 6,0 e 6,99 em São Mateus, Pq. do Carmo, Cidade Líder e Aricanduva, entre 7,0 e 7,99 na V. Formosa, Carrão e Vila Matilde e entre 8,0 e 9,16 no Tatuapé. A taxa da mortalidade infantil é praticamente a mesma em toda a bacia do Aricanduva e varia entre 15 a 19,99 para cada mil nascidos vivos (a única exceção é a Vila Carrão, com taxas entre 10 e 14,99). A porcentagem em metros quadrados de uso residencial disponível por habitante varia de 0,61 a 24,99 no Jd. Iguatemi, São Rafael, São Mateus, Cidade Líder, Pq. do Carmo e Aricanduva, entre 25 e 44,99 na Vila Formosa, Vila Matilde e Penha e entre 45 e 64,99 no Tatuapé. Em relação ao município de São Paulo, as maiores porcentagens cabem ao Morumbi e Jd. Paulista, entre 90 e 104,73. A população favelada na Bacia do Aricanduva encontra a maior porcentagem em São Mateus (10 a 24,99%) contra zero a 0,99% na Vila Carrão, Vila Matilde e Tatuapé. O número de mortes por causas externas para cada 100 mil habitantes varia de 80 a 99,99 no Jd. Iguatemi, Pq. São Rafael e Cidade Líder e entre zero e 49,9 no Tatuapé e Vila Formosa.

Do ponto de vista climático⁴⁵, segundo França (1958, p.69), a cidade de São Paulo insere-se num clima de [...] “ritmo tropical, modificado pela altitude, com características locais acentuadas que se devem, principalmente, à topografia da região do Alto Tietê e à sua relativa proximidade do mar” [...]. Se essa definição for dissecada ao nível de cada uma de suas partes, o “ritmo tropical” denota a gênese zonal desse clima e refere-se às áreas situadas além da zona de convergência dos alísios, que definem as “oscilações da zona equatorial de chuvas” (MILLER, 1951, p.143), nas latitudes onde os ventos alísios sopram durante todo o ano, e os maiores desertos do mundo.

Plans et al. (1988) apresenta o clima equatorial como uma particularidade dentro dos “meios naturais tropicais” e aponta, como principal característica dos climas tropicais, a presença de calor e umidade (permanente, no caso do clima equatorial, ou estacional, que é o caso do centro-oeste e a maior parte do sudeste, onde se encontra a cidade de São Paulo). Esse caráter estacional do clima, quando há uma significativa diminuição das quantidades de chuva no inverno, define na capital um período de subseca, segundo Nimer (1989, p. 308), e não de seca, como ocorre na maior parte do centro-oeste brasileiro, quando há, muitas vezes, ausência completa de chuva nessa época.

Apoiado numa leitura dos dados das Normais Climatológicas do posto Mirante Santana (INMET), para o período de 1961–1990, o efeito combinado da latitude e altitude se expressa pelo déficit de energia no inverno, quando os termômetros acusam em julho temperaturas médias de 15,8°C (mês mais frio), contra 22,4°C em fevereiro (mês mais quente), e temperatura média das mínimas de 11,7°C (julho) contra 28,0°C em janeiro (média das máximas). Os totais médios de chuva remontam 1454,8 mm/ano e o seu caráter sazonal, típico dos trópicos, transparece no inverno, durante o mês de agosto, quando chove 38,9 mm (mês menos chuvoso) contra 238,7 mm em janeiro (mês mais chuvoso). Embora ocorra uma nítida diminuição dos totais de chuva entre os meses de maio a setembro, não chega a se configurar um período de seca na capital, como

⁴⁵ A descrição dos climas a partir daqui, neste capítulo, vale para o âmbito regional e local. Ao contrapor as médias com os valores médios máximos e mínimos de diversos atributos climáticos, a intenção foi proporcionar um quadro um pouco mais realista do clima local de São Paulo. Entretanto, cabe lembrar que, ao descer ao nível diário e horário, todos esses valores modificam-se acentuadamente, dado ao dinamismo da atmosfera à altura do trópico (posição de conflito entre os sistemas tropicais e extratropicais) e a sua relação com diversas formas de controles (relevo, vegetação, urbanização etc., nos níveis meso, topo e microclimáticos), uma vez que não se trata de uma superfície homogênea, mas de um verdadeiro mosaico de formas, funções, dinâmicas e características físicas e químicas dos materiais, alvo da discussão no próximo capítulo, nos resultados.

ocorre no oeste do estado ou em amplas regiões do Brasil central, onde essa característica assume um aspecto marcante. A explicação disso repousa na latitude onde se encontra a capital, a altura do trópico de Capricórnio, transição entre os climas tropicais e subtropicais (quanto mais se avança em direção ao sul do país, menos evidente torna-se essa diferença entre os meses mais secos e mais chuvosos), na sua proximidade em relação ao oceano e nas freqüentes invasões da frente fria. Tais características garantem, também, elevadas taxas de umidade do ar e nebulosidade: numa escala de 0 a 10, julho é o mês menos nublado, com 6,1, e dezembro é o mês mais nublado, com 8,2 (média anual de 7,2). Os valores médios mensais de umidade relativa do ar são sempre superiores a 70% (os menores valores são registrados no trimestre de inverno, entre 74% e 77%, e os meses mais úmidos ocorrem no trimestre de verão, com 80%).

A participação dos sistemas atmosféricos transparece pela quantidade e sucessão temporal: a exceção do anticiclone dos Açores e dos sistemas equatoriais, este último ligado geneticamente à Zona de Convergência Intertropical e à região dos “Doldrums” do interior da Amazônia, todos os demais sistemas atmosféricos atuantes sobre o território brasileiro participam, em maior ou menor grau, consoante à época do ano, na estruturação do clima local da bacia paulistana.

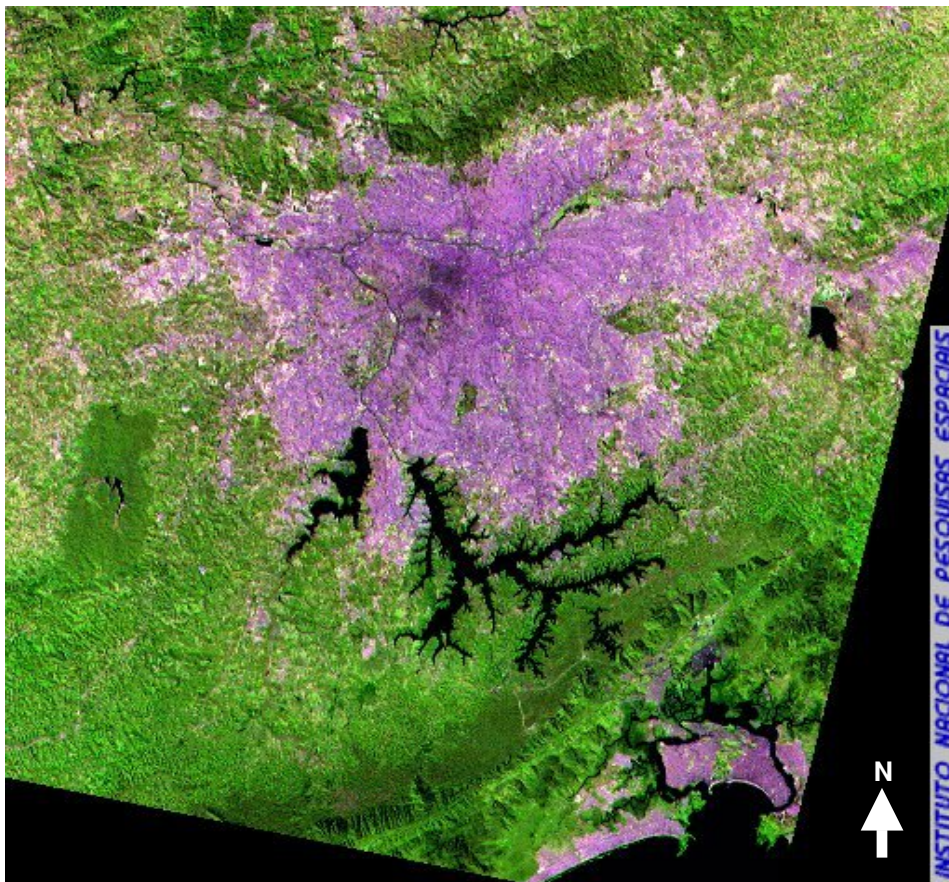


Figura 4.1 - Localização aproximada da área de estudo em meio à “Região Metropolitana de São Paulo”.

Na área delimitada da bacia hidrográfica do rio Aricanduva (tracejado preto), à escala da imagem, é possível distinguir a mancha urbana (em lilás), o parque e a APA do Carmo ao centro (cor verde) e as áreas ocupadas por vegetação (também em verde) do alto vale.

Ao norte da imagem, aparece a Serra da Cantareira; ao sul, as represas Guarapiranga (esquerda, em preto) e Billings (direita); no extremo sudeste da imagem, a escarpa de falha da Serra do Mar e a baixada Santista.

Escala aprox.: 1 : 675.000

Fonte: imagem CBERS de 27/04/2000, sensor IRMSS, composição colorida (bandas 2,1 e 3). Extraído de: <<http://www.dgi.inpe.br/html/ShowImagesCbers.htm>>. Acesso em: 27/06/2007.

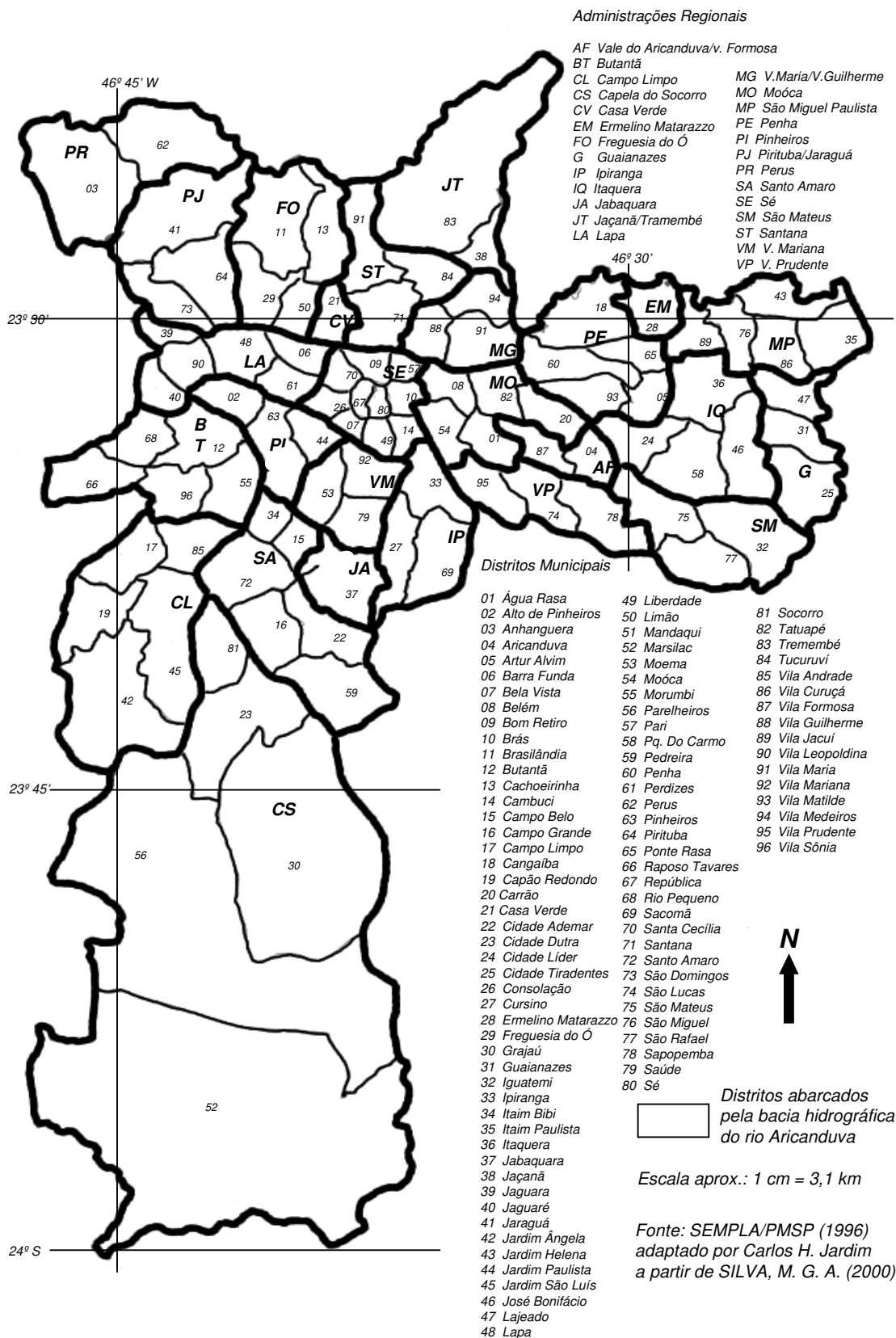


Figura 4.2 - Distritos Municipais e Administrações Regionais de São Paulo



Fotos: Carlos H. Jardim

Figura 4.3 – O baixo vale do rio Aricanduva.

Na foto, em primeiro plano, a avenida marginal Aricanduva, palco de freqüentes episódios de enchentes. A porção retratada, à altura da Vila Carrão e Vila Manchester, assenta-se sobre os “baixos terraços fluviais” e as “colinas tabulares suavizadas”, esculpidas sobre os sedimentos cenozóicos de origem flúvio-lacustre da bacia sedimentar de São Paulo, segundo Ab’Sáber (Azevedo, 1958).



Fotos: Carlos H. Jardim

Figura 4.4 – O baixo e o médio vale do Aricanduva.

Na foto da esquerda, também à altura da Vila Manchester, sobre uma passarela de pedestres na Av. Marginal Aricanduva, outra tomada do baixo vale do Aricanduva em direção ao alto vale. As “altas colinas” da Penha e Vila Matilde (à esquerda) contrasta com os “baixos terraços fluviais e colinas tabulares suavizadas” da Vila Manchester e Vila Carrão (direita). Ao fundo, as colinas dissecadas e morros esculpidos sobre o “maciço granítico de Itaquera”, vistos com mais detalhes na foto da direita, tomada a partir do Jd. das Rosas, no médio vale. No alto do morro, o Pq. Savoy. O rio Aricanduva divide os dois compartimentos.



Fotos: Carlos H. Jardim



Figura 4.5 - O médio vale do rio Aricanduva à altura da APA do Carmo. Setores de urbanização recente no médio vale do rio Aricanduva. Acima, tomada panorâmica ao longo da Av. Aricanduva. Ao fundo, as colinas dissecadas esculpidas sobre rochas metamórficas, também alvo de especulação imobiliária. Ao lado, nas proximidades ao ponto onde fora tomada a foto anterior, em São Mateus, instalações industriais e, ao fundo, a APA do Carmo.



Fotos: Carlos H. Jardim

Figura 4.6 – O alto vale do rio Aricanduva. Na foto acima, tomada no Pq. São Rafael, os setores de urbanização Recentes em meio a amplas áreas não construídas. Na foto abaixo, padrão de urbanização semelhante àquele da foto acima, tomada junto ao posto do Jd. Iguatemi. Ponto Mais elevado (825 m) e situado na porção mais ao sul da bacia, nos limites com o município de Mauá, onde se encontram parte das nascentes do rio Aricanduva.



Figura 4.7 - Fotografia aérea do baixo vale do rio Aricanduva

Ambas as fotos abarcam porções dos mesmos bairros: Vila Carrão (esquerda) e Vila Manchester (direita). As duas avenidas principais aparecem nas fotos: A av. marginal Aricanduva (mais larga, de pista dupla) e a Av. Conselheiro Carrão, mais nítida na foto da direita, ao centro. A foto da direita retrata o ponto mais próximo à foz do Rio Aricanduva.

Fonte: Base S.A (2000). Escala aprox. 1: 11000



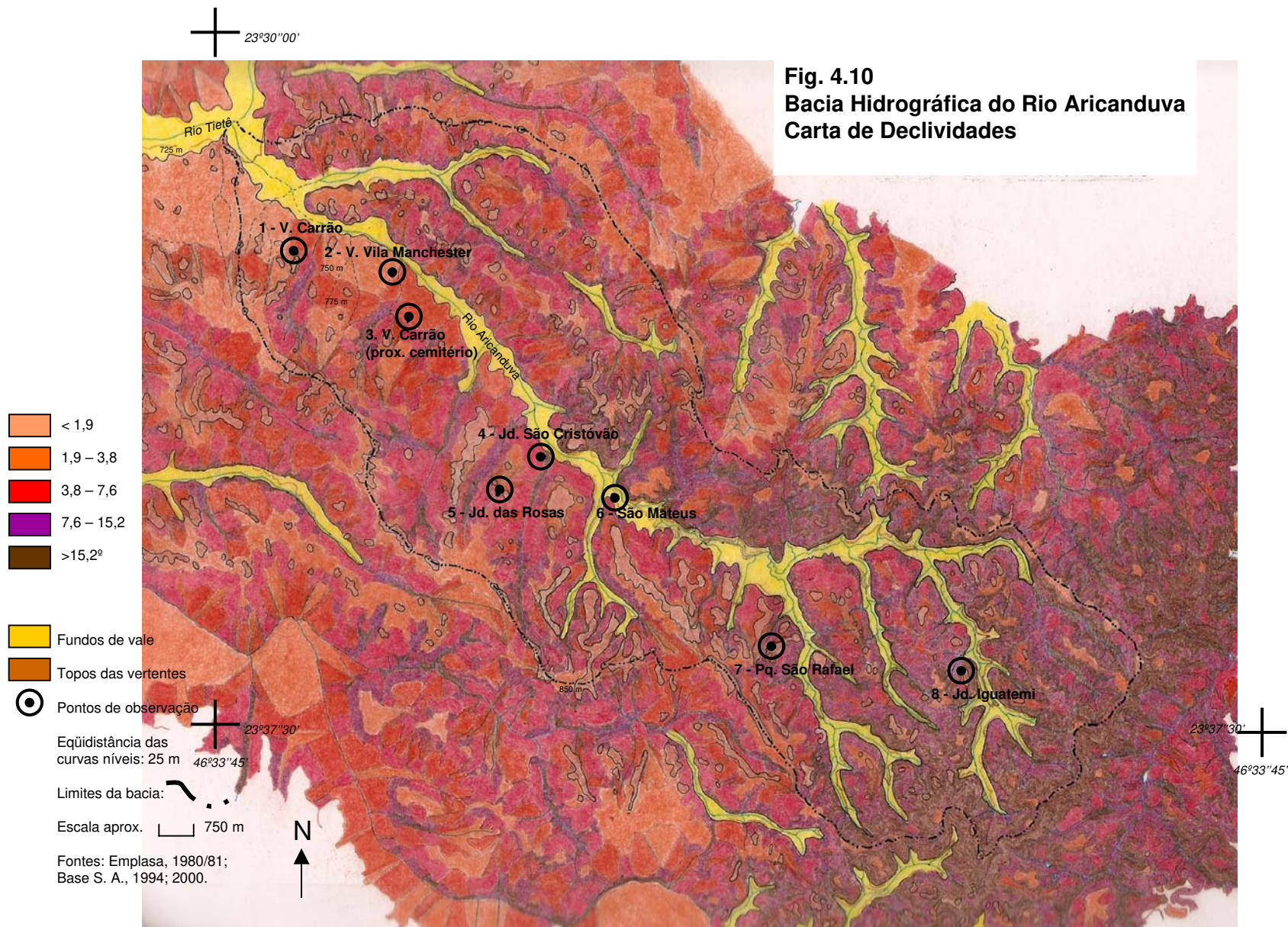
Figura 4.8 - Fotografia aérea do médio vale do rio Aricanduva.

A foto da esquerda retrata o Jd. das Rosas (centro da foto) e imediações. A avenida em obras (hoje já concluída), ao longo do córrego Inhumas, abrigou o posto do Jd. São Cristóvão. Na foto da direita, 1,5 km (aprox.) a leste da foto anterior, em direção ao alto vale, destaca o Pq. Savoy (ao alto), cujo padrão de urbanização lembra muito as favelas de alvenaria dos morros do Rio de Janeiro, e a APA do Carmo (área florestal maior, em verde), limitada à esquerda pela Av. Afonso Sampaio de Souza. Na área urbanizada abaixo (canto inferior esquerdo), abaixo da Av. Aricanduva, ficava o posto de São Mateus. Fonte: Base S.A (2000). Escala aprox. 1: 11000



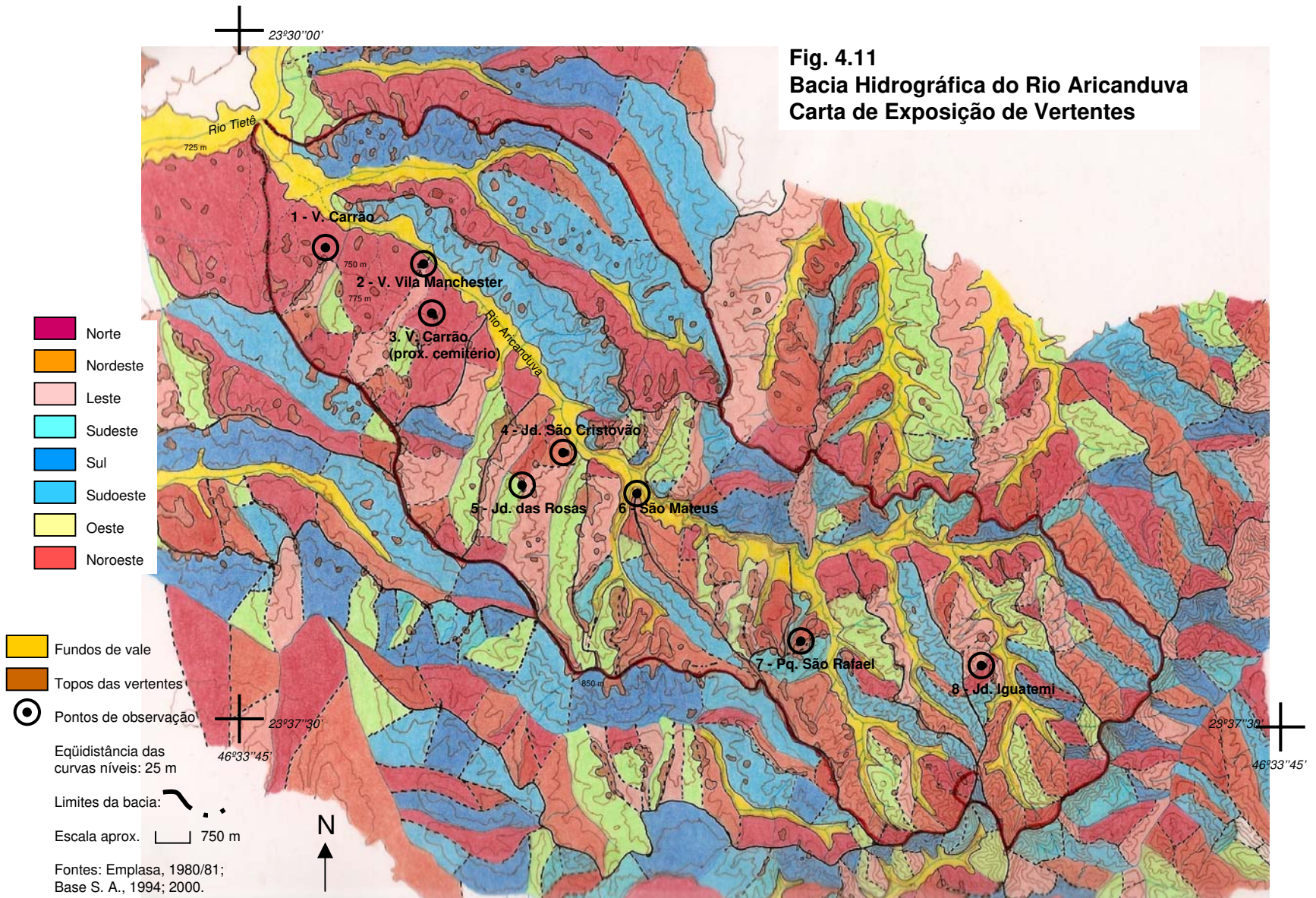
Figura 4.9 - Fotografia aérea do alto vale do rio Aricanduva.

A fotografia da esquerda (área urbanizada no canto inferior direito) retrata os arredores do posto do Jd. Iguatemi. Notar os amplos espaços ocupados pela vegetação e o padrão em "ilhas" da urbanização. A foto da direita, também nas proximidades, retrata de forma mais detalhada o aspecto "caótico" do arruamento e a cor cinza das lajes de concreto e das telhas de amianto, em contraste a cor vermelha dos telhados de cerâmica das residências no baixo vale. Outro aspecto refere-se à ausência de espaços públicos destinados à equipamentos públicos como áreas de lazer, parques etc.). Fonte: Base S.A (2000) Escala Aprox. 1: 11000

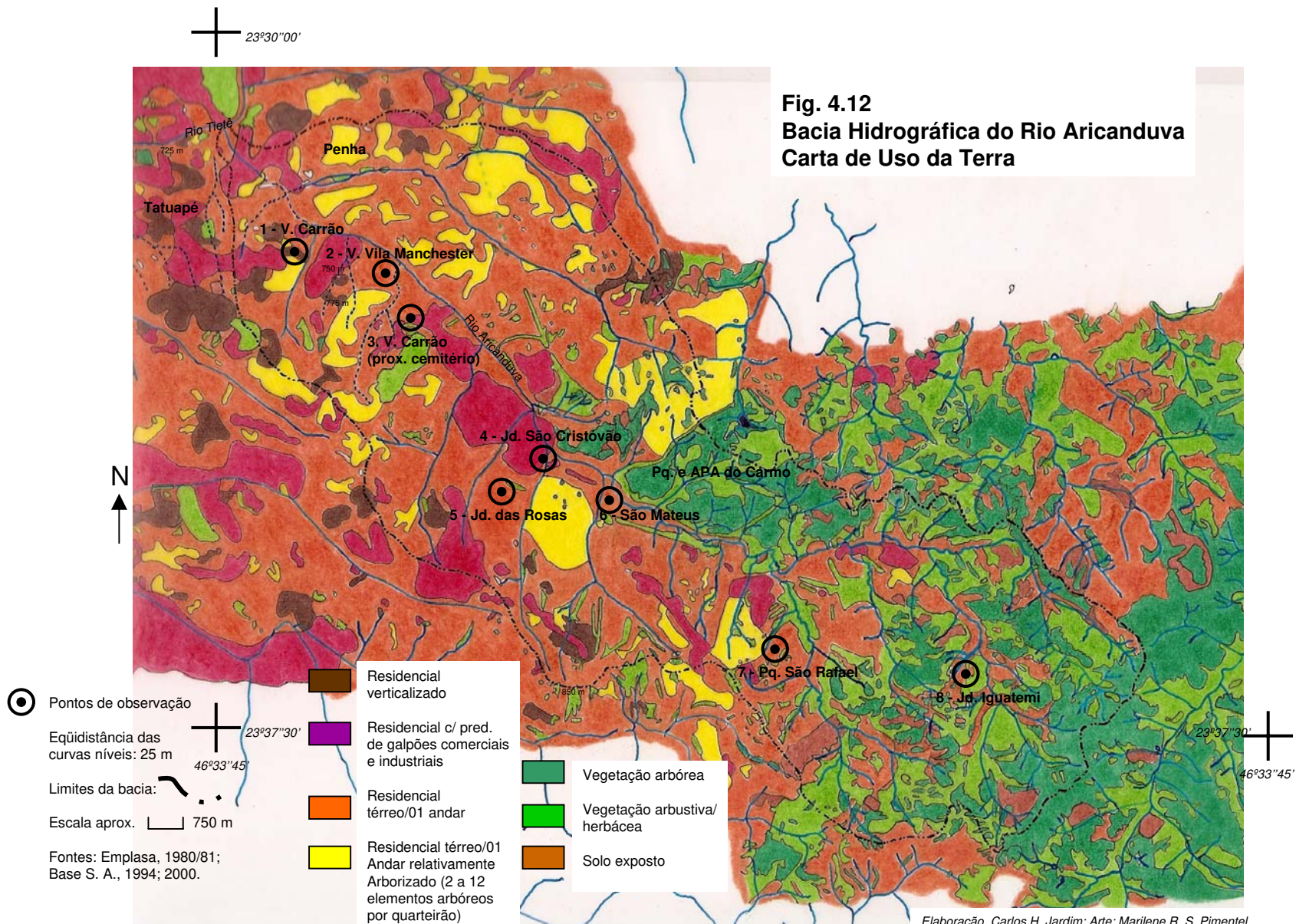


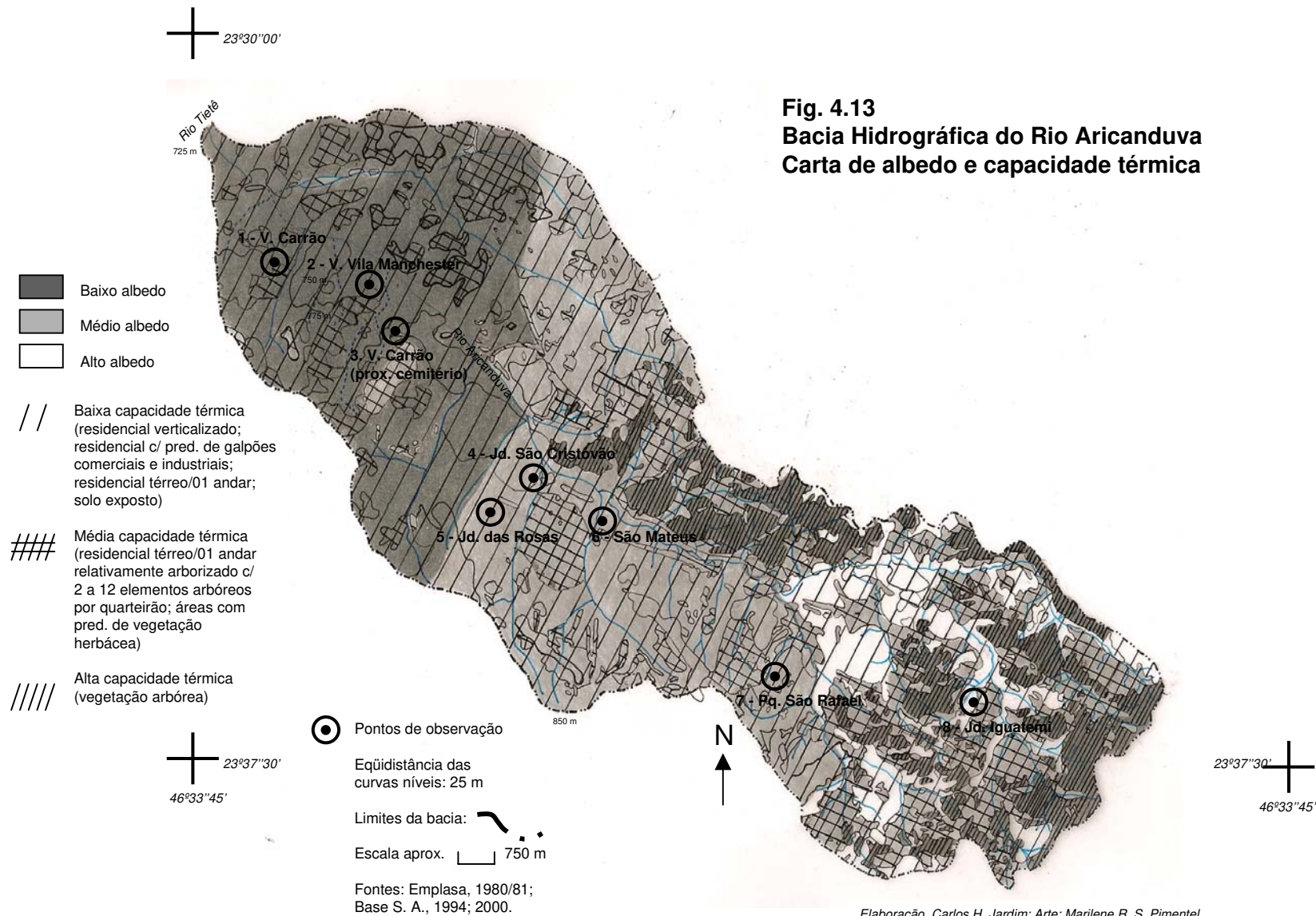
Elaboração: Carlos H. Jardim; Arte: Marilene R. S. Pimentel

Fig. 4.11
Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva
Carta de Exposição de Vertentes



Elaboração. Carlos H. Jardim; Arte: Marilene R. S. Pimentel





4.2 A área urbana de Morrinhos (GO) e arredores

O eixo compreendido entre os municípios de Morrinhos⁴⁶, Caldas Novas (Parque Estadual da Serra de Caldas) e Paraúna (a noroeste de Morrinhos), no sul-sudeste do estado de Goiás, onde foram realizados vários trabalhos em campo, encontram-se limitados, aproximadamente, pelas coordenadas de 16° 50'-17° 40'S e 48° 30'-50° 30'W. As formas de relevo que aí ocorrem, segundo Ross (1998), são resíduos de antigas dobras (pré-cretáceo), sustentadas por rochas metamórficas associadas a intrusões graníticas do pré-cambriano. De acordo com Nascimento (1992), toda essa área insere-se no “Planalto Rebaixado de Goiânia” e caracteriza-se, mais comumente, por formas convexas (mais dissecadas) e tabulares (menos recorrente que a primeira, menos dissecadas, com declividades baixas e pendentes longas), sustentadas por quartzitos e micaxistos do grupo Araxá. As altitudes variam em média de 600 a 850 metros.

Originalmente, diversas categorias fisionômicas de vegetação, denominado genericamente por “cerrado”, recobriam toda a região. Segundo Eiten (1993), a sua forma mais alta é o cerradão, com dossel fechado de 7,0 m ou mais de altura, com sub-bosque esparso, aberto ou fechado conforme varia a sua cobertura em menos de 10% a mais de 60%, e camada rasteira. Nessas áreas onde predomina o estrato arbóreo, segundo terminologia do autor (Idem, 1993), há que se anotar a presença da “Floresta Mesofítica de Interflúvio”, correspondente à forma clímax do cerrado, florística e estruturalmente semelhante à Mata Atlântica de Planalto, cuja ocorrência estende-se do reverso da Serra do Mar para o interior do Brasil, encontrando sua expressão máxima, outrora, no estado de São Paulo. Nas formas savânicas de cerrado, a camada lenhosa sobressai-se em meio à camada rasteira, embora ofereça cobertura inferior a 10% (campo cerrado e campo sujo). Na ausência dessa camada lenhosa aparece o campo limpo de cerrado. A densidade da camada lenhosa depende de fatores edáficos e das modificações pelo fogo e corte. Há que se destacar, também, a presença das “veredas”, reconhecida pela ocorrência da palmeira buriti, em meio às matas ciliares, e das próprias matas ciliares ao longo dos setores fluvioaluviais dos vales.

⁴⁶ Os parágrafos a seguir trazem uma breve descrição do quadro físico-ambiental-urbano da região onde se insere o município de Morrinhos (GO). Embora não tenha sido o local-sede desta pesquisa, várias observações realizadas em campo, no eixo descrito, contribuíram com o aprofundamento das discussões aqui tratadas.

Dados recentes (HENRIQUES, 2003) apontam para uma redução, nas últimas cinco décadas, à apenas 41% do total antes coberto por esse bioma (25%, originalmente, do território nacional ou, aproximadamente, 2,1 milhões de km²). Apontam, também, para uma taxa de expansão da agropecuária em 3% ao ano (o que deve fazer com que o cerrado desapareça até 2015) e um total de áreas protegidas, sob a forma de unidades de conservação, ao redor de 1,5% de sua superfície.

Do ponto de vista climático, segundo Tarifa (1994), a principal característica é a existência de seis meses de seca entre o outono e o inverno. A gênese das chuvas depende das interações entre os sistemas extratropicais (avanço das frentes polares provenientes do sul) e equatoriais (associado aos sistemas de baixas pressões da Amazônia centro-ocidental).

De acordo com Nimer (1989), no inverno, em plena estação seca (maio a agosto), é marcante a presença do anticiclone polar, caracterizado pela secura do ar e tempo estável. Mesmo registrando ocasionalmente valores absolutos de temperatura do ar próximos a 0° C, as temperaturas médias para os meses mais frios (junho ou julho) situam-se entre 18,0°C e 20,0°C. Essas mesmas condições estáveis, com fraca ou nenhuma nebulosidade, favorece a entrada de radiação solar e temperaturas do ar acima de 30,0°C durante o dia.

A cidade de Morrinhos (GO), mais especificamente, está localizada no alto vale da bacia hidrográfica do Ribeirão Areia, no setor de vertente de orientação geral leste do divisor de águas entre as bacias dos Rios da Meia Ponte e Piracanjuba, de orientação geral norte-sul, das nascentes à foz no Rio Paranaíba, situado na divisa entre os estados de Goiás e Minas Gerais, pertencente à bacia platina.

Localmente, as coordenadas aproximadas que situam a área de estudo são: 17°44'05"S e 49°06'28"W. As altitudes variam de 500 metros, no fundo de vale dos dois já mencionados principais rios que drenam a região, a pouco mais de 1000 metros, no topo da Serra de Caldas (figura 4.14). As formas do relevo em Morrinhos (GO), esculpida sobre rochas metassedimentares e metamórficas, responde por um tipo de "platô" (planalto restrito) com bordas dissecadas, pontuado por um conjunto de colinas, de forma plano-convexas, marcado por rupturas côncavas de fundo de vale. Forma tabulares, como as chapadas (ex. Serra de Caldas Novas), respondem por unidades pontuais em meio ao conjunto da paisagem.

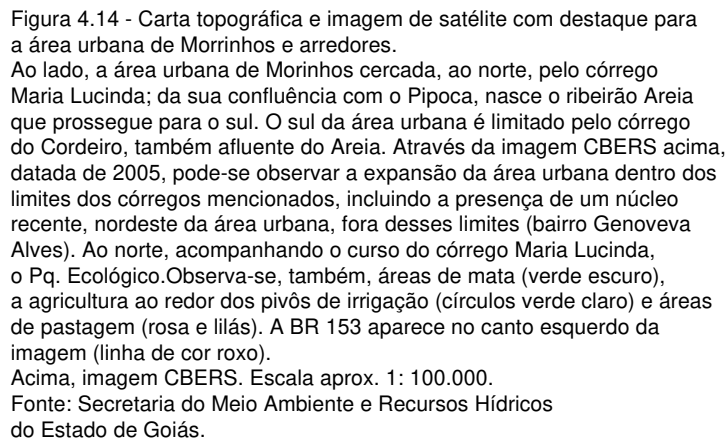
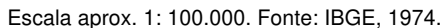




Figura 4.15 - Morrinhos (GO), Serra de Caldas e arredores. Na foto superior, vista da porção principal da cidade de Morrinhos (GO), sobre uma vertente de exposição leste-nordeste. Na extremidade direita da cidade, ao fundo, a área florestal do Pq. Ecológico Jatobá Centenário. Na foto da direita, os “morrotes” sustentados por quartzito que deram nome à cidade. Abaixo (direita), vista aérea da cidade de Caldas Novas e, ao fundo, a Serra de Caldas (Pq. Estadual da Serra de Caldas).



Fotos: Carlos H. Jardim
(exceto foto de Caldas, cedida por
Marco . A. Lelli).



Fotos: Carlos H. Jardim

Figura 4.16 - Área rural de Morrinhos e o Pq. Ecológico. No alto, localidade rural nas proximidades da área urbana de Morrinhos. Destaque para o fragmento de cerrado, ao fundo, com predomínio de espécies arbóreas caducifólias e semi-caducifólias. Abaixo, à esquerda, interior desse cerrado. Notar a diferença de luminosidade, associada à penetração de radiação solar direta e difusa, desse fragmento de cerrado, em relação ao ambiente do interior do Pq. Ecológico Jatobá Centenário (ao centro e direita). A foto da direita, direcionada para o alto (nível do dossel), retrata o mesmo ponto onde fora realizada a foto anterior, ao centro. As fotos foram realizadas em agosto de 2004.

Na área urbana de Morrinhos (GO) (figura 4.15 e 4.16), num dos pontos locais mais elevados situado na Praça do Cristo, a altitude aproximada é de 805 metros, contra 745 metros, anotado para o fundo de vale do Córrego Maria Lucinda, que corta a cidade. Mais da metade da cidade estende-se sobre a vertente nordeste, na margem direita do Córrego Maria Lucinda (onde se inclui o centro velho da cidade) e a vertente leste do Ribeirão da Areia. A tendência atual de ocupação, e que envolve quase o restante da cidade, parte desse núcleo mais antigo e envolve praticamente todo o interflúvio entre os córregos Maria Lucinda e Cordeiro, de orientação geral leste-oeste, rumo à BR-153 (oeste da cidade), já em adiantado processo de implantação. Outro núcleo de ocupação, mais recente, estende-se sobre a vertente sul-sudoeste, na vertente da margem esquerda do Córrego Maria Lucinda, sobre o divisor de águas de orientação sudoeste-nordeste entre os córregos da Pipoca e Olaria.

Segundo dados recentes a população da cidade soma aproximadamente 40 mil habitantes e a economia local apóia-se na agricultura e pecuária (gado, produção leiteira, soja e tomate). Segundo Pimentel e Santos (2006), apoiadas em dados de um zoneamento ecológico da região do Meia Ponte (METAGO, 1999), dos 2.846,156 km² da área total do município de Morrinhos, 49,82% estão recobertas por pastagens, 28,59% destina-se às lavouras, 21,26% de vegetação natural e 0,28% de área urbanizada.

O clima, do tipo tropical continental alternadamente seco e úmido (como já fora mencionado), caracteriza-se pela ocorrência de chuvas concentradas no trimestre de verão e seca no inverno. Um exame dos totais anuais de chuva em Morrinhos (GO), de 1974 a 1999, revela um montante médio de 1526 mm. A temperatura média anual é de 22°C.

5. RESULTADOS

5.1 Aspectos relativos ao comportamento térmico e higrométrico do ar em ambientes microclimáticos.

Um dos aspectos observados e que denuncia a falta de planejamento das cidades, é o fraco índice de arborização de ruas e praças. Muitas vezes, privilegiam-se determinados tipos de vegetação, como a grama das praças, canteiros centrais de avenidas e dos grandes parques urbanos, que em nada (ou quase nada) influenciam no comportamento térmico da camada de ar sobrejacente. As superfícies recobertas pela relva baixa, não na mesma intensidade que o solo exposto, o asfalto ou o concreto, mas ao contrário do que se imagina, agem como fonte de calor sob condições de forte aquecimento, principalmente se essa vegetação estiver seca.

Em tomadas de temperatura junto à superfície do solo, no dia 29/07/2004 (tabela 5.1), no Pq. do Carmo (centro norte da bacia do rio Aricanduva), num dia marcado pela presença de nuvens tipo Ci e As (nebulosidade de 4/8, prenúncio da entrada de uma nova frente fria), brisa leve (força 1 e 2), alternando-se com períodos de calmarias, sob a ação do Sistema Polar Atlântico em Processo de Tropicalização, nos horários das 14 h, 14 h e 30 min e 15 h, foram registrados, respectivamente, para valores de temperatura tomados junto à superfície do solo de 16,8°C, 16,9°C e 16,9°C sob um bosque de eucaliptos e 21,6°C, 21,2°C e 22,4°C num gramado adjacente de porte baixo (aprox. 5,0 cm de altura). A temperatura do ar dentro do bosque de eucaliptos, a 1,5 m do solo, para esses mesmos horários, variou de 18,5°C, 18,8°C e 18,4°C. Sobre o gramado, nas mesmas condições, a temperatura do ar foi 21,2°C, 21,0°C e 21,4°C. Portanto, a diferença máxima horária sob as condições de tempo nesse dia, dentro do período monitorado, foi de 3,0°C para a temperatura do ar e 5,5°C para a temperatura na superfície do solo.

Pouco depois, às 16 h, na confluência da Avenida Aricanduva com a Inhumas (médio vale do rio Aricanduva), a temperatura sobre o asfalto da avenida era 27,0°C (diferença de 10,1°C em relação ao valor tomado junto à superfície do solo às 15 h no bosque de eucaliptos) e a temperatura do ar em 22,5°C era muito próximo àquela registrado, no mesmo instante, no Jd. das Rosas, de 22,4°C. Embora não seja um procedimento correto a comparação de dados tomados em

horários diferentes, não há razões para se considerar que a temperatura do solo sob o bosque de eucaliptos tenha variado muito no intervalo de 01 hora.

Isso também foi verificado, alguns dias antes, no dia 19 de junho de 2004, nas tomadas de temperatura realizadas no Parque Estadual da Serra de Caldas, 50 km a leste de Morrinhos (GO), num dia com pouca nebulosidade sob condições de tempo estáveis, ligado à ação do Sistema Polar Atlântico em Processo de Tropicalização. Àquela ocasião, as diferenças de temperatura do ar, quando comparadas aos valores de temperatura do solo sob relva baixa, mas ainda verdes, revelaram valores muito próximos entre si. Normalmente as diferenças não excediam, em média, 1,5°C (mais frias para o solo sob a relva baixa). Por outro lado, quando foram comparados os valores de temperatura do ar com aquelas obtidas diretamente sobre solo exposto, as diferenças foram, em média, superiores a 5,0°C (mais quentes sobre solo exposto).

Às 9 h e 50 min, na trilha rumo ao topo da Serra, a 800 metros de altitude, a temperatura da superfície do solo sob a relva era 22,2°C, contra 30,3°C daquela sobre solo exposto. Portanto, uma diferença de 8,1°C. Quando comparadas à temperatura do ar seco (23,9°C), as diferenças foram, respectivamente, de 1,7°C e 6,4°C. Em outro momento, às 10 h e 38 min, agora a 955 metros, a temperatura do ar foi de 25,6°C, a do solo sob a relva 24,2°C, na superfície do solo exposto 29,2°C e no solo exposto e úmido nas proximidades de um “olho d’água”, 25,0°C. Os contrastes entre a temperatura do ar seco em relação às do solo (sob a relva e exposto), foram semelhantes ao episódio anterior. Neste caso, deve-se atentar para a semelhança entre os valores de temperatura do ar seco e aquela obtida diretamente no solo úmido.

Mesmo exposto, a inércia termal do solo úmido, dado ao elevado calor específico da água, e a sua elevada densidade, decorrente, também, da presença de água, retardam o seu aquecimento. Um dado volume de solo úmido precisaria absorver muito mais calor para elevar a sua temperatura até um dado patamar, do que o mesmo volume de solo seco para atingir esse mesmo patamar de temperatura. Segundo Santana (1997), citando Lee (1964), a areia seca reflete 18 a 30% de radiação solar e a areia úmida de 9% a 18%, enquanto que superfícies gramadas refletem em torno de 6%. A maior capacidade de reflexão da areia seca (e, por analogia, do solo seco e arenoso, também) poderia ser traduzida num menor aquecimento. Entretanto, a elevada taxa de condução de calor (mais do que na areia úmida, no solo úmido e na massa vegetal), anula ou minimiza essa propriedade.

A absorção de calor proveniente da radiação solar direta, segundo Konya apud Santana (1997), distribui-se sobre a pavimentação nos seguintes componentes: 40% de reflexão, 50% de absorção e 10% outros. Na grama, 50% é utilizado na evaporação, 20% na reflexão, 5% na absorção e 26% outros. Sobre terreno natural, 30% reflexão, 15% evaporação, 30% absorção e 25% outros. O concreto requer 2200 kJ (calor específico volumétrico; quantidade de calor necessária para elevar em uma unidade a temperatura de um corpo de volume unitário) para elevar em 1,0°C a temperatura de 1 m³ de material, enquanto que a água do mar necessita de 4190kJ. Portanto, a água necessita de quase o dobro do calor que um volume igual de concreto para obter o mesmo grau de aumento de temperatura. Logo, percebe-se que as propriedades termodinâmicas dos materiais que compõem o tecido urbano, massa edificada, vegetação, superfícies pavimentadas ou não, influem na quantidade de energia térmica acumulada e irradiada para a atmosfera, condicionando, até certo ponto, a temperatura nesses ambientes microclimáticos e topoclimáticos.

A mesma propriedade associada à capacidade térmica, “heat capacity” ou “thermal capacity” (capacidade de uma substância absorver calor e variar a sua temperatura em relação à sua densidade) explica porque as antigas casas coloniais, com paredes espessas, eram mais confortáveis (do ponto de vista térmico) do que as casas de hoje, com paredes finas e, portanto, de baixa capacidade térmica e elevada taxa de condução de calor. Ao transferir parte do calor para o ambiente interno da casa, o seu interior se aquece.

Em ambientes microclimáticos sombreados e úmidos, como a Gruta do Paredão, também no Pq. Estadual da Serra de Caldas, instalada numa falha geológica, em rochas metasedimentares (formação Bambuí), semelhante a um “canyon”, onde se alojou um córrego intermitente e uma densa vegetação arbórea, muito diferente do cerrado aberto dos arredores, tal qual acontece no interior de cavernas, os valores de temperatura do ar, do solo e da água, permaneceram muito próximos entre si. Na ocasião do dia 20/05/2006, às 15 h e 33 min, sob condições de tempo estável, parcialmente nublado, com nuvens do tipo Altostratus (As), prenúncio de um sistema frontal que se estabeleceria entre os dias 22 e 25, foram anotados 19,7°C na superfície do solo (solo exposto, arenoso, de cor clara e sem vegetação), 20,4°C na água, 19,5°C para a temperatura do ar úmido, 21,9°C para a temperatura do ar seco e 80% de umidade relativa do ar. No mesmo instante foi assinalado na área descampada do posto próximo ao alojamento, situado numa cota

de altitude próxima àquela da gruta (750 m), 30,7°C sobre o asfalto, 28,9°C sobre solo exposto, 23,2°C para a temperatura do ar seco e 51% de umidade relativa do ar. Portanto, as diferenças anotadas foram de 11,0° entre o asfalto e o solo da gruta; 9,2°C em relação ao solo exposto do alojamento; 1,3°C na temperatura do ar seco; e 29% na umidade relativa do ar.

Deve-se atentar para a semelhança do valor de temperatura do ar e a diferença na umidade relativa. Assim como nas regiões equatoriais ou em áreas litorâneas, embora exibam valores de temperatura do ar elevados durante todo o ano, o excesso de umidade transferido para a atmosfera garante uma condição mais próxima à isoterminia, notado pela amplitude térmica diária do ar, muito mais pronunciada no interior de áreas continentais.

Efeito semelhante é proporcionado pelas superfícies recobertas pela vegetação, principalmente junto a formações arbóreas, densas, constituída por espécies perenifólias. Na mesma ocasião, as diferenças de temperatura do ar e do solo, em dois postos situados em locais próximos, distando apenas pouco mais de 30 metros um do outro, um dentro da mata (cerradão) e outro fora, numa área descampada, foram anotadas diferenças instantâneas mínimas e máximas, durante um período de 24 h, de 14,0°C e 21,0°C (diferença de 7,0°C) para a superfície do solo dentro do cerradão; de 18,1°C e 35,3°C para asfalto (diferença de 17,2°C); e 17,4°C e 35,2°C para a superfície de solo exposto (diferença de 17,8°C). Essas diferenças transpareceram, também, nos valores máximos e mínimos de temperatura do ar seco: no interior do cerradão foram registrados 14,0°C e 23,2°C (diferença de 9,2°C) contra 13,0°C e 28,6°C na área descampada (diferença de 15,6°C). Neste caso, constatou-se que o solo exposto e compactado possui um comportamento térmico semelhante ao do asfalto. Tais meios, pelo menos naquilo que se referem aos primeiros centímetros dessas superfícies, constituem-se em bons condutores de calor quando comparados à massa vegetal e ao próprio ar, daí os elevados valores de temperatura. No entanto, a variação e o estoque de calor nesses corpos em profundidade, só ocorrem de forma perceptível apenas nos primeiros centímetros (como foi mencionado) da camada mais superficial, o que leva a uma rápida perda de calor (principalmente se essas superfícies estiverem secas) e, inclusive, ao estabelecimento de um balanço negativo de radiação. Nessas condições, quando ocorre condução de calor do ar para a superfície (durante o dia, sob condições de balanço positivo, ocorre o contrário), a temperatura da superfície torna-se mais baixa que a do ar e estabelece-se uma situação de inversão térmica.

Em certa medida, as áreas urbanas também possuem esse comportamento, principalmente quando há um elevado contraste térmico entre os valores de temperatura do ar registrados durante o dia em relação aos valores tomados à noite, ou seja, quente durante o dia e frio a noite (condição reforçada se o ar estiver seco, geralmente sob ação do Sistema Polar e/ou Polar em vias de Tropicalização e Tropicalizado). Quando há um baixo contraste térmico entre as temperaturas tomadas durante o dia e àquelas tomadas à noite, resultante de dias seguidos com valores de temperatura e umidade do ar elevadas, não se verifica o estabelecimento de um balanço negativo de radiação ao nível da superfície.

Ainda em relação aos dados tomados no Pq. Estadual da Serra de Caldas, na ocasião do dia 20 e 21/05/2006 (tabela 5.12; figura 5.7), ao comparar as tomadas de temperatura do ar e do solo efetuadas no interior do cerradão àqueles tomados no interior de um fragmento de floresta mesofítica de interflúvio⁴⁷ e de mata ciliar no Pq. Ecológico Jatobá Centenário, na cidade de Morrinhos, numa outra ocasião, no dia 04/09/2004 (tabelas 5.2, 5.3 e 5.4; figuras 5.1 e 5.2), nota-se que os valores para a temperatura do ar e do solo, a partir das diferenças entre os valores máximos e mínimos dentro do período monitorado, foram maiores para o cerradão. Embora se trate de ocasiões distintas, lembrar que as condições de tempo nas duas ocasiões eram controladas pela ação do Sistema Polar Atlântico em Processo de Tropicalização, embora o dia 04/09/2004 tenha sido marcado por valores de temperatura do ar muito elevados (atingiu 35,0°C) e baixa umidade relativa do ar (15%). Já sob as condições de tempo verificadas no dia 20 e 21/05/2006, a temperatura do ar numa área descampada próxima ao cerradão não ultrapassou 28,6°C e a mínima de umidade relativa do ar foi 35%. Nessas condições, era de se esperar que os contrastes entre os valores dos elementos avaliados nesses dois ambientes florestais, fossem semelhantes ou, até mesmo, menores para o cerradão, já que a temperatura e a umidade relativa do ar não assinalaram valores tão elevados (e baixos, no caso da umidade relativa do ar) como aqueles verificados em Morrinhos na ocasião do dia 04/09/2004.

No cerradão, para a temperatura do ar, a diferença entre a máxima e mínima foi de 9,2°C (14,0°C e 23,2°C) e no solo, sobre a superfície, a diferença foi de 4,8°C (16,0°C e 20,8°C), quando a temperatura do ar máxima registrada nesse dia, numa área descampada adjacente ao cerradão,

⁴⁷ Terminologia utilizada por Eiten (1993). A vegetação do parque pode ser considerada um fragmento de cerradão ou a sua forma clímax que é a floresta mesofítica de interflúvio, dada a predominância de elementos arbóreos de grande porte, como é o caso do Jatobá que dá nome ao parque.

foi 28,6°C. No Pq. Ecológico Jatobá Centenário, para a ocasião do dia 04/09/2004, a diferença entre a máxima e a mínima na temperatura do ar foi de 10,0°C (mínima de 19,5°C e máxima de 31,7°C) e de 2,6°C para a temperatura do solo (17,2°C e 19,8°C), quando a cidade de Morrinhos, nesse dia, registrou 35,0°C, numa ocasião extremamente seca, com umidade relativa do ar em 15%.

Ao considerar a resposta térmica e higrométrica do ar nesses dois ambientes, nota-se que o Pq. Ecológico propicia condições mais efetivas de controle microclimático. Isso se deve ao porte menor das árvores no cerradão (não, excediam em média, 6-7 metros), maior porosidade diante da circulação dos ventos e distante de cursos d'água (não havia nenhum curso d'água nas proximidades num raio aproximado de 300 metros). Já no Pq. Ecológico, além do porte mais elevado dos elementos arbóreos (no trecho onde foram realizadas as medidas, o porte das árvores ultrapassava os 15 metros), capaz de abrigar um maior volume de ar e, portanto, de ampliar a influência microclimática em altura, o solo era perceptivelmente mais úmido do que aquele do cerradão e recoberto por uma espessa camada de folhas úmidas em decomposição cuja espessura aproximava-se a 10,0 cm (no cerradão essa camada não ultrapassava 3,0 cm e as folhas estavam secas). Deve-se acrescentar que além da proximidade em relação ao curso d'água (córrego Maria Lucinda) que corta o parque (aprox. 50 metros), a disposição do relevo, convergente em relação ao córrego, favorece o confinamento do ar e, portanto, da umidade em todo o parque. O controle relativo à exposição das vertentes, neste caso, não evidenciou qualquer relação direta com o comportamento térmico em ambos os pontos, dada à semelhança em relação a esse aspecto (NW para o ponto no Pq. Ecológico e E-NE na Serra de Caldas).

No dia 04/09/2004, na área urbana de Morrinhos, os valores de temperatura superficial do solo, da temperatura do ar seco e umidade relativa do ar (tabelas 5.2, 5.3 e 5.4; figuras 5.1 e 5.2) foram obtidos sob condições de tempo estável, céu claro, sem nebulosidade (exceto pela escassa cobertura de nuvens cirrus pela manhã), forte aquecimento diurno e ar seco (umidade relativa do ar ao redor de 15% durante as horas mais quentes do dia), característico do inverno no centro-oeste brasileiro. A análise da imagem de satélite GOES, na faixa do infravermelho, para o dia 04/09/2004, obtida no site do INPE (www.cptec.inpe.br) e da carta sinótica fornecida pelo serviço meteorológico da marinha brasileira (www.mar.mil.br), mostra a presença de um imenso campo de baixa pressão sobre o estado de Goiás, associado à baixa térmica do Chaco boliviano. Segundo

Monteiro (1968), é aí que tem origem o Sistema Tropical Continental (STC) e as Instabilidades de Noroeste (INW). Embora houvesse condições físicas associadas à instabilidade, a extrema falta de umidade do ar inibia a formação de nuvens.

As tomadas simultâneas da temperatura na superfície do solo (figura 5.1), em três locais sob condições diversas de cobertura mostraram, naquela ocasião, às 12 h e 30 min, valores (máximos) de 50,4° C para o solo exposto e 41,5° C no solo sob relva baixa, nas proximidades da estação meteorológica do INMET/UEG, contra os 19,2° C obtidos no Pq. Ecológico, sobre solo sombreado e recoberto por serrapilheira (portanto, diferenças de 31,2° C e 22,3° C quando comparados, respectivamente, ao valor obtido no Pq. Ecológico).

Nessa mesma linha de pesquisa, Gouvêa (2002, p. 58-59), em outro trabalho, durante os meses de seca no cerrado (agosto e setembro de 1994 no plano piloto de Brasília), constatou para os valores de temperatura medidos junto à base de superfícies gramadas [...] “uma diferença maior entre a úmida e seca às 12 h no sol, estando mais quente a seca 14,4° C” [...]. Em outra ocasião, nesse mesmo período e nas mesmas condições, verificou uma [...] “diferença de até 17,6° C mais quente que as superfícies umedecidas” [...].

O autor atribuiu esse fato [...] “à maior capacidade de a vegetação viçosa criar sombras” [...] e defende a necessidade [...] “em termos de conforto, de se terem ambientes vegetados umedecidos” [...].

A quantidade de calor sensível disponível para aquecer o ambiente e, portanto, a camada de ar sobrejacente, revelada pelos valores mais elevados de temperatura superficial do solo e do ar é maior em áreas desprovidas de cobertura vegetal ou de corpos d’água nas proximidades (característica até certo ponto recorrente em ambientes urbanos ou mesmo em áreas rurais). Isso porque a evaporação e/ou a evapotranspiração da água consome grande parte dessa energia. Para Blair e Fite (1964, p.95-96) [...] “grande parte da energia absorvida pela água, provavelmente cerca de 30%, é usada na evaporação, deixando, por isso, de atuar na elevação da temperatura.” [...]. Essa característica está ligada ao calor específico da água, que é maior do que o de outras substâncias naturais. Para se [...] “elevar a temperatura de 500 gramas de água, cerca de 0,2° C (1°F), há necessidade de se empregar três vezes mais calor que o exigido para aquecer de 0,2° C, cerca de 500 gramas de terra.” [...]. Basta lembrar que um dado volume de água, quando aquecido

de 0,0°C a 100,0°C, consome uma determinada quantidade de energia. Para a evaporação desse mesmo volume de água, seriam necessárias seis vezes mais energia.

Sadourny (1995, p. 60) destaca que grande parte da energia enviada pelo sol durante o dia é gasto na evaporação da água o que, de outra forma, estaria disponível para aquecer o ambiente. É o que acontece nos desertos, [...] “onde a evaporação é quase nula, toda a energia solar recebida durante o dia serve para aquecer a superfície, que restitui quase imediatamente este calor às camadas inferiores da atmosfera [...]. Durante a noite, a ausência de nuvens e a secura do ar minimizam o efeito estufa” [...] o que torna mais eficaz as perdas de calor por emissividade noturna e o seu rápido e forte resfriamento.

A água, ou os ambientes onde a presença desse elemento é importante, atua de maneira a regular as oscilações de temperatura (a amplitude térmica é menor, ou seja, a diferença entre a máxima e a mínima do dia é muito menor do que em ambientes mais secos). Durante a Guerra do Kuwait, por exemplo, no início da década de 90, foi relatado pela imprensa que um dos obstáculos ao avanço das forças aliadas era as enormes variações de temperatura. Num único dia podiam ocorrer variações de 50,0°C (0,0°C pela manhã e 50,0°C nos horários mais quentes do dia). Os valores extremos, principalmente os positivos, danificavam os circuitos eletrônicos dos equipamentos bélicos.

Na área urbana também foram verificados esses contrastes na temperatura do ar seco (Evidentemente, menores do que aqueles do Iraque!), ainda que não tenham atingido os mesmos valores daqueles verificados para o solo, dada às propriedades físicas do ar. Em certa medida, o ar funciona como um isolante térmico, ou seja, não é um bom condutor de calor. Em segundo, deve-se destacar o caráter de fluidez do ar. Assim como a água, o ar traz e remove calor por convecção e advecção (movimentos verticais e horizontais do ar motivados pelo estabelecimento de um gradiente de pressão) de um ambiente qualquer para outro muito rapidamente. Isso explica por que os valores de temperatura do ar seco e de umidade relativa do ar registrados no parque ecológico em Morrinhos no dia 04/09/2004 (tabelas 5.2, 5.3 e 5.4; figuras 5.1 e 5.2), entre 13 h e 30 min e 14 h e 30 min, aproximaram-se daqueles mensurados na área urbana de Morrinhos. O parque manteve 31,7°C, enquanto os postos urbanos registravam valores superiores a 34,0°C (diferenças entre 2,6°C e 2,9°C). As diferenças quanto a umidade relativa do ar, nesse intervalo de tempo, giraram ao redor de 3% (valores mais baixos no parque). A mínima no parque foi de 19%,

enquanto que os demais postos indicaram 17% ou inferior (atingiu 15%). Lembrar que o termohigrômetro utilizado não assinalava valores inferiores a 17% (embora um deles tenha registrado 15%). A cidade de Brasília, nesse mesmo dia, registrou 13% de umidade relativa do ar.

Embora o ambiente do parque se revelasse como um bom exemplo de microclima, fato verificado principalmente nas primeiras horas da manhã quando as diferenças de temperatura do ar seco alcançaram valores superiores a 8,0°C (mais frio no parque), quando comparados aos valores registrados na área urbana. Neste caso, as propriedades de fluidez do ar aliado à relativa permeabilidade do estrato vegetal, possibilitaram o seu movimento e, por conseguinte, as trocas do calor produzido nas áreas rurais e urbanas adjacentes. Neste caso caberiam as considerações de Mendonça (2003) sobre o clima no planejamento urbano de Londrina (PR) e o papel que desempenha a geografia circunvizinha à cidade (quanto menor for a cidade) na formação de seu clima urbano. Acrescenta que os valores mais expressivos de “ilha de calor”, a partir do contraste urbano-rural, ocorreram sob a influência do Sistema Tropical Atlântico e no período de entressafra quando os solos estão descobertos e secos. A produção de calor sensível sobre tais superfícies, quando transportado pelos ventos, reforça o aquecimento do ar nas cidades. No dia 01/01/1993, às 21 h, o autor relata uma diferença noturna positiva de 10,0°C (37,0°C na cidade e 27,0°C na área rural).

Isso também se aplica ao parque ecológico. A capacidade de uma área florestal como a do parque em manter as condições microclimáticas internas ou, até mesmo, de modificar o seu entorno, decresce à medida que a mata se retrai. O contrário também pode ser admitido, no mínimo, como hipótese, ou seja, de que a generalização desse elemento pelo espaço seria capaz de influenciar o clima em outros níveis escalares de organização, como ocorre no caso da floresta Amazônica ou, em menores proporções, diante de um programa de reflorestamento urbano, envolvendo o plantio de milhares ou milhões de mudas de árvores.

As temperaturas colhidas junto à superfície do solo florestal do parque, sobre a serrapilheira úmida e sombreada pelas copas das árvores, revelaram um ambiente microclimático ainda mais característico. Os valores de temperatura colhidos nesse ambiente, durante o período monitorado (entre 8 h e 17 h), exibiu uma amplitude (diferença entre o valor máximo e mínimo do período) de apenas 2,6°C. Por outro lado, os valores de temperatura coletados sobre o solo exposto na estação do INMET/UEG, numa área descampada, traduziram uma amplitude de

26,4°C. No primeiro caso, além de estar imerso num ambiente florestal, a serrapilheira propicia uma proteção adicional frente às trocas de calor do solo com o ar (retarda o aquecimento e o resfriamento), principalmente se ela for espessa e estiver úmida (como foi mencionado), tornando menos acentuados os contrastes de temperatura do ar e do solo.

Além do sombreamento e umidade, propriedades como a capacidade térmica e o albedo dessas superfícies influem de modo significativo na manutenção de valores de temperatura mais baixos. Segundo Geiger (1961, p. 268), a capacidade calorífica (ou térmica) da massa do povoamento (neste caso, a vegetação) por unidade de área é 0,8 cal/cm².°C. Portanto, superior ao do concreto (0,2 cal/cm².°C) e próxima a da água (1,0 cal/cm².°C). Já o coeficiente de reflexão das folhas das plantas à radiação em ondas curtas, quer direta ou difusa, varia de 5 a 30% (excepcionalmente 60% para as partes brancas das folhas). Para superfícies de cimento, esse coeficiente, nesse comprimento de onda, é sempre próximo a 20%, ou seja, a planta apresenta mínimos e máximos durante o dia, dada à sua capacidade, característica dos seres vivos, de auto-regulação frente às trocas de calor com o meio ambiente, enquanto as superfícies de concreto, assim como muitos outros materiais inertes utilizados na construção civil, como asfalto, pedras, cerâmica, metais, areia etc., não apresentam tal qualidade.

Isso também foi observado na área urbana de Indiará, no dia 24/10/2004, ao voltar de Paraúna, às 14 h e 30 min, num dia ensolarado, parcialmente nublado (3/8), quando foram registrados 33,3°C para a temperatura do ar seco, 47,8°C na superfície de asfalto de uma rua, 43,8°C na calçada sobre concreto, 31,6°C no solo sob gramado verde e baixo e 27,4°C no solo sob o mesmo gramado, mas sob a sombra de um arbusto de aproximadamente 1,0 metro de altura. Uma diferença de 20,4°C quando comparado o dado deste último ambiente com aquele coletado à superfície de asfalto. Uma condição semelhante foi observada, no mesmo local, no dia 18/06/2006, sob condições de tempo semelhantes: 31,9° C para a temperatura do ar; 24,5° C na superfície do solo, sob cobertura de arbusto, num canteiro central de rua; 42,3° C sobre o asfalto; e 47,9° C sobre o concreto da calçada. Embora o concreto fosse de cor cinza clara (e, portanto, de albedo mais elevado do que o asfalto), a sua temperatura foi maior que a do asfalto, pois se apresentava como um corpo compacto. Já o asfalto recém colocado era poroso e o ar, em certa medida, atua como isolante térmico. Tais características refletem-se nas características de condução e armazenamento de calor do material.

Nos casos citados, atentar para o papel da água frente às variações de temperatura do ar e do solo, conforme aponta Mota (1981, p.245), citando Gates (1955), [...] “a transpiração de apenas 0,005 g de água por cm² por minuto provoca uma perda de energia de 0,3 calorias. Isto pode resfriar uma folha em transpiração em até 15° C” [...] e, conseqüentemente, a quantidade de calor sensível disponível para aquecer o ambiente também será menor.

Voltando ao Parque Estadual da Serra de Caldas, entre os dias 20 e 21/05/2006, sob condições de tempo estáveis, quente, mas com nebulosidade crescente (a presença de altostratus com 4/8 de recobrimento do céu à tarde, anunciava a mudança nas condições de tempo, decorrente da aproximação de um Sistema Frontal, que se estabeleceria entre os dias 23 e 26, acompanhado de chuvas). É interessante, também, a comparação entre os valores de temperatura do solo tomada em profundidade (25 cm) com aquelas em superfície, num período de tomadas contínuas, ininterruptas, em intervalos de 30 minutos, das 10 h e 30 min do dia 20 às 10 h do dia 21 (tabela 5.12; figura 5.7): a primeira registrou uma variação entre 17,1°C e 20,0°C, enquanto os valores tomados sobre o solo exposto a variação de temperatura foi de 17,4°C a 35,2°C, no asfalto foi de 18,1°C e 35,3°C, sobre o solo com uma fina camada de folhas mortas, úmido e sombreado de dentro do cerradão, a temperatura variou entre 14,0°C e 21,0°C e no solo sob relva baixa (capim brachiária) em ambiente aberto, a temperatura variou de 16,6°C e 20,1°C. Dento do cerradão a temperatura do ar variou entre 14,0°C e 23,2°C e a umidade relativa do ar entre 46% e 82%, enquanto fora do cerradão, em ambiente aberto, a temperatura do ar variou entre 12,3°C e 27,5°C e a umidade relativa do ar entre 35% e 92%.

Apesar das enormes diferenças de temperatura verificadas, observa-se, mais uma vez, que os fatores variaram na explicação de cada um dos fenômenos e, mais do que isso, há uma inter-relação entre fenômenos de escalas diferenciadas que atuam como controle na edificação das respostas térmicas e higrométricas de cada espaço. A perda radiativa noturna do solo exposto, no posto da área descampada na Serra de Caldas (dias 20 e 21/05/2006), guarda uma estreita relação com fatores topoclimáticos, ligado ao escoamento de ar ao longo das vertentes, já que esse posto localizava-se numa vertente, próximo ao sopé da serra (foi verificado, inclusive, no dia 21 por volta das 6 h, uma densa camada de nuvens estratificadas junto à superfície, sobre a extensa área rebaixada, onde está localizada a cidade de Caldas Novas, entre a Serra de Caldas e a Serra da Matinha, situada aprox. 15-16 km a leste da Serra de Caldas), diferente do posto sob o cerradão,

cujas condições microclimáticas propiciadas pela proximidade das copas das árvores inibiam a entrada de radiação solar direta e a saída de calor. O volume de solo onde fora tomado a temperatura do solo em profundidade (25 cm), também reproduz o efeito propiciado pela mata, no sentido de inibir as trocas de calor, embora o fator associado seja outro.

No que diz respeito à produção de calor antropogênico, e que também guardam uma estreita relação com ambientes microclimáticos, foram realizadas tomadas de temperatura do ar em dois momentos. Um deles, no dia 31 de dezembro de 2005, na Avenida Paulista, no momento da largada da corrida de São Silvestre, defronte ao Masp, às 17 h e 10 min, a temperatura do ar seco, tomada a 1,5 m do asfalto com o psicrômetro de aspiração, assinalou 29,1°C. No mesmo instante, no Jd. das Rosas, sob as mesmas condições de tempo, foram anotados 29,2°C. As características de tempo apontavam para um típico dia de verão: ensolarado, quente, com nebulosidade crescente durante o dia e “pancadas” de chuva ao final da tarde.

A prova reuniu 15 mil inscritos e o tempo decorrido, do momento da largada, às 17 h e 05 min, até a estabilização da coluna de mercúrio do psicrômetro, às 17 h e 10 min, foi seguida lado a lado pela passagem dos corredores pela pista da Paulista que dá acesso à Avenida da Consolação. A semelhança dos dados nas duas tomadas foi quebrada pela flutuação de 0,2°C a 0,4°C na coluna de mercúrio na Avenida Paulista, durante o intervalo de mensuração, conforme passavam os corredores. A estabilização da temperatura coincidiu com o tempo necessário para “desafogar” a fila dos participantes da prova, à medida que os primeiros ampliavam a distância em relação aos demais.

Esse fato já fora notado anteriormente por Jardim (1998, p.53) nas tomadas em pontos com intensa movimentação de veículos:

[...] Por ocasião da leitura das 15 h, horário de grande movimento de veículos nesse setor, notava-se uma oscilação momentânea de dois a seis décimos de grau a mais na temperatura do ar seco, obrigando o observador há dedicar um tempo maior para a leitura, a fim de que a coluna de mercúrio do termômetro se estabilizasse [...] o ar contido entre o corredor de veículos (principalmente quando da passagem de ônibus e caminhões) e o muro, apresentava, por alguns instantes, características térmicas bastante diferenciadas do entorno próximo, motivada pela produção de calor dos motores dos automóveis [...]

Numa outra situação, esta no dia 18 de abril de 2006, entre 8 h e 30 min e 9 h, também num local com grande aglomeração de pessoas, só que desta vez em ambiente confinado, dentro

do metrô de São Paulo em horário de “pico” (neste caso, quando as pessoas iam para o trabalho), notou-se um efeito que pode ser caracterizado por “amplificação” do fenômeno (retroação positiva ou reforço da tendência de aquecimento) motivada, essencialmente, pelo metabolismo humano. Considerar, dentre os componentes mais comuns que participam do balanço de radiação, que a produção de calor metabólico é sempre positiva, diferente dos demais componentes como o balanço entre ondas curtas e longas, calor latente, calor sensível, as trocas de calor com a superfície por condução, as variações no armazenamento de energia e as variações associadas ao transporte advectivo de calor, que podem ser tanto positivas quanto negativas.

Nesse dia, inclusive, sob a influência do Sistema Polar Atlântico, numa de suas primeiras incursões seguidas de considerável queda na temperatura do ar, ainda no outono, após a passagem do Sistema Frontal (os dois dias anteriores foram marcados por céu totalmente encoberto e garoa), às 8 h e 30 min, no terminal de ônibus do metrô Tatuapé, foi registrado 18,2°C. Logo em seguida, já dentro do metrô (da estação Tatuapé, na zona leste, até a Sé, no centro velho da capital, decorrem aproximadamente 15 minutos), os valores de temperatura do ar assinalaram uma marcada tendência de aumento, interrompido apenas em alguns instantes quando se abriam as portas do metrô para embarque e desembarque de passageiros. Na estação Brás foi anotado 25,0°C (6,8°C a mais em relação ao dado anterior, tomado fora do metrô). Daí até a Sé, a temperatura do ar acusou elevação de 2,0°C, quando o termômetro registrou 27,1°C (portanto, uma diferença de 8,9°C em relação aquela primeira medida mencionada). Na estação República, já fora das dependências do Metrô, na confluência da rua Barão de Itapetininga com a rua Ipiranga, defronte à Praça da República, foi assinalado 17,0°C (diferença de 10,0°C em relação aquela da Sé).

Entretanto, deve-se atentar para o seguinte fato: na estação Brás, entroncamento das linhas do metrô com as linhas dos trens de subúrbio, a baldeação de passageiros é gratuita e, conseqüentemente, muitas pessoas embarcam ali. Aliás, às vezes, mais do que em qualquer outra estação. Nessas condições, o metrô literalmente “entope” de gente e o número de passageiros atinge a marca de sete pessoas por metro quadrado de área. Em outras palavras, é nessas situações que os controles associados à ação antrópica encontram condições de se exprimirem. Mesmo naquela ocasião da São Silvestre, em ambiente aberto, essa influência não é tão nítida.

Diante desses fatos, há que se destacarem dois aspectos: 1) o controle momentâneo da produção de calor, liberado tanto pelo metabolismo humano quanto pela atividade automotriz e 2) a capacidade da atmosfera em absorver o impacto térmico, relativo à produção de calor (capacidade de auto-regulação do sistema), mesmo imerso num “canyon” urbano ou no vale de um rio. A dilatação da parcela de ar à medida que ela se aquece e o seu conseqüente resfriamento em altitude, abre margem para que haja o desencadeamento de movimentos convectivos e advectivos locais e a sua substituição por outra parcela de ar com características diferentes. Trata-se, portanto, de um mecanismo de retroação negativa (interrupção da tendência de aquecimento). A mesma comparação fornece um ambiente controlado por refrigeração, só que neste caso há um reforço nas condições de resfriamento.

Um balanço geral das situações descritas mostra que no nível micro e topoclimático, seja numa cidade, numa área rural ou florestal, a regra é a imensa variedade de climas. E a menos que o autor tenha claro em mente as características do fenômeno e o significado em termos de ordem de grandeza daquilo que ele está avaliando, corre-se o risco de propor ações não condizentes com as características e natureza do objeto. As condições descritas, estreitamente ligadas a fatores de ordem micro e topoclimáticas, transparecem de forma mais clara no nível escalar 03 (figura 5.8). A essa escala, o comportamento dos elementos climáticos revela um profundo comprometimento com os controles de superfície, daí os elevados contrastes nos valores de temperatura e umidade do ar entre localidades próximas. E aí, mais do nunca, faz sentido a crítica de Monteiro (1990b) em relação à inadequação da técnica de traçado de isotermas sobre áreas urbanas, principalmente quando se utiliza dados de temperatura obtidos no volume de ar compreendido entre a superfície e o “canopy layer” ou o nível marcado pela altura da cobertura dos edifícios. Ainda para o mesmo autor (Idem, 1990b, p.64) [...] “adentrar a cidade para sondar-lhe o clima significa avaliar as alterações ou derivações de propriedades que o ar sofre no interior deste organismo urbano, complexo fato sócio-econômico edificado segundo o cabedal tecnológico-cultural da sociedade a partir dos recursos diretos ou indiretos (mesmo remotos) da natureza” [...].

Significa, também, que nesse nível escalar o pesquisador está literalmente imerso no “caos”, confirmado pelo comprometimento dos elementos climáticos com uma imensa variedade de controles em superfície. A mesma constatação levou Monteiro (1999, p.25) a denominar os eventos climáticos produzidos nessa escala como “climas especializados”:

[...] Esta idéia de diversificar (zonal), organizar (regional) e especializar (local) na definição geográfica dos climas parece-me fundamental, sobretudo quando se focaliza o papel da influência do Homem sobre eles [...] Outro aspecto importante a registrar é a consideração de que o “dividir” é tarefa infinita e sua importância levou à consideração recente (e preciosa) da geometria “fractal”. Assim, quando chegamos à escala local, ou seja, um dado “ponto” sobre a superfície terrestre, continental, podemos recomeçar a operação, subdividindo os climas locais: topoclimas, mesoclimas e microclimas. E, do mesmo modo, seguindo o mesmo raciocínio, podemos fracionar o clima local na mesma ordem: topo (diversificação), meso (organização) e microclimas (especialização).⁴⁸

Nesse nível escalar e sob as circunstâncias ambientais descritas nas situações retratadas, é que aparecem diferenças de temperatura de 10,0°C. As condições de tempo geralmente associadas ao seu estabelecimento respondem pelos tipos de tempo anticiclônicos (Anticiclônico Polar em Processo de Tropicalização ou Tropicalizado e o Anticiclônico Tropical Dinâmico do Atlântico), estáveis, sem ventos ou com ventos de baixa intensidade (aragem, brisa leve), com moderado a forte aquecimento diurno (normalmente quando a temperatura do ar atinge valores superiores a 22,0°C.). Nessas condições, o componente do balanço de energia associado à “transferência líquida de calor horizontalmente⁴⁹” pela massa edificada através dos ventos é nulo ou desprezível e, conseqüentemente, o calor armazenado é cedido na forma de calor sensível (principalmente) e por condução (secundariamente) ao ar circundante e para o ambiente próximo. Deve-se considerar que as condições de calmaria requeridas, propícias à estruturação de micro e topoclimas, se revestem de um caráter horário no clima local paulistano. Segundo o relatório anual “Observações de superfície efetuadas na estação meteorológica” do IAG-USP para o ano de 2000, as médias diárias de velocidade dos ventos na capital variaram de 1,2 km/h no dia 12/06 a

⁴⁸ Em relação a essa citação, deve-se anotar que o autor considerou as seguintes categorias taxonômicas de clima, inferiores à escala local: topoclima, mesoclima e microclima, diferente da divisão original proposta pelo mesmo autor em outro trabalho (MONTEIRO, 1975), aonde o mesoclima vêm antes do topoclima (mesoclima, topoclima e microclima). Não foi possível averiguar se isso resultou de um descuido na elaboração do texto impresso, de onde foi extraída a citação, ou se reflete uma atitude intencional. Na presente pesquisa, optou-se pela seqüência contida na proposição original.

⁴⁹ Termo utilizado por Vide (1999, p.48). Dentre as várias situações descritas pelo autor, cada qual traduzida por uma equação relativa ao balanço de calor, aquela que melhor se encaixa perante as características físico-ambientais encontradas no baixo vale, comentadas de forma mais detalhada adiante no texto, envolveria os seguintes componentes: $\pm Q^* = \pm Q_H \pm Q_E \pm Q_G \pm \Delta Q_S = 0$, onde $\pm Q^*$ responde pelo balanço de radiação de ondas curtas e longas, $\pm Q_H$ é o calor sensível; $\pm Q_E$ é o calor latente, $\pm Q_G$ é o calor recebido ou cedido ao solo por condução e $\pm Q_S$ responde pelas variações da energia armazenada. Na comparação entre o baixo e o alto vale, o componente relativo ao calor latente, envolvido nas mudanças de estado físico da água, em detrimento da quantidade de calor sensível, assume maior importância no alto vale dada a maior porcentagem de vegetação nesse setor da bacia. A quase ausência desse elemento no baixo vale e a elevada densidade de edifícios, aponta para uma maior participação dos componentes relativos ao calor sensível, responsável pela variação da temperatura do ar e dos objetos materiais, e à energia armazenada.

11,2 km/h nos dias 04/02 e 30/06, embora o valor mais recorrente situe-se entre 5,0 e 6,0 km/h (1,4 e 1,7 m/s).

Outro fator importante é a presença de água (associada à umidade do solo, do ar e à biomassa vegetal) e condições de sombreamento (natural, dada pela vegetação e pelo relevo, e produzida artificialmente), além do volume e densidade dos materiais expostos (objetos de dimensões amplas, dotados de elevado valor de massa, podem funcionar como escoadouros de calor) que confere a esses ambientes microclimáticos uma elevada capacidade térmica, e faz com que esses ambientes demorem em responder às variações nos fluxos de entrada e saída de radiação e, conseqüentemente, das variações de temperatura. O contrário também é válido, em relação a objetos menos volumosos, como no caso do solo seco, em que a radiação solar interage apenas com os primeiros centímetros a partir da superfície e por isso aquece (atinge temperaturas muito elevadas, às vezes próximas ou superiores a 50,0°C) e resfria-se rapidamente.

Embora a temperatura do ar guarde uma estreita relação com o aquecimento da superfície, deve-se lembrar que essa mesma superfície constitui-se num imenso mosaico de material, formas e funções. O que influi, decididamente, no movimento desse ar ao criar uma infinidade de pequenas áreas de altas e baixas pressões: a elevação do ar sobre pontos mais quentes força a sua substituição por parcelas mais frias, a assim sucessivamente de forma ininterrupta, a menos que o ar encontre-se numa situação de extrema estabilidade, caso das inversões térmicas ou mesmo em dias quentes, sem ventos, em áreas situadas em fundo de vale.

Mesmo o papel da vegetação deve ser relativizado na manutenção de um ambiente urbano termicamente favorável ao ser humano. Áreas com o predomínio desse elemento podem ser tanto mais frias quanto mais quentes. No caso dos extensos gramados, é óbvio que cumprem sua função no que diz respeito à infiltração da água no solo, na época das chuvas, mas se a intenção for a dissipação do calor, o que deveria ser requerido nos trópicos, tendo em conta o excedente natural de calor em praticamente todo o ano, resultante de um balanço positivo de radiação, dever-se-ia privilegiar os elementos arbóreos perenifólios.

A seleção dos elementos arbóreos para as cidades instaladas em clima tropical de planalto, com a finalidade de propiciar sombreamento dos caminhos de pedestres, segundo Gouvêa (2002), deve privilegiar espécies da vegetação nativa, com folhagem média a pequena e de copa perene. As características da mata do Parque Ecológico de Morrinhos, propiciam condições de

sombreamento e manutenção da umidade do ar, muito superiores aos daquela encontrada numa mancha de cerradão de topo de interflúvio do córrego Capim (área rural do município de Morrinhos, distante aprox. 15 quilômetros a oeste da área urbana de Morrinhos), de menor dimensão, com predominância de espécies com troncos finos (DAP médio igual ou inferior a 20 cm), marcada presença de espécies decíduas e semi-decíduas, sem sub-bosque ou a presença de nascentes por perto. Tais características facilitam a circulação do vento e a entrada da radiação solar direta e difusa. Os valores de temperatura registrados nessa mata (tabela 5.5; figura 5.2) foram, inclusive, ligeiramente superiores aos daqueles registrados à sombra de um buriti parasitado por uma gameleira isolado no meio do pasto. A maior diferença, registrada às 11 h e 45 min, remontou a 1,7°C (31,3°C no cerradão e 29,6°C no pasto, num dia quente e seco de inverno, sem nuvens, em 21/08/2004).

Nesse caso, além de facilitar a incidência de radiação solar direta, há um acréscimo de radiação difusa⁵⁰ (e que deve ser adicionada à radiação solar direta), decorrente da cor clara da madeira aparentemente seca e da disposição aberta dos troncos e galhos das árvores desprovidas da folhagem. Este último age como se fosse uma “armadilha térmica⁵¹” ou anteparo frente à saída da radiação: cada vez que a onda incide sobre a superfície dos galhos e troncos, ocorre aquecimento, quando, então, ela é desviada em direção a outra superfície, que também se aquece. Isso ocorre todas as vezes que a radiação incide sobre uma superfície. O somatório das inúmeras vezes que o feixe de radiação incide sobre essas superfícies deve ser adicionado ao balanço de radiação e, conseqüentemente, contribui para o maior aquecimento do ar verificado.

Ao que tudo indica os controles ou fatores associados a essa condição, incluíram a penetração da radiação difusa (somada à radiação direta) e a circulação do ar por entre a vegetação do cerradão seco, provenientes das áreas de pasto adjacentes. O buriti parasitado pela gameleira, mesmo isolado no pasto, proporcionava condições de sombreamento mais efetivas. Por outro lado, o solo sob o cerradão permaneceu mais frio do que o solo do pasto, na ocasião revirado para plantio, sem qualquer tipo de cobertura e exposto à radiação solar direta. O solo do cerradão possuía uma fina camada de folhas secas em toda a sua extensão, capaz de inibir as

⁵⁰ Uma observação que apóia essa afirmação refere-se à claridade dentro do cerradão seco e que não permitia a definição de sombras dentro da mata. Fora da mata, na área de pasto, as sombras eram perfeitamente delimitáveis pelos sulcos na terra produzidas pelo trator para o posterior plantio.

⁵¹ Termo utilizado por Cometta (2000) ao discutir o esquema de funcionamento dos coletores solares. Os polígonos de vidro dos painéis solares exercem o papel de “armadilha térmica”.

trocas de calor do solo com o ar (ainda que de forma menos efetiva que aquela da mata do Parque Ecológico em Morrinhos, onde a serrapilheira permanecia úmida).

Ainda no caso dos microclimas, pode-se dizer que a temperatura do ar medida no interior de uma casa guarda muito menos relações com as características do clima local do que o valor de temperatura tomado ao ar livre, numa área descampada, nas proximidades dessa mesma casa. Embora o elemento mensurado seja o mesmo (temperatura do ar), os fatores (ou controles) envolvidos na sua estruturação e, portanto, na gênese desse clima, são diferentes. Enquanto o primeiro guarda estreitas relações com as características de propagação de calor dos materiais utilizados na construção civil do interior da casa e com a presença e o trânsito de pessoas, o segundo prende-se a fatores como as características das vertentes (forma, declividade e exposição), orientação dos vales, proporção entre áreas verdes e construídas etc.

O exemplo da casa é bastante elucidativo, pois impõe um “limite” à análise geográfico-climatológica. Não dá para falar em fatores de ordem geográfica do interior de uma residência, mas em fatores ou controles de ordem arquitetônica. Menos, ainda, de uma geografia do universo “quântico”. Da mesma forma, na outra ponta da escala, ainda não há uma geografia do planeta Marte, do sistema solar ou da Via Láctea. Pode ser que num futuro não tão distante, o ser humano veja a noção de “espaço geográfico” ampliado para além do nosso planeta, mas, até que isso aconteça, tal não passa de ficção e, fatalmente, a análise geográfica deve situar-se entre a escala humana (1:1) e aquelas cartas de representação do mundo, ilustrada pelos atlas geográficos.

Considerando as especificidades dos microclimas em regiões tropicais úmidas, poder-se-ia sugerir correções, com a finalidade de se obter um ambiente termicamente mais confortável, segundo Santana (1997), com o sombreamento nas calçadas com árvores e a inclusão de detalhes especiais dos edifícios. Entretanto, deve-se alertar que as considerações da autora são válidas para esse nível de organização climática, entre a superfície e o “canopy layer”. Modificações no comportamento térmico de uma cidade, nos níveis escalares superiores (topoclimáticos, mesoclimáticos e locais), exigiriam outras estratégias, além daquelas relativas à simples generalização do elemento arbóreo pelo espaço urbano, freqüentemente citado nos trabalhos de climatologia urbana.

A noção de escala geográfica, muito mais complexa do que a noção de escala cartográfica (relação numérica entre o que está expresso no papel e no terreno), envolve a relação de grandeza

dos fenômenos ou a magnitude dos eventos. O entendimento desse conceito está no cerne da compreensão dos mecanismos que permitem distinguir as características e a gênese dos fenômenos climáticos. Embora a noção de escala não explique o fato, ela permite diferenciar, por exemplo, a influência de fatores ligados ao clima local daquelas ligadas aos fatores de ordem microclimáticas. A escala não define, ela situa, ou seja, [...] “coloca em evidência relações, fenômenos, fatos que em outro recorte não teriam a mesma visibilidade” [...] (CASTRO, 1995, p.135). Enquanto o primeiro (nível local) exerce influência na definição de diferentes faixas altitudinais de vegetação, por exemplo, o segundo (nível do geótopo, microclimático) influencia a formação de diferentes fácies de vegetação dentro dessas faixas altitudinais. É a mesma noção que permite diferenciar, também, processos morfogenéticos ligados à categoria das vertentes, daqueles ligados a fatores de ordem morfoestruturais, à escala das grandes províncias geomorfológicas (Depressão Sertaneja, Planície Amazônica etc). Só que esse espaço que a escala situa, não é um espaço limitado à sua forma ou aparência é, antes de tudo, um espaço de relações. Portanto, [...] “tão importante quanto saber que as coisas mudam com o tamanho, é saber como elas mudam, quais os novos conteúdos nas novas dimensões” (Idem, p.137). Ou seja, deve-se considerar que a mudança de escala envolve mudanças qualitativas na natureza e no comportamento do objeto (fatores envolvidos na produção e sustentação do fenômeno, num dado intervalo de tempo) e, portanto, do nível de análise (procedimentos adotados para se atingir a compreensão em torno daquilo que se quer saber algo a respeito).

O homem não possui condições de modificar a circulação atmosférica, ao nível dos grandes centros de ação anticiclônicos e depressionários, por uma simples questão de ordem de grandeza. De acordo com Monteiro (2000, p.53),

[...] a capacidade do homem de alterar o clima (e os sistemas naturais) não se deve a uma ação direta na atmosfera, cujo comportamento obedece a comandos bem mais superiores (à escala do globo), mas a uma ação indireta, ou seja, à atuação na cobertura biótica da crosta terrestre, principiando pela comunidade vegetal [...]

A substituição descontrolada de extensas áreas florestais por empreendimentos agropecuários e urbanização, pode alterar significativamente o balanço de energia a favor de modificações nas propriedades de albedo das superfícies, incremento da disponibilidade de calor sensível com o emprego abusivo e de forma inadequada às condições climáticas dos trópicos, de

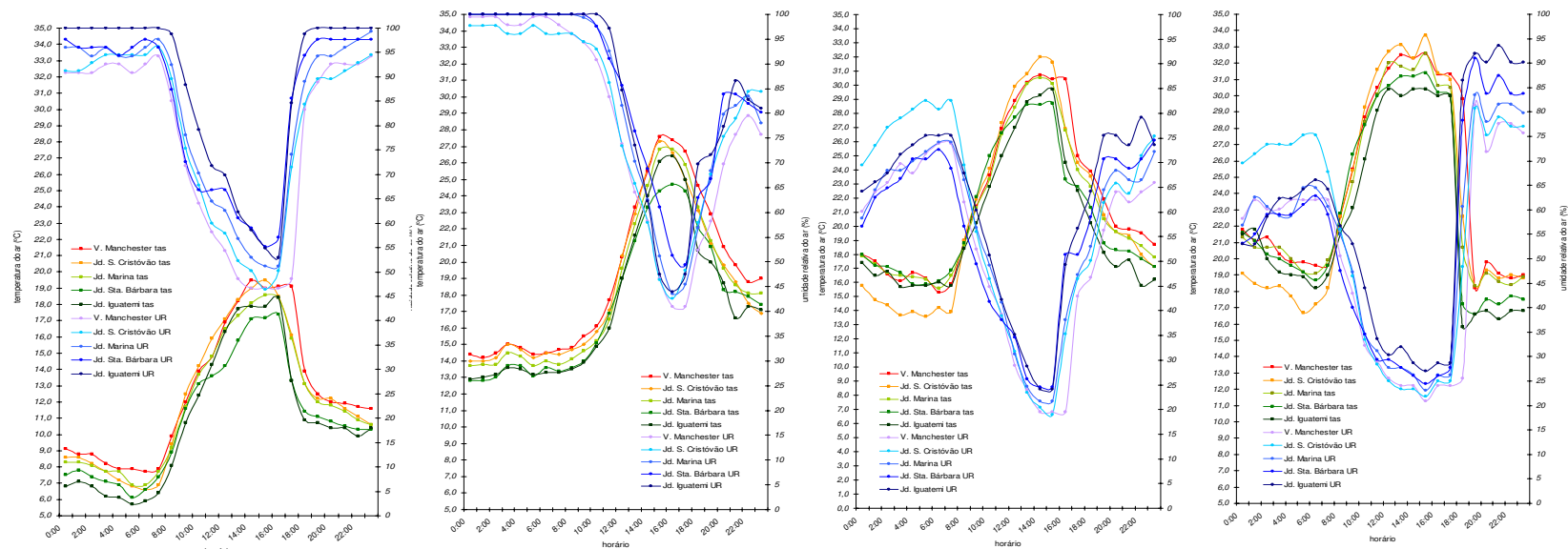


Gráfico 06 - Comportamento térmico e higrométrico do ar na bacia do rio Aricanduva, sob a influência do tipo de tempo Anticiclônico Polar Oceânico, no dia 05/08/2000 (tas: temperatura do ar seco; UR: umidade relativa do ar).

Gráfico 07 - Comportamento térmico e higrométrico do ar na bacia do rio Aricanduva, sob a influência do tipo de tempo Anticiclônico Polar em Processo de Tropicalização, no dia 20/08/2000 (tas: temperatura do ar seco; UR: umidade relativa do ar).

Gráfico 08 - Comportamento térmico e higrométrico do ar na bacia do rio Aricanduva, sob a influência do tipo de tempo Anticiclônico Polar Tropicalizado, no dia 24/08/2000 (tas: temperatura do ar seco; UR: umidade relativa do ar).

Gráfico 09 - Comportamento térmico e higrométrico do ar na bacia do rio Aricanduva, sob a influência do tipo de tempo associado à Instabilidade Pré-Frontal, no dia 26/08/2000 (tas: temperatura do ar seco; UR: umidade relativa do ar).

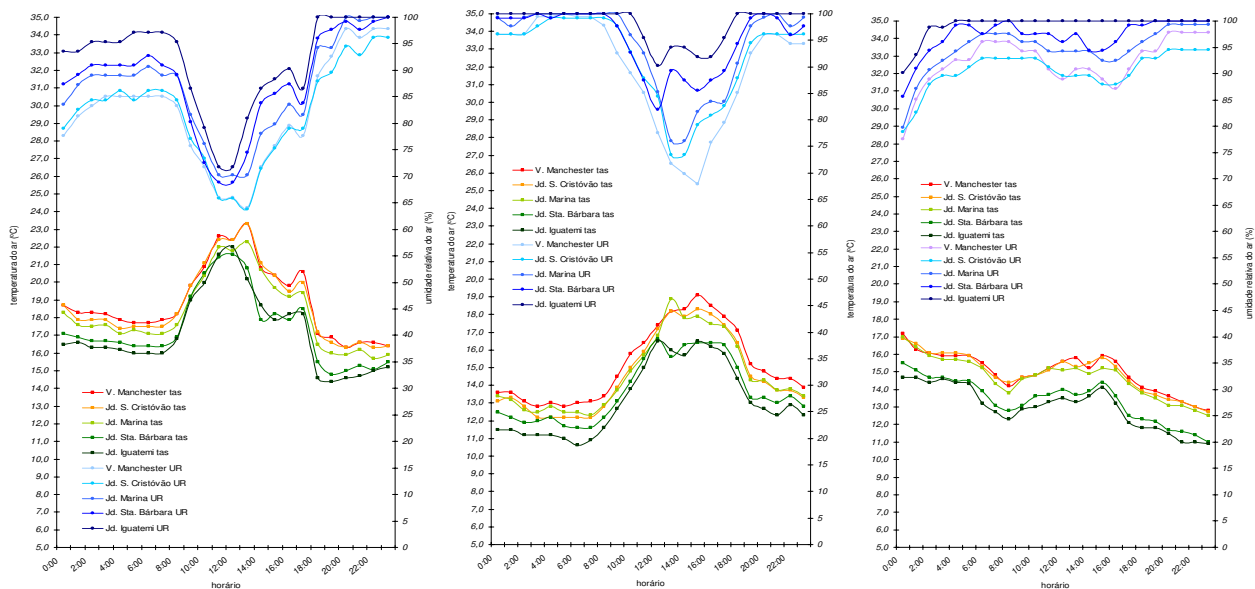


Gráfico 10 - Comportamento térmico e higrométrico do ar na bacia do rio Aricanduva, sob a influência do tipo de tempo Frontal Ciclônico, no dia 27/08/2000 (tas: temperatura do ar seco; UR: umidade relativa do ar).

Gráfico 11 - Comportamento térmico e higrométrico do ar na bacia do rio Aricanduva, sob a influência do tipo de tempo Frontal Encoberto Estável, no dia 29/08/2000 (tas: temperatura do ar seco (oC); UR: umidade relativa do ar).

Gráfico 12 - Comportamento térmico e higrométrico do ar na bacia do rio Aricanduva, sob a influência do tipo de tempo Frontal Chuvoso, no dia 10/09/2000 (tas: temperatura do ar seco; UR: umidade relativa do ar).

Fig. 5.3 - Tipos de tempo e comportamento térmico e higrométrico do ar na Bacia do rio Aricanduva: situações representativas da sequência de inverno do ano 2000.

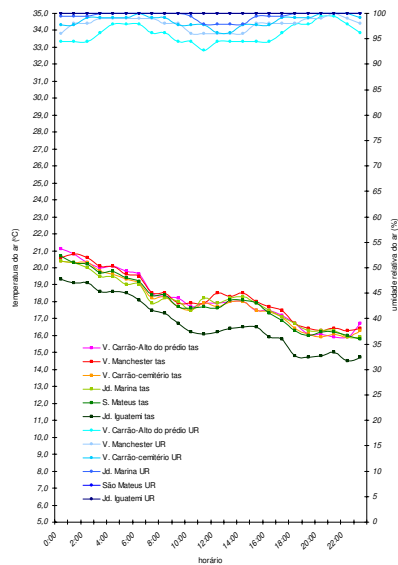


Gráfico 13 - Comportamento térmico e higrométrico do ar na bacia do rio Aricanduva, sob influência do tipo de tempo Frontal Chuvoso, no dia 14/11/2000 (tas: temperatura do ar seco; UR: umidade relativa do ar).

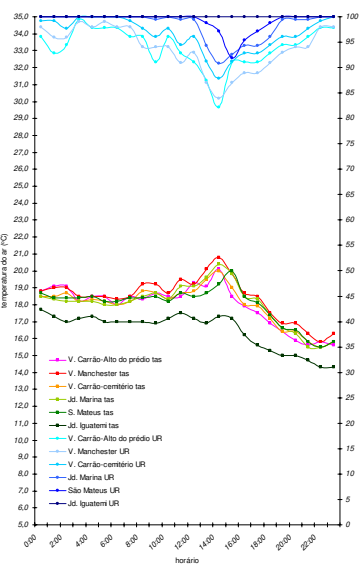


Gráfico 14 - Comportamento térmico e higrométrico do ar na bacia do rio Aricanduva, sob influência do tipo de tempo Frontal Chuvoso e Frontal Encoberto Estável, no dia 01/12/2000 (tas: temperatura do ar seco; UR: umidade relativa do ar).

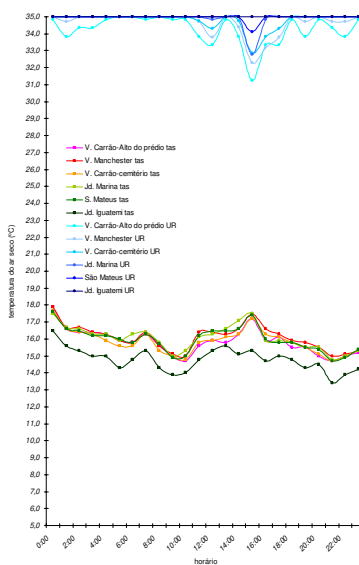


Gráfico 15 - Comportamento térmico e higrométrico do ar na bacia do rio Aricanduva, sob influência do tipo de tempo Frontal Chuvoso, no dia 17/12/2000 (tas: temperatura do ar seco; UR: umidade relativa do ar).

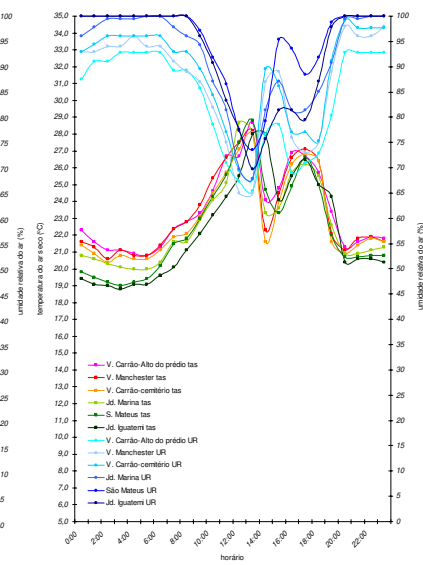


Gráfico 16 - Comportamento térmico e higrométrico do ar na bacia do rio Aricanduva, sob influência do tipo de tempo Depressoriário Continental (situação Pré-Frontal), no dia 14/12/2000 (tas: temperatura do ar seco; UR: umidade relativa do ar).

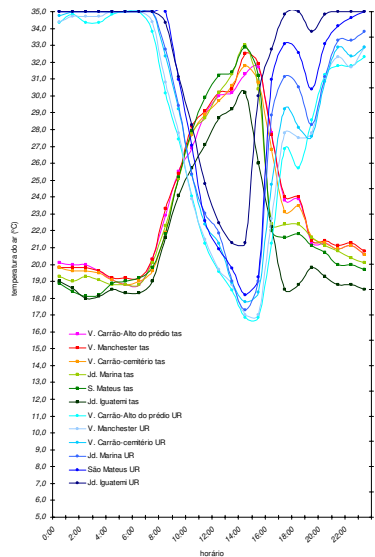


Gráfico 17 - Comportamento térmico e higrométrico do ar na bacia do rio Aricanduva, sob influência do tipo de tempo Anticiclônico Polar Tropicalizado e Depressoriário Continental, no dia 28/11/2000 (tas: temperatura do ar seco; UR: umidade relativa do ar).

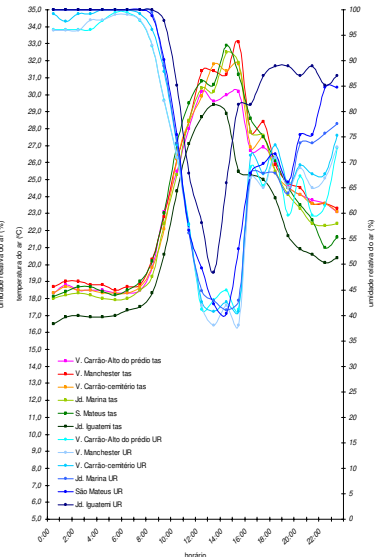


Gráfico 18 - Comportamento térmico e higrométrico do ar na bacia do rio Aricanduva, sob influência do tipo de tempo Anticiclônico Polar Tropicalizado e Depressoriário Continental, no dia 03/12/2000 (tas: temperatura do ar seco; UR: umidade relativa do ar).

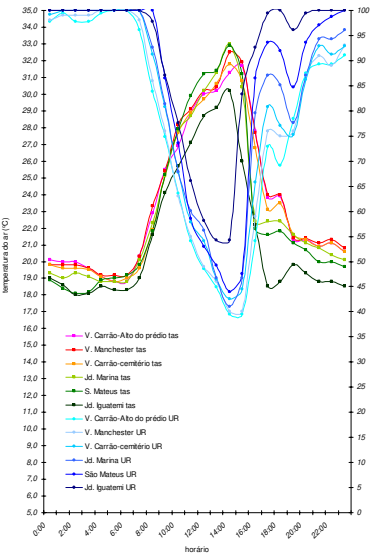


Gráfico 17 - Comportamento térmico e higrométrico do ar na bacia do rio Aricanduva, sob influência do tipo de tempo Anticiclônico Polar Tropicalizado e Depressoriário Continental, no dia 28/11/2000 (tas: temperatura do ar seco; UR: umidade relativa do ar).

Fig. 5.4 - Tipos de tempo e comportamento térmico e higrométrico do ar na Bacia do rio Aricanduva: situações representativas da sequência de primavera do ano 2000.

materiais como o cimento, ferro e vidro na construção civil, diminuição das taxas de evapotranspiração e fixação de CO₂, aumento na quantidade de material particulado no ar etc.

A discussão sobre qual o nível de análise adotar, diante da compreensão do fenômeno geográfico, sempre esteve presente ao longo do desenvolvimento da geografia. La Blache privilegiava a região, M. Sorre, o local. Nenhum deles estava errado. Os objetivos do pesquisador é que vão determinar a escala a ser adotada. Na climatologia, alguns autores arriscaram definir certas categorias de eventos e enquadrá-las dentro de certos limites. Geiger (1961, p. 05) define os microclimas como a [...] “camada de ar inferior à altura convencionada de cerca de 2 m” [...]. A justificativa dada pelo autor refere-se à altura do ambiente interno dos abrigos meteorológicos onde ficam dispostos os instrumentos de medidas e que [...] “a esta altura se conseguia escapar à maior parte das influências acidentais dos locais de observação escolhidos” [...]. E quando se trata do ambiente sob as copas das árvores numa densa formação florestal como aquela encontrada na Amazônia? Não raramente, muitas espécies ultrapassam os 30 m de altura. Os centros de grandes cidades como São Paulo, New York e Tóquio, tomados por elevados edifícios, também propiciam condições de relativo confinamento do ar. Essas condições de “confinamento” proporcionadas pelo dossel arbóreo e urbano forçaram, inclusive, a adoção do “sky view factor”, variável relacionada ao grau de obstrução do céu frente à entrada de radiação solar, como controle nos estudos em escala micro e topoclimática de áreas urbanas e naturais.

Portanto, não parece adequado imprimir limites rígidos aos espaços climáticos quanto aquele adotado por Geiger. Para uma melhor compreensão daquilo que representam os microclimas é fundamental entender o conceito de “escala espacial” e “temporal” na definição dos fenômenos climáticos e a relação entre os “controles de superfície” com os “elementos atmosféricos”. Os elementos, segundo Armani (2004, p.76), responderiam pelas [...] “propriedades que descrevem o estado físico de uma parcela de ar” [...] e os fatores ou controles seriam [...] “as características físicas, biológicas, humanas do espaço que transformam as propriedades” [...] dessa parcela de ar. Além de ser fundamental [...] “conhecer a natureza do espaço contido em cada realidade climática” [...] (Idem. p.77), deve-se considerar que isso muda com o tempo e a grandeza espacial em foco.

5.2 Considerações a respeito da relação entre a temperatura do ar, umidade do ar, pressão atmosférica e os ventos a partir de comparações entre dois bairros na bacia do rio Aricanduva

A pressão atmosférica se traduz pelo peso do ar sobre a superfície terrestre (ou, evidentemente, sobre qualquer corpo sob e/ou imerso na atmosfera da Terra). O peso, neste caso, enquanto produto da relação entre a sua massa e a força gravitacional, uma vez que a atmosfera é um corpo material e, como tal, possui massa e está sujeita a essa força. Utilizam-se várias unidades de medida para expressá-la. Duas delas, entre as mais usuais, correspondem ao mmHg (milímetros de mercúrio) e o mb (milibar). Este, substituído, mais recentemente, pelo hPa (hectopascal). Ao nível do mar, onde o peso da coluna de ar é máximo, a pressão equivale, em média, a 1013,25 mb (ou hPa) ou 760 mmHg, para uma temperatura do ar em 15,0° C.

A pressão atmosférica do ar está sujeita a variações horárias (máximos e mínimos, respectivamente às 10 e 22 h), diárias e semanais (com a sucessão dos tipos de tempos), estacionais (diferença entre o inverno e o verão), de altitude (a pressão atmosférica varia em 1mb para cada 8 m de altitude, até 5500 m) e latitude.

Há uma relação direta entre a circulação do ar e o estabelecimento de um gradiente de pressão atmosférica. O aquecimento desigual da superfície terrestre, motivado por fatores astronômicos (forma e movimentos da Terra em torno de seu eixo e ao redor do sol) e ligados às propriedades físicas de reflexão, condução e armazenamento de energia, impõe-se como fatores ligados ao estabelecimento desse gradiente. Nesse sentido, considerou-se a seguinte hipótese de trabalho: um corpo material quando aquecido dilata-se e, conseqüentemente, torna-se menos denso. O resfriamento leva a um aumento da sua densidade. Neste caso, o mesmo volume de uma parcela de ar aquecida é mais leve (ou menos denso) do que o mesmo volume de uma parcela de ar mais fria (mais densa e, portanto, com valores mais elevados de pressão). Disso pode-se deduzir que, sendo as áreas urbanas (supostamente) mais quentes do que seus arredores rurais e florestais (supostamente mais frios), apresentariam um valor mais baixo de pressão atmosférica quando comparadas ao entorno rural. Em outras palavras, estabelecer-se-ia um campo de alta pressão sobre as áreas mais frias (entorno rural) e um campo de baixa pressão sobre as áreas mais quentes (áreas urbanas), induzindo há um tipo de circulação do ar semelhante às brisas marítimas e terrestres: durante o dia, as terras emersas, dado ao baixo valor de calor específico do solo (e,

conseqüentemente, baixa capacidade térmica, já que a radiação solar só interage mais diretamente como os primeiros centímetros de solo) aquecem-se mais rapidamente do que as águas oceânicas. O ar sobrejacente ao solo, menos denso, dilata-se e ascende, forçando as isóbaras para cima. O espaço anteriormente ocupado pela parcela de ar em ascensão é preenchido pelo ar mais frio e, portanto, mais denso, vindo do mar. No período noturno essa circulação inverte-se e passa a circular do continente para o mar, pois, da mesma maneira que as superfícies emersas aquecem-se rapidamente, resfriam-se à mesma velocidade. Já os oceanos, dado ao elevado calor específico da água e o enorme volume com o qual interage a radiação solar (em profundidade), além das propriedades de mistura da água, associada à formação de correntes, estão mais quentes à noite do que as terras emersas.

Amorim (2000, p.27), ao citar Lombardo (1995), traz a seguinte consideração a respeito do comportamento da pressão atmosférica em áreas urbanas: [...] “as altas temperaturas que ocorrem nas áreas mais impermeabilizadas, em decorrência dos efeitos combinados das várias características do sítio construído, provocam baixa pressão atmosférica nestas áreas, gerando uma circulação local. Esta, por sua vez, provoca a concentração de material particulado na atmosfera local e de massas úmidas provenientes da região de entorno, gerando anomalias de precipitação sobre estas áreas” [...]. Mas, em termos numéricos, essa “baixa pressão” corresponderia a quanto?

Ao efetuar as correções⁵², constatou-se que nos períodos monitorados entre 03 a 23/08/2004 e 24 a 30/07/2005, ambos no inverno, e entre os dias 14/02 e 06/03 de 2005, no verão (tabelas 5.6, 5.7 e 5.8), quando foram realizadas simultaneamente tomadas de temperatura do ar, umidade relativa do ar e da pressão atmosférica, tanto no Jd. das Rosas quanto no Jd. Iguatemi, ambos situados na bacia do rio Aricanduva, os valores de pressão do ar no Jd. Iguatemi foram ligeiramente mais baixos que os registrados no Jd. das Rosas, mesmo nas diversas ocasiões horárias quando o Jd. das Rosas apresentou valores de temperatura do ar mais elevados. Por

⁵² Foram subtraídas dos valores de pressão do ar tomados em campo (-) 1,3 unidades correspondentes à correção da latitude e (-) 0,1 correspondente à altitude. Em relação à correção com a temperatura do ar, as unidades subtraídas variaram em valor, conforme a variação da temperatura do ar, já que os barômetros são calibrados a 0,0°C, entre (-) 0,9 e (-) 3,4 unidades. Foram acrescentadas (correção aditiva) 2,8 unidades aos valores tomados no posto do Jd. Iguatemi, correspondente à diferença de altitude entre os dois postos: para cada 8 metros, acrescentou-se 0,75 mmHg, que corresponde à variação desse elemento com a altitude na baixa troposfera. Considerando que a diferença entre ambos é de 30 metros, o valor acrescentado respondeu por 2,8 mmHg. A intenção foi eliminar o efeito da altitude com a finalidade de avaliar melhor a influência da urbanização, através das variações da temperatura e umidade relativa do ar.

outras palavras, tal constatação vai de encontro ao que se afirma sobre o comportamento desse elemento nas cidades (mais baixos sobre as áreas mais densamente urbanizadas).

Em função disso, foram sugeridas as seguintes explicações: (1) a primeira vista, não haveria uma relação direta entre temperatura do ar e pressão atmosférica à escala do objeto de estudo: a pressão atmosférica varia dentro de um patamar numérico extremamente amplo (aproximadamente entre 0 a 760 mmHg ou de 0 a 1013,25 hPa), muito diferente da umidade relativa do ar (entre 0% a 100%) e, mais ainda, em relação à temperatura do ar, associado às características físicas de dilatação do próprio mercúrio frente às variações de densidade do ar. O barômetro de mercúrio (ou Torricelli), embora seja um instrumento preciso, mais do que os modelos aneróides, dentre os quais se incluem os barógrafos, não é capaz de acompanhar sensíveis variações de temperatura do ar, a menos que a haste de vidro, dentro da qual está depositado o mercúrio, fosse muito maior, o que, por sua vez, tornaria quase impraticável o seu manuseio (que já é difícil). Evidentemente, mesmo sendo capaz de captar variações mínimas, ainda sim isso não significaria indício de mudanças mais amplas na circulação do ar na bacia do Aricanduva, já que essas variações mínimas poderiam estar ligadas a fatores microclimáticos; (2) neste caso, os valores de pressão do ar poderiam ser considerados enquanto produto de uma variação espacial e temporal mais ampla, associadas às variações dos tipos de tempo (diário e/ou semanal) ou, ainda, estacional, atinente à realidade climática local na bacia paulistana. No entanto, devem-se levar em consideração que essas variações temporais de longa duração (mensais e estacionais), afetam os dois postos simultaneamente (seria inconcebível imaginar inverno num dos postos e verão no outro); (3) as diferenças de pressão seriam respostas frente à diferença de altitude entre os dois postos (na baixa troposfera a pressão do ar diminui em 1 mb (ou 1 hPa) ou 0,75 mmHg para cada 8 metros de altitude; a correção efetuada (ver comentários em nota de rodapé) eliminou esse efeito; (4) a pressão atmosférica é menor numa parcela de ar mais úmida. Segundo Grimm (2002) [...] “A maior presença de vapor d’ água no ar diminui a densidade do ar porque o peso molecular da água (18,016 kg/mol) é menor que o peso molecular médio do ar (28,97 kg/mol). Portanto, em iguais temperaturas e volumes, uma massa de ar mais úmida exerce menos pressão que uma massa de ar mais seca” [...].

Em relação ao item 1, deve-se considerar que as correções efetuadas eliminaram o erro causado pelas variações da temperatura do ar nos dois postos. Isso mostra, portanto, que a

densidade do ar é menor no Jd. Iguatemi. Se fosse maior, como ocorreu no Jd. das Rosas, o peso da coluna de ar forçaria a coluna de mercúrio para cima. Mesmo descontando a diferença de altitude entre os dois postos, se forem considerados os 30 metros que separam o posto do Jd. das Rosas (795 m) em relação ao posto do Jd. Iguatemi (825), haveria que se adicionar 2,8 mmHg aos valores de pressão do posto do Jd. Iguatemi, insuficientes para igualar um e outro posto. Neste caso, como pode ser visto nas tabelas (5.6, 5.7 e 5.8), os valores de pressão, na maior parte das ocasiões, ainda permaneceria mais baixos no posto do Jd. Iguatemi, decorrentes, neste caso, da maior umidade do ar nesse local (item 4). Os valores médios de umidade relativa do ar, tomados de forma contínua, sem interrupção em intervalos de 1h, referentes ao período de 03/08 a 02/09/2000, indicaram valores de 85% no posto do Jd. Iguatemi e 81% no Jd. das Rosas. No período de 29/10 a 23/12/2000, os valores de umidade relativa do ar, tomados nas mesmas condições que o período anterior, acusou 92% no Jd. Iguatemi e 86% no Jd. das Rosas. Seria bom frisar que se trata de valores médios. Se forem consideradas as variações horárias, principalmente no período da tarde, foram relativamente comuns diferenças de 10% entre os dois postos (menores no Jd. das Rosas), principalmente no segundo período.

Diante do que foi colocado, deve-se considerar, também, que a cidade nem sempre é mais quente ou mais fria do que os seus arredores. Mesmo em seu interior ocorrem diferenças significativas de temperatura entre os diferentes bairros, associadas às diferentes características de uso da terra, relevo e, portanto, de fluxo de radiação (calor) disponível para aquecer o ar. Há, também, as diferenças diárias, diferenças associadas às mudanças dos tipos de tempo e variações estacionais.

As diferenças de pressão atmosférica averiguadas no vale do Aricanduva, em termos de magnitude, não assumem um caráter local (ou sub-regional) como acontecem nas áreas costeiras. E também não apresenta a mesma periodicidade. Enquanto nas áreas costeiras isso se sucede de forma diária, evidenciado pelas brisas marítimas e terrestres, na cidade assumiria um caráter ligado à sucessão dos tipos de tempo, ou seja, a cidade permaneceu ligeiramente mais fria do que os seus arredores (demonstrado pelos valores médios de temperatura do ar no período do verão, entre fevereiro e março de 2005), mesmo apresentando picos de maior valor nos horários mais quentes do dia (tabela 5.7). Outro ponto que merece destaque: entre a terra e o mar, existem dois grandes conjuntos, distintos, possuidores de propriedades físicas também distintas, lado a lado,

que são as terras emersas e as águas costeiras oceânicas, perfeitamente delimitáveis sobre uma imagem de satélite ou fotografia aérea. Já no limite entre as cidades (situadas continente adentro) e o seu entorno rural há um mosaico ocupado por pequenos espaços topoclimáticos, constituídos por formas, materiais e funções muito diferenciadas, misturadas entre si. Ou seja, os limites entre as cidades e o entorno rural não é tão nítido. Mesmo assim, quando o ar flui, submete-se a certas leis da física, e sempre irá fluir de uma área de alta pressão para uma área de baixa pressão, seja dentro das cidades ou nas áreas costeiras. Entretanto, o padrão “caótico” de organização espacial dos elementos relativos ao uso da terra nas cidades e no seu entorno sugere um modelo de circulação entre esses pequenos espaços também “caóticos” e, portanto, muito diferente daquele padrão de circulação fechada e local das “ilhas de calor” e das brisas terrestres e marítimas.

Nas condições descritas, a circulação do ar sobre o Aricanduva no inverno implicaria na ascensão de uma coluna de ar um pouco mais aquecida sobre o alto vale (caracterizado por valores médios de temperatura do ar mais elevadas e por menores valores de pressão), o que forçaria a elevação local das isóbaras e a descida de ar em direção ao baixo vale. Esse ar que se dirige ao baixo vale contribui para a elevação local da pressão atmosférica, semelhante aos mecanismos de brisa marítima e terrestre. Evidentemente, quanto menor o gradiente, menor a velocidade dos ventos. E isso interfere nas condições de dispersão da poluição do ar e de transporte de calor, na medida em que propicia ou reforça condições de estabilidade ou instabilidade localizadas.

No verão, as diferenças de pressão do ar mantiveram-se mais elevadas no Jd. das Rosas e mais baixas no Jd. Iguatemi, embora os valores de temperatura do ar (nessa ocasião de verão) tenham registrado valores superiores no Jd. das Rosas, em todos os momentos (lembrar que no inverno o Jd. Iguatemi acusou valores ligeiramente superiores aos do Jd. das Rosas, principalmente no horário da manhã). Já os valores de umidade relativa do ar, em todos os períodos monitorados, desde 1996, foram sempre superiores no alto vale do Aricanduva, onde está incluído o Jd. Iguatemi. O que, de certa forma, descarta a influência direta da temperatura do ar em favor da umidade do ar.

Tabelas

06,

07

e

08

5.3 A umidade relativa do ar

Numa entrevista concedida ao jornal Folha de São Paulo (DEVASTAÇÃO, 2000, p. C3) pelo prof. Dr. Felisberto Cavalcante do Departamento de Geografia da USP, a respeito do papel das áreas verdes na manutenção de condições microclimáticas mais favoráveis à vida do cidadão, num trecho reproduzido a seguir, responde que

[...] Há muitas pessoas que afirmam que a cidade tem 4 m² de áreas verdes por habitante, quando a ONU recomenda 12 m². Primeiro, eu nunca conheci estudo da ONU que falasse disso. Segundo, que tipo de área verde seria essa? Gramado não resolveria [...] Em algumas regiões há 1m² de parque por habitante e em outras nem há espaços desse gênero.

Num outro momento, de acordo com uma pesquisa realizada por Gouvêa (2002, p. 35) sobre o desenho urbano e o desempenho térmico durante os meses de seca (agosto/setembro) na cidade de Brasília, verifica-se que

[...] a performance da cidade (Plano Piloto), na época seca, quase equivale a das áreas não vegetadas das cidades satélites. Observou-se, por exemplo, em condições de microclimas urbanos, uma diferença média de 1% de umidade relativa do ar entre o Plano e os núcleos satélites pesquisados, evidenciando a baixa eficiência, apesar dos altos custos de manutenção dos gramados do Plano Piloto [...]

Yamashita et al. (1988), na cidade de Patos (Paraíba), em agosto de 1986, também detectou variações entre 1% e 2% na umidade relativa do ar, durante o dia e a noite, entre o centro da cidade e os arredores, em área rural.

Nota-se, pelos dados apresentados pelos autores, a falta de conhecimento quando da implantação e manutenção de áreas verdes urbanas. Uma variação de 1% ou 2% na umidade relativa do ar, nas condições em que os dois últimos autores descreveram, equivale a dizer que não há diferença alguma. Uma variação dessa magnitude não seria capaz de produzir alguma alteração nas condições de conforto térmico de um ambiente ou alterar o comportamento de outros elementos, assim como pode fazer parte do erro instrumental do aparelho utilizado na sua mensuração. Ou seja, tanto Brasília quanto as cidades satélites, ou mesmo Patos, nas condições em que foram levantados os dados, possuem um comportamento, tanto na área urbana quanto na área rural, muito parecido naquilo que diz respeito às características desse elemento.

De fato, extensas áreas gramadas, quando isoladas no meio da malha urbana (canteiros centrais de avenidas, praças, parques etc.) pouco contribuem para modificar a temperatura e a umidade do ar. Em algumas tomadas realizadas concomitantemente em área urbana e florestal, como foi o caso do dia 29/07/04 no Pq. do Carmo (tabela 5.1), sob a ação de um sistema polar já em vias de tropicalização, onde foram tomadas temperaturas do ar seco com o psicrômetro de aspiração adaptado, a 1,5 m (aprox.) de altura em relação ao solo, dentro da mata, sob cobertura de eucaliptos, e sobre um extenso gramado, entre a mata de eucaliptos e o lago, próximo à entrada, as diferenças simultâneas revelaram valores de apenas 2% às 14 h e 30 min (no interior da mata de eucaliptos a umidade relativa do ar era 53% para 18,8°C de temperatura do ar, contra 51% e 21,0°C no gramado). Às 15 h, as diferenças acusaram valores um pouco mais contrastantes, momento em que foi realizado, também, tomadas em outro ponto da cidade. Os valores revelaram 42% em área urbana (Jd. das Rosas), 60% sob a mata de eucaliptos e 54% no gramado (a temperatura do ar nessas três localidades eram, respectivamente, 22,2°C, 18,4°C e 21,4°C). Quando comparadas àquelas tomadas sobre o gramado, as diferenças foram, respectivamente, de 12% e 6% (tabela 5.1).

Numa outra situação, nos mesmos locais, desta vez no dia 30/07/2005 (tabela 5.10), sob condições atmosféricas semelhantes ao episódio anterior, só que mais quente e seca, também às 15 h, obteve-se 39% no gramado e 54% na mata de eucaliptos contra 33% na área urbana (Jd. das Rosas).

Tarifa (1981), a partir de tomadas de temperatura e umidade relativa do ar, utilizando-se, também, de um psicrômetro de aspiração, dentro de um curto segmento temporal (seis dias), realizado na área urbana e rural de São José dos Campos, encontrou para as áreas urbanas valores médios mais baixos que a área rural em 2% a 12% e 7% a 16% para os valores instantâneos. As comparações entre áreas com cobertura de mata, bosque de eucaliptos e pasto revelou um valor médio diário entre 8% e 15%, respectivamente, mais elevado na mata. Entre o bosque de eucaliptos e o pasto, a diferença esteve em 4% (mais elevado para o primeiro).

As superfícies gramadas tendem a exibir um comportamento térmico e higromético próximo ao das áreas circunvizinhas: se essas áreas forem urbanizadas, o comportamento desse elemento tende a seguir o comportamento dos elementos climáticos tomados em meio urbano; se as áreas circunvizinhas forem florestais, o seu comportamento tende a acompanhar mais de perto

o comportamento dos elementos climáticos tomados dentro da mata. Isso se deve, principalmente, ao baixo coeficiente de atrito da grama com o ar, ou seja, ela permite que o vento circule livremente sobre ela, o que promove uma rápida e contínua renovação do ar. O que reforça, de certa forma, as considerações de Mendonça (2003, p.97) a respeito do papel da “geografia circunvizinha à cidade”: [...] “é a extensão espacial do fenômeno urbano, em sua interação com a paisagem na qual está inserido, que define o seu ambiente atmosférico. A particularidade climática está vinculada às dimensões da cidade, ou seja, quanto menor o seu tamanho, menor também será sua expressividade ou singularidade climática dentro das condições atmosféricas no âmbito regional” [...].

Essa relação entre a expressão espacial do objeto e o clima pôde ser observada, também, em Morrinhos (GO). No episódio do dia 04 de setembro de 2004, conforme descrito por Jardim (2005), os valores de umidade relativa do ar, no intervalo entre 08 h e 30 min até às 11 h, revelaram diferenças da ordem de 20% a 30% superiores sob a cobertura florestal do Parque Ecológico em relação aos demais postos situados em áreas urbanas e rurais, embora tenha apresentado uma tendência de se equiparar aos valores das demais localidades da cidade, principalmente nos horários mais quentes da tarde.

Essa diferença, entretanto, manteve-se restrita aos limites do parque. Áreas próximas a esse ponto, como é o caso da Praça do Cristo, amplamente gramada e um dos pontos locais mais elevados da cidade (805 m), seguiram de perto o comportamento dos postos urbanos. Isso significa que os fatores por trás do comportamento desse elemento (e em especial dois deles, a vegetação e a presença de corpos d’água, que constam das “recomendações” nas considerações finais de uma série de estudos sobre clima urbano, a respeito do que se deve fazer para corrigir os efeitos “nocivos” dos climas urbanos), pouco ou nada interferem no clima local.

Ademais, deve-se tomar o cuidado na hora de selecionar as espécies arbóreas a serem disseminadas pela cidade. Já foi mencionado que, se o objetivo for o conforto térmico, espécies caducifólias são inadequadas. Entretanto, há que se estar atento a outro aspecto como apontam Ferreira e Lombardo (2000, p.150), sobre a influência da umidade do ar e a proliferação do *Anopheles darlingi*, vetor da malária:

[...] A presença de vegetação arbórea nas proximidades dos domicílios parece favorecer a permanência de fêmeas de *An. darlingi* no local, durante o dia, facilitando, ainda, a

migração dos insetos desde o local do criadouro até os aglomerados urbanos ou periurbanos [...]

E acrescentam ainda, que

[...] A variação horária apresenta taxas de umidade muito favoráveis ao vetor a partir das 21 horas (acima de 80%), sendo que às 7 horas da manhã são atingidos valores muito altos (85-92%); o declínio a taxas de 50-70% por volta das 12 horas tem uma influência limitante pequena, dado que nesse horário o inseto alado não está normalmente em atividade, permanecendo em nichos mais úmidos, no seio da vegetação.

Certamente esse não seria um cuidado a ser levado em consideração nas regiões de clima temperado e, principalmente, naquelas de clima frio. O que já não pode ser dito para os trópicos, onde o mosquito encontra as condições necessárias de temperatura e umidade para a sua proliferação.

Retomando o caso dos gramados, é evidente que esse tipo de vegetação cumpre outros papéis, principalmente naquilo que diz respeito à infiltração de água no solo. Se, ao invés de construir avenidas sobre as planícies fluviais dos rios que cortam a cidade de São Paulo, tivessem sido preservados, por exemplo, os campos de futebol de “várzea”, opção barata de lazer do paulistano de tempos passados, a cidade hoje sofreria muito menos com os efeitos das enchentes. Por outro lado, retomando a discussão anterior, se o objetivo de um projeto de revitalização urbana for o conforto térmico, só resta reafirmar as palavras do prof. Felizberto, ou seja, a de que extensas áreas gramadas não resolveriam nada.

A umidade relativa do ar é definida, segundo Ayoade (1991, p.143), como a [...] “razão entre o conteúdo real de umidade de uma amostra de ar e a quantidade de umidade que o mesmo volume de ar pode conservar na mesma temperatura e pressão quando saturado” [...]. Acrescenta, ainda, que [...] “é, todavia, grandemente influenciada pela temperatura do ar” [...], ou seja, qualquer modificação no volume da parcela de ar, decorrente do seu aquecimento ou resfriamento e, portanto, na sua densidade, interfere na quantidade de água que esse mesmo volume de ar pode conter.

O comportamento desse elemento em relação à temperatura do ar levou Lombardo (1985, p.220) a admitir que [...] “a ilha de calor concorre para fazer diminuir a incidência de garoa na área central, em virtude dos baixos valores de umidade relativa que distanciam o ponto de orvalho” [...], proposição também defendida por Tomás (1999, p.14) ao reproduzir o mesmo

enunciado, através de um estudo específico sobre as variações desse elemento na cidade de São Paulo.

O caráter desse elemento, quando dissecado ao nível do seu conceito, revela dois aspectos importantes: a maior capacidade do ar quente em reter umidade, já que a variação desse elemento está ligada à temperatura do ar (a variação da umidade relativa do ar é inversamente proporcional à variação da temperatura, revelado pela comparação gráfica concomitante entre os dois atributos) e o seu caráter de continuidade espacial. Entretanto, “inversamente proporcional” não significa “simetricamente oposto” (como se fosse curvas “espelho” ao se comparar num mesmo gráfico a temperatura do ar e a umidade relativa). Essa impressão é dada pela semelhança do traçado das curvas de representação de um e outro elemento quando dispostos num gráfico. Enquanto a temperatura do ar na capital paulista obedece a uma escala entre zero e 34,0°C, considerando os extremos (aproximadamente), a umidade relativa do ar varia de zero a 100%. Deve-se lembrar que 0,0% de umidade relativa do ar só existe em condições de laboratório. Nenhum ambiente terrestre conhecido exibe essa condição enquanto característica do seu clima. A amplitude de variação desse atributo se fosse reduzida à escala da temperatura, mostrar-se-ia bem menor, dado ao caráter conservativo da água (essa é uma das propriedades que confere às áreas próximas à imensos corpos hídricos o caráter de “maritimidade”). A própria gênese desse atributo guarda estreita relação com as características dos sistemas atmosféricos, à escala regional, e aos tipos de tempos, desdobramento destes à escala local. E esse não é o caso da temperatura do ar (o que não quer dizer que esse atributo não esteja sujeito a esses controles) e, menos ainda, da temperatura do solo, ligado a fatores microclimáticos. É comum, por exemplo, variações entre 10% e 20% da umidade relativa do ar, quando tomadas no interior de uma floresta e numa clareira situada nas suas proximidades ou entre bairros próximos, numa cidade. Por outro lado, variações dessa ordem de grandeza são incomuns para a temperatura do ar quando tomada em áreas proximais (comparação entre bairros numa cidade, microclimas no interior de uma mata etc.), a não ser em áreas de relevo escarpado, com vales profundamente entalhados como aquelas próximas ao Pico das Agulhas Negras, na Serra da Mantiqueira. Neste caso, a exposição das vertentes frente à entrada de radiação solar, assume um papel crucial como controle das variações micro e topoclimáticas.

Na bacia do rio Aricanduva, a maior variação horária da umidade relativa do ar, durante o período monitorado, foi de 43%: no posto do Jd. Iguatemi, às 15 h do dia 28/11/2000, quando a umidade relativa do ar era de 83%, os postos da Vila Carrão (no alto do prédio) e Vila Manchester assinalavam 40%. Nesse mesmo horário, os valores de temperatura do ar seco entre esses postos eram, respectivamente, 26,0°C, 31,7°C e 31,9°C (portanto, uma diferença de 5,9°C entre este último e o Jd. Iguatemi). O tipo de tempo nessa ocasião era controlado pela ação da Brisa Oceânica e pelo Sistema Pré-Frontal, a partir de um núcleo de baixas pressões a altura do Uruguai e nordeste da Argentina, sede do Sistema Frontal que se aproximava. A proximidade desse sistema induzia a formação de uma calha de baixas pressões ao longo do seu eixo, marcado pela elevada nebulosidade, que atraía as massas de ar quente do interior do continente. Essa situação persistiria até o dia 30/11, quando se estabeleceria o Sistema Frontal. Ao mesmo tempo, o Sistema de Brisa Oceânica ainda tinha força suficiente para invadir a capital, marcado pela brusca inversão dos ventos do quadrante norte, associado ao Sistema Pré-Frontal, para o sul e leste, associado à entrada da Brisa.

No momento em que foi registrado o valor de 83% para a umidade relativa do ar, o posto do Jd. Iguatemi já estava sob a influência da Brisa Oceânica. Deve-se considerar que esse posto situava-se a 825 m de altitude (cota mais elevada em relação aos demais postos) no extremo sul da bacia, na principal rota de entrada dos ventos na capital. Desse momento em diante, as diferenças de valor de umidade relativa do ar entre os postos seguiria um lento declínio, até as primeiras horas da manhã do dia seguinte, quando todos os postos apresentariam valores de umidade relativa do ar e de temperatura do ar muito próximos uns dos outros, quando às 02 h da madrugada, a diferença máxima de umidade relativa do ar entre os postos era de 7% (93% e 20,3°C no posto do alto do prédio na Vila Carrão e 100% e 18,5°C no Iguatemi).

A localização dos postos da Vila Carrão e Manchester, na área mais densamente urbanizada da bacia e em cotas mais baixas (entre 730 e 745 metros), no baixo vale do rio Aricanduva, garantiria uma situação de relativo confinamento, o que retardava a perda de calor nesse setor, mantendo por algumas horas valores mais elevados de temperatura do ar, quando comparado ao Jd. Iguatemi e, conseqüentemente, a manutenção de valores de umidade relativa do ar mais baixos. Isso, pelo menos, até que o sistema de Brisa Oceânica assumisse o controle das variações locais em toda a bacia. Logo, percebe-se que pelo menos quatro fatores influenciaram

de forma conjugada na estruturação desse fenômeno: altitude, relevo, urbanização e o sistema atmosférico.

Cabe aqui, também, outra observação: a pequena diferença de umidade relativa do ar registrada em dado momento, não significa, necessariamente, que o tempo estava úmido. Mesmo em dias muito secos de inverno, em áreas situadas em regiões de clima tropical alternadamente seco e úmido (caso de Morrinhos em Goiás), a camada de ar próxima à superfície, pode, eventualmente, atingir a saturação, decorrente, neste caso, do resfriamento radiativo do solo e, conseqüentemente, do resfriamento do ar em contato com esse solo. A presença de orvalho sobre as plantas e nevoeiros de fundo de vale são provas dessa condição. No entanto, assim que a superfície se aquece e aumenta a turbulência do ar, a parcela de ar em aquecimento (seguida do aumento do seu volume) reabsorve a umidade condensada sob a forma de nevoeiro e orvalho (evaporação), restabelecendo-se, assim, as condições de tempo seco. Situação, esta, recorrente tanto na bacia do Aricanduva quanto em Morrinhos (GO).

No caso da entrada da Brisa Oceânica, do Sistema Frontal ou mesmo do Sistema Tropical Atlântico, o aumento da umidade do ar deve-se ao componente ligado à advecção de ar, ou seja, adição de vapor. O ar pode tornar-se saturado não porque houve uma queda significativa da temperatura, mas pela introdução de vapor d'água no sistema.

Uma diferença de 5,9°C entre o termômetro de bulbo seco e o úmido, de acordo com as tabelas psicrométricas contidas nos manuais de meteorologia e climatologia, apontam valores de umidade relativa do ar que variam a 4% a 66% (aproximadamente), dependendo, evidentemente, dos valores de temperatura do ar seco e da diferença entre a temperatura do ar seco e do úmido. Essa “diferença” de temperatura é fundamental para determinar a umidade relativa do ar e a variação de uma não é, necessariamente, acompanhada da outra, pois podem ocorrer variações significativas de temperatura, acompanhadas de aumento ou diminuição de umidade no sistema. Neste caso o ar torna-se úmido porque foi resfriado a partir do solo, o que pode determinar uma inversão térmica, e/ou se houver introdução de vapor d'água, oriundo de fontes externas, associada à circulação do ar, como a mencionada entrada do Sistema de Brisa Oceânica pelo alto vale do Aricanduva. No segundo caso, a adição de vapor d'água e não o resfriamento, é que leva à condensação d'água (isso pode ser facilmente observado na superfície interna dos vidros um

automóvel, quando estão fechados, num dia de chuva, ou nos azulejos e espelhos de e um sanitário após um banho demorado com água quente).

É fato que a variação da umidade relativa do ar está ligada à variação da temperatura, como foi mostrado (embora não se limite a isso). Mas é fato, também, que a variação desse elemento atmosférico, assim como todos os demais, está fortemente atrelada à sucessão dos “tipos de tempos”.

No caso da capital paulista, um aspecto popularmente bem conhecido do ritmo climático local da bacia paulistana é a sua “inconstância”, donde é possível verificar, em apenas um dia, as quatro estações do ano (Um exagero, evidentemente!). Entretanto, dada a sua posição latitudinal de transição climática⁵³, não raramente o paulistano se vê obrigado a sair de casa pela manhã munido de um agasalho leve e guarda-chuva. Segundo Monteiro (1971, p.9), os tipos de tempo correspondem a um estado momentâneo da atmosfera, de duração diária ou, até mesmo horária (daí a necessidade da sua decomposição cronológica durante a mensuração dos elementos climáticos), e a sua sucessão ao longo do tempo (cronológico), ocorre [...] “segundo os mecanismos da circulação regional” [...]. Segundo consta em trabalho de Moraes, Costa e Tarifa (1977), a sucessão dos tipos de tempos em São Paulo revela (pelo menos) 11 classes diferentes. Como então, diante de uma realidade climática tão complexa, atribui-se a diminuição da incidência da garoa a um fenômeno como as “ilhas de calor” definidas aqui como uma situação momentânea, horária, motivada pela convergência pontual de fatores ligados às características de conformação do relevo, disposição dos equipamentos e dinâmica urbana, sob a ação de determinados sistemas atmosféricos, em dado estágio da sua evolução?

Há vários outros fatores que interferem no comportamento da umidade do ar. A variação desse elemento não pode ser atribuída diretamente a um ou outro fator. Tomás (1999, p.128), quando discutiu o comportamento desse atributo, o fez a partir da comparação dos dados de três estações na capital (IAG-USP, aeroporto de Congonhas e Mirante de Santana-INMET) e apontou a influência da urbanização como fator de redução dos valores de umidade relativa: [...]

⁵³ Monteiro (1976) situa o clima do estado de São Paulo numa posição de conflito entre os sistemas extra e intertropicais e o seu caráter de transição entre diferentes climas regionais. O estado aparece seccionado em duas partes, a altura da Serra da Cantareira: à norte aparecem os climas controlados pelas massas equatoriais e tropicais e ao sul aqueles controlados pelas massas tropicais e polares. O primeiro divide-se em dois: na sua face oceânica, ocorrem os “climas úmidos das encostas expostas às massas tropicais” e na face continentalizada ocorrem os “climas tropicais alternadamente secos e

“Evidencia-se a associação entre a diminuição da umidade relativa com a urbanização das áreas de localização das estações” [...]. E aponta como fator relacionado aos maiores valores de umidade relativa do ar no IAG-USP (Idem, p.124), o fato desta estação “estar menos sujeita” aos efeitos da urbanização: [...] “Localizada em área de parque, a estação do IAG confirma os maiores valores de umidade relativa, por estar menos sujeita⁵⁴ aos efeitos da urbanização” [...]. Mais adiante (Idem, p.128), ao referir-se ao comportamento desse atributo a partir dos dados do aeroporto de Congonhas, aponta que [...] “mesmo apresentando tendência de incremento das temperaturas (médias, mínimas e máximas) [...] no período de 1961-1965, e estando em área totalmente urbanizada⁵⁵, ela apresenta, no presente estudo, tendência nula da umidade relativa, seja em nível anual ou sazonal” [...].

Em relação às passagens mencionadas da referida obra, nota-se uma clara contradição. A resposta a essa questão deveria ser buscada não só na urbanização, mas, também, na consideração de outras formas de controle, como a sucessão dos tipos de tempo: se a estação do IAG-USP está “menos sujeita” aos efeitos da urbanização, não se deveria considerar, também, o fato dela estar “mais sujeita” aos efeitos da área florestal que a circunda? Os dados tomados em áreas florestais, descritos no início do deste capítulo, dão uma idéia de como essas áreas atuam como forma de controle.

Voltando a questão da garoa, recentemente em matéria de jornal (VIVEIROS, 2002), anunciava-se como responsável pela diminuição da frequência desse evento, o aquecimento da superfície do Atlântico, que teria representado um [...] “aumento médio de 1,3° C na capital paulista, o que acabou diminuindo a frequência dos dias de garoa e nevoeiro e provocando também uma maior frequência de chuvas intensas”.

Mas a garoa acabou? Ou será o excesso de material particulado em suspensão no ar, denunciado pela presença de névoa seca, o principal “vilão” dessa história? As gotas de chuva formam-se ao redor de pequenos núcleos em suspensão no ar (a sua dimensão varia, em média, de 1 a 15 micrômetros). O excesso desses núcleos implica num aumento pela disputa do vapor d’água e, conseqüentemente, as gotas não atingem o tamanho crítico suficiente para romper o equilíbrio com a gravidade e continuam em suspensão contribuindo para a formação de névoa

úmidos”. O segundo recebe a denominação genérica de “climas úmidos de face oriental e sub-tropical dos continentes dominados por massas tropicais”.

⁵⁴ Grifo do autor.

seca. Neste caso, ou continuam em suspensão ou são arrastados para outros locais pela circulação superior. A concentração de partículas de aerossóis em áreas florestais, segundo Artaxo et al. (2003), são naturalmente muito baixas, atingindo concentrações da ordem de 300 partículas por metro cúbico. A cidade de São Paulo, nos piores dias de inverno, atinge concentrações da ordem de 4500 partículas por metro cúbico, ou seja, 15 vezes mais. Conti apud Sakamoto (1994), a partir de uma análise dos dados climáticos do período de 1947 a 1976, conclui que o número de dias de ocorrência de névoa seca na capital paulistana elevou-se de 397 para 1325.

Há outra possibilidade, também. Pouco se conhece a respeito do ritmo desse fenômeno. Vários anos mais secos podem ser sucedidos ou precedidos por outros tantos anos mais úmidos e outros tantos, ainda, próximos ao habitual. O intervalo de recorrência de cheias catastróficas ou de períodos de alta concentração de chuvas, geadas ou de vendavais, como foi o caso do furacão “Catarina” no ano de 2004, que deixou atrás de si danos materiais e vítimas humanas no sul do Brasil, podem exibir como característica do seu ritmo climático, um intervalo de recorrência muito além daquilo que se conseguiu monitorar até hoje no Brasil. Secas como aquela da Amazônia, anunciada recentemente, só encontrou similar, a partir de relatos de pessoas mais idosas, sessenta anos atrás (ou seja, um intervalo de recorrência relativamente longo para a vida de uma pessoa).

Em relação ao “Catarina”, tanto não se tratava de um evento comum, que as autoridades brasileiras, naquela ocasião, nada fizeram, nem mesmo diante do alerta emitido pelo serviço meteorológico dos Estados Unidos, amplamente acostumados a lidar com situações desse tipo (e nem sempre com sucesso, haja vista o que aconteceu em New Orleans recentemente), sobre a possibilidade de formação de um ciclone extratropical (fato incomum em águas tropicais, é bem verdade) em águas oceânicas próximas à costa Brasileira⁵⁶.

⁵⁵ Grifo do autor.

⁵⁶ É claro que essa situação pode significar, também, negligência das autoridades responsáveis, pois aqui no Brasil, muitas coisas dependem de quem realmente se utiliza do serviço. Retomando as palavras do ex-ministro da educação do governo Lula, Cristóvão Buarque, não exatamente da forma como foi dito, mas se é o cidadão comum assalariado (ou desempregado, o que não é incomum nos dias de hoje) quem se utiliza de determinados serviços, então serve a escola pública, serve o atendimento do SUS, servem as rodovias estruturadas nos padrões africanos e o descaso da justiça. Certamente, não é esse o cidadão quem paga escola particular para os seus filhos, possui plano médico privado, viaja de avião ou tem dinheiro para pagar advogados. E é justamente esse cidadão quem está mais sujeito aos “azares” ou “risco” climático (“climatic hazards”).

5.4 As características térmicas e higrométricas do ar na bacia do rio do Aricanduva e a sua relação com a sucessão dos tipos de tempo.

Toda modificação imposta às características da superfície terrestre, independente de onde, do grau e da escala de grandeza, é capaz de produzir modificações⁵⁷ no comportamento dos elementos climáticos da camada de ar sobrejacente. Entretanto, a constatação disso não é suficiente para uma avaliação realista do clima numa dada localidade. Mais do que isso, deve-se averiguar o quanto (intensidade ou magnitude do evento), a frequência (recorrência do evento) e as modificações nos demais elementos do meio, oriundas das relações com outros elementos.

A real compreensão do objeto implica em reconhecer o seu papel dentro do sistema no qual está inserido e, por extensão, no caso do clima, o seu ritmo. Da mesma forma como merecem explicações as diferenças de vários graus Celsius na temperatura do ar assinaladas em diferentes pontos de uma mesma cidade, a sua não ocorrência ou verificação (que é também um elemento do ritmo climático de uma dada localidade) também requer explicação.

Mesmo partindo-se da hipótese, num primeiro momento (JARDIM, 1998; 2000; 2001), de que um incremento na superfície edificada, seguida da supressão de áreas verdes, poderia levar a um aumento pontual da temperatura do ar, ao nível dos bairros (o que, de fato, foi verificado), constatou-se, ainda àquela época, o desdobramento de uma série de outras situações (JARDIM, 2002). Situações, inclusive, sob a influência de determinados tipos de tempos, em que essas diferenças de temperatura tendiam a desaparecer.

Uma possível classificação dessas situações, de acordo com o comportamento térmico verificado nos bairros e apoiado na nomenclatura dos tipos de tempos do trabalho de Moraes et al. (1977)⁵⁸, permitiu englobá-las em duas classes:

⁵⁷ Empregou-se o termo próximo àquele utilizado pela WMO (CONTI, 2000, p.19) para mudanças climáticas, como “toda e qualquer manifestação de inconstância climática, independente de sua natureza estatística, escala temporal ou causas físicas”.

⁵⁸ Segundo os autores, seriam as seguintes as classes de tipos de tempo: 1) Anticiclônico Polar Oceânico de SE; 2) Anticiclônico Polar em Processo de Tropicalização de Leste; 3) Anticiclônico Polar Tropicalizado de NNE; 4) Anticiclônico Tropical Dinâmico do Atlântico de NNE; 5) Depressionário Continental da Baixa do Chaco; 6) Depressionário Continental de NW; 7) Tempo Instável (Baixas Pressões), de Calhas Induzidas ou Instabilidades Pré-Frontais; 8) Frontal Chuvoso de SE; 9) Frontal Ciclônico de SSE; 10) Frontal Encoberto Estável de SW; 11) Anticiclônico Polar Continental de SW. Essas onze classes comporiam cinco famílias: 1) Anticiclônico Polar Oceânico (tipos de tempo 1, 2 e 3); 2) Anticiclônico Polar Continental (tipo de tempo 11); 3) Anticiclônico Tropical Oceânico (tipo de tempo 4); Depressionários continentais (tipos de tempo 5 e 6); Frontais (7, 8, 9 e 10).

a) situações nas quais as diferenças de temperatura do ar alcançaram diferenças superiores a três graus Celsius, mesmo entre bairros próximos, de duração horária, durante algumas horas seguidas, associadas à evolução dos sistemas polares para a sua forma tropicalizada (Anticiclônico Polar em Processo de Tropicalização e Anticiclônico Polar Tropicalizado), o Sistema Pré-Frontal e os sistemas tropicais (Anticiclônico Tropical Dinâmico do Atlântico e Sistema Tropical Continental);

b) situações em que as diferenças de temperatura do ar eram praticamente nulas (geralmente iguais ou inferiores a 2,0°C) entre os diversos pontos na bacia, quando da ação dos sistemas frontais (Frontal Chuvoso e Frontal Ciclônico) e polar (situação pós-frontal, Anticiclônico Polar) e, novamente, dos sistemas Pré-Frontal e Tropicais. No caso destes últimos, essa situação de baixo contraste térmico só ocorreria após uma sucessão de vários dias muito quentes, com valores de temperatura máximas do ar igual ou superior a 30,0°C.

Optou-se por uma ligeira adaptação e simplificação da nomenclatura utilizada na referida obra, concernente àquilo que se pôde distinguir no período dedicado às tomadas em campo e naquilo que interessa à climatologia urbana. Embora os tipos de tempo resultem da interação dos sistemas atmosféricos com os controles de superfície, deve-se lembrar que as características dos controles climáticos nesse nível taxonômico definem-se no nível local o que, no caso da bacia paulistana, de forma geral, relacionam-se ao amplo conjunto formado pela área deprimida da bacia sedimentar de São Paulo circundada pelos morros e planaltos da Serra da Mantiqueira, ao norte, os planaltos rebaixados e Serra do Mar à leste e sudeste e os maciços elevados de Itapequerica da Serra (oeste). Portanto, os “tipos de tempo” não resultam da interação dos sistemas atmosféricos com a superfície urbana, mas com um conjunto bem mais amplo, dentro do qual a superfície urbana está inserida (escala local).

De um modo geral, o comportamento térmico dos bairros evoluía de uma situação que tendia à isoterminia (item b), para situações nas quais se verificavam, de forma mais nítida, diferenças superiores a 3,0°C entre os postos (item a), persistentes por várias horas seguidas (excepcionalmente adentravam o período da noite e madrugada).

As situações marcadas por relativo grau de isoterminia, ocorriam quando a temperatura do ar assinalava valores consideravelmente elevados (superiores a 25,0° C) e aquelas na qual a temperatura do ar assinalava valores mais baixos (inferiores a 18,0° C). Grosseiramente falando,

situações nas quais quando toda a bacia do Aricanduva ficava fria ou quente (as diferenças de temperatura do ar praticamente anulavam-se ao redor de valores muito elevados, marcados por dias muito quentes, e valores baixos, seguido de dias frios).

Em relação ao item a, a tendência apontada revestiu-se de dois aspectos: 1) O primeiro deles associa-se à marcha diária da temperatura do ar e umidade relativa do ar, a partir do registro das máximas por volta das 14 h ou 15 h e dos valores mínimos entre 5 h e 6 h. Essa característica foi compartilhada por todos os postos, em maior ou menor intensidade, sob a ação de todos os tipos de tempos; 2) O segundo aspecto responde pela forma diferenciada de como cada ponto na bacia reagia à entrada, trânsito, armazenamento e saída de radiação (balanço de ondas curtas e longas), cujos efeitos transpareceram na evolução da temperatura ao ar e na umidade relativa do ar, durante um dado período. Tanto um quanto o outro caso foram alvos dos comentários a seguir.

5.4.1 As situações marcadas por relativa homogeneidade térmica e higrométrica do ar

No seguimento temporal dos dias 02 a 09/08/2000, no dia 04 de forma mais marcada, foi verificado uma tendência, em determinado momento, dos valores de temperatura do ar igualar-se logo que se estabeleceu o tipo de tempo associado à ação do anticiclone polar. Pouco depois, ao final da sequência, nos dias 08 e 09, quando se estabeleceria o tipo de tempo Anticiclônico Tropical Dinâmico do Atlântico e/ou Pré-Frontal. Em outras palavras, o sistema evoluiu de uma situação relativamente homogênea de tempo frio para uma situação relativamente homogênea de tempo quente.

A influência dos ventos enquanto controle da temperatura do ar, mostrou-se evidente no dia 02, diante de uma situação Pré-Frontal, quando os valores médios horários de velocidade não superaram 1,6 m/s (na maior parte do tempo os valores foram inferiores a 1,0 m/s e assim permaneceria até às 8 h do dia 03). Nessas circunstâncias, entre 14 h e 22 h, estabelecer-se-iam diferenças de temperatura do ar superiores a 3,0°C, principalmente entre a Vila Manchester e o Jd. Iguatemi.

No dia 03, sob a influência do Sistema Frontal (nebulosidade em 8/8 durante todo o dia) a velocidade dos ventos oscilou entre 2,0 e 3,0 m/s das 8 h às 16 h, quando as diferenças de temperatura do ar entre os postos permaneceram, em quase todos os momentos, inferior a 2,0°C. Isso ocorreu de forma ainda mais acentuada nos dias 04 e 05, quando também não se verificaram diferenças significativas de temperatura do ar entre os postos (inferior a 2,0°C em quase todos os horários). A velocidade média horária dos ventos nessa ocasião não foi inferior a 2,0 m/s e atingiu 4,0 e 5,0 m/s em alguns momentos. O dia 04 foi marcado ainda pela ação do Sistema Frontal e o dia 05 Anticiclônico Frio.

Nos dias 06, 07, 08 e 09 os valores de velocidade média horária dos ventos tenderam a se estabelecer num patamar inferior a 2,0 m/s. No dia 08, especificamente, esteve abaixo de 1,0 m/s na maior parte do tempo quando, entre 15 e 19 h, surgiriam diferenças de temperatura do ar entre os postos da Vila Manchester e do Jd. São Cristóvão (mais quentes) e os postos do Jd. Iguatemi e Jd. Sta. Bárbara (mais frios).

Na sequência horária entre os dias 10 e 11/08/2000, sob a influência do tipo de tempo Frontal Chuvoso e Polar, as diferenças de temperatura registradas nos postos não excederam, em média, 1,9°C. A partir do dia 12 até o dia 15, quando entraria um novo Sistema Frontal, as

diferenças de temperatura aumentariam, sempre no período da tarde e final da tarde, para depois, durante toda a noite e madrugada, até as primeiras horas da manhã, caminhar no sentido de se igualarem.

A velocidade dos ventos entre os dias 10, 11 e 12 manteve-se próxima a 2,0 m/s, sem grandes variações, a não ser em momentos muito breves, como naquela ocasião das 3 h do dia 10, quando foram registrados 1,3 m/s, e na noite do dia 11, entre 20 h e 24 h, quando assinalou valores pouco superiores a 3,0 m/s. O comportamento térmico do Aricanduva não exibiu uma relação direta com o vento, nessa ocasião, a não ser por aquilo que já fora mencionado, ou seja, por uma condição na qual foram registrados baixos contrastes de temperatura do ar entre os postos. Entre os dias 13 e 15, a velocidade dos ventos variou de 0,5 a 5,5 m/s. No dia 14, no período em que as diferenças de temperatura foram mais elevadas, a velocidade do vento era baixa (não excedeu 2,0 m/s). Por outro lado, no dia 15, entre 11 h e 15 h, quando as diferenças de temperatura do ar mostraram-se mais elevadas (superiores a 3,0°C), a velocidade do vento também exibiu valores elevados (de 2,5 a 4,3 m/s).

Na sequência entre os dias 16 e 26/08/2000, as diferenças horárias entre os postos, entre os dias 16 e 17, também sob tipos de tempo Frontais e Polares, não excederam 1,5°C na média horário. As diferenças entre os postos que se estabeleceriam até o dia 26, quando outro Sistema Frontal chegaria à altura da cidade de São Paulo, ocorreriam nas mesmas condições descritas. Uma delas, de 7,7°C, às 13 h do dia 18/08, entre o posto do Jd. Iguatemi (15,7°C) e a Vila Manchester (23,4°C), associada, mais uma vez à brusca inversão dos ventos (do quadrante norte-noroeste, para o sul-sudoeste), captada primeiramente no posto do Jd. Iguatemi, só perduraria com valores superiores a 3,0°C até às 16 h. A partir daí as diferenças de temperatura entre os postos cairiam cada vez mais, até as primeiras horas da manhã do dia seguinte (inferiores a 1,5°C), quando começariam a acumular-se novamente, atingiriam um pico ao final tarde e iniciariam nova trajetória descendente com o pôr-do-sol.

As diferenças de temperatura que se estabeleceram entre os postos, uma delas de 5,8°C (ou mesmo aquela de 7,7°C, descrita ainda a pouco) às 21 h do dia 09/08 entre o posto do Jd. Iguatemi (15,5°C) e da Vila Manchester (21,3°C), que foi a maior diferença ao longo da sequência do dia 03 a 09/08, deveu-se muito mais ao relativo grau de abrigo, propiciado pelo relevo, frente às variações na direção dos ventos, do que propriamente à produção de calor antropogênico. Isso

pode ser constatado pela rapidez com que os postos igualaram-se quanto aos seus valores de temperatura. Os sensores foram calibrados para registrar os dados em intervalos de uma hora. Nada impede que os valores tenham se igualado antes desse tempo. Os postos do Jd. Iguatemi e o do Jd. Sta. Bárbara eram os que primeiro exibiam os efeitos de qualquer mudança na direção dos ventos, vindos dos quadrantes leste e sul e, conseqüentemente, da entrada de um novo sistema atmosférico, quando, uma ou duas horas depois, todos os postos registravam valores muito próximos entre si. Aliás, às 21 h foi exatamente o que aconteceu: até às 20 h, a direção predominante dos ventos era norte-noroeste para depois, a partir das 21 h, mudar para sul.

Isso não significa, evidentemente, que os controles urbanos foram totalmente suprimidos. Tanto não foram que, mesmo sob as condições dos tipos de tempo associados aos Sistemas Frontais, Pré-Frontais e Anticiclônico Polar, elas continuaram existindo, embora num patamar não muito superior a 2,0°C (ou, de forma mais recorrente, inferiores a esse valor). Considerar, também, que essas diferenças, sob as condições descritas, relacionam-se, principalmente, à entrada de radiação solar e a transformação da superfície (natural e edificada) em fontes “passivas⁵⁹” de calor. Essa característica é mais evidente no baixo vale e está ligada à elevada densidade de construções, perceptível na carta de uso da terra (figura 4.12) pela quase ausência de áreas verdes e espaços livres de construções. Os baixos valores de albedo nesse setor, notado pelos tons mais escuros dos telhados de cerâmica dos bairros mais antigos e a elevada condutividade térmica dos materiais utilizados na construção civil, aliada à baixa capacidade térmica desses materiais. Quando comparados a volumes significativos de água e de vegetação, os materiais utilizados na construção civil efetuam trocas de calor de forma mais rápida (aquecem e resfriam-se rapidamente) ao passo que a água e a vegetação demoram em fazê-lo. A baixa altitude (730 m), os baixos valores de declividade e a exposição das vertentes nesse setor, somam-se a esses fatores na explicação desse comportamento da temperatura do ar nesse setor da bacia do Aricanduva. Em relação a estes dois últimos fatores, as superfícies inclinadas podem receber mais ou menos calor do que as superfícies horizontais, daí a importância da exposição das vertentes. Geiger (1961) utiliza como exemplo o fato de uma vertente voltada para sul (na Alemanha), com

⁵⁹ Tentou-se aqui, estabelecer uma diferença entre elementos considerados “passivos” e “ativos” na produção de calor. Um trecho de uma superfície asfaltada atua como fonte de calor tanto quanto o organismo de uma pessoa ou o motor de um carro. Entretanto, isso só ocorre na medida em que haja incidência e absorção de energia solar. O que já não ocorre nos outros dois exemplos, onde o calor é

inclinação de 20°, receber o dobro da radiação solar direta quando comparada a uma superfície horizontal.

A principal evidência desse comportamento foi a tendência, descrita em todas as seqüências, de uma anulação das diferenças de temperatura entre os postos, iniciada nas primeiras horas da noite, após o pôr do sol, uma vez que esses fatores, considerados “passivos”, só respondem enquanto fonte de calor na medida em que há aporte de radiação solar (diferente das fontes ativas, como as máquinas e o metabolismo dos organismos vivos, que produzem sua própria energia). Essa distinção entre fontes de calor “passivas” e “ativas” corresponderia, grosso modo, àquilo que Novo (1993) define quando distingue os tipos de sistemas de sensores utilizados no imageamento da superfície terrestre, entre aqueles que dependem de uma fonte de radiação externa para que possam operar (sensores passivos), como os sistemas fotográficos, e aqueles que produzem sua própria radiação (sensores ativos), como os radares.

A exposição das vertentes (figura 4.11) assume um papel importante na manutenção de valores de temperatura do ar sempre mais elevados nos postos do baixo vale, quando comparados àqueles do alto vale. A bacia do Aricanduva é mais aberta no baixo vale (largura de 6-7 de km, contra 4 km no médio vale e 5-6 no alto vale) e o relevo é menos dissecado. Enquanto no alto vale há uma miríade de vertentes, com diferentes orientações, capazes de condicionar a formação de uma infinidade de pequenos núcleos de altas e baixas pressões, o que aumenta a turbulência do ar nesse setor e, conseqüentemente, a constante renovação do ar, o baixo vale é caracterizado por grandes interflúvios, com baixos valores de declividade, cujas vertentes orientam-se para amplos setores de norte e nordeste. Tais características garantem, em termos de área, uma maior superfície exposta à radiação solar no baixo vale. Considerar, também, que, em determinados horários, a incidência de radiação solar nos setores do médio e alto vale ocorre sempre num ângulo mais inclinado em relação à superfície, dado à maior declividade das vertentes, o que possibilita um ganho menor em termos de calorias por unidade de área (quanto mais próximo ao perpendicular, maior é o ganho de energia por unidade de área).

Nas situações em que se verificou essa tendência de homogeneização dos valores de temperatura (figura 5.3 - gráficos 06 a 12), deve-se ressaltar a ação de controles associados aos sistemas atmosféricos (escala regional). As diferenças de temperatura entre os postos, motivados

produzido graças às transformações químicas e de conversão de uma forma de energia em outra,

pela ação dos controles de superfície, ocorreram principalmente na transição dessas situações, quando da passagem para um tipo de tempo Anticiclônico Polar em Processo de Tropicalização e/ou Tropicalizado, à medida que o Sistema Polar Atlântico perdia as suas características de ar polar.

No primeiro caso, sob o efeito de um tipo de tempo Frontal Chuvoso e Frontal Ciclônico, os ventos e os elevados índices de umidade do ar, privaram a superfície (pelo menos em parte) de radiação solar. Privou-se, também, da ação dos controles de superfície em relação à camada de ar sobrejacente no sentido de exercerem sua influência diferenciada no modo de recepção e transmissão dessa energia. Aliados, evidentemente, às características da água enquanto fator regulador da temperatura do ar e dos ventos no sentido trazer ou remover calor (neste caso, remover calor, já que na retaguarda do Sistema Frontal Atlântico está o Anticiclone Polar Atlântico e, evidentemente, os tipos de tempo associados a esse sistema).

No segundo caso, sob o efeito do tipo de tempo Anticiclônico Tropical Dinâmico do Atlântico e/ou Pré-Frontal, a parte baixa do vale, orientada para noroeste, facilitou a entrada dos ventos quentes oriundos desses sistemas, provenientes desse mesmo quadrante.

As massas de ar formam-se sobre grandes áreas relativamente uniformes de terra ou água e a sua porção inferior (basal) tende a se ajustar às características de temperatura e umidade da superfície. Os principais processos pelo qual ocorre esse ajuste, segundo Blair e Fite (1964), respondem pela radiação, a convecção vertical, a turbulência e o movimento horizontal do ar (advecção). Mesmo quando duas massas de ar originárias de regiões diferentes encontram-se, elas tendem a preservar suas características. E, como consequência disso, na zona de contato, surge descontinuidades ou “frentes”. Trata-se de uma superfície de ar inclinada, relativamente estreita (segundo os mesmos autores, sua largura varia de 80 a 800 km). O ar frio, mais denso, conserva-se por baixo do ar quente. A subida forçada do ar quente e o seu resfriamento por descompressão adiabática, resultam na formação de nuvens, cuja quantidade, tipos e características da precipitação [...] “dependem da umidade desse ar e da razão de variação da temperatura com a altitude” (Idem, p.186).

independente da incidência e absorção de energia solar.

Nesse sentido, os tipos de tempo associados aos sistemas frontais são responsáveis por situações de instabilidades, como alta nebulosidade, ventos e chuvas⁶⁰ em todas as estações do ano. A sua frequência durante o ano em número de dias, de acordo com Monteiro (1973), para a totalidade do território paulista no ano de 1952, tomado como representativo das condições habituais, foi de 100 para a atuação da Frente Polar Atlântica e 28 da Frente Polar Reflexa. Isso representa uma participação de 35,1% durante o ano⁶¹ (respectivamente, 27,4% e 7,7%).

No que diz respeito à ação das frentes (ou sistemas frontais) sobre a bacia do Aricanduva, cabe ressaltar dois aspectos: (1) a escala de repercussão espacial do fenômeno e (2) a sua relação com a produção de tipos de tempo instáveis.

A característica do fenômeno descrita, associada à dimensão do evento, atua no sentido de inibir a estruturação dos microclimas e topoclimas, estreitamente ligados aos controles de superfície, motivada pela ação dos ventos, que remove junto com o ar parte do calor excedente, tanto oriundos de fontes antropogênicas “ativas” quanto aquelas ligada ao aquecimento de superfícies “passivas” (fontes passivas), relacionada à diminuição nas taxas de insolação efetiva ou radiação solar global, com o obscurecimento do céu pela elevada nebulosidade associada ao sistema frontal, além do elevado conteúdo de umidade no ar e baixas temperaturas dos materiais e ambiente circundante [...] “durante as noches de los períodos frios o em superficies que se encuentren rodeadas por objetos a baja temperatura el intercambio de calor trabajará negativamente produciéndose uma perda calorífica em la superficie expuesta” (OLGYAY, 2002, p.113).

Isso também justifica o fato de ter englobado numa só categoria esses dois tipos de tempos diferenciados. Deve-se lembrar que não são os tipos de tempos que definem os climas urbanos (a sucessão dos tipos de tempo definem os climas locais), mas a relação destes com a superfície urbana. Embora diferenciados em termos de origem, a repercussão espacial nas variações da temperatura do ar é semelhante nos diversos pontos de uma cidade, aqui nos trópicos úmido, onde o estabelecimento do sistema polar dificilmente traz quedas de temperatura acentuadas (vários graus abaixo de zero grau à escala Celsius).

⁶⁰ Para a primavera-verão no período de 1961-65 para as localidades de Campinas, Jaú, Ribeirão Preto e Mocóca, no interior de São Paulo, Tarifa (1975) chega ao valor médio de 66,9% do total de chuva, associado à atuação da Frente Polar Atlântica. Acrescenta, ainda, mais 16,9% à atuação indireta desse sistema, na forma de Calhas Induzidas.

Disso resulta a relativa homogeneidade térmica do ar. As diferenças da temperatura do ar entre os postos, nessas ocasiões, eram exíguas e a variação média diária não ultrapassava 2,0° C. Evidentemente, em algum momento, o posto do Jd. Iguatemi, de forma mais recorrente, indicava valores de temperatura de 3,0° C mais frio quando comparados aos dos postos do baixo vale. Diferença, esta, atribuída, principalmente, à sua localização (posto mais ao sul da bacia no setor de alto vale e o primeiro a sofrer os efeitos da entrada dos sistemas frontais, já que se coloca na rota preferencial de entrada desses sistemas na capital), situado na cota mais elevada (825 m). Cabe ressaltar que essas diferenças de temperatura assumiam um caráter momentâneo, ou seja, não persistiam durante horas seguidas.

Esse sim pode ser considerado “tempo bom” numa cidade como São Paulo (“tempo bom”, também, para a agricultura), ao contrário daqueles dias ensolarados e quentes anunciados na mídia. Aliás, há uma diferença enorme entre um dia ensolarado e quente anunciado como “tempo bom”, sob condições de elevada umidade do ar e outro de ar seco.

O papel do vento, nesse caso, é fundamental para a dispersão de poluentes e do excedente de calor. No entanto, naquilo que diz respeito ao comportamento da temperatura, o seu papel é relativo. Mesmo durante a passagem dos Sistemas Frontais, as diferenças de temperatura entre os postos persistiram (ainda que num patamar igual ou inferior a 2,0°C) e mesmo em outras ocasiões, sob a influência de outros sistemas atmosféricos, constatou-se um baixo índice de correlação entre a velocidade dos ventos e o estabelecimento de diferenças de temperatura do ar (valor de R^2 inferior a 0,5). Neste caso, ou a comparação com os dados da estação do LCB-USP não é válida para a realidade da bacia do Aricanduva ou, o que é mais plausível, tais diferenças compartilham origem com diversos outros fatores, em concordância com o estudo de Sampaio (1981), sobre a impossibilidade de se isolar uma variável do meio e confrontá-la com outra qualquer na tentativa de explicar um dado fenômeno⁶².

⁶¹ Moraes, Costa e Tarifa (1977) verificou uma participação de 31% dos tipos de tempo associados aos sistemas frontais sobre a bacia paulistana no ano de 1974.

⁶² No caso, o autor (SAMPAIO, 1981, p.82), referia-se à relação entre o uso do solo e a ocorrência de “ilhas de calor”: [...] “Metodologicamente, tudo leva a crer numa impossibilidade de se pretender isolar a variável Uso do Solo, para efeito de demonstrar a ocorrência de Ilhas de Calor. Embora seja clara a interferência do mesmo no aquecimento das áreas, basta observar as diferenças entre os espaços edificados e os demais em termos de armazenamento de calor, bem como os valores e curvas da temperatura dos espaços abertos/livres frente à Estação Meteorológica de Ondina.”

5.4.1.1 As situações marcadas por inversões térmicas do ar

As características de relevo e do clima da bacia do Aricanduva propiciam o acúmulo de ar frio nos fundos de vales (fenômeno conhecido como inversão térmica), principalmente durante os períodos de outono e inverno (embora ocorra em qualquer estação do ano) marcado pelo declínio da temperatura sob situações de estabilidade atmosférica, detectadas, principalmente, sob tipos de tempo estáveis, associados ao estabelecimento de sistemas anticiclônicos polares (Sistema Polar Atlântico e Continental e os seus desdobramentos em Sistema Polar em Processo de Tropicalização e/ou Tropicalizado) e os tipos de tempo associados.

Isso não quer dizer, evidentemente, que esses sistemas não atuem nas outras estações do ano. Verificou-se, inclusive, uma incursão maior do Sistema Polar Atlântico no período de primavera-verão, após a passagem dos Sistemas Frontais (três vezes por semana, nesse período, contra uma por semana no inverno de 2000). Entretanto, o impacto nas condições de tempo, oriundas da repercussão desses sistemas atmosféricos, também variam com o decorrer das estações do ano. Enquanto o estabelecimento desses sistemas no outono-inverno é seguido de um forte declínio da temperatura do ar, principalmente nos estados do sul, a sua atuação no período de primavera-verão traz apenas um ligeiro declínio da temperatura, concernente à estação do ano (considerar a inclinação do eixo da Terra nessa ocasião, e a sua situação frente à entrada de energia solar), coincidindo com o enfraquecimento desse sistema.

Sob tais condições, o resfriamento do ar, associado à perda de radiação por emissividade noturna (condições de balanço negativo de radiação), é denunciado, muitas vezes, pela formação de orvalho sobre as folhas das plantas, neblina nos fundos de vales ou pelo teto relativamente baixo de altitude (< 2000 m) de nuvens delgadas e estratificadas, indicativas de ausência de movimentos internos de turbulência, observadas mais freqüentemente ao fim da madrugada ou logo nas primeiras horas do dia. Excepcionalmente, se o resfriamento for muito intenso, podem ocorrer episódios de geada.

Assim que o sol elevava-se em relação ao horizonte, através do seu movimento aparente, e a inclinação dos raios solares diminuía, aumentava a quantidade de calor ganha por unidade de área da superfície terrestre. Ao aquecer, parte do calor dessa superfície é transferida para a camada de ar sobrejacente, inicialmente por contato e depois por mecanismos de turbulência atmosférica (convecção e advecção do ar). À medida que o dia avançava e os valores das

temperaturas aumentavam, o conteúdo de água disperso na superfície, na forma de orvalho, e no ar, na forma de nevoeiro e nuvens baixas estratificadas, era paulatinamente reabsorvido pela parcela de ar aquecida em ascensão. Nessas condições voltavam a predominar condições de céu claro, ensolarado, sem nuvens, com temperaturas altas (às vezes próximos ou superiores a 30,0°C, tanto em Morrinhos quanto em São Paulo), acompanhado de baixos valores de umidade relativa do ar (não raramente inferiores a 35%, no horário da tarde, principalmente no auge da seca durante nos meses de agosto e setembro).

A formação de nevoeiros e nuvens baixas está ligada ao conteúdo de vapor d'água na atmosfera e tende a diminuir à medida que o inverno avança, mesmo que a temperatura do ar registrasse quedas consideráveis durante a noite.

Como eram previstas, as inversões térmicas ocorreram principalmente no inverno. Durante o período de 26/07 a 02/09/2000 na bacia do Aricanduva, a seqüência horária registrou, pelo menos, dez ocasiões quando a temperatura do posto da Vila Manchester (730 m) indicou valores inferiores aos do Jd. Iguatemi, situado a 825 m de altitude. Há que se destacar que as diferenças de temperatura registradas, nessas condições, entre esses dois postos, não excederam 1,0°C. O motivo pelos quais os valores de inversão foram baixos refere-se ao resfriamento, não tão acentuado já a essa altura do inverno, e aos ventos (todos os dias eram observados brisas inversões associadas à ação da Brisa Oceânica).

Isso também foi observado no dia 19/06/2004, num trabalho de campo no estado de Goiás, rumo à Serra de Caldas, sob condições de tempo estável, com fraca nebulosidade, sob influência de um tipo de tempo Anticiclônico Polar em Processo de Tropicalização, associado ao Sistema Polar Atlântico, às 08 h e 20 min, a 850 m de altitude, praticamente no topo do divisor de águas entre o córrego das Éguas e o rio Piracanjuba, quando foi registrado 19,0°C. Logo em seguida, já às margens do rio Piracanjuba, às 08 h e 38 min, a 590 m de altitude, registrou-se 17,0°C (portanto, uma inversão térmica de 2,0°C). O gradiente médio de variação da temperatura do ar com a altitude é de - 0,6°C/100m, ou seja, fora das condições de inversão, a temperatura do topo do divisor deveria ser menor do que aquelas verificadas às margens do rio Piracanjuba, haja vista a diferença de 260 metros entre um ponto e outro.

O mesmo fenômeno foi verificado na área urbana de Morrinhos no dia 04/09/2004. Às 08 h foi registrado no posto situado às margens do córrego Maria Lucinda, a 745 m de altitude,

20,0°C. No mesmo instante, em outro ponto, na Praça do Cristo, um dos pontos locais mais altos da cidade (805 m), foi registrado 24,3°C. Portanto, uma inversão térmica de 4,3° C, muito maior do que aquela do dia 19/06 às margens do rio Piracanjuba e motivada por uma diferença menor de altitude entre um ponto e outro.

Além do acúmulo de ar frio no fundo de vale, durante a noite, deve-se lembrar que a Praça do Cristo, por estar situada numa cota altimétrica superior, recebe os primeiros raios solares no início da manhã, antes dos pontos situados no fundo de vale, dada à sua relativa situação de abrigo. Acrescentar, também, que as condições atmosféricas no dia 04/09, em pleno inverno, fizeram parte de uma sequência de dias muito secos, com forte aquecimento diurno e quedas significativas da temperatura durante a noite, diferente das condições que antecederam o campo do dia 19/06, na transição do outono para o inverno, quando o ar ainda estava mais úmido, percebido pela presença de nuvens cúmulos no decorrer do dia. Nessas condições, a amplitude térmica diária seria menor. Em outras palavras, embora se tratasse de um mesmo fenômeno nas duas situações descritas, o tipo de tempo e os controles de superfície envolvidos eram diferentes. E isso não se restringiu apenas à altitude: a largura do vale constituiu-se num outro fator importante, capaz de condicionar o volume de ar a ser aquecido ou resfriado. O vale do Piracanjuba, à altura de onde foi realizada a observação, de um topo ao outro, possui mais de 15 km, enquanto o Maria Lucinda não possui mais do que 4 km. A mesma coisa vale para o Rio Aricanduva, à altura do posto do Jd. São Cristóvão, no médio vale, num setor formado por pequenas bacias e vales profundamente dissecados, a largura do vale do Aricanduva não ultrapassa 4 km, enquanto nos demais setores, a largura varia de 6-7 km no baixo vale e 5-6 km no alto vale.

O fato de esse posto (Jd. São Cristóvão) ter apresentado os valores mais contrastantes de temperatura do ar (os valores de temperatura mais e menos elevados foram aí registrados), quando comparados aos demais, foi atribuída, principalmente, ao menor volume de ar contido nesse setor, capaz de realizar trocas mais rápidas com o ambiente ao redor. As diferenças diárias máximas e mínimas da temperatura do ar, verificadas no Jd. São Cristóvão (dias 12, 13, 22 e 24/08) é característica de espaços mais restritos. A localização desse posto, na parte onde o vale afunila-se, as vertentes da margem direita do Rio Aricanduva terminam junto ao seu leito numa

forte ruptura de declividade (superior a 45°). Nesses espaços, o pequeno volume de ar aquece e resfria-se mais rapidamente.

Em termos de repercussão junto à superfície, a capacidade de dispersão dos poluentes do ar, sob as condições de inversões registradas, é fraca ou nula. Um fato que atesta a influência desse fenômeno é o odor exalado pelo curtume, localizado a jusante da área urbana de Morrinhos, no baixo vale do córrego Maria Lucinda. A própria UEG, localizada no limite entre a área urbana e rural, no baixo vale desse córrego, é uma das primeiras a sentir os efeitos desagradáveis disso. E como as aulas nessa unidade concentram-se no período noturno, quando o ar já está suficientemente frio devido às perdas radiativas e, conseqüentemente, mais denso dada à perda de energia cinética sob condições de estabilidade atmosférica, ao escoar vertente abaixo, carreavam consigo os gases oriundos dessa atividade.

As situações descritas associadas à exposição das vertentes, escoamento do ar frio e canalização dos ventos, acenam para a importância do relevo na estruturação dos microclimas, topoclimas e mesoclimas e à necessidade de se compreender tais fenômenos para um planejamento urbano que leve em consideração as características do meio físico.

5.4.2 As situações marcadas por heterogeneidade térmica e higrométrica do ar

As situações tratadas a seguir recaíram sobre aquelas quando se estabeleceram diferenças “significativas” de temperatura do ar⁶³ entre os postos no Aricanduva. E isso ocorreu, principalmente, à medida que o tipo de tempo Anticiclônico Polar modificava-se e passava a tipo de tempo Anticiclônico Polar em Processo de Tropicalização e/ou Tropicalizado, principalmente durante o inverno, e Anticiclônico Tropical Dinâmico do Atlântico e/ou associado às Instabilidades Pré-Frontais. A sucessão dos tipos de tempo normalmente era acompanhada da elevação dos valores de temperatura do ar, no decorrer dos dias até que outro Sistema Frontal se estabelecesse, bem como de um aumento no contraste entre os valores de temperatura do ar registrada nos postos, quando analisados comparativamente. Conforme foi sustentado em outro momento do texto, essa é outra característica associada às fontes eminentemente passivas de produção de calor (característica observada, também, na área urbana de Morrinhos, discutido num capítulo adiante).

Na sequência entre os dias 03 e 09/08/2000, inicialmente sob as condições de um tipo de tempo Frontal Encoberto e Frontal Chuvoso (dias 03 e 04), as diferenças de temperatura entre os postos tendeu a variar dentro de um patamar próximo à média de 1,9°C. Essa variação modificou-se sob a influência dos tipos de tempo anticiclônicos polar e tropical (do dia 05 até o dia 09, quando, no dia 10, entrou um novo Sistema Frontal). É interessante assinalar que, sob tais condições, desde a influência do tipo de tempo Anticiclônico Polar (dia 05), passando pelo Polar em Processo de Tropicalização e Tropicalizado, até uma situação de Pré-Frontal e/ou já sob a influência do Anticiclônico Dinâmico do Atlântico (dia 09), as diferenças médias de temperatura entre os postos foram menores do que aquelas sob a ação dos tipos de tempo frontais. Do dia 05 ao dia 09, a diferença média entre os postos, calculada a partir do somatório do período de 24 h do maior valor horário registrado num posto em relação ao menor valor horário registrado em outro posto, foi de 1,6°C. Em quase todas as ocasiões, os postos adotados como referenciais foram os da Vila Manchester e o do Jd. Iguatemi.

Essa tendência também foi verificada na sequência dos dias 10 a 15/08/2000. Inicialmente, sob a influência do tipo de tempo Frontal Chuvoso (ventos de sul e chuva leve e

continua durante todo o dia 10), as diferenças de temperatura do ar entre os postos enquanto indicador de produção de calor manteve-se próxima à média, que foi de 2,0°C, no período de 24 h desse dia. Esse contraste baixou para 1,7°C no dia seguinte (dia 11), sob a influência do tipo de tempo Anticiclônico Polar, quando a temperatura do ar exibiu uma queda forte e gradativa durante todo o dia, até a madrugada do dia seguinte, quando registrou 5,3°C às 7 h do dia 12. A partir desse dia, começava a se esboçar uma condição que seria levada até o dia 15 (no dia 16 entraria outro sistema frontal), ou seja, tal qual na seqüência anterior, as diferenças de temperatura entre os postos passaram a acumular-se no período da tarde e início da noite, quando foram registrados, às 14 h desse mesmo dia, 3,5°C entre o Jd. São Cristóvão (12,7°C) e o Jd. Sta. Bárbara (9,2°C). No dia 13, às 15 h, essa diferença seria de 4,6°C (16,6°C no Jd. São Cristóvão e 12,0°C no Jd. Sta. Bárbara), no dia 14, às 17 h, de 4,5°C (24,1°C na Vila Manchester e 19,6°C no Jd. Sta. Bárbara) e, finalmente, no dia 15, quando se estabeleceria uma diferença de 5,2°C entre os postos da Vila Manchester (18,5°C) e do Jd. Iguatemi (13,3°C). Ao mesmo tempo em que essas diferenças de temperatura do ar entre os postos acumulavam-se, arrastando-as para o final da tarde e início da noite, diminuía as diferenças de temperatura do ar entre os postos no período da madrugada e início da manhã. Menores, inclusive, do que aquelas registradas sob a influência do tipo de tempo Frontal Chuvoso.

A seqüência do dia 16 a 26/08/2000 foi marcada por um período relativamente longo desde o estabelecimento de um tipo de tempo Frontal Chuvoso, associado ao Sistema Frontal que entrara na tarde do dia 15 (e o prolongamento da sua ação pelo dia 16 e 17, com o céu totalmente encoberto e chuva leve em alguns períodos) até que outra frente chegasse, na noite do dia 26, o que possibilitou verificar o comportamento da temperatura do ar sob diversas circunstâncias atmosféricas.

Entre os dias 16 e 17 a temperatura do ar variou entre 10,0°C e 20,0°C e as diferenças de temperatura do ar entre os postos, no decorrer das 48 h, situaram-se muito próximo à média, em 1,5°C, mais quente no baixo vale. A ação conjunta do Sistema Frontal e do Sistema Polar Atlântico à retaguarda (e os tipos de tempo associados a esses sistemas), forçou a queda da temperatura do ar ao mesmo tempo em que atrasou o estabelecimento de contrastes térmicos entre

⁶³ Na verdade, procurou-se avaliar toda a seqüência, quer ela tenha ou não apresentado diferenças de temperatura do ar nos diferentes postos na bacia do Aricanduva, dentro de uma óptica de interação, em termos de repercussão espacial, com outros elementos atmosféricos e do meio.

os postos (exemplo de quando um fator regional impõe-se frente à organização micro e topoclimática da cidade).

Os dias 18 e 19 denunciaram a ação do tipo de tempo Anticiclônico Polar e, em alguns momentos, entre 13 h e 17 h, estabeleceram-se vários contrastes de temperatura do ar, notadamente entre o posto da Vila Manchester (sempre com valores de temperatura mais elevados) e os postos do Jd. Sta. Bárbara e Iguatemi (mais frios). Tais diferenças alcançaram 7,7°C no dia 18, às 13 h, quando foram registrados 23,4°C na Vila Manchester e 15,7°C no Jd. Iguatemi, e 5,6°C no dia 19, às 14 h, com 22,3°C no Jd. São Cristóvão e 16,7°C no Jd. Sta. Bárbara. Não obstante a magnitude dos valores de temperatura do ar deve-se frisar que o intervalo de tempo decorrido, dentro do qual se estabeleceram tais contrastes, estiveram limitados ao intervalo acima mencionado (entre 13 h e 17 h, durante os dias). Nos demais horários as diferenças máximas de temperatura do ar entre os postos, mantiveram-se abaixo de 2,0°C.

Nos dias 21, 22, 23/08, sob a influência do tipo de tempo Anticiclônico Polar em Processo de Tropicalização, verificou-se a mesma tendência de estabelecimento de contrastes térmicos entre os postos, com valores superiores a 3,0°C, inclusive, embora não com a mesma magnitude da sequência anterior. Só que desta vez ao final da tarde e noite (entre 15 h e 00 h). Excepcionalmente, no dia 23/08, foi registrado, às 03 h (madrugada), uma diferença de 3,0°C entre o posto do Jd. das Rosas (16,4°C) e o posto do Jd. Iguatemi (13,4°C).

Nos dias 24, 25 e 26, seguindo a mesma tendência quanto ao comportamento da temperatura do ar dos dias 21, 22 e 23, mas desta vez sob condições de um tipo de tempo Anticiclônico Polar Tropicalizado, a temperatura do ar alcançou valores superiores aos 30,0°C (nos três dias) e valores de umidade relativa do ar ao redor de 20% nos horários mais quentes. Em diversos momentos do dia 24 (manhã, tarde e noite), estabeleceram-se diferenças de temperatura do ar entre os postos iguais ou superiores a 3,0°C. Isso ocorreu de forma mais acentuada ainda, no dia 26. Em todos esses dias, o final da madrugada e início da manhã, coincidiu com a formação de inversão térmica, evidenciados pelos valores mais baixos de temperatura do ar nos postos do baixo vale.

O aporte crescente de radiação solar, à medida que a nebulosidade diminuía, com a sucessão e modificação dos tipos de tempo, desde o início da sequência, favoreceu a absorção e, conseqüentemente, a produção (emissão) de calor, que passou a ser liberado paulatinamente pela

superfície urbana à camada de ar circunjacente, mesmo no período da noite, coincidindo com esses elevados contrastes térmicos exibidos pelos postos do baixo vale (mais quentes) em relação aos do alto vale (mais frios). Nas condições descritas, para a área urbanizada do baixo vale o fluxo de radiação para o ar suplantou tanto aquela para o interior do solo quanto aquele de fluxo de calor latente utilizada na evaporação, já que a água, tanto na forma de vegetação quanto de corpos líquidos, é um elemento muito pouco presente nesse setor da bacia. Isso prosseguiu até que da madrugada do dia 21 às primeiras horas da manhã do dia 22/08 (entre 3 h e 9 h), se estabelecesse uma condição de balanço negativo, decorrente da formação de um fluxo de calor do ar para o solo, culminando numa situação de inversão térmica, quando os postos do alto vale (Jd. Sta. Bárbara e Iguatemi) mantiveram-se com temperaturas mais elevadas do que aqueles situados no baixo vale (Vila Manchester e Jd. São Cristóvão). O resfriamento da parcela de ar sobre a superfície ocorreu por condução térmica (condução de calor do ar para a superfície), sob condições de céu límpido, sem nuvens e baixa velocidade do vento (a formação de nevoeiro no fundo de vale do Aricanduva denunciou isso). O balanço noturno negativo de radiação provocou um resfriamento da superfície e, conseqüentemente, da massa de ar em contato. O céu despojado de nuvens tanto facilitou o ganho quanto a perda de calor (nessas condições as trocas de calor são maiores e mais rápidas).

A última seqüência do inverno ocorreu entre os dias 27/08 a 02/09/2000. Todos os dias dessa seqüência foram marcados pela maior ou menor intensidade da atuação do SFA. As diferenças de temperatura entre os postos só começaram a acumular-se, com maior freqüência, nos dias 30/08 e 01/09, quando, em alguns momentos, mostraram-se superiores a 3,0°C. Entretanto, seguindo uma tendência já observada em outras ocasiões sob a ação dos tipos de tempo frontais, são raras as ocasiões em que tais valores, relativos às diferenças de temperatura do ar entre os postos, caem abaixo de 1,0°C: a diferença média diária mostrou que o posto da Vila Manchester manteve-se, em média, com valores de 1,5°C mais elevados do que aqueles exibidos pelo posto do Jd. Iguatemi. Mesmo o posto do Jd. das Rosas, a 795 m de altitude, em relação ao posto do Jd. Iguatemi, a 825 m, a diferença média diária, nessa seqüência, mostrou valores em 0,9°C mais elevados para o Jd. das Rosas.

Talvez fosse de se esperar que as diferenças de temperatura do ar entre os postos se acumulassem à medida que as médias diárias de temperatura do ar aumentassem (a temperatura

média do dia, no dia 05/08, sob a influência do tipo de tempo Anticiclônico Polar, foi aproximadamente 11,0°C, contra 21,0°C daquela do dia 09/08, sob a influência do tipo de tempo Anticiclônico Tropical Dinâmico do Atlântico). E isso de fato ocorreu, durante todos os dias, mas apenas em alguns horários, principalmente ao final da tarde e início da noite, quando, em diversas ocasiões, foram registradas diferenças superiores a 3,0°C entre os postos. Nos demais horários as diferenças de temperatura do ar eram, muitas vezes, inferiores a 1,0°C, expressando uma condição ainda mais próxima da isoterminia do que aquelas sob a influência dos tipos de tempo frontais, quando tais diferenças se estabilizavam num patamar superior, em torno de 2,0°C (ou pouco inferior a isso).

Sob a influência do tipo de tempo Anticiclônico Polar, ligado geneticamente ao Sistema Polar Atlântico, as condições de baixa nebulosidade (no dia 05/08 foram anotados 0/8) favoreceram a incidência de radiação solar. E como a superfície urbana do Aricanduva possui um forte comportamento passivo (atua como fonte de calor enquanto perdura o aporte de radiação solar), essa superfície se aquece, mas, tão logo cesse o fluxo de radiação solar (com o pôr do sol e/ou com o aumento da nebulosidade), diminui, também, o fluxo de calor, tal qual uma fina chapa de alumínio exposta ao sol. Isso não quer dizer que não haja fontes ativas de calor na bacia do Aricanduva. Tanto existem que, salvo as ocasiões quando ocorreram inversões térmicas, há um diferencial positivo (quase) permanente, variável, de alguns décimos até 2,0°C, entre o baixo vale do Aricanduva (habitualmente mais quente) e o alto vale (habitualmente mais frio). E isso não pode ser atribuído exclusivamente à altitude, pois foi observado a mesma tendência no posto do Jd. das Rosas, cujo comportamento assemelhou-se muito mais aos dos postos do baixo vale, localizado no médio vale e numa cota de altitude (795 m) próxima àquela do posto do Jd. Iguatemi (825 m) do alto vale (posto habitualmente mais frio).

Embora haja fontes ativas de produção de calor na bacia do Aricanduva, a conclusão é que estas não são as principais responsáveis pelas elevadas diferenças de temperatura do ar (superiores a 3,0°C) entre os postos. Qualidade, esta, atribuída predominantemente às fontes passivas de produção de calor. O que requer, entre outras coisas, soluções de arquitetura e engenharia no sentido de dissipar calor ao invés de aumentar a sua produção, como acontece. E muitas dessas soluções, tomando como referencial as observações efetuadas no nível intra-urbano, estão ao alcance do cidadão comum e não exigem muito mais do que um pouco de

criatividade, como a criação de áreas sombreadas, envolvendo a utilização de materiais empregados na construção civil e vegetação. A título de exemplo, as telhas onduladas tipo “brasilit”, feitas em papelão imerso em piche, transmitem muito menos calor para a parte interna das residências do que as telhas tradicionais feitas com amianto e cimento.

Por outro lado, quando se leva em consideração a utilização de dados de clima em planejamento urbano-territorial, mas num outro patamar de grandeza ou de organização dos fenômenos climáticos, acima do nível intra-urbano (acima do dossel médio das edificações ou da residência individual para o nível dos bairros), o relevo assume um papel de destacada importância na bacia do Aricanduva, o que faz pensar numa relação daquelas soluções de engenharia e arquitetura com a exposição e declividade das vertentes frente à incidência de radiação solar e com as características de orientação e conformação das bacias hidrográficas secundárias que alimentam o Aricanduva (situação dos bairros em meio aos topos, encostas e fundos de vale; altura relativa entre esses conjuntos; orientação da bacia frente à circulação dos ventos).

5.4.2.1 O comportamento térmico e higrométrico do ar na Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva na primavera-verão.

A seqüência entre os dias 29/10 a 02/11, inicia-se sob as condições do tipo de tempo Frontal Encoberto no dia 29, com ventos do quadrante sul durante todo o dia e umidade relativa do ar acima de 70% em todos os horários. Nessas condições, as diferenças de temperatura do ar entre os postos permaneceram ao redor da média diária de 1,7°C. Apenas num único momento estabeleceu-se um contraste térmico de 3,4°C entre o posto do Jd. Iguatemi (15,8°C) e a Vila Manchester (19,2°C). Nos demais dias, até o final da seqüência que coincidiu com a entrada de um novo Sistema Frontal, as diferenças de temperatura do ar entre os postos, notadamente entre os postos de São Mateus e Vila Manchester (com temperaturas sempre mais elevadas) e o Jd. Iguatemi (mais frio), permaneceram com valores iguais ou superiores a 3,0°C, principalmente nos horários da tarde, sendo paulatinamente empurradas para o final da tarde e início da noite, à medida que os dias tornavam-se mais quentes. As condições propiciadas pelo estabelecimento do Sistema Polar Atlântico e o Sistema Polar Atlântico em Processo de Tropicalização (e, evidentemente, os tipos de tempo associados a esses sistemas, de caráter anticiclônico), permitiram um maior aporte de energia solar.

As diferenças de temperatura do ar entre os postos tenderam a acumular-se, tanto em número de ocorrências quanto em valores absolutos instantâneos. Dentre os valores superiores a 3,0°C foi registrado uma ocorrência no dia 29/10 (10 h), seis no dia 30/10 (entre 11 h e 16 h), seis no dia 31/10 (entre 12 h e 18 h), seis no dia 01/11 (entre 10 h e 16 h) e seis no dia 02/11 (entre 15 h e 20 h). O valor médio dessas diferenças de temperatura do ar, em todas essas ocorrências, foi de 3,8°C. Exceto no dia 29/10, quando a velocidade média dos ventos atingiu valores superiores a 4 m/s à noite, nos demais dias, até o final da seqüência, a velocidade média permaneceria entre 1 e 2 m/s, com direção sul e sudeste predominantemente. No dia 30, à tarde, a direção predominante dos ventos era leste, e no dia 02, no mesmo período, norte e noroeste.

O avanço noite adentro dessas diferenças de temperatura do ar, fato já observado na seqüência de inverno, estão ligadas, em primeiro lugar, ao curso diário da radiação solar absorvida e da emissão efetiva terrestre (calor). O fato dessas diferenças de temperatura do ar ocorrer, inicialmente, à tarde, mostra isso, mas não explicam a sua ocorrência à medida que os dias tornam-se mais quentes, quando passam a ocorrer ao final da tarde e início da noite e, menos

ainda, às diferenças de temperatura do ar entre os postos. O desequilíbrio energético, denunciado pelos contrastes térmico entre os postos, gerado pelo estoque de calor junto à superfície urbana (tanto maior quanto maior a duração de horas de brilho solar, associada, neste caso, à participação dos sistemas tropicais seguido de advecção de ar quente), compensaram por várias horas seguidas a ausência de radiação solar depois do pôr do sol (o fluxo de calor, nessas condições, ocorre da superfície para o ar). Essa situação só se inverteu, a favor de um balanço negativo (fluxo de calor do ar para o solo), quando se estabelecia uma situação de inversão térmica (o que praticamente não ocorreu durante todo o período de monitoramento da primavera e início do verão). O excedente energético natural, decorrente da estação do ano, maior à medida que a primavera chegava e avançava em direção ao verão, praticamente anulou as possibilidades de ocorrência de inversões térmicas, embora tenha sido registrada, em várias ocasiões, uma tendência de nivelamento dos valores de temperatura do ar, principalmente entre 04 h e 06 h. Nessas ocasiões os valores de temperatura do ar situaram-se num patamar aproximado, embora, salvo raras ocasiões, tenha se estabelecido inversões térmicas. Havia uma tendência para que isso se estabelecesse, mas não chegou a concretizar-se.

O desequilíbrio energético a favor dos postos urbanos do baixo vale (onde os valores de temperatura eram mais altos), ficou evidente no dia 02/11, quando o posto do Jd. Iguatemi atingiu o valor máximo nesse dia às 13 h (30,2°C) quando, a partir de então, começou a resfriar-se (os demais postos continuariam aquecendo-se). O posto da V. Manchester só atingiu esse máximo às 15 h (32,7°C).

A sequência dos dias 03 a 07/11 iniciou-se, novamente, pela ação de um Sistema Frontal, a partir do dia 03, percebido mais pela nebulosidade e velocidade média dos ventos superiores a 3 m/s. Esse sistema não deixou de atuar em nenhum dos dias dessa sequência, mas de forma variável, normalmente com nebulosidade alta no período da manhã, sol e calor pela tarde, voltando às condições de nebulosidade alta no período da noite. As médias diárias de temperatura continuaram elevadas, sempre acima de 20,0°C, da mesma forma que os contrastes de temperatura do ar entre os postos, exceto nos dias 06 e 07, quando o sistema frontal impõe novamente condições de elevada nebulosidade durante todo o dia e, em momento algum, as diferenças máximas e mínimas entre os postos atingiram 3,0°C, embora as médias diárias de temperatura do ar e de umidade relativa permanecessem elevadas (respectivamente, superiores a

20,0°C e 60%, com ventos do quadrante sul). Nos dias 03, 04 e 05/11, as diferenças de temperatura, notadamente entre os postos da Vila Manchester e Jd. Iguatemi, concentraram-se entre 9 h e 17 h, sempre com valores superiores a 3,0°C.

As diferenças de temperatura do ar entre os postos e a sua continuidade pela noite e, em algumas ocasiões, madrugada adentro, levando consigo diferenças iguais ou superiores a 3,0°C, ocorria quando cessava o aporte de radiação solar. Nessas condições, com a diminuição da turbulência do ar (a velocidade média dos ventos no período da noite, em toda a seqüência, desde o inverno, habitualmente indicava valores inferiores a 1 m/s; situação, esta, que se alterava quando entreva o Sistema Frontal, independente do horário, com valores de velocidade média dos ventos em 3, 4 e 5 m/s), a perda de calor da superfície urbana para a camada de ar sobrejacente, compensava (pelo menos por algumas horas) o déficit gerado pela produção de calor decorrente da transformação da radiação solar absorvida. É o calor armazenado que assumia o papel de insumidor energético no sistema climático urbano da bacia do Aricanduva depois que o sol se punha. Característica amplamente observada no posto da Vila Manchester.

Deve-se somar aos postos do Jd. São Cristóvão e de São Mateus, embora tenham seguido de perto as condições de temperatura do ar exibidas pelo posto da Vila Manchester (quando comparados aos postos do Jd. Iguatemi e do Jd. Sta. Bárbara, habitualmente mais frios), além das suas características de urbanização, o papel imposto pela topografia. Isso foi inferido pela análise da seqüência horária dos valores de temperatura do ar (figura 5.4 - gráficos 13 a 19). Os valores absolutos máximos e mínimos de temperatura do ar foram aí registrados. Isso denota a influência das dimensões do volume de ar e o tempo que a mesma levava para aquecer e resfriar-se (lembrar que ambos os postos situavam-se na porção mais estreita da bacia) e a própria condição de fundo de vale favorecia a formação de ventos anabáticos. Evidentemente, isso também ocorre no posto da Vila Manchester, mas, dado ao fato de ocupar um setor mais aberto à ventilação, tomados por longos interflúvios e vales pouco entalhados, o ar aquecido encontra aí melhores condições de dissipação de calor (embora menor do que aquela verificada no posto do Jd. Iguatemi, cujos índices de áreas verdes sobem para mais de 30%, ao mesmo tempo em que está mais sujeito à circulação local e regional).

Outro aspecto que pode gerar controvérsias, diz respeito à capacidade de um dado local permanecer com temperaturas mais elevadas do que outros. Isso, necessariamente, não está ligado

à existência de fontes ativas de produção de calor, mas simplesmente à maior ou menor capacidade daquele lugar em conservar o calor. E isso foi observado na seqüência horária do dia 03/11, quando as diferenças de temperatura entre o posto da Vila Manchester permaneceriam mais elevadas do que aquelas registradas no Jd. Iguatemi, entre 9 h e 15 h, com valores que variaram de um mínimo de 3,2°C a 4,4°C. Das 16 h em diante as diferenças de temperatura entre esses dois postos diminuíram paulatinamente até às 18 h, quando a maior diferença dos valores de temperatura do ar entre os postos não ultrapassou 1,5°C. Logo depois, a partir das 21 h, as diferenças de temperatura elevaram-se e mantiveram-se num patamar de 2,0°C até às 07 h do dia 04/11, quando foi assinalada a menor diferença desse dia, de 1,5°C, entre o Jd. Iguatemi (18,1°C) e a V. Manchester (19,6°C).

Esse “aumento” dos valores de temperatura do ar, a partir das 21 h, foi relativo e deu-se por causa do maior resfriamento no alto vale (taxa de resfriamento mais acelerada), mais exposto à circulação local e regional. O baixo vale, neste caso, apresentou melhor capacidade de conservar o calor devido às características urbanas e topográficas desse setor (fundo de vale e altitude relativa das formas de relevo). Comportamento semelhante ao descrito foram verificados nos dias 27/11 e 05, 09, 10, 16, 19 e 22/12.

Após a passagem do Sistema Frontal, a seqüência de 08 a 12/11 foi marcada por dias muito quentes, iniciando pelo estabelecimento do Sistema Polar Atlântico e o seu desdobramento em tipo de tempo Anticiclônico Polar até configurar-se o domínio do Sistema Tropical Atlântico. Os ventos predominantes vinham de sul e, em alguns breves períodos, de norte (tarde dos dias 09, 10 e dia 12, quando o Sistema Tropical Atlântico dominaria). A umidade relativa do ar também permaneceria alta, somente atingindo valores próximos a 50% em alguns breves períodos à tarde. Desde o dia 08/11, a evolução da seqüência foi acompanhada do estabelecimento de diferenças de temperatura do ar entre os postos da Vila Manchester (mais quente) e o Jd. Iguatemi (mais frio), com valores superiores a 3,0°C, principalmente no período da tarde. Do dia 09 para o dia 10, essas diferenças adentraram a noite e o início da madrugada do dia 10. A partir daí, das 12 h até às 08 h do dia 11, as diferenças de temperatura do ar entre os mesmos dois postos foram superiores a 2,0°C, atingindo 5,1°C às 14 h no dia 10/11.

No dia 11/11, conforme já fora notado em trabalho anterior (JARDIM, 2002), a seqüência horária de valores de temperatura do ar sugeriu uma evolução progressiva e contínua desse

elemento, das áreas mais baixas e urbanizadas da bacia, para as áreas mais altas e menos urbanizadas, nos mesmos moldes de um padrão de circulação anabática (brisa de vale): os valores mais elevados foram verificados na V. Manchester, às 11 h, quando foi registrado 28,4°C contra 25,3°C do Jd. Iguatemi; às 12 h o posto mais quente era o de São Mateus, com 27,5°C contra 23,1°C do Jd. Iguatemi; às 13 h o posto mais quente era o do Jd. das Rosas (26,2°C contra 22,7°C do Iguatemi); às 14 h o posto de São Mateus era o mais quente (25,7°C contra 21,7°C do Jd. Iguatemi); às 15 h o posto da V. Manchester voltou a apresentar os valores de temperatura do ar mais elevados (23,8°C contra 20,4°C); às 16 h o posto da Vila Manchester ainda era o que apresentava os valores de temperatura do ar mais elevados com 23,3°C contra 19,8°C do Jd. Iguatemi.

O primeiro aspecto a se destacar refere-se às diferentes taxas de aquecimento e resfriamento do ar e a sua manutenção por longo período de tempo em determinado patamar (neste caso superior a 2,0°C), enquanto evidência do controle da temperatura do ar pela cidade. Do segundo aspecto devem-se destacar quatro itens: (1) em todas as ocasiões no dia 11/08 o posto do Jd. Iguatemi foi o mais frio; (2) a condição de posto mais aquecido foi dividida com três outros postos, começando pela V. Manchester, situada na cota altimétrica mais baixa (730m), passando por S. Mateus, até chegar ao Jd. das Rosas em cota mais elevada (795 m), e voltar para a V. Manchester; (3) essa trajetória da temperatura do ar pelos postos se deu em horários distintos e de forma crescente, iniciando pelo posto situado na cota de altitude mais baixa; (4) as diferenças de temperatura assinaladas remontavam valores superiores a 3,0°C.

Esse quadro sugere o desenvolvimento contínuo de um campo de ar (ventos anabáticos ou brisas ascendentes de vale associadas às brisas ascendentes de encosta) que, aquecido inicialmente por condução e, posteriormente, por convecção, expande-se das áreas mais baixas da bacia e leva consigo parte do calor às porções mais altas, até voltar às áreas mais baixas quando o aporte de energia solar declina, até cessar por completo. A partir daí, quando se estabelece um balanço negativo de radiação (momento em que volta a se instalar na bacia do Aricanduva a brisa de montanha associado às correntes descendentes de encosta ou ventos catabáticos), decorrente da perda de radiação por ondas longas (calor) da superfície (o ar passa a ceder calor para a superfície), verifica-se nova estabilização da temperatura e o patamar de diferenças permanece

em torno de 2,0°C entre a V. Manchester (mais quente) e o Jd. Iguatemi (mais frio) e a inversão desse padrão de circulação do ar.

A primeira vista, a situação descrita sugere aquilo que se convencionou chamar nos estudos de climatologia urbana de “ilha de calor” (pelo menos é o que sugere o desenvolvimento espacial contínuo e crescente dos valores de temperatura do ar durante o dia). No entanto, autores como Geiger (1961) já haviam descrito tal fenômeno em situações totalmente alheia às cidades. A urbanização, neste caso, contribuiu com uma parcela do excedente de calor, mas a produção do fenômeno esteve ligada principalmente ao relevo. Deve-se atentar para o seguinte fato: o excedente de calor é natural. Se não houvesse esse excedente, não haveria correntes de ar ascendentes. A cidade apenas (possivelmente) reforçou esse excedente.

Nos dias 12, 13 e 14/11, marcados por instabilidades, a ação conjunta do Sistema Frontal e Sistema Tropical Atlântico, associado aos tipos de tempo Frontal Encoberto (dia 12) e Frontal Chuvoso (dias 13 e 14), seguindo a tendência já verificada anteriormente em várias outras ocasiões, forçou a queda das diferenças de temperatura do ar entre os postos, situando-as muito próximo ao valor médio de 1,9°C. Exceção feita para os horários das 20 h e 21 h (no dia 12), quando se estabeleceram diferenças em torno de 3,2°C entre os postos da Vila Carrão (cemitério) e da Vila Manchester (ambos com valores de temperatura mais elevados) em relação ao posto o Jd. Iguatemi. Foi outro dia muito quente e a temperatura média do ar ficou em torno de 24,0°C. Nos dias 12 e 13 predominaram ventos de norte, com velocidades superiores a 3 m/s ao final da tarde, e ventos de sul com a entrada de um novo Sistema Frontal no dia 14.

Os extremos das seqüências, grosso modo, revelaram condições de relativa homogeneidade térmica (figura 5.9), sempre ligado à ação do Sistema Frontal e do Sistema Polar (e os tipos de tempo associados a esses sistemas), principalmente no inverno. No verão, verificou-se mesma tendência quando da ação do Sistema Frontal, mas não da ação do Sistema Polar, que já chega enfraquecido (as suas características são muito parecidas com aquelas ligadas aos sistemas tropicais, notadas apenas pelo ligeiro declínio da temperatura do ar). Os contrastes térmicos entre os postos começam a acumular-se desde então para, depois, ao final da seqüência, coincidir com uma nova tendência à homogeneização (figura 5.4 - gráficos 13 a 19) dos valores de temperatura, quando da chegada de outro Sistema Frontal. Deve-se ressaltar que durante o inverno o número de incursões do Sistema Frontal foi de aproximadamente um por semana. Na seqüência de

primavera foram de duas até três vezes numa única semana, dada às condições típicas de instabilidade dessa estação, além da maior duração desse fenômeno (às vezes por mais de um dia seguido).

A sequência do dia 15 a 17/11 foi marcada pela ação do Sistema Polar (tipo de tempo Anticiclônico Polar), com ventos de sul e sudeste, ainda que não tenha ocorrido um rebaixamento significativo da temperatura do ar (nesses três dias, as médias de temperatura do ar variaram entre 17,0°C e 20,0°C). As diferenças de temperatura entre os postos da Vila Manchester (mais quente) e do Jd. Iguatemi (mais frio), embora significativas (superiores a 4,0°C no dia 17), ocorreram apenas em dois horários nos dias 15 (entre 12 h e 13 h) e 17 (entre 13 h e 14 h). Houve até um episódio de inversão térmica, entre as 9 h e 10 h do dia 16, motivado pelo resfriamento noturno da superfície (a taxa de resfriamento da superfície urbana é maior do que a do ar), quando o posto da Vila Manchester registrou 21,6°C contra 21,9°C do Jd. Iguatemi. A partir das 15 h do dia 17 até o início da madrugada do dia 18, as diferenças de temperatura entre os postos não atingiram 3,0°C e mantiveram-se num patamar nunca superior a 2,0°C (abaixo desse valor, inclusive, na maior parte das vezes) durante todo o período. Essa situação repetiu-se nos dias 18 e 19 já sob a ação de um novo Sistema Frontal.

Se durante os dias 18 e 19 os valores de temperatura do ar entre os postos estiveram muito próximos entre si (influência de um controle regional, ligado à ação do sistema atmosférico) o mesmo não pode ser dito para o período da noite, do dia 19 para o dia 20/11. Nessa ocasião, as diferenças acumularam-se após as 18 h do dia 19/11, até atingirem um valor máximo às 05 h da manhã do dia 20/11, quando se registrou uma diferença de 3,2°C entre o posto da Vila Carrão, no alto do prédio, com 19,3°C, em relação ao posto do Jd. Iguatemi com 16,1°C. Aliás, durante esse dia em vários momentos, nos três períodos, ocorreram diferenças de temperatura do ar superiores a 3,0°C envolvendo os postos do baixo vale (Vila Manchester, São Mateus e Vila Carrão), com temperaturas do ar sempre mais elevadas, em relação ao posto do Jd. Iguatemi, mais frio.

A explicação desse fato diz respeito ao papel do vento, no sentido de acelerar as taxas de resfriamento nas partes mais altas da bacia (essa área está mais sujeita aos efeitos da circulação local e regional) além, evidentemente, do papel da evaporação da água nesse setor, dado ao maior estoque de áreas verdes (isso significa que boa parte do calor disponível no meio é utilizada para evaporar a água que, de outra forma, estaria disponível para aquecer o ar e o ambiente ao redor).

Já o maior fluxo de calor sensível, produzido durante a tarde e noite na área urbana do baixo vale, denunciado pelos valores mais elevados de temperatura do ar em relação aos postos do alto vale, deve-se ao baixo estoque de áreas verdes e a sua situação topográfica de relativo abrigo. Segundo GARCÍA (1990), nas áreas rurais os fluxos de calor sensível vão quase sempre da atmosfera para a superfície. Nas cidades ocorre o contrário, pois a superfície urbana permanece mais quente que o ar. No caso do Aricanduva, essa afirmação é válida em alguns casos.

Os dias 21, 22 e 23/11 foram marcados pela ação do Sistema Frontal (dia 21) seguido do Sistema Polar (dias 22 e 23), com ventos do quadrante sul, sudeste e sudoeste. O comportamento da temperatura do ar entre os postos no dia 21, sob condições de tempo Frontal Chuvoso/Frontal Encoberto, não revelou grandes contrastes entre os postos. Chegou a se estabelecer, inclusive, entre 9 h e 10 h uma situação sob a qual os contrastes térmicos entre os postos não foram superiores, respectivamente, a 0,7°C e 0,8°C (a imposição das características de circulação do ar associadas à atuação do sistema atmosférico, inibiu a organização meso, topo e microclimática da bacia). Já nos dias 22 e 23, sob as condições de tipo de tempo Anticiclônico Polar, as diferenças de temperatura entre os postos da Vila Manchester e de São Mateus (baixo e médio vale) em relação ao posto do Jd. Iguatemi (mais frio), no período da tarde, entre 12 h e 17 h, apresentaram valores de temperatura do ar superiores em 3,0°C (superiores, inclusive, a 4,0°C em alguns momentos). A diminuição da velocidade dos ventos associada à baixa nebulosidade, contrariamente ao que se verificou no dia 21, favoreceu a organização meso, topo e microclimática na bacia do rio Aricanduva (figura 5.9).

No dia 24/11 a temperatura do ar variou entre 18,8°C e 31,7°C, com ventos de N e NE até às 18 h e SW e NW até o fim do dia. O dia permaneceu claro até o meio da tarde e, em seguida, encoberto (durante esse dia o posto do IAG registrou 28,5 mm de chuva), o que caracterizou um tipo de tempo Pré-Frontal. Apenas em um momento foi detectada uma diferença de temperatura superior a 3,0°C. O fato ocorreu às 15 h, no momento da entrada do novo sistema atmosférico. Nessa ocasião o posto de São Mateus assinalava 30,0°C e o posto da V. Carrão, no alto do prédio, 25,5°C (diferença de 4,5°C). Às 16 h as diferenças entre os postos não ultrapassaram 1,3°C e o posto de São Mateus registrava 20,7°C. Após esse horário e até às 4 h da manhã do dia seguinte, as diferenças de temperatura do ar permaneceram próximas a 2,0°C (mais elevadas no posto do baixo vale e mais baixas nos postos do alto vale), decorrentes do forte aquecimento desse dia.

Essa diferença de temperatura do ar entre o posto de São Mateus e o da Vila Carrão, no alto do prédio (770 m), deve-se às condições topoclimáticas em que se encontrava o posto de São Mateus (760 m), e a sua relativa situação de abrigo (mais, inclusive, do que qualquer outro posto), pois ambos os postos situavam-se em cotas de altitude próximas.

Outro aspecto a ser ressaltado dessa seqüência, refere-se ao fato de se estabelecer um patamar de baixos contrastes térmicos entre os postos, semelhante àquelas sob a ação do Sistema Frontal, embora tenha sido num dia muito quente. Segundo Azevedo (2001b), o fato de uma parcela de ar estar mergulhada num imenso campo de radiações, não implica, necessariamente, em aumento da temperatura do ar. A temperatura do ar é função direta da quantidade de material particulado e de vapor de água na atmosfera, cujas quantidades são extremamente variáveis. Neste caso deve-se ressaltar o papel da umidade do ar (os valores de umidade relativa do ar foram elevados durante todo o dia: a média diária indicou um valor superior a 80%).

Com a entrada do Sistema Frontal ao final da tarde do dia 24/11, no dia 25 o céu permaneceu encoberto a maior parte do tempo (na estação do LCB-USP foram registrados 18,1 mm de chuva, concentrados no período da manhã e noite), com breves períodos de sol na parte da tarde. Ventos de SW até às 06 h; de N das 7 h às 16 h; e SW e S até o fim do dia e todo o período do dia 26. A temperatura máxima foi de 25,5°C, registrado no posto da V. Manchester às 15 h. A mínima foi de 18,0°C, registrado no Jd. Iguatemi às 23 h.

Nesse dia, as diferenças de temperatura do ar entre os postos, restringiram-se a dois momentos: um deles, decorrente do forte aquecimento do dia anterior, registrado a 1 h da madrugada, quando foi assinalada uma diferença de 3,3°C entre o posto da Vila Manchester (21,9°C) e o posto do J. Iguatemi (18,6°C). A outra diferença foi anotada ao final da tarde, às 16 h, no momento em que foi registrado novo episódio de chuva e mudança da direção dos ventos, seguida de uma brusca queda da temperatura do ar. Nessa ocasião, a diferença registrada entre o posto do Jd. Iguatemi (20,7°C) e os postos da Vila Manchester e o da Vila Carrão, próximo ao cemitério (ambos com 25,0°C), alcançou 4,3°C. Esses dois postos do baixo vale só chegaram ao mesmo patamar de temperatura do posto do Jd. Iguatemi, duas horas depois, às 18 h, quando a maior diferença entre eles era de 0,7°C (19,7°C em São Mateus e 19,0°C no Jd. Iguatemi).

Em princípio, o comportamento da temperatura do ar ao longo da seqüência horária do dia 25 não pareceu diferente daquela do dia anterior, principalmente naquilo que diz respeito à

freqüência e magnitude dos valores registrados. No entanto, a primeira diferença anotada esteve relacionada ao atraso no resfriamento da área urbanizada do baixo vale do Aricanduva, motivada pela produção de calor sensível, decorrente do seu armazenamento durante o dia e que, pelo menos por um breve período após o pôr do sol, compensou o calor oriundo da transformação da energia solar absorvida. A segunda, de maior intensidade, relacionou-se às características de circulação do sistema atmosférico. Deve-se lembrar que o alto vale está mais exposto às características da circulação local e regional e que a atmosfera é muito mais ativa nessa época do ano.

As súbitas inversões na direção dos ventos, acompanhadas de uma brusca queda na continuidade dos valores de temperatura do ar, além da maior freqüência de incursões e duração da ação do Sistema Frontal, descrito em vários momentos desde o final de outubro, são típicos da estação de primavera⁶⁴.

Os dias 26 e 27/11 foram marcados pela ação do Sistema Polar, após a passagem do Sistema Frontal. Sob as condições de um tipo de tempo Anticiclônico Polar a temperatura do ar não ultrapassou a casa dos 22,0°C no primeiro dia e 25,0°C no segundo. Durante quase todo o tempo os ventos predominantes vieram de sul, sudeste e sudoeste, e mantiveram-se constantes com velocidades entre 0,5 e 1,5 m/s no dia 26 e 0,5 e 2,5 m/s no dia 27 (os maiores valores de intensidade dos ventos foram registrados no período da tarde). As diferenças de temperatura do ar registradas entre os postos ficaram muito próximas à média do dia, no dia 26, que foi de 1,2°C. No dia 27 também, embora tenha acusado valores um pouco mais elevados. Mesmo assim, em nenhum momento ultrapassou o valor de 2,8°C, registrado num único momento, no dia 27 às 12 h, quando o posto da Vila Manchester assinalou 27,1°C e o posto do Jd. Iguatemi 24,3°C. A

⁶⁴ Segundo López (1996), apoiada em França (1946), essa [...] “é a época de maior instabilidade geral, com grande freqüência de ventos, especialmente os de componente Sul. A estes, frios e úmidos, deve-se o aumento que se registra na precipitação durante a primavera, em relação à estação precedente. As chuvas ocorrem em função da umidade e do frio transportados pelas correntes polares do Sul, e prolongam-se, sob a influência dessas perturbações, por vários dias seguidos. Durante a primavera ocorrem os mais baixos índices de calmaria do ano, sendo também registrados os ventos mais intensos – geralmente provenientes de SE – ao anoitecer. No início da estação, ou seja, no período mais próximo aos meses de inverno, os valores da pressão atmosférica são bastante elevados. Entretanto, estes decrescem na medida em que os dias se aproximam da estação quente, o que favorece a ocorrência das grandes perturbações atmosféricas, tão comuns durante o verão. Essas condições, características de uma estação transitória entre o inverno e o verão, explicam também a ocorrência da formação de neblina e névoa seca no início da primavera – quando verificamos a predominância de regimes atmosféricos de altas pressões, que favorecem as calmarias – e sua ausência no final da estação, quando se registra a constante atuação de núcleos de baixas pressões”.

umidade relativa do ar, durante esses dois dias, revelou valores médios acima de 90%, a não ser em breves períodos, quando os postos do baixo vale atingiram valores em torno de 70%.

As razões disso são as mesmas já apontadas em outras situações, relativa à imposição das características de circulação do sistema atmosférico (tendência à homogeneização, ou supressão das diferenças de temperatura do ar nos diferentes lugares e, conseqüentemente, da destruição da organização meso, topo e microclimática da cidade; figuras 5.3 e 5.4, nos primeiros e últimos dias das duas seqüências gráficas).

No dia 28, as condições de tempo se dividiram entre a ação do Sistema Polar Tropicalizado (com ventos de sudoeste na parte da manhã e final da tarde) e Pré-Frontal (ventos do quadrante norte durante a maior parte do dia). A maior estabilidade do tempo propiciada pelo tipo de tempo Anticiclônico Polar Tropicalizado somou-se à entrada de ventos quentes provenientes de norte, atraídos pelo núcleo de baixa pressão no nordeste da Argentina, Rio Grande do Sul e Uruguai. Deve-se ressaltar que foi um dia muito quente (todos os postos registraram valores superiores a 30,0°C entre 12 h e 15 h, chegando a 33,0°C no Jd. das Rosas). Além do aporte de radiação solar ser maior do que aquela sob a ação do Sistema Frontal (o que, por sua vez, estimula a produção e armazenamento de calor nas áreas urbanas a partir da transformação da radiação solar absorvida), deve-se considerar o reforço de ar quente por advecção. Nessas condições, as diferenças de temperatura do ar entre os postos foram bastante elevadas, todas superiores a 5,0°C, concentradas entre 15 h e 18 h (novamente, mais quente no baixo vale e frio no alto vale).

No dia 29 é que as condições de tipo de tempo associado às Instabilidades Pré-Frontais se fizeram mais presentes, com ventos de norte durante quase todo o dia e noroeste a partir das 15 h, prenuncio da entrada de um novo Sistema Frontal. Exceto pelos postos do Jd. Iguatemi e Vila Carrão (alto do prédio), todos os demais postos registraram valores superiores a 30,0°C, entre 12 e 16 h.

Em vários momentos desse dia (manhã, tarde e início da noite) foram registradas diferenças de temperatura entre os postos, superiores a 3,0°C. As ocorrências no período da manhã, uma delas, às 6 h, de 3,4°C, entre o Jd. Iguatemi (18,3°C) e o posto da Vila Carrão no alto do prédio (21,8°C), e a outra, às 8 h, de 3,1°C entre o Jd. Iguatemi (22,4°C) e a Vila Manchester (25,5°C), tiveram origem no atraso do resfriamento dos postos urbanos do baixo vale, decorrente do armazenamento de calor, associado ao forte aquecimento ainda do dia anterior. As ocorrências de

3,7°C às 12 h, entre os postos do Jd. Iguatemi (27,1°C) e da Vila Manchester (30,8°C) e aquela de 3,9°C às 13 h, entre os postos da Jd. Iguatemi (27,6°C) e do Jd. das Rosas (31,5°C), estiveram associadas à menor capacidade térmica dos equipamentos urbanos dos bairros no baixo vale quando comparados à vegetação amplamente presente no alto vale. O efeito propiciado pelo armazenamento de calor aparece, principalmente, depois que o sol se põe. Ocasionalmente, até o início da manhã do dia seguinte. Às 16 h foi registrada outra diferença significativa na temperatura do ar, de 8,1°C, entre o posto do Jd. Iguatemi (22,9°C) e da Vila Manchester (31,0°C). Neste caso, a gênese desse fato esteve ligada à mudança da direção do vento (primeiro para noroeste a partir das 15 h e depois sudeste e sudoeste a partir das 20 h) e, conseqüentemente, da entrada de um novo sistema atmosférico (Sistema de Brisa Oceânica associado ao Sistema Frontal nas proximidades).

O dia 30/11 já começava a exibir os efeitos do Sistema Frontal que entraria na tarde desse mesmo dia, às 15 h, notado pelo aumento gradativo da nebulosidade durante o dia e súbita mudança na direção dos ventos à hora da sua entrada (de norte e noroeste para sul). A temperatura máxima do dia foi registrada às 13 h no posto da Vila Manchester (28,0°C). Em vários momentos do dia, entre 13 h e 18 h, foram assinaladas diferenças de temperatura do ar entre os postos do baixo e médio vale, em relação ao do alto vale, superiores a 3,0°C. Uma delas, inclusive, da ordem de 6,4°C, às 13 h, entre o posto do Jd. Iguatemi (21,6°C) e o posto da Vila Manchester (28,0°C).

Essas diferenças, concentradas todas nesse intervalo de tempo, estiveram associadas à entrada do Sistema Frontal. A partir daí, as características topo e mesoclimáticas de cada posto interveio no sentido de acelerar ou retardar as perdas de calor acumulado durante o dia. A invasão de ar com características térmicas e higrométricas diferenciadas não foi acompanhada de um mesmo tipo de repercussão nos diferentes pontos da bacia. Tanto os fatores topográficos quanto urbanos interferiram no sentido de acelerar ou retardar o aquecimento/resfriamento nesses diferentes locais.

O dia 01/12 foi marcado pela ação do Sistema Frontal, embora o eixo principal e de maior densidade de nuvens estivesse sobre o Atlântico. Predominaram ventos de sul durante todo o dia. O céu permaneceu nublado com chuva leve em breves períodos. A temperatura máxima do dia alcançou 20,8°C, às 14 h, registrada no posto da Vila Manchester e em nenhum momento, em

qualquer um dos postos, os valores de umidade relativa do ar ficaram abaixo de 80%. O tipo de tempo esteve mais para Frontal Encoberto Estável do que propriamente Frontal Chuvoso. Nessas condições, as maiores diferenças de temperatura do ar registrada entre os postos foi de 3,3°C e 3,4°C, às 13 h e 14 h respectivamente, entre os postos do Jd. Iguatemi (mais frio) e o posto da Vila Manchester.

A tendência geral de supressão das diferenças de temperatura do ar prevaleceu, embora não de forma acentuada como em outras ocasiões já descritas, motivado, principalmente, pela elevada nebulosidade, quando diminui o aporte de radiação solar, e elevados valores de umidade do ar. As diferenças de temperatura do ar entre os postos onde foram registrados valores mais elevados (baixo vale) estabeleceram-se em torno de um patamar positivo relativamente elevado, média de 1,9°C, em relação aqueles com valores menos elevados (alto vale).

No dia 02/12 predominaram ventos de sul e sudeste e pouca nebulosidade durante o dia à medida que o Sistema Frontal se afastava para o oceano e o Sistema Polar passava a exercer influência sobre o clima local da bacia paulistana. A temperatura do ar pela manhã e noite permaneceu relativamente baixa para essa época do ano, entre 14,0°C e 16,0°C. À tarde, a temperatura máxima atingiu 25,0°C e 26,0°C.

Essas condições permitiram o estabelecimento de diferenças significativas de temperatura do ar entre os postos, no período da tarde, superiores a 3,0°C em vários momentos, atingindo, inclusive, 5,3°C, às 15 h, entre o posto da Vila Carrão próximo ao Cemitério (26,2°C) e o Jd. Iguatemi (20,9°C).

A análise dessa seqüência sugere que os contrastes térmicos estariam ligados às propriedades materiais diferenciadas de todo o conjunto natural e urbano da bacia do rio Aricanduva, enquanto fonte predominantemente passiva (principalmente) de absorção e produção de calor. Segundo Vide (1999, p.42) [...] “La radiación de onda larga recibida em una superficie es casi constante a lo largo de un día, dado que el conjunto de la atmósfera, de donde procede, no experimenta una variación térmica apreciable en las veinticuatro horas. La radiación de onda larga emitida suele ser mayor que la recibida, presentando, además, una variación diaria, con un mínimo nocturno y un máximo poco después del mediodía, cuando el suelo está más caliente” [...]. Nessas condições, quando não há superfícies líquidas e/ou de áreas verdes (que cumprem um papel, em parte, semelhante a essas superfícies líquidas), onde grande parte desse excedente de

calor é utilizada para evaporar a água, essa energia fica disponível para aquecer o ar assim como todo o ambiente a sua volta.

Esse “máximo pouco depois do meio dia, quando o solo está quente”, que o autor descreve, é o que aconteceu nesta e em várias outras situações. Durante o dia a superfície urbana ganha radiação, então ela se aquece. À noite, ao contrário, essa mesma superfície perde radiação, que conduz ao seu resfriamento. No entanto, a cidade não pode ser comparada a uma superfície hipotética, desprovida de massa. E todo corpo material que possui massa armazena energia (calor). E isso assume maior significado quando se trata de uma malha urbana contínua de edifícios com diferentes funções, ruas e avenidas, como é o caso dos bairros situados no baixo vale do Aricanduva (secundariamente o médio vale), quando comparados aos bairros de distribuição espacial fragmentada do alto vale, dispersos em amplos espaços com vegetação e/ou sem qualquer tipo de ocupação.

O dia 03/12 foi semelhante ao dia anterior naquilo que diz respeito ao comportamento da temperatura do ar entre os postos. Entretanto, contou a participação de sistemas tropicais, notado pela mudança de direção dos ventos, de sul para nordeste, norte e noroeste, entre 7 h e 16 h, associado a uma situação Pré-Frontal. A temperatura do ar alcançou 33,1°C às 15 h no posto da Vila Manchester, o que significou uma diferença de 7,5°C em relação ao posto do Jd. Iguatemi, com 25,5°C. Esse patamar elevado de diferenças de temperatura do ar (superiores a 3,0°C) entre os postos urbanos do baixo vale em relação do Jd. Iguatemi, ocorreu entre 14 h e 22 h. A explicação dessas diferenças de temperatura repousa sobre os mesmos fatores aludidos para o dia anterior. Entretanto, a magnitude dos valores alcançados e o seu prolongamento noite adentro, esteve ligado ao reforço de ar quente do interior do continente (ventos do quadrante norte e noroeste), indicado pela mudança na direção dos ventos. Deve-se levar em consideração, também, que a partir das 17 h voltaram os ventos de sul (oriundos do Sistema Polar, ainda ativo) e o posto do Jd. Iguatemi, situado numa cota de altitude mais elevada e na rota preferencial de entrada desses ventos, foi sempre o primeiro a se sujeitar às novas condições de circulação do ar (neste caso, de ar mais frio).

O dia 04 foi marcado por forte nebulosidade durante todo o dia, com ventos de sudeste e leste até às 7 h, característico da ação do Sistema Frontal, e de norte e noroeste até a manhã do dia seguinte. As diferenças de temperatura do ar entre os postos tenderam a desaparecer, e não se

distanciaram da média de 1,6°C. Embora o dia tenha sido quente (a temperatura máxima do dia, registrada às 14 h em São Mateus, foi de 28,8°C), a umidade do ar permaneceu elevada (em nenhum momento foi inferior a 60% e a média do dia ficou ao redor de 85%). Três fatores contribuíram para a manutenção de temperaturas elevadas durante o dia, mas com pequeno contraste térmico entre os postos: advecção de ar quente do interior do continente, nebulosidade e taxa de umidade do ar elevadas. Nessas condições, grande parte do calor emitido pela superfície fica retida na coluna de ar entre a superfície e o nível de condensação das nuvens.

No dia 05/12 ainda persistiram as condições de elevada nebulosidade associada à ação do Sistema Frontal, com ventos de sudoeste e sul a partir das 4 h até o final do dia, e chuva no período da manhã. Os valores de umidade relativa do ar foram superiores aos do dia anterior (superiores a 80% em todos os postos e horários) e a média do dia foi superior a 90%. Tais características inibiram o desenvolvimento de contrastes térmicos acentuados entre os postos. Por outro lado, a influência do Sistema Polar, e os tipos e tempo associados a esse sistema, começavam a se fazer presentes. O reflexo disso transpareceu na temperatura do ar, quando a máxima registrada foi de 24,3°C, às 11 h, no posto do Jd. das Rosas. Horário este quando também se estabeleceu uma diferença de 3,1°C entre esse mesmo posto e o posto do Jd. Iguatemi, com 21,2°C. Isso aconteceria mais uma vez, às 14 h, quando o posto do Jd. das Rosas registraria 23,8°C e o posto do Jd. Iguatemi 20,6°C (diferença de 3,2°C).

Condições muito parecidas ao dia 05/12 caracterizariam o dia 06/12, já sob a ação do Sistema Polar, com ventos de sul e sudoeste. O enfraquecimento desse sistema nessa época do ano e a participação cada vez mais ativa dos sistemas tropicais, denunciada pela entrada de ventos quentes do interior do continente, pelos quadrantes norte e noroeste, culminariam com dias marcados por elevadas temperaturas (superiores a 30,0°C) até o dia 10/12, quando entraria um novo Sistema Frontal. Outra característica notada nessa sequência diz respeito aos episódios de chuva:

[...] Os episódios cada vez mais freqüentes de chuva na forma de temporais ou aguaceiros no período da tarde, indício da proximidade do verão, passam a exercer um importante papel no controle da temperatura do ar à medida que impõem novas características de circulação, com o aumento da velocidade e na mudança de direção dos ventos e no incremento das taxas de umidade relativa do ar. Esse papel, exercido pela brisa oceânica no inverno, aparece, agora, aliado a esses episódios de chuva [...] (JARDIM, 2002, p.181).

No dia 07/12, sob a influência do Sistema Polar, com ventos de sul e sudeste, e umidade relativa do ar em torno de 40% nos horários mais quentes do dia, foi verificado um resfriamento muito grande no alto vale, a partir do posto do Jd. Iguatemi. Nos horários das 4 h, 5 h e 6 h, esse posto permaneceu mais frio em mais de 3,0°C em relação aos postos do baixo vale. Nessa ocasião a temperatura do ar aí registrada oscilou entre 13,0°C e 14,0°C contra 16,0°C e 17,0°C daquela registrada no posto da Vila Manchester. Às 6 h, inclusive, foi registrado um episódio de inversão térmica no posto de São Mateus (14,8°C no Jd. Iguatemi; 17,4°C na Vila Manchester; 14,3°C em São Mateus). Notar que o posto de São Mateus, embora se situe praticamente na mesma cota de altitude do posto da Vila Manchester, a temperatura do ar nesse local esteve abaixo daquele em 3,1°C. Embora ateste uma inversão térmica fraca em relação ao posto do Jd. Iguatemi (de apenas 0,5°C), denota um forte controle topoclimático, quando comparado ao posto da Vila Manchester. Esse mesmo controle transpareceria mais tarde, entre 14 h e 17 h, quando os valores de temperatura do ar mostrar-se-iam mais elevados aí do que aqueles registrados no Jd. Iguatemi. Condição acompanhada de perto pelos demais postos urbanos do baixo vale.

No dia 08/12, a mudança de direção dos ventos para o quadrante leste (em alguns momentos nordeste e norte), entre 3 h e 15 h, e os baixos valores de umidade relativa do ar nos horários mais quentes (ao redor de 40%), evidenciou a participação do Sistema Polar Tropicalizado. Um centro de baixa pressão no meio do Atlântico, à altura da Argentina, atraía o ar quente desse sistema já sobre o estado de Minas Gerais e sul da Bahia. A entrada de ar quente reforçava a tendência de elevação da temperatura do ar, que alcançou 32,5°C no posto da Vila Manchester às 14 h.

Apenas em dois horários as diferenças de temperatura do ar entre os postos superaram os 3,0°C. Uma delas às 12 h, quando foram registrados 30,7°C no Jd. das Rosas contra 27,6°C do Jd. Iguatemi (portanto, uma diferença de 3,1°C). A outra foi registrada às 15 h, entre o posto de São Mateus, com 30,4°C, e o posto do Jd. Iguatemi com 26,7°C (diferença de 3,7°C).

A causa por trás dessas diferenças de temperatura repousa naquilo que já foi discutido em relação à sequência do dia 02/12. Entretanto, o que cabe destacar dessa sequência, mais do que as “diferenças” de temperatura verificadas, diz respeito à tendência de “não ocorrência de diferenças” de temperatura do ar entre os postos, mesmo sob as condições de forte aquecimento diurno. Isso foi verificado nas sequências anteriores, nas situações de resfriamento moderado ou

forte, propiciado pela ação do Sistema Polar, e sob a ação do Sistema Frontal. A elevada nebulosidade e a advecção de ar frio, em ambos os casos, foi decisiva para o desmonte de uma estrutura de circulação do ar em escala local, meso e topoclimática e, conseqüentemente, para a supressão das diferenças de temperatura do ar entre os postos.

O Sistema Polar Tropicalizado, a essa altura, já se confundia com o Sistema Tropical Atlântico (a não ser pelos baixos valores de umidade relativa do ar, por um breve período à tarde, ao redor de 40%). Nessas condições, já aventada em trabalho anterior (JARDIM, 2002), a altura da coluna de ar dos ventos quentes e úmidos do oceano permitiria transpor com facilidade mesmo os pontos mais elevados da bacia paulistana, e impor as suas condições de circulação de ar sobre aquelas influenciadas pelo relevo e uso da terra, de caráter local, meso e topoclimática. Da mesma forma que a ação do Sistema Frontal e Polar (embora dentro de um quadro genético e de comportamento dos elementos climáticos bastante diferenciados), sempre que persiste um mesmo componente de direção de ventos durante todo o período ou, até mesmo, por mais de um dia seguido, as diferenças de temperatura do ar entre os postos tendem a desaparecer.

E no caso do Sistema Tropical Atlântico ou Pré-Frontal, sob condições de forte aquecimento, essas diferenças só tenderam a desaparecer depois de uma seqüência de vários dias seguidos muito quentes. Contrariamente, quando ocorre a intercalação de outros sistemas, percebido pela mudança horária de direção dos ventos, quer esteja ela associada ao Sistema de Brisa Oceânica ou outro sistema limítrofe qualquer, desde que possua características físicas diferenciadas, o comportamento da temperatura do ar nos diferentes postos tende a divergir.

As condições propiciadas pela ação do Sistema Frontal e Polar deixaram transparecer de forma mais nítida as fontes ativas (antropogênicas) de calor. As condições de elevada nebulosidade e advecção de ar frio associadas a esses sistemas, ao substituir o ar quente, inibem a produção de calor pelas fontes passivas (que é o que predomina na bacia do Aricanduva) ao mesmo tempo em que removem o excedente de calor do meio: o que sobra de energia no sistema, responsável pelas diferenças de temperatura do ar entre os postos (normalmente inferiores a 2,0°C, sem descontar o efeito da altitude, se forem tomados como referenciais os postos do baixo vale), fatalmente guardarão uma estreita relação com essas fontes de calor. Em nenhum momento pode se dizer que houve uma situação de completa isoterminia. Assim como as “ilhas de calor”, essa condição também se reveste de um caráter horário. Se forem comparados os dados do Jd. das

Rosas com os do Jd. Iguatemi, isso se torna evidente, dado que ambos situam-se em cotas de altitude próximas.

No dia 09/12 a ação dos sistemas atmosféricos passa a ser controlada por um núcleo de baixa pressão localizado no sudoeste do Mato Grosso (esse é o centro de origem do Sistema Tropical Continental e das Instabilidades de Noroeste), com ventos predominantemente de sul até às 4h e norte e noroeste entre 5 h e 16 h. Após esse horário, até às 15 h do dia 10/12, predominariam ventos do quadrante norte e nordeste, embora haja registros de ventos provindos de todos os outros quadrantes. Dois núcleos de alta pressão abasteciam esse sistema: pelo ar mais frio do Sistema Polar, ao sul e, predominantemente, pelo ar quente do Sistema Polar Tropicalizado, ainda em atividade. O tipo de tempo durante esse dia foi influenciado por este último.

A temperatura do ar alcançou valores superiores ao do dia anterior, com mínima de 18,5°C, máxima de 34,1°C e média de 24,5°C (contra 23,1°C do dia anterior), embora o comportamento da umidade relativa do ar tenha sido semelhante, com valores ao redor de 40% nos horários mais quentes (entre 12 h e 14 h). Os horários entre 13 h e 16 h coincidiram com a entrada de ventos de noroeste. Houve registros de chuvas em pontos isolados sobre a capital.

As diferenças de temperatura do ar entre os postos urbanos do baixo vale (mais quentes) em relação aos do alto vale (mais frios), ocorreram entre 10 h e 19 h, com magnitude de 5,0°C às 15 h, quando o posto da Vila Carrão (alto do prédio) registrou 32,1°C contra 27,1°C do Jd. Iguatemi, e foram produzidas, principalmente, pelas características de condução e armazenamento de calor da superfície urbanizada. Deve-se notar que, em alguns momentos, nos diferentes postos (entre 10 h e 20 h), os valores de temperatura diminuem e voltam a crescer. A diferença de temperatura de 5,0°C relatada ainda a pouco mostrou isso, quando o posto do Jd. Iguatemi acusou 28,5°C às 16 h. A explicação desse fato repousa na ocorrência de chuva em pontos isolados.

A mesma coisa aconteceria no dia 10/12, só que forma ainda mais acentuada quando, entre 11 h e 15 h, todos os demais postos do Aricanduva apresentaram valores inferiores aos do Jd. Iguatemi. Essas diferenças de temperatura do ar entre os postos alcançaram 7,7°C às 11 h, quando o posto da Vila Manchester registrou 27,1°C e o posto do Jd. Iguatemi 19,4°C. No horário seguinte, esses mesmos postos assinalaram, respectivamente, 18,5°C e 24,8°C. Essa indefinição persistiria até às 15 h. A estação do LCB-USP registrou 41,8 mm de chuva entre 12 e 15 h.

A análise da sequência dos dias 11 a 16/12, não obstante à magnitude dos valores alcançados em relação às diferenças registradas entre os postos, revelou, principalmente a partir do dia 13/12, uma tendência à não ocorrência dessas diferenças de temperatura do ar entre os postos, quando predominavam ventos do quadrante norte, ainda sob a ação do núcleo de baixa pressão do Chaco Boliviano (tipo de tempo Depressionário Continental da Baixa do Chaco e/ou Depressionário Continental de NW), responsável pela série de instabilidades. Como já foi discutido, os ventos quentes do interior do continente, oriundos desse quadrante, não encontram obstáculos à sua frente ao adentrar a bacia paulistana (incluindo-se, aí, a bacia do rio Aricanduva).

Outro aspecto a ser destacado, refere-se às diferenças de temperatura do ar verificadas entre os postos urbanos do baixo e médio vale do Aricanduva, em relação ao posto do Iguatemi, ao assumir um caráter muito mais de “desorganização”, motivado pela participação local de outros sistemas e/ou subsistemas atmosféricos, associado à formação local/pontual de espessos bancos de nuvens de chuva, do que propriamente a organização de uma circulação de ar urbana. Os aspectos que apontaram para essa conclusão referem-se aos valores das diferenças encontradas entre os postos de 4,0°C, 5,0°C, 7,0°C ou até mesmo 8,0°C, e a maneira brusca de como ocorre a variação de temperatura de um horário para outro, inclusive com “diferenças negativas”, quando os postos até então mais quentes, tornam-se mais frios e voltam a ficar mais quentes poucas horas mais tarde.

Evidentemente, outros fenômenos, também já discutidos, aparecem em meio a essa sequência, como aquele que foi anotado às 6 h do dia 11/12, quando o posto do Jd. Iguatemi registrou 16,1°C e a Vila Carrão (alto do prédio), com 19,5°C (diferença de 3,4°C). Nesse mesmo instante o posto de São Mateus registrava 16,2°C. Essa diferença de temperatura do ar, às 6 h, horário em que os postos urbanos do baixo e médio vale experimentavam um rápido aquecimento (a temperatura mínima do ar, na maioria desses postos, teria ocorrido no horário anterior, às 5 h), resulta de um balanço de radiação líquida positivo, com a entrada de radiação de ondas curtas (radiação solar). Essa radiação que entra aquece a superfície e a camada de ar sobrejacente.

Ainda nesse mesmo horário, o posto de São Mateus assinalava praticamente a mesma temperatura do ar do Jd. Iguatemi, embora o valor de altitude entre o posto de São Mateus e o da Vila Manchester esteja muito próximo (diferença de apenas 10 metros). Observar, também, que

nos horários entre 13 h e 15 h o posto de São Mateus registrou, além das temperaturas mais elevadas do dia (31,6°C), as diferenças mais elevadas de temperatura do ar quando comparados aos valores obtidos no Jd. Iguatemi (as diferenças variaram de 3,6°C a 4,7°C). Essa elevada amplitude da temperatura do ar nesse posto, como já fora mencionado, encontra explicação no controle exercido pelo relevo (topoclima).

Os tipos de tempo que controlaram o comportamento dos elementos climáticos nos dias 15, 16, 17 e 18/12 estavam ligados à ação do Sistema Frontal. Os valores médios de umidade relativa do ar não estiveram abaixo de 80%, principalmente entre os dias 16 e 18, quando se mostraram, em média, superiores a 90%. Durante esses quatro dias houve registro de chuvas de acordo com a estação meteorológica do LCB-USP. As diferenças de temperatura do ar entre os postos permaneceram, nesses quatro dias e durante todos os horários, muito próximos ao valor médio de 1,4°C, tendo no posto da Vila Manchester (na média e na maioria das ocasiões) os valores mais elevados de temperatura do ar e no posto do Jd. Iguatemi, os mais baixos.

Como já fora mencionado, a nebulosidade inibe o aporte de radiação solar, na forma de ondas curtas, ao mesmo tempo em que o vento, relativamente intenso nessas faixas de instabilidades (a velocidade dos ventos esteve entre 2 e 3 m/s a maior parte do tempo entre os dias 15 e 18/12), remove grande parte do calor emitido pela superfície, além, é claro, da maior quantidade de umidade no meio, o que implica, necessariamente, numa maior disponibilidade de calor latente em detrimento do calor sensível. Nessas condições, o saldo de radiação disponível para aquecer o ar e a superfície é muito baixo, comparado aos dias ensolarados e com ventos de baixa intensidade, como aconteceu nos dias 25/08 e 20, 21 e 22/12 quando, em quase todos os horários, foram reveladas diferenças de temperatura do ar entre os postos superiores a 3,0°C (esses valores adentraram a noite e a madrugada do dia seguinte).

Nos dias 19, 20 e 21/12 os tipos de tempo foram controlados pela ação do Sistema Polar (Anticiclônico Polar), com ventos de sul e sudoeste, já enfraquecido a essa época do ano, o que permitiu maior entrada de radiação solar. Nos dias 22 e 23/12, os tipos de tempo foram controlados pelos sistemas tropical e polar tropicalizado (Anticiclônico Polar Tropicalizado e Anticiclônico Tropical Dinâmico do Atlântico), com ventos do quadrante norte e nordeste, e marcados por elevados valores de temperatura do ar durante o dia (superiores a 30,0°C). Nessas condições, o aporte de calor é dissipado pelo ar por meio de convecção (calor sensível e latente) e

condução para o solo, o que resultou num aquecimento diferencial nos diferentes lugares, concernente às características dos materiais de cobertura do solo e de edificação frente ao armazenamento de calor. Daí o estabelecimento de diferenças de temperatura do ar entre os postos nos vários horários durante todo o período.

Um fato que deve ser destacado é a passagem do dia 20 para o dia 21 e do dia 22 para o dia 23, quando essas diferenças de temperatura do ar adentraram a noite e madrugada com valores superiores a 3,0°C. Nessas condições, a perda radiativa é compensada por convecção e condução de calor armazenado pelo conjunto de edificações durante o dia.

As diferentes taxas de aquecimento e resfriamento na bacia (figuras 5.3 e 5.4) do Rio Aricanduva refletem a ação diferenciada dos controles de superfície (naturais e produzidos), de abrangência do fenômeno (escala espacial e temporal), dos mecanismos de funcionamento (processos em andamento) e da sua gênese.

Nas situações marcadas sob a influência dos tipos de tempos estáveis⁶⁵ (Anticiclônico Polar Tropicalizado e Anticiclônico Tropical Dinâmico do Atlântico), com baixa nebulosidade e temperaturas elevadas, o perfil do comportamento térmico tendia a acompanhar a marcha diária do sol⁶⁶, esboçando diferenças de temperatura do ar entre os bairros de 3,0°C ou superiores, nos horários de maior insolação, quando os raios do sol incidem de forma mais perpendicular à superfície. A quantidade de calor por unidade de área, nessas condições, é muito maior do que aquelas verificadas nas primeiras horas do dia e tende, dependendo das condições locais de nebulosidade, umidade do ar e material particulado em suspensão, sob essas condições de circulação do ar, a aproximar-se do total diário de radiação solar disponível para aquela faixa de latitude.

⁶⁵ Essas ocasiões caracterizaram-se por dias muito quentes, com temperaturas do ar próximas ou, às vezes, superiores a 30,0°C, pouca nebulosidade e ventos muito fracos. Esse mecanismo, como resultado da subsidência do ar, origina em superfície um campo de alta pressão, decorrente do “empilhamento” do ar, que dificulta a aproximação de outras massas de ar. Lembrar que a estrutura dinâmica dos anticiclones, segundo o Meteorological Office (1991), é marcada pela convergência horizontal do ar em altitude e divergência horizontal próximo à superfície. O processo de subsidência ou descida do ar em direção à superfície implica no aquecimento dinâmico do ar, queda nos valores de umidade relativa e aumento da estabilidade estática do ar.

⁶⁶ Ao que tudo indica uma diferença marcante em relação às cidades situadas nas médias latitudes, onde as “ilhas de calor” manifestam-se com maior intensidade no período noturno, decorrente, entre outros fatores, da maior duração do dia no verão (tanto maior quanto mais elevada a latitude) e, conseqüentemente, elevado aporte de radiação solar.

No entanto, uma revisão das seqüências horárias anteriores (e posteriores), mostra que a entrada de ventos desse quadrante ocorreu com relativa freqüência, sempre associada a elevados valores de temperatura do ar, o que é verdadeiro, mas nem sempre associada a uma condição no qual não se tenha verificado diferenças de temperatura do ar entre os postos Aliás, nesse caso, ocorreu o oposto: a entrada de ventos pelo quadrante noroeste foi acompanhada por um reforço no estabelecimento dessas diferenças. A não ocorrência dessas diferenças de temperatura do ar dava-se à medida que perduravam por vários dias seguidos essas condições.

A partir daí, verificou-se que há condições bastante específicas para que isso aconteça. Uma delas refere-se aos valores elevados de umidade do ar durante todo o dia e a sucessão de vários dias muito quentes (com temperaturas máximas diárias superiores a 30,0°C) quando, ao final da seqüência, culminaria com a situação descrita. E isso é razoável se for considerado que a radiação terrestre (calor) retida no sistema e emitida de volta à superfície (contra-radiação) pela atmosfera, propiciado pelo “efeito de estufa” natural da atmosfera, assume uma importância quantitativa, relativa ao aquecimento do ar e de todo o ambiente ao redor, maior que o total (%) de radiação solar global. De acordo com Vide (1999), das 100 unidades de energia que atingem o topo da atmosfera, apenas 47 unidades atingem a superfície (de forma direta e difusa) ao passo que a contra-radiação responde por 96 unidades. Esse excedente (temporário) só é possível graças ao trânsito de energia no sistema. Uma seqüência de dias muito quentes acena para uma maior disponibilidade de energia no sistema e, ao mesmo tempo, tempo suficiente para que o ar e tudo que está a sua volta se aqueçam também. Evidentemente, o balanço final da energia solar que entra e sai do sistema é zero, caso contrário o ar acusaria um contínuo aquecimento ou resfriamento ao longo do tempo, e não é o que se verifica, pelo menos de alguns séculos atrás até os dias de hoje.

O quadro esboçado pela evolução horária da temperatura do ar durante a ação (predominante) do Sistema Pré-Frontal durante essa seqüência, esteve relacionado aos seguintes fatores: (1) a atuação e a evolução dos sistemas atmosféricos propiciaram um contínuo aquecimento ao longo dos dias, desde a tropicalização do Sistema Polar Atlântico, visível desde o dia 27/11, e a entrada de massas de ar quente do interior do continente, característico da ação do Sistema Pré-Frontal, motivada pela calha de baixas pressões ao longo da linha de frente (proximidade de um novo Sistema Frontal Atlântico); (2) fatores topoclimáticos, ligada às

características do relevo e urbanização. A localização do posto da V. Manchester favorece a estagnação do ar à sua volta. Somam-se a isso as características urbanas da área. A velocidade de propagação de calor pelo ar numa malha contínua de construções, a partir da sua conseqüente transformação em fonte de radiação, é muito maior do que numa área urbana intercalada a amplos espaços com vegetação. Além da elevada inércia termal desses ambientes (o calor específico do povoamento vegetal é muito próximo ao da água), essas áreas funcionam como “escondouros de calor”, já que, de acordo com as “leis” da termodinâmica, as áreas mais frias “drenam” continuamente calor para dentro de si (figura 4.13).

Outro fator refere-se à entrada da Brisa Oceânica. A ação desse sistema não implica, necessariamente, na destruição do sistema de circulação urbana. Esse sistema não tem tanta força quanto o Sistema Frontal Atlântico, de ação regional. Sua ação implicou em parte das ocasiões, em restringir a circulação urbana aos setores mais baixos da bacia (o relevo, neste caso, impõe-se como fator), daí os contrastes de temperatura verificados, muitas vezes pela madrugada adentro, entre o posto do Jd. Iguatemi (mais frio) e os demais postos do baixo vale, principalmente, e médio vale, secundariamente.

Outro aspecto que merece atenção e que guarda uma estreita relação com os tipos de tempo, diz respeito à chuva. Embora o foco da pesquisa tenha recaído sobre as variações térmicas e higrométricas do ar, foram realizadas, também, coletas de chuva com a finalidade de avaliar a sua acidez (pH) e, assim, contribuir para a compreensão da realidade climática no Aricanduva, durante o período de 28/01 a 10/04/2004, a partir de um ponto no médio vale do Aricanduva (Jd. das Rosas), e de forma concomitante, entre o Jd. das Rosas o Jd. Iguatemi, no período de 14/02 a 06/03/2005 (tabela 5.9).

A intenção, num primeiro momento, era atingir a síntese climática a partir dos três canais de percepção do clima urbano definidos por Monteiro (1975). Neste caso, a temperatura do ar e das superfícies (solo exposto, sob relva e pavimentado) geraria dados para se discutir o canal termodinâmico, a umidade relativa do ar e a chuva responderiam (parcialmente) pelo canal hidrometeorológico (embora a umidade relativa do ar guarde uma estreita relação com as variações da temperatura do ar e, portanto, com o canal termodinâmico) e a acidez da água de chuva subsidiaria a discussão em torno do canal físico-químico.

Na verdade a realidade revelou um quadro bem mais complexo, à medida que a pesquisa ganhava corpo, e direcionaram as atenções para as variações da temperatura e umidade relativa do ar, haja vista a quantidade de dados disponíveis até então (somados aqueles em andamento e/ou já previstos) decorrentes do material acumulado. Incluem-se aí, também, as facilidades na aquisição, manuseio e reposição dos instrumentos voltados à mensuração da temperatura e umidade relativa do ar, diferentemente daqueles destinados à avaliação da poluição do ar e das águas, com preços ainda proibitivos, mesmo para instituições de ensino superior. Isso sem dizer que a metodologia teria de ser redirecionada, pois a informação sobre a acidez da chuva estaria incompleta se a mesma não fosse acompanhada de uma análise dos componentes químicos presentes na água da chuva. Dessa forma, foram apontadas aqui apenas algumas considerações a respeito do comportamento desse elemento.

Durante o primeiro período monitorado (73 dias consecutivos) foram registradas ocorrências de chuva em 27 dias. Se for considerado todo o período monitorado (incluindo os 21 dias do segundo período quando foram anotados 06 eventos de chuva), em 10 ocasiões (30,3%) foram registrados valores de pH abaixo de 5,6 e todas associadas a temporais de curta duração (em torno de 1 h), principalmente no primeiro período monitorado. Valores iguais ou superiores a 7,0 ocorreram em três ocasiões (01 no primeiro período e 02 no segundo período), ou seja, 9,1% das ocasiões.

Os dois menores valores de pH foram registrados nos dias 30/01 e 31/01/2004. O primeiro deles ocorreu um após episódio de chuva com trovoadas e ventos fortes, com duração de 1 h e 30 min (com início às 16 h). A leitura foi realizada logo após o evento e assinalou 4,8. O total coletado nesse intervalo foi de 69,5 mm. No dia seguinte (31/01/2004) também foi realizada outra leitura após um evento de natureza similar, resultante de 2 h seguidas de chuva, entre 16 e 18 h, quando foram registrados 22,1 mm de chuva. O valor de pH acusado foi de 4,76. Contrariamente, apenas em uma ocasião (no primeiro período) foi registrado valor igual e/ou superior a 7,0. Isso ocorreu no dia 28/03/2004, às 22 h. O total acumulado foi de 4,4 mm (possivelmente, a gênese desse evento de chuva esteve ligada ao ciclone extratropical que atingiu Santa Catarina naquela ocasião). Os outros dois episódios ocorreram nos dias 15 e 17/02/2005, ambos no Jd. Iguatemi. Respectivamente foram assinalados 7,2 após 1 mm de chuva e 7,3 após 0,6 mm (tabela 5.9).

Embora o número de dias seja restrito a ponto de permitir uma comparação segura entre as duas localidades, esse segundo período, como pode ser visto na tabela 5.9, apontou valores ligeiramente mais baixos de pH no Jd. das Rosas: média de 6,2 contra 7,0 do Jd. Iguatemi. Uma possível causa disso residiria na poluição atmosférica e, conforme foi apontado a partir do estudo de Sobral (1996), as isolinhas de maior valor de poluição convergem para o baixo vale do rio Aricanduva. Entretanto, se forem levadas em consideração as classes para os valores de pH estabelecidas por Castro (1993) para o período de primavera-verão, ou seja, abaixo de 4,5, entre 4,6 e 5,6, e acima de 5,6, as amostras coletadas no Aricanduva em nenhum momento enquadram-se na classe com valores iguais ou abaixo de 4,5. Esse valor de pH pode ser explicado, em parte, pelas próprias características da realidade urbana do Aricanduva, onde a atividade industrial poluidora é exígua quando comparada às demais classes de uso terra, principalmente a de uso residencial (figura 4.12), diferente da realidade da Vila Clementino onde a autora realizou a maioria das coletas.

Outro aspecto observado, e que explicaria a relação entre os episódios de chuva de curta duração e o elevado nível de acidez, refere-se àquilo que qualquer livro destinado ao aproveitamento das águas de chuva aponta, ou seja, que a água coletada nos primeiros minutos de chuva deve ser desprezada (se a intenção for a sua utilização para uso doméstico) dada ao seu elevado grau de acidez (geralmente $> 4,0$ e $< 5,6$, numa escala de zero a 14). Isso decorre do fato da água ser naturalmente ácida, por causa da sua reação com o gás carbônico na atmosfera (o produto é um ácido fraco, o ácido carbônico). Isso significa, portanto, que a chuva dificilmente terá um pH (potencial hidrogeniônico ou simplesmente acidez da água de chuva) neutro, ou seja, com valor 7,0 (autores que trabalham com a questão consideram a água de chuva neutra com valor de pH 5,6). Essa mesma água livraria a atmosfera, também, de grande parte do material particulado em suspensão no ar (ao mesmo tempo em que limparia o telhado e as calhas utilizados para a sua captação). Neste caso, evidentemente, a intenção não era coletar água para consumo e sim avaliar a sua acidez, utilizando-se para esse fim de um pluviômetro de fabricação caseira, constituído por um funil de plástico e uma garrafa plástica de dois litros, e não o telhado e as calhas da casa.

5.4.2.2 O comportamento térmico e higrométrico do ar na área urbana de Morrinhos (GO) e arredores e a convergência de múltiplos fatores na estruturação dos climas urbanos

Da mesma forma que o Aricanduva, as variações da temperatura e umidade relativa do ar em Morrinhos (GO), tomadas durante o mês de maio de 2006, exibiu um comportamento no qual foi possível identificar o desenvolvimento e a participação de vários fenômenos climáticos, em escalas diferenciadas, inclusive, condizentes com as características ambientais e de sucessão dos tipos de tempo do local.

O instrumental utilizado (figura 2.1) contou com termômetros de mercúrio, termo-higrômetros digitais para mensuração da temperatura e umidade relativa do ar, um termômetro digital com haste metálica para tomadas em superfícies (asfalto, solo sob relva baixa e solo exposto) e um termômetro digital com dois canais, utilizado para tomadas de temperatura do solo em superfície e em profundidade. A nebulosidade e os ventos foram avaliados visualmente. Utilizou-se, também, de uma série de mini-abrigos meteorológicos confeccionados pelos próprios alunos do curso de climatologia do curso de geografia da Universidade Estadual de Goiás.

O modelo de abrigo utilizado, descrito no capítulo referente à metodologia (figura 2.1), foi construído com a finalidade de acomodar os instrumentos de medida e reproduzir condições ambientais semelhantes nos diferentes pontos de medida. Com algumas modificações, é semelhante ao adotado pelo Laboratório de Climatologia do Dep. de Geografia da Universidade de São Paulo e já utilizado, com desempenho adequado, em outras ocasiões também no estado de Goiás.

As observações ocorreram durante todo o mês de maio de 2006, nos horários das 6 h, 14 h e 23 h. Contou-se com oito postos ao todo, embora a análise tenha se restringido à apenas quatro deles, na área urbana e rural de Morrinhos (GO). Devem-se acrescentar, ainda, observações realizadas no Pq. Estadual da Serra de Caldas Novas, entre os dias 20 e 21/05, concomitante às observações em Morrinhos (GO), durante um período de 24 horas, em intervalos de 30 minutos. A estação meteorológica do INMET, sediada no município de Morrinhos, foi utilizada como controle local das variações dos elementos climáticos (os dados constam das tabelas 5.10, 5.11 e 5.12 e das figuras 5.5, 5.6 e 5.7).

As características e a localização dos postos na área urbana de Morrinhos (GO) foram as seguintes: estação meteorológica local do INMET (posto 1), situada no limite entre a área rural do

município e a cidade (Jd. América), a 771 metros de altitude, sobre a vertente sudeste do divisor entre os córregos Cordeiro e Maria Lucinda; posto 2: Jd. Santa Fé, 775 metros de altitude, situado num bairro residencial, não adensado, próximo ao topo do interflúvio entre os córregos Cordeiro e Maria Lucinda; posto 3: Genoveva Alves, 755 metros, na vertente sudoeste do divisor entre os córregos da Pipoca e Olaria, num bairro residencial; posto 4: Jd. Romano, 775 metros, na vertente sul, próximo ao topo do divisor onde está situado o posto 3. Os bairros onde se situaram os postos 3 e 4 compõem um dos núcleos de expansão residencial-urbano mais recente da cidade.

No Parque Estadual da Serra de Caldas tomou-se como referencial as medidas efetivadas em dois postos: um sob a cobertura arbóreo-florestal de um cerradão e outro, nas proximidades, situado numa área descampada, próximo ao alojamento (750 m). Os dados produzidos foram analisados levando-se em consideração a relação da curva de comportamento dos elementos climáticos avaliados nos diferentes lugares e horários, com as características físicas do ambiente de coleta (notadamente as características do relevo e vegetação e de urbanização no caso da cidade de Morrinhos) e do tipo de tempo no dia, decorrentes da repercussão espacial local dos sistemas atmosféricos em superfície.

A partir da proposta da “análise rítmica” (MONTEIRO, 1971), o comportamento habitual ou o traço mais recorrente na evolução horário-diária dos elementos climáticos foi revelado pela análise comparativa desses mesmos elementos com os controles atmosféricos e de superfície. A duração, a frequência, a intensidade e grandeza espacial dos fenômenos foram tomadas como indicadores do maior ou menor grau de modificação imposto pela superfície às características do ar.

As condições gerais atmosféricas durante o mês de maio, segmento temporal dedicado às observações em campo, revelaram o predomínio do Sistema Polar em Processo de Tropicalização e/ou Tropicalizado. Sob condições de escassa nebulosidade decorrente do estabelecimento de um imenso campo de alta pressão sobre o centro-oeste brasileiro, a temperatura do ar oscilou entre 12,4°C (média das mínimas) e 27,5°C (média das máximas) e a umidade relativa do ar entre 72% (média dos valores tomados às 9 h) a 49% (média dos valores tomados às 15 h). A média da temperatura no mês foi de 19,9°C, abaixo da média histórica para esse mês que é de 21,9°C. A mesma coisa ocorreu em relação à média das máximas (28,7°C) e à média das mínimas (15,6°C). A evolução horária dos valores de umidade relativa do ar tomados às 15 h assumiu uma nítida

tendência de diminuição até o final do mês. Essa condição foi interrompida pela passagem do Sistema Frontal Atlântico, percebida de forma mais nítida entre os dias 22 e 25/05, marcado por nebulosidade elevada e chuvas, quando foram registrados 17,6 mm de chuva (total do mês).

Sobre um quadro físico e urbano diversificado (capítulo 4), um dos fenômenos anotados durante o seguimento temporal em questão, referiu-se às diferentes taxas de aquecimento e resfriamento do ar, verificados a partir dos postos nos diferentes setores da cidade, condizentes com as características de armazenamento de calor e circulação do ar. Um primeiro confronto dos dados sugere uma maior disponibilidade de calor no meio urbano, fato demonstrado pelos valores mais elevados de temperatura do ar, principalmente às 14 h (figura 5.5), nos postos urbanos do Jd. Santa Fé, Genoveva Alves e Jd. Romano, em relação à estação meteorológica local, em área rural. Em várias ocasiões essas diferenças de temperatura alcançaram valores superiores a 3,0°C (mais elevadas na área urbana).

No caso da estação meteorológica, localizada em área rural, a evaporação do orvalho depositado junto às folhas do capim, somado ao mecanismo de evapotranspiração, consome parte da energia (calor) disponível no ambiente e que, de outra forma, contribuiria para o aquecimento do ar e dos objetos ao redor. Na área urbana, a baixa porcentagem de áreas verdes e superfícies líquidas contribuem para a transformação dos objetos em receptáculos de radiação e, conseqüentemente, em fontes de calor. Mendonça (1994, p.151) também traz algumas considerações a esse respeito, na cidade de Londrina (PR): [...] “A elevação do teor de umidade dos solos rurais manteve elevada sua inércia térmica, enquanto a superfície urbana pela debilidade do armazenamento da umidade e conseqüente fraca inércia termal resfriou-se mais do que o entorno rural” [...].

A relação das elevadas diferenças de temperatura do ar com fontes passivas de produção de calor, pode ser notada pelo caráter horário pelo qual se reveste a duração dos eventos. Embora as diferenças de temperatura do ar entre a área urbana e rural alcançassem valores elevados às 14 h, verificou-se uma tendência para o estabelecimento de uma situação de homogeneidade térmica às 6 h (figura 5.5). Ainda que a média das diferenças para esse horário tenha sido de 2,7°C, essa diferença foi dada principalmente pela comparação dos dados do posto 2 tomados no Jd. Santa Fé com os do posto 3 no setor Genoveva Alves, ou seja, dois postos situados em área urbana (o primeiro numa condição de topo e o segundo, próximo ao fundo de vale). Deve-se ter em mente,

também, que no caso das 14 h, o mês de maio foi marcado pelo domínio de tipos de tempo anticiclônicos, com elevada duração de horas de brilho solar, associado à escassa nebulosidade por vários dias seguidos (o que, por sinal, responde por um traço importante dos tipos de tempo no centro-oeste brasileiro, principalmente no inverno). Nessas condições, gera-se um excedente de calor na área urbana, que perdura por um tempo indefinido e/ou enquanto duram as referidas condições de tempo.

Essa condição também foi verificada por Pimentel e Santos⁶⁷ (2006) num outro trabalho de investigação, praticamente concomitante àquela mencionada ainda a pouco, sobre as variações da temperatura e umidade relativa do ar na área urbana de Morrinhos. Durante o período dedicado às observações (01 a 10/02 e 09 a 18/07/2006) ao longo de um transecto móvel leste-oeste de aprox. 10 km cruzando toda a cidade, nos horários das 06, 09, 15 e 21 h, e de duas outras tomadas horárias (das 07 às 19 h) apoiadas em postos fixos no decorrer de um dia no verão (04/03/2006) e outro no inverno (29/07/2006), as autoras constataram a ocorrência de vários fenômenos climáticos, desde variações de temperatura no espaço intra-urbano da cidade, associada às características de absorção, condução e armazenamento de energia nas edificações, situações de inversão térmica, até a imposição das características do clima local e regional, sobre a organização micro e topoclimática da cidade, sob condições de tempo marcadamente instável, com ventos de forte intensidade e chuvas de verão (tempestades).

Exemplo disso, conforme relatado pelas autoras, foi verificado no dia 02/02/06 às 15 h, quando a área urbana central (Praça do Mercado) de Morrinhos (GO) acusaria um valor superior em 3,0°C em relação ao ponto situado na saída da cidade (leste da área urbana), próximo a um posto policial, a 827 m de altitude, em área rural. No dia 04/02, a Praça do Mercado acusaria, também, 2,0°C a mais que o ponto da outra extremidade da cidade (oeste da área urbana), na BR 153, também em área rural, embora, neste caso, o valor de altitude desse ponto fosse praticamente idêntico ao da Praça do Mercado (aprox. 770 m). No primeiro caso, a diferença de altitude entre os dois pontos assumiria um importante papel como controle climático, pois expunha o posto policial à influência da circulação local dos ventos. Já no segundo caso, a característica de uso da

⁶⁷ O autor desta tese (Carlos Henrique Jardim) foi co-orientador do trabalho de Pimentel e Santos (2006), referente a uma monografia de conclusão de curso. Estiveram presentes à banca, na ocasião da defesa, o prof. Dr. Washington Luiz Assunção da Univ. Federal de Uberlândia e o prof. Ms. Rildo Aparecido Costa, orientador da monografia, da Univ. Estadual de Goiás.

terra, associada à maior produção de calor na área urbanizada da Praça do Mercado, assumiria o papel de controle principal.

Vale lembrar que os episódios de inversões térmicas são freqüentes em Morrinhos (GO), associadas, evidentemente, às características do seu relevo. O posto situado às margens do córrego Maria Lucinda (posto do lago, 745 m de altitude) apresentou as temperaturas mais baixas em 80% das ocasiões (valores entre 2,0°C e 2,5°C mais frios em relação aos demais postos são freqüentes, mesmo no verão). Esse mesmo ponto assinalaria, também, em algumas ocasiões, valores mais elevados que os demais, associado à formação de ventos catabáticos: episódio do dia 12/07, quando esse ponto registrou 22,7°C e o posto da polícia, 22,2°C.

Nota-se que não é só o tipo de tempo que interfere na disponibilidade de radiação solar e, conseqüentemente, de calor. O tipo de tempo responde pelo componente local. Outra parte das respostas deve ser buscada nas características de urbanização e de conformação do relevo, no nível topoclimático. Os valores de temperatura do ar do posto do Jd. Santa Fé, localizado num bairro residencial urbanizado, próximo aos bairros centrais, exibiram uma estreita relação com a situação topográfica, mais do que em relação às características urbanas. A sua localização, no topo do divisor de águas entre o córrego Maria Lucinda ao norte e o córrego do Cordeiro ao sul, favorecia a ventilação e, portanto, a remoção de parte do excedente de calor, embora não o suficiente a fim de garantir valores mais baixos que os da estação meteorológica às 14 h, quando se mostrou mais próximo às características de comportamento térmico dos demais postos urbanos. Em relação à estação meteorológica, as diferenças de temperatura do ar registradas nesse posto (Jd. Santa Fé), por ocasião das 14 h, atingiram valores habitualmente superiores a 3,0°C.

Essa constatação, no entanto, não é válida para o horário das 6 h, quando a temperatura do ar no posto do Jd. Santa Fé mostrou-se inferior à temperatura do ar registrada na estação. Tendência seguida, em menor grau, pelo posto do Jd. Romano. No caso do posto do Jd. Santa Fé, esse fato mostrou-se mais evidente, dada às características de ventilação, associada à topografia desse setor. Os valores de temperatura do ar ficaram em média 2,0°C abaixo daqueles registrados na estação meteorológica. Neste caso, a resposta deve ser buscada nas características de armazenamento e propagação de calor pela malha urbana. Materiais inertes como o concreto, asfalto, metais, superfícies de solo exposto etc., de baixa capacidade térmica e elevada condutividade térmica quando comparados à água, ao solo úmido e à massa vegetal, tendem a

ganhar e ceder calor mais rapidamente (neste caso, em especial, as características do posto do Jd. Santa Fé mostrou-se tão eficiente em relação ao resfriamento do ar quanto daquela conduzida pelo relevo em situações de inversão térmica).

O comportamento desses dois postos mostrou uma tendência e não um comportamento geral. Como fora salientado parágrafos atrás, os controles de superfície se revezam enquanto causa na estruturação de um dado evento. O posto do Jd. Genoveva Alves, às 6 h, apresentou valores próximos aos da estação meteorológica (embora superiores; média de 14,3°C contra 13,9°C na estação), mesmo estando próximo ao posto do Jd. Romano (média de 13,1°C). A sua localização num patamar de altitude inferior ao dos demais postos (755 metros contra 775 metros do Jd. Romano) e a exposição da vertente, voltada para sudoeste (sul no posto do Jd. Romano), garantiram, respectivamente, uma condição maior de confinamento do ar e maior disponibilidade de radiação global.

A altitude não explica por si só o fato de se constatarem valores mais elevados de temperatura do ar, por ocasião das 6 h, junto à estação meteorológica. Levando-se em consideração a margem de erro do altímetro, não mais do que 40 metros de altura separam um posto do outro e, portanto, insuficientes para se produzir diferenças pronunciadas na temperatura do ar, da ordem de 3,0°C a 4,0°C, mesmo admitindo-se um patamar de variação com a altitude de 1,0°C para cada 100 metros. Neste caso, a condensação do orvalho junto ao capim das áreas de pasto no entorno da estação, liberam o calor latente e, conseqüentemente, contribui para a elevação da temperatura do ar.

Durante a ação do Sistema Frontal, entre os dias 22 e 25/05/2006, o comportamento térmico nos diferentes postos mostrou-se inalterado em relação aos demais dias do mês, para o horário das 14 h, com elevadas diferenças de temperatura do ar (superiores a 3,0°C), registrados entre os postos urbanos (valores mais elevados) e a estação meteorológica (valores mais baixos). No entanto, às 6 h, as diferenças de temperatura entre os postos foram irrisórias e permaneceram ao redor de 1,0°C (mais baixas em relação aos demais dias do mês, quando se estabeleceram em torno de 2,5°C nesse mesmo horário). A elevação dos valores de umidade relativa do ar durante esses dias (média de 89% às 9h e 60% às 15 h contra 70% e 47%, respectivamente, dos dias anteriores nos mesmos horários), associado às condições gerais de instabilidade do ar, poderia facilmente explicar a diminuição dos contrastes térmicos. Mas, como foi demonstrado, isso não

foi verdadeiro às 14 h. Tal fato reforça a hipótese de que os contrastes térmicos verificados entre a área rural e urbana de Morrinhos guardam estreita relação com fatores de ordem micro e topoclimática (a própria cidade se define nessa escala), diferente do caráter mesoclimático e/ou local que assumem essas diferenças de temperatura do ar numa metrópole como São Paulo, onde a malha urbana estende-se por centenas de quilômetros quadrados e não dezenas de quilômetros quadrados como ocorre em Morrinhos. A referência escalar aqui apontada, foi colhida da obra de Monteiro (1975), traduzida na seguinte seqüência, do menor para o maior: microclimas (pequenos espaços, ao nível da habitação, praças etc.), topoclimas (cidades pequenas), mesoclima (cidade grande) e local (metrópoles). Atenção especial cabe ao nível dos topoclimas que, segundo Ribeiro (1993, p.291) [...] “corresponde a uma variação do clima local devida à rugosidade do terreno, que tem como consequência a energização diferenciada do terreno, durante o período diurno, para as diversas faces de exposição à radiação solar” [...].

A relação com fatores micro e topoclimáticos quanto ao forte aquecimento diurno registrado na área urbana de Morrinhos, encontra respaldo no comportamento da temperatura tomada em superfícies com diferentes tipos de cobertura (tabela 5.11; figura 5.6), na área urbana de Morrinhos, durante os dias em que se verificou a ação do Sistema Frontal. As medidas ocorreram rigorosamente nos horários das 6 h, 14 e 23 h, durante todo o mês, numa praça, num trecho de solo exposto e outro gramado e sobre o asfalto da rua. O comportamento geral da temperatura sobre essas diferentes superfícies, às 6 h e 23 h (figura 5.6), pouco divergiam entre si (respectivamente, as diferenças médias foram de 2,1°C e 3,3°C), elevando o contraste às 14 h (diferença média de 9,5°C), o que era de se esperar, haja vista a rapidez com que o solo seco e o asfalto absorvem e cedem calor ao meio (figura 5.6). Chama a atenção, também, o comportamento da temperatura do solo exposto em relação ao solo sob relva baixa, muito próxima entre si, entre os dias 22 e 28/05, durante e alguns dias após a atuação do Sistema Frontal. Nessas condições, em que tanto o solo exposto quanto o solo sob a relva estavam muito úmidos, o comportamento térmico em ambos era ditado pelas propriedades de calor específico da água, de elevada capacidade térmica, ou seja, é necessário um elevado ganho energético para que haja uma variação significativa de temperatura em ambientes muito úmidos (o calor específico da água é aproximadamente cinco vezes superior ao de um mesmo volume de concreto). O mesmo não ocorreu com o asfalto, que continuou a apresentar elevados contrastes de temperatura

(sempre positivas) em relação às demais superfícies. O armazenamento de água sobre superfícies desse tipo é nulo e como o seu ressecamento é rápido, as características originais de baixa capacidade térmica e elevada condutividade de calor são preservadas. Isso contribuiu para a formação de um excedente de calor, transferido, em parte, à camada de ar sobrejacente. Uma das respostas ao fato das áreas urbanas apresentarem temperaturas mais elevadas em relação ao seu entorno rural, principalmente no período da tarde, repousa na compreensão de interações microclimáticas desse tipo (principalmente se as observações forem de caráter intra-urbanas ou tomadas abaixo do nível marcado pelo dossel urbano). Uma conclusão óbvia, como medida no sentido de mudar esse quadro, seria a ampliação de áreas verdes em meio ao espaço urbano e a inclusão, como já fora comentado, de modificações no material empregado e nas características de construção dos edifícios (a mesma conclusão não é válida quando se amplia a escala para níveis superiores ou topoclimáticos, mesoclimáticos e local, quando o relevo e, num patamar de organização ainda maior, referente à circulação regional do ar, impõem-se de modo mais efetivo como fatores na organização desses espaços climáticos).

A comparação horária com os dados colhidos no Pq. Estadual da Serra de Caldas (tabela 5.12; figura 5.7), a 750 metros de altitude, indicou os seguintes valores: às 14 h do dia 20/05, foram registrados em Morrinhos 26,0°C no posto do Jd. Santa Fé, 25,0°C no Jd. Romano e 23,5°C na estação meteorológica, contra 22,9°C no interior da mata (cerradão) e 25,0°C numa área descampada limítrofe ao cerradão (os dois últimos no parque). Às 15 h, a estação meteorológica em Morrinhos acusou 21,9°C, enquanto no parque foram registrados 22,5°C no cerradão e 24,6°C na área descampada. Às 18 h, a estação em Morrinhos registrou 20,3°C e no parque, 18,6°C no cerradão e 18,2°C na área descampada. Às 23 horas, o posto urbano do Jd. Santa Fé registrou 13,0°C e no parque, 16,4°C no cerradão e 15,2°C na área descampada. Finalmente, a última leitura comparativa entre o parque e Morrinhos, ocorreu às 9 h do dia 21, quando foram registrados 17,5°C na estação meteorológica em Morrinhos, 17,3°C no interior do cerradão e 22,3°C na área descampada próxima ao cerradão.

O descompasso entre os valores registrados assinala elevado grau de comprometimento com fatores de ordem micro e topoclimáticos. Entretanto, são válidas algumas analogias, como as características de comportamento térmico do ar entre a estação meteorológica e os postos urbanos em Morrinhos e entre as tomadas realizadas no interior do cerradão e na área descampada

próxima ao cerradão. Uma análise da sequência horária de 24 horas realizada no parque mostra que a temperatura média do ar no cerradão foi de 17,9°C contra 18,6°C na área descampada limítrofe. Embora os valores médios sejam próximos, a temperatura máxima no interior do cerradão foi de 23,2°C e no descampado, 28,6°C. Em Morrinhos também foi verificado algo semelhante, principalmente à tarde, no horário das 14 h, quando a temperatura média dos postos urbanos indicava valores entre 29,3°C e 30,1°C e a estação meteorológica, 26,3°C.

Esse traço no comportamento térmico do ar revela a relação da temperatura do ar com a umidade, associada à vegetação (tanto nas áreas de pasto ao redor da estação, quanto no interior do cerradão, na Serra de Caldas, esse é o elemento predominante), e com as características de absorção, condução e armazenamento de calor. Tanto a área urbana quanto as áreas descampadas e de solo exposto que ocorrem no interior das matas, não representam empecilho algum frente à entrada de radiação solar (bastam medir a temperatura diretamente sobre as superfícies de solo exposto, calçamentos e ruas asfaltadas para constatar os valores mais elevados de temperatura, proporcionadas pelo excedente de calor nessas áreas, como resultado de um balanço positivo de radiação). E, da mesma forma como não representam empecilho frente à entrada de radiação, não representam, também, dificuldade alguma à saída dessa radiação (na forma de calor), principalmente se for considerada e elevada condutividade térmica do solo exposto e seco e das superfícies urbanas em relação à massa vegetal e de corpos líquidos. A área urbana e o descampado na Serra de Caldas, também registraram mínimos inferiores, respectivamente, à estação meteorológica (6,0°C contra 8,1°C) e ao cerradão (13,2°C e 14,4°C), tomados nos mesmos horários. Geiger (1961) atribui esse comportamento à capacidade calorífica (ou térmica) da massa do povoamento (neste caso, a vegetação) por unidade de área é 0,8 cal/cm².°C e, portanto, superior ao do concreto (0,2 cal/ cm².°C) e próxima a da água (1,0 cal/ cm².°C).

Evidentemente, trata-se de uma comparação grosseira. Mesmo que o homem se esforce para reproduzir um ambiente termicamente confortável, dificilmente serão reproduzidas as condições do interior de uma área florestal. O que não significa, também, que as características microclimáticas do interior de uma mata sejam ideais, em termos de conforto, para o ser humano. Valores de umidade do ar muito elevados, acima de 80%, recorrentes em ambientes florestais, são incompatíveis com a manutenção e armazenamento de equipamentos elétrico-eletrônicos, alimentos, vestuários, medicamentos etc.

Outro aspecto anotado, desta vez associado à topografia, refere-se às diferenças de temperatura entre a estação em Morrinhos e a Serra de Caldas, cujos valores (alguns já mencionados parágrafos atrás), para o horário das 9 h, mostraram-se mais elevados na Serra de Caldas e, às 18 h, mais elevados em Morrinhos, conforme a descrição. Essa “alternância” na condição de ambiente mais ou menos aquecido mostra uma relação direta com a exposição das vertentes: a estação meteorológica em Morrinhos situa-se numa vertente sudeste e, portanto, relativamente abrigada frente à disponibilidade de radiação solar. Por outro lado, as observações realizadas na Serra de Caldas ocorreram na vertente de exposição geral leste-nordeste, ou seja, exposta à radiação solar desde as primeiras horas da manhã até por volta das 12 h, aproximadamente, quando as vertentes de orientação oeste passam a receber maior quantidade de radiação solar. Enquanto a vertente sudeste onde está a estação em Morrinhos recebe menor quantidade de energia solar (diferente das vertentes norte, expostas à radiação solar o dia inteiro) e, portanto, mais demorada para se aquecer, a vertente leste na Serra de Caldas exhibe um excedente de calor logo nas primeiras horas da manhã. Esse descompasso também é perceptível pela comparação horária do posto sob a cobertura arbórea do cerradão (mais frio) em relação ao posto da área descampada, nas proximidades. Afora a relação com os fatores microclimáticos já discutidos, a súbita elevação da temperatura do ar no posto da área descampada indica essa relação com a exposição da vertente.

Em termos gerais, as interações entre as características da superfície e da camada de ar sobrejacente não são tão simples e devem-se levar em consideração os seguintes aspectos: (1) o calor produzido no meio urbano, no caso específico de Morrinhos, deduzido da curva de aquecimento/resfriamento do ar no período considerado, a primeira vista estaria eminentemente associado a fontes de calor de comportamento passivas (desconsiderado o calor produzido pelo metabolismo dos seres vivos, combustão dos automóveis e indústrias de transformação), relacionada à presença de materiais e superfícies inertes, como calçamentos, pisos, ruas, paredes de casas, terrenos com solo exposto, áreas de pasto etc., dado, principalmente, à dinâmica e ao porte da cidade; (2) a disponibilidade desse calor é diferenciada espacialmente (as diferenças de temperatura no espaço intra-urbano revelam essa característica) e, sob condições de forte aquecimento diurno, demonstram um elevado grau de comprometimento com fatores de ordem micro e topoclimáticos, percebido pela duração horária dos eventos; (3) as características de

nebulosidade e de circulação do ar, associadas aos tipos de tempo, desdobramento local dos sistemas atmosféricos em superfície, interferem, respectivamente, na disponibilidade de radiação global e na distribuição do calor pela superfície urbana e rural do município. Por outras palavras, a explicação do fato geográfico-climatológico, diante dos três aspectos apontados, denota a necessidade de decomposição cronológica, já enfatizado por Monteiro (1971) em outro momento da sua obra e, sobretudo, escalar (decomposição escalar). Os diferentes controles de superfície, em maior ou menor escala, atuariam conjuntamente e de forma diferenciada ao mesmo tempo e ao longo do tempo ao assumir “pesos” desiguais na estruturação de um dado evento climático.

As diferenças de temperatura do ar nas diversas situações descritas, tanto em São Paulo quanto Morinhos e Serra de Caldas, não podem ser explicadas apenas pelo grau de inclinação dos raios solares e altitude. Mesmo que o insumo de energia solar (input) seja praticamente o mesmo para cada um desses lugares, dada pela latitude⁶⁸, as diversas situações detectadas envolveram diferentes tipos de fatores, cuja função era redistribuir a energia (radiação solar e terrestre), culminando numa série de fenômenos climáticos: (1) inversões térmicas associadas à influência do relevo (formação de ventos catabáticos); (2) advecção de ar quente ou frio associado à influência dos sistemas e/ou subsistemas atmosféricos, cuja ação tanto podia anular quanto incrementar as diferenças de temperatura do ar e umidade relativa do ar entre os postos; (3) formação momentânea de “ilhas de calor”; (4) formação de ventos anabáticos, decorrente do aquecimento dos fundos de vale e o resfriamento mais rápido das áreas de topo, onde o ar circula livremente; (5) diferenças de temperatura motivadas por fatores de ordem topográfica, como a exposição das vertentes e a dimensão dos vales, cuja influência transparece no dimensionamento do volume de ar a ser aquecido ou resfriado; (6) diferenças de temperatura motivadas pela altitude; (7) influência da vegetação nos setores onde sua ocorrência é significativa (somado ao papel regulador da água, de elevado calor específico); (8) diferenças de temperatura do ar motivadas pelo excedente de calor armazenado pelas edificações durante o dia (comportamento da superfície urbana enquanto fonte passiva de produção de calor); (9) diferenças de temperatura

⁶⁸ É claro que entre São Paulo e Morinhos há uma variação latitudinal considerável (aprox. seis graus). Se o propósito deste trabalho fosse estabelecer uma comparação entre os climas dessas duas localidades, certamente a latitude configuraria enquanto fator. Entretanto, não se trata disso. Em ambas as áreas, quando tomadas isoladamente, não há variação latitudinal significativa entre os postos ou pontos onde foram efetuadas as observações. Na bacia do Aricanduva, o ponto mais ao sul dista 7,5 km (em linha reta) em relação ao ponto mais ao norte da bacia. A mesma coisa entre Morinhos e a Serra de

do ar motivadas pela produção de calor proveniente de fontes urbanas ativas (fontes antropogênicas de produção de calor).

Assim como foi sustentado em trabalho anterior (JARDIM, 2002), diante desse quadro, as diferenças de temperatura encontradas na Bacia do Rio Aricanduva e em Morrinhos, refletem uma total falta de unidade climática, onde não haveria uma, mas várias unidades. A origem disso está nas diferenças morfológicas (orientação dos vales, declividade e exposição das vertentes etc.), nas características de uso da terra e, principalmente, no ritmo de sucessão dos tipos de tempo. Isso mostra um quadro totalmente diferenciado quando comparado à Marabá no Pará (MONTEIRO e TARIFA, 1977), onde as diferenças de topografia não respondem por diferenças acentuadas de temperatura (reflexo de uma situação de unidade climática).

E por que, agora, essa ênfase nos “tipos de tempo”? A presença de unidade climática em Marabá é garantida por uma sucessão diária dos tipos de tempo, associados aos sistemas atmosféricos que participam da estruturação do clima da região, dentro daquilo que se denomina em meteorologia de condição atmosférica barotrópica⁶⁹. O caráter de transição do clima à altura do Trópico de Capricórnio e, de maneira muito mais acertada, à altura da bacia paulistana, alia o ritmo de sucessão dos tipos de tempo ao ritmo de sucessão dos sistemas atmosféricos dentro de uma condição atmosférica baroclínica, sujeita a intensas variações nos campos de pressão decorrentes da advecção do ar. Não seria o momento de se indagar se as condições existentes na bacia paulistana, relativa à sucessão dos tipos de tempo, fossem as mesmas de Marabá, resultaria em tamanha diversidade micro/topo e mesoclimática?

Caldas. Embora haja entre ambas um espaço de 46 km, a latitude é praticamente a mesma para os dois lugares.

⁶⁹ Segundo Ahrens (1982, p.356), [...] “the isotherms [...] roughly parallel the isobars [...]. In this region winds do not cross the isotherms and there is no temperature advection. Where these conditions exist the atmosphere is said to be barotropic. By comparison, there are regions [...] where isotherms are close together. Here, temperature and pressure gradients are steep, isotherms cross the isobars, and strong winds produce temperature advection. Where these conditions prevail the atmosphere is said to be baroclinic” [...]. Para Cuadrat e Pita (2004, p.209), as condições descritas para uma atmosfera barotrópica corresponderiam àquelas de um [...] “fluido em repouso, tal como um recipiente lleno de agua, cualquier plano horizontal dentro de ella englobaría puntos con idéntica presión. Ello supone que no habría variaciones horizontales de la presión [...] un fluido semejante goza además de la particularidad de que en él las temperaturas y las densidades son también constantes para un mismo nivel, con lo cual las superficies isobaras, además de ser horizontales, coinciden con las superficies isotermas y las superficies isopícnicas (superficies donde todos los puntos presentan la misma densidad). Tal fluido se dice que está en equilibrio estático [...] No sería imposible que la atmosfera, un fluido más, alcanzara este equilibrio (en realidad existe en ella una tendencia constante hacia él), pero los aportes permanentes de energía que recibe y los desequilibrios energéticos que continuamente se crean en su interior le impiden alcanzarlo”

Esse quadro diversificado de situações leva, também, ao estabelecimento da diferença entre o “clima das cidades” (clima urbano ou Sistema Climático Urbano) e os “climas nas cidades”. A diferença entre um e outro reside na gênese e, conseqüentemente, na relação entre os fatores (ou controles) de superfície com os elementos atmosféricos. Está implícito nessa relação à ordem de grandeza dos objetos (a ordem de grandeza dos controles está diretamente ligada à ordem de grandeza do fenômeno climático). Enquanto o primeiro guarda uma relação estreita com fatores urbanos (os climas urbanos só ocorrem onde há cidades, embora nem toda cidade seja sede de climas urbanos) o segundo manifesta-se em qualquer lugar, inclusive nas cidades.

Da mesma forma como a altitude não explica todas as variações da temperatura do ar, seria errôneo atribuí-las ao aporte diferenciado de radiação solar, principalmente numa área cuja variação latitudinal é exígua. Há também que se procurar a resposta nas características seletivas de absorção, armazenamento e condução de radiação pelos controles naturais e urbanos, principalmente nos dias quentes, sob condições de céu claro e poucos ventos.

Segundo Olgyay (2002, p. 113)

[...] Las fuerzas térmicas que actúan en o exterior de uma edificación son una combinación de los impactos por convección y radiación. A radiación total está compuesta por la radiación solar incidente y por el intercambio de calor con la temperatura dela ire del entorno y con o cielo. El impacto calorífico por convección se encuentra em función del intercambio com la temperatura del aire circundante, y puede acelerarce a través del movimiento dela ire.

Daí a importância da “massa” edificada. O albedo e, portanto, a cor dos materiais de superfície, é uma característica importante frente à entrada de radiação solar, uma vez que ela se efetua principalmente na faixa do visível. Por outro lado, a reflexão do calor, na faixa do infravermelho, depende mais da densidade dos materiais expostos às fontes de calor e de sua composição molecular, do que propriamente (ou unicamente) da cor. Os edifícios atuais (prédios, casas etc.), erguidos com materiais de baixa densidade e de pouca espessura, reagem de maneira muito diferente daquelas encontradas nas casas do século XVIII, de estilo colonial, com paredes espessas, às vezes com aproximadamente ½ metro de espessura. A espessura e a elevada densidade dos materiais empregados nas construções daquela época (pedras e tijolos de barro maciço, sem orifícios), transformam o edifício num sorvedouro de calor, dado ao elevado tempo

[...] Essas variações horizontais da pressão para um nível fixo, seria a atmosfera baroclínica (atmosfera real), onde há advecção de ar.

que levam para aquecer-se, ao mesmo tempo em que transfere pouco calor para o seu interior. Em outras palavras, garante melhores condições de conforto térmico para os residentes, ao mesmo tempo em que deixa pouco calor disponível para o ambiente externo que, de outra forma, estaria disponível para aquecer o ar e todo o resto do ambiente.

Sobre a manutenção de valores de temperatura do ar em níveis mais elevados nos postos do baixo vale do rio Aricanduva, a explicação repousa nas características de densidade e de construção das edificações, em sua maioria casas residenciais com dois pavimentos, uma justaposta à outra, sem a intercalação de espaços não construídos e/ou de áreas verdes. As áreas verdes, no baixo vale, representam menos de 5% em área. Essa condição confere a esse setor uma maior superfície exposta à radiação solar, tanto por conta das paredes laterais das casas (a projeção vertical dos edifícios amplia a área exposta à radiação solar ou de sombra, dependendo do horário) e da própria condição do relevo, com valores de declividade muito baixa.

Somado às características de relevo, a quantidade média de material particulado inalável, de acordo com Sobral (1996), no município de São Paulo, para os anos de 1982-89, podem ser verificados valores mais elevados no baixo vale do Rio Aricanduva, superiores a $70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar, contra menos de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ no alto vale do Rio Aricanduva, a montante do Pq. do Carmo. O mesmo aplica-se para a quantidade de dióxido de enxofre onde se verificam valores superiores a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar contra menos de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de ar a montante do Pq. do Carmo.

A consequência direta da ação conjunta desses fatores está na evolução horária e nos valores mais elevados da temperatura do ar, já mencionados. Entretanto, essas diferenças não param por aí. Em muitos casos essas diferenças de temperatura adentraram a madrugada do dia seguinte conferindo a toda essa área, verificada nos dois períodos de monitoramento (inverno e primavera de 2000), um diferencial médio positivo de $1,9^\circ\text{C}$ quando comparados os dados de temperatura colhidos junto ao posto da Vila Manchester (mais quente) em relação aos dados do Jd. Iguatemi (mais frio).

Nas áreas mais densamente construídas, caso do baixo vale do Rio Aricanduva, as propriedades de armazenamento e condução de calor dos materiais empregados nas construções, responderam por uma maior disponibilidade de calor sensível (daí o fato de se estabelecer na figura 4.13 a representação conjunta das características de albedo e de capacidade térmica dos materiais). Esse calor não encontra condições favoráveis à sua dissipação nesse setor da bacia, o

que contribuiu ainda mais para o aquecimento do ar. No médio vale, essa tendência começa a ser quebrada por causa dos “bolsões” de ar menos aquecidos que se formam sobre os amplos espaços não edificadas com vegetação, principalmente matas e terrenos baldios com vegetação herbácea, além do relevo, com formas mais dissecadas nesse setor. Os valores de temperatura do ar tomados nesse setor (o posto do Jd. São Cristóvão era o mais expressivo dessa condição) apresentaram características tanto semelhantes às da Vila Manchester, com valores elevados nos horários mais quentes do dia (eram comuns diferenças positivas de 3,0°C em relação ao Jd. Iguatemi e Santa Bárbara) e mais frios (no início da manhã, à noite e madrugada). No alto vale esse efeito desaparece, onde o comportamento da temperatura guarda uma relação maior com as próprias condições do clima local/regional, habitualmente mais frio (figura 5.9, situação 02). Essa condição reflete de perto aquela verificada em Morrinhos, discutida ainda a pouco, como aquela do trabalho de Pimentel e Santos (2006).

Neste caso, retomando uma das conclusões de outro trabalho (JARDIM, 2002), o ritmo climático na bacia do rio Aricanduva é denunciado pelas diferentes taxas de aquecimento e resfriamento detectados nos diferentes bairros. De forma genérica, o comportamento térmico dos bairros situados no baixo vale apresentou sempre as médias mais elevadas. No alto vale, as médias foram mais baixas e no médio vale, verificou-se um duplo comportamento: tão quente quanto o baixo vale durante o dia e tão frio quanto o alto vale, durante a noite. Embora, vale lembrar, a causa desse comportamento não se encontre exatamente nos mesmos controles presentes nas outras duas unidades.

Lidar com os “climas urbanos” significa lidar com uma série de outros fenômenos climáticos, também, como foi ressaltado no início do capítulo. Mesmo que as cidades tenham passado por amplas e sucessivas transformações (ou “derivações”), o “natural” ainda está presente. Como foi ressaltado parágrafos atrás, é impossível descartar, por exemplo, a influência exercida pelo relevo na estruturação dos climas (e dos fenômenos correlatos), tanto na bacia do rio Aricanduva quanto em Morrinhos, onde esse fator assume um papel importante.

5.5 O modelo gráfico e a carta síntese das unidades climáticas na bacia do rio Aricanduva

Todas as situações descritas neste capítulo até o momento (ilhas de calor, formação de ventos anabáticos e catabáticos, microclimas, imposição das características ligadas à circulação regional, acompanhadas de relativa isoterмия etc.), tanto na bacia do rio Aricanduva, no município de São Paulo, quanto em Morrinhos, no sul do estado de Goiás, tiveram o propósito de destacar a diversidade de fenômenos que compartilham a estruturação dos climas nas cidades, dentro das quais são produzidas as “diferenças” de temperatura, umidade, pressão, ventos etc. O que era de se esperar, já que o clima comporta-se como um sistema complexo (figura 1.1). A “ilha de calor”, neste caso, não representa a realidade climática da cidade, mas uma de suas múltiplas facetas. Esse raciocínio pode ser traduzido a partir das seguintes situações: se a grama sob o abrigo meteorológico estiver seca e, em outro momento, verde e úmida, fatalmente os dados de temperatura do ar registrados acusarão variações positivas e/ou negativas, em pelo menos alguns décimos de grau. Da mesma forma, se o objetivo for avaliar a repercussão da entrada de radiação solar nas variações da temperatura do ar em uma cidade, os dias chuvosos são as ocasiões menos indicadas para isso. No segundo caso, o clima urbano não deixou de existir. Houve, na verdade, a imposição de uma outra forma de organização, associada à ação de um sistema frontal, sobre a organização micro e topoclimática da cidade. O clima da cidade continua existindo, de forma latente, a espera de uma combinação de condições (associada ao aporte de energia solar, baixa intensidade de ventos, presença de material particulado no ar, movimentos internos dentro da cidade, as características do relevo etc.) que permita a sua reorganização.

Além da multiplicidade de situações e da tentativa de representação conjunta de todos os fenômenos verificados (figura 5.9), a elaboração do modelo gráfico (figura 5.8) exigiu, também, a elaboração de uma nomenclatura que permitisse, ao mesmo tempo, definir os eventos mencionados e situá-los no espaço, sob o prisma de diferentes níveis escalares (espaciais e temporais). Essa nomenclatura envolveu os seguintes significados: (1) os eventos de natureza climática “extra-urbana”, referem-se aos eventos produzidos fora da realidade climática urbana da cidade de São Paulo. A circulação regional e local de ventos, neste caso, desempenha um importante papel na realocação de calor e poluição. É exemplo disso a poluição trazida do ABC paulista para a capital (e vice versa), a brisa marítima, a sucessão dos diferentes tipos de tempos associados aos diferentes sistemas atmosféricos etc.; (2) os eventos de natureza “inter-urbano”

referem-se aquilo que transita por um dado espaço, ou seja, faz parte do sistema, não é importado de fora (permeia por todo o sistema que, no caso, é o espaço climático urbano da cidade). Um exemplo é a influência que a “Unidade Climática Urbana Central” exerce sobre as “Unidades Climáticas Urbanas de Periferia”, ambas definidas no trabalho de Tarifa e Armani (2001). A primeira é o núcleo desse sistema, e se caracteriza pela exportação de calor e poluição pelos principais vales dos rios que alimentam o Tietê, naqueles dias mais quentes, em condições de céu claro, sem nuvens e com ventos de pouca intensidade. Tais eventos dizem respeito, também, àqueles fenômenos associados às influências que um bairro exerce sobre o outro. Isso não significa, necessariamente, que um bairro seja representativo de uma unidade climática, mas que se definem nessa escala de grandeza. O Parque Ibirapuera, o Parque e a APA do Carmo, o Cemitério Vila Formosa etc., não são bairros, embora modifiquem as condições micro/topoclimáticas dentro dessas unidades e dos seus arredores imediatos. E, por fim, (3) devem ser considerados os eventos climáticos de natureza “intra-urbana”, ou seja, restritos ao entorno imediato ao lugar onde foi observado, à escala microclimática (sombras de árvores, pequenas praças, arborização nos quintais das residências, grandes fachadas de muros e edifícios ensolaradas, aglomerações pontuais de pessoas, automóveis etc., todos de caráter disperso e pontual pelo espaço).

As considerações a seguir dizem respeito à figura 5.8. Do geral para o detalhe, o primeiro nível reflete as interações de toda a bacia hidrográfica com a atmosfera local (extra-urbano). O “input” de energia radiante é o mesmo para toda a bacia do rio Aricanduva, uma vez que a sua dimensão demanda apenas poucos segundos de variação latitudinal.

Entretanto, a repercussão espacial e temporal dessa entrada de energia, aliada à produção de calor antropogênico é diferenciada (o que, por sinal, define o nível interurbano) e revela-se através das grandes feições de relevo e de urbanização (densidade de edificações e concentração de áreas verdes ou de terrenos desocupados, sem construções, e as unidades de topo de vertentes, encostas e a extensa planície fluvial no baixo vale do Aricanduva). Além desses fatores, a proximidade em relação às áreas centrais da cidade favorece o surgimento de fenômenos perceptíveis nessa escala como a entrada da “brisa urbana”, discutido por Jardim (2002), associada à formação de ventos anabáticos no fundo de vale do rio Aricanduva e no próprio vale do rio Tietê e atraída pelas correntes de ar ascendentes de vale e de encostas (ventos anabáticos)

formadas pelo aquecimento da superfície urbana nesse setor da bacia. A associação desse fenômeno em conjunto com a urbanização, leva a formação pontual de espaços mais aquecidos em relação ao seu entorno imediato.

A unidade de clima natural, no nível local, identificado por Tarifa e Armani (2001a; 2001b), enquanto “Clima Tropical Úmido de Altitude do Planalto Paulistano” poderia ser identificada com o caráter extra-urbano (ou seja, com tudo aquilo que não é determinado ou influenciado pela cidade). Já em relação aos climas urbanos, os autores distinguem, basicamente, dois: a “Unidade Climática Urbana Central” e outra como “Unidade Climática Urbana da Periferia”. A primeira é considerada o núcleo onde ocorrem as maiores transformações de energia (massa e poluição), passando por uma mudança gradativa até chegar à segunda. Os fenômenos identificados nessa escala ultrapassam o nível do local. A cidade, hoje, exporta calor e poluição (atmosférica e hídrica) para localidades além dos limites naturais impostos pela bacia sedimentar do alto vale do Tietê. O aspecto das águas do rio Tietê, coalhada de espumas brancas a altura de Pirapora do Bom Jesus, a jusante do município de São Paulo, denuncia isso.

A essa escala, de acordo com a figura 5.8, as duas grandes unidades identificadas pelos autores mencionados, transparecem de uma forma ou de outra, em todas as situações retratadas (figura 5.9), só que neste caso associadas a uma combinação também diferenciada de tipos de tempo e controles de superfície. Poderia aqui ser adotada a mesma nomenclatura utilizada pelos autores para distinguir essas duas unidades, bastando lembrar que ambas se referem ao nível escalar 01 (figura 5.8). A topografia assume um papel fundamental enquanto forma de controle na distinção dessas duas unidades: no alto vale da bacia do Aricanduva (“Unidade Climática Urbana do Alto Vale”), a localização desse setor na porção meridional da bacia, a altitude e o aspecto esparsa da urbanização (figura 4.12), diluída em meio a amplos espaços desocupados, recobertos por vegetação (reflorestamento, matas, capoeiras e campos), garantem valores de temperatura mais baixos (em praticamente todas as circunstâncias) quando comparados aos da “Unidade Climática Urbana do Baixo Vale”, dado, principalmente, às condições de resfriamento aí verificadas, decorrente da evaporação da água (grande parte da energia disponível nesse ambiente é utilizada nesse processo), ventilação (exposição desse setor à entrada dos ventos do quadrante sul e sudeste, predominantes na capital) e menor taxa de produção de calor antropogênico (menor disponibilidade de calor sensível e maior disponibilidade de calor latente). Na “Unidade

Climática Urbana do Baixo Vale”, todo o conjunto deprimido do terreno, associado à malha contínua de edifícios (maior produção de calor antropogênico, baixa capacidade térmica), favorece a canalização dos ventos, produção de brisas ascendentes e descendentes e estagnação do ar em algumas circunstâncias. A reduzida cobertura vegetal e de corpos hídricos (< 5%) nesse setor contribui para a produção de calor sensível, aproveitado no aquecimento do ar e de todo o ambiente ao redor, e não na evaporação da água como acontece na unidade do alto vale. Em resumo, são esses os fatores que distinguem esses dois grandes conjuntos na bacia do rio Aricanduva.

O segundo nível escalar (nível escala 02 na figura 5.8), situa-se entre os grandes conjuntos homogêneos de uso da terra, à escala dos bairros (nível interurbano), e não da edificação particular e seus arredores, e das feições topográficas de médio vulto (topo das vertentes, associadas às feições de morros e os divisores mais altos das colinas; setores mais baixos das vertentes, associados às encostas e baixas colinas; e fundos de vale, ao nível dos baixos terraços e planície fluvial). Nesse nível, as diferenças no comportamento dos elementos, notadamente a temperatura do ar, são distinguidas pela sua situação topográfica, onde o vento exerce um papel importante, muito maior do que a altitude e, em alguns casos, maior até do que às diferenças relativas ao uso da terra nos diversos bairros.

A esse respeito, nesse nível escalar, das séries de observações realizadas no inverno e na primavera de 2000 (JARDIM, 2002), foi possível inferir, em dado momento, a elevação do campo térmico acima do dossel urbano da região, principalmente durante as seqüências de tipos de tempos associadas à tropicalização do Sistema Polar Atlântico, Tropical Atlântico e Pré-Frontal. Nessas condições, o “input” energético produzido pela superfície urbana aquecida, somada à maior disponibilidade de radiação solar, nos diferentes pontos da bacia, situou os valores de temperatura do ar num patamar muito próximo uns dos outros, tanto entre os postos da Vila Manchester (730 m) e Vila Carrão, no topo de um prédio (785 m), ambos no baixo vale, quanto aquele do posto do Jd. das Rosas (795 m), no topo de uma vertente no médio vale, apesar das diferenças de altitude entre os mesmos. A partir desse setor da bacia, cabe assinalar, os menores valores de temperatura do ar nos bairros pobres e desorganizados do alto vale, como Cidade Líder, Cidade Tiradentes, Pq. São Rafael e Jd. Iguatemi, são garantidos pela aparente

desorganização urbana, visível no porte pequeno dos edifícios (residências), traçado irregular das ruas e principalmente pela imensa quantidade de terrenos desocupados com vegetação.

Cabe ressaltar ainda, nesse nível escalar, o papel da topografia e dos ventos em relação às diferentes taxas de aquecimento e resfriamento apresentadas nos bairros situados no alto e baixo vale da bacia. Nos dados de temperatura do dia 03/11/2000, as diferenças de temperatura entre os postos foram elevadas durante todo o período da tarde naquela ocasião, em torno de 3,5°C a mais para os postos do baixo vale em relação aos do alto vale. Às 18 h, as diferenças não ultrapassavam 1,5°C. A partir das 21 h, as diferenças de temperatura do ar elevaram-se e mantiveram-se num patamar de 2,0°C (superiores) nos postos do baixo vale até às 7 h da manhã do dia seguinte. Esse aumento da temperatura do ar a partir das 21 h foi relativo e deu-se por causa do resfriamento no alto vale, mais exposto à circulação local (taxa de resfriamento mais acelerada) e não ao aquecimento do baixo vale.

É dentro desse segundo nível de repercussão dos fatores climáticos, fazendo novamente um paralelo com o trabalho de Tarifa e Armani (2001a; 2001b), onde se distinguem três unidades mesoclimáticas, associadas aos climas naturais, e dez unidades climáticas urbanas na bacia do Aricanduva. Os controles climáticos de superfície presentes na bacia do rio Aricanduva definem condições mesoclimáticas de (1) topo, (2) rampas, baixas colinas, patamares e terraços e (3) várzeas. O primeiro diferencia-se dos demais pelas boas condições de ventilação (o reflexo disso transparece nas temperaturas mais baixas, quando comparado às outras duas unidades, e nas melhores condições de dispersão dos poluentes), embora isso não se traduza numa regra. Unidades de topo, como aquela da qual o posto do Jd. das Rosas é representativa, freqüentemente apresentou condições de aquecimento do ar semelhantes à dos postos do baixo vale (Vila Manchester e Vila Carrão). As condições de ventilação na segunda unidade não são tão boas quanto à unidade anterior, o que favorece forte aquecimento diurno, a não ser quando este segue a orientação do vale (sudeste e noroeste). A terceira unidade, estabelecida sobre as cotas mais baixas, apresenta elevada estabilidade atmosférica noturna e matinal, com nevoeiros e acúmulo de ar frio, decorrentes de inversões térmicas próximas ao solo, forte aquecimento diurno e fraca dispersão de poluentes. O posto do Jd. São Cristóvão no fundo de vale do córrego Inhumas e o posto de São Mateus, próximo às margens do rio Aricanduva, mostram isso ao apresentar os valores mais elevados de temperatura do ar durante o dia e mais frios no início da manhã.

As condições descritas são traduzidas com maior nitidez nas situações 2 e 4 (figura 5.9), onde se define a “Unidade Climática Urbana de Fundo de Vale”, com características marcadamente de transição. Nas quatro situações apresentadas, a sua configuração assume o aspecto de uma ampla faixa de transição, sem cor (situações 1 e 3), decorrente do estabelecimento de um fraco gradiente térmico e higrométrico do ar entre essas três unidades, sob condições de tempo instáveis dada pela influência do Sistema Frontal (situação 1) e dos Sistemas Tropical Atlântico e Pré-Frontal, após alguns ou vários dias de atuação (situação 3). Nessas condições, transparece o caráter “transicional” dessa unidade. Na situação 2, essa unidade, assim como as demais, é melhor definida sobre a carta e o terreno (daí o fato de não existir uma ampla faixa de transição entre elas, como nas unidades das situações 1 e 3). As diferenças de temperatura do ar e umidade relativa, tomadas como indicadores para a delimitação dessas unidades, giram, respectivamente, ao redor de 3,0°C e de 10% (ou superiores).

O limite norte acompanha de perto o limite das vertentes que terminam de forma abrupta junto ao canal do rio Aricanduva (setor de alta declividade do terreno na margem direita; figuras 4.4 e 4.5). O limite sul, na margem esquerda, avança sobre as rampas das colinas de baixa declividade (figura 4.3, 4.4 e 4.10). O traçado curvilíneo e a não atribuição de um limite rígido às unidades climáticas, teve a intenção de mostrar que o relevo não é o único controle climático, embora assuma um importante papel na definição das unidades climáticas do Aricanduva. Isso fica evidente na situação 02 entre o limite das unidades climáticas urbanas do alto e do baixo vale, estabelecidas pela conjugação do relevo e urbanização.

A situação 04, típica de condições marcadas por inversão térmica, também se define nesse nível escalar, embora, neste caso, o relevo assuma completamente o papel de controle. Distinguiram-se apenas duas unidades: as “Unidades de Topos e Encostas” (IIa) e as “Unidades de Fundos de Vale” (Ia). O qualificativo “urbano” não foi inserido (como ocorreu na unidade III), pois a urbanização, neste caso, não se constituiu num fator ou controle relativo à sua origem. As setas largas que ligam as demais unidades também não foram inseridas ligando essa unidade às outras, pois essa configuração pode ser produzida a partir de qualquer uma das outras três.

O terceiro nível escalar corresponde aos setores das vertentes aliadas às suas características de uso da terra no nível intra-urbano. O comportamento dos elementos climáticos é de caráter horário e momentâneo e refletem as condições de circulação do ar abaixo do nível das

coberturas das casas e edifícios. O comprometimento com fatores microclimáticos é máximo (circulação de veículos, propriedades físicas dos materiais de construção, aglomeração de pessoas etc.). As situações associadas ao comportamento dos elementos climáticos nessa escala vão desde aquelas variações quase instantâneas de alguns décimos de grau detectadas pelo movimento da coluna de mercúrio do psicrômetro no momento da mensuração, quando da passagem de veículos pesados (ônibus e caminhões), até aquelas que corroboraram com a estruturação horária de “ilhas de calor”.

Diferenças momentâneas, horárias, como aquela de 5,1°C registrado no dia 10/11/00 às 14 hs, sob condições de tropicalização do ar polar, entre a Vila Manchester (27,5°C), no baixo vale a 730 m de altitude, em relação ao Jd. Iguatemi (22,4°C), no alto vale a 825 m, associadas principalmente às características de uso da terra (densidade de edificações, porcentagem de áreas verdes e/ou livres de edifícios, fluxos de automóveis e pessoas etc.), mostram o comportamento dos elementos climáticos nessa escala de grandeza e colocam-se num nível muito acima daquele ditado pela altitude enquanto controle climático.

Essas diferenças momentâneas no comportamento dos elementos do clima desenvolvem-se em meio a tendências gerais, reflexo de fenômenos cuja origem encontra-se em fenômenos em escalas superiores. O valor de temperatura citado anteriormente, não traduz um caso esporádico. O posto do Jd. Iguatemi habitualmente era o mais frio quando comparado ao posto da Vila Manchester, habitualmente mais quente. Um exame da sequência de dados de onde foram extraídas tais considerações, num total de 87 dias (31 dias no inverno e 56 na primavera de 2000), revelou uma diferença média positiva para o posto da Vila Manchester de 1,6°C na primavera e 1,9°C no inverno, em relação ao Jd. Iguatemi. Esses valores mostram a tendência geral sobre o qual se desenvolveram as diferenças horárias de temperatura comentadas ainda há pouco.

A organização microclimática (e topoclimática) desses espaços resulta, basicamente, das propriedades de albedo e das características de armazenamento e condução de calor da superfície urbana, associada às micro feições do relevo (segmentos de vertente), uma vez que o “input” energético solar é o mesmo para toda a bacia hidrográfica, haja vista a pequena variação latitudinal da área, já mencionada. Já a organização mesoclimática depende do relevo, ao nível das grandes feições presentes na bacia, composto pelo conjunto das unidades de vertentes, topos e fundos de vale (não no nível das bacias secundárias que alimentam o rio Aricanduva, mas toda a

bacia do rio Aricanduva). Essas organizações desaparecem à medida que predominam condições impostas por determinados sistemas atmosféricos (imposição de formas de organização “macroescalares” sobre as “microescalares”).

As situações que traduzem o comportamento dos elementos atmosféricos à escala microclimática (nível escalar 03) não foram retratadas em nenhuma das situações apresentadas na figura 5.9. Isso decorreu dos seguintes fatores: (1) haveria uma infinidade de microclimas (a discussão no início do capítulo referente aos resultados mostra isso), impossíveis de serem abarcadas pelas tomadas efetuadas em campo, considerando-se a quantidade aparelhos utilizados e de pessoal disponível. Por outras palavras, a delimitação dessas unidades implicaria incorrer numa tremenda generalização a partir de dados tomados pontualmente; (2) muitas dessas unidades apresentam variações sensíveis quanto ao comportamento dos elementos climáticos (décimos de grau ou algo ao redor de $1,0^{\circ}\text{C}$) o que, neste trabalho, não se configura como critério para se distinguir uma unidade de outra (ver discussão ao final do capítulo referente aos resultados, item 5.6); (3) e, por último, se o propósito de uma pesquisa é dar um direcionamento para que se possa efetuar algum tipo de intervenção ou possibilitar a continuidade de estudos, a mesma deve apontar linhas gerais e não se prender a particularidades.

Retomando a discussão sobre a delimitação das unidades climáticas, não há como falar de espaço, sem considerar o tempo. A definição de “unidades espaciais” de clima implica, necessariamente, na definição de “unidades temporais” de clima. As primeiras variariam de uma a algumas dezenas. As segundas em, pelo menos, três (variações horárias, diárias e semanais), associadas às primeiras e por trás das condições de tempo atmosférico e de tempo cronológico (sucessão dos estados atmosféricos), que levariam à definição das unidades micro/topoclimáticas, mesoclimáticas e locais. Como a bacia do rio Aricanduva faz parte de uma unidade espacial de dimensão maior (bacia do alto Tietê), quando imperam as condições locais sobre as organizações climáticas de dimensões inferiores, distingue-se apenas uma ou duas unidades na bacia. Genericamente, ou fica “tudo frio” ou “tudo quente”, passível de ser abarcado por uma única mancha, numa carta, associada às cores frias ou quentes em cartografia (daí o baixo contraste de cores nas situações 1 e 3).

Por outro lado, nas situações atmosféricas associadas à transição de um sistema para outro ou do recém estabelecimento do Sistema Polar Continental ou Atlântico, bem como da ação do

Sistema Tropical Atlântico (evolução geral marcada pelo aumento da temperatura do ar com o decorrer dos dias e dias muito quentes, em situações próximas à calmaria ou marcada pela baixa intensidade dos ventos), as condições são propícias à formação dos micro/topoclimas urbanos (daí o elevado contraste de cores nas situações 2 e 4). Nessas condições, toda a bacia, que funciona como um imenso “receptáculo” e fonte de produção calor, cede calor para a atmosfera de forma semelhante às trocas de calor realizadas do solo para o ar durante o dia (balanço positivo) e do ar para o solo à noite, em condições de balanço negativo. Durante a noite, ou em dias com elevada nebulosidade ou mesmo quando entra o sistema polar, em dias muito frios, o solo cede mais calor para o ar do que recebe. Só que essas transferências ocorrem de forma desigual, condizente com a capacidade de cada unidade armazenar calor. Isso explicaria por que alguns pontos iniciam o dia com temperaturas mais baixas e outros, no decorrer do dia, se aquecem mais rapidamente.

A influência das Instabilidades de Noroeste, associada ao Sistema Pré-Frontal, diferentemente do Sistema Tropical Atlântico, embora ambos coincidissem com dias muito quentes, era marcada pela elevada intensidade dos ventos. É nessas condições que de fato “tudo ficava quente”, ou seja, quando as diferenças de temperatura do ar entre os diversos pontos da bacia eram praticamente nulas. O papel do vento, nesse caso, era de redistribuir o calor pelo espaço. No caso do Sistema Tropical Atlântico, toda a bacia funcionava como uma imensa fonte de calor. Entretanto, dada à baixa velocidade do vento, algumas áreas ficavam mais quentes do que outras. Os bairros situados no fundo de vale eram, habitualmente, os que apresentavam valores de temperatura do ar mais elevados (eram comuns diferenças positivas superiores a 2,0°C). O relevo, nesse caso, reforçava essa condição.

Por último, retomando a questão a respeito da delimitação de unidades climáticas, deve-se ter em mente que não se define uma “microbacia” de drenagem, uma vertente ou espaços climáticos, atribuindo-lhes um valor de área. Seria o mesmo que tentar definir unidades de planalto, planícies e depressões com base em cotas de altitude (Como se isso já não tivesse sido feito!). As vertentes, ou mesmo os micro, topo e mesoclimas sobre as vertentes que configuram o modelado de amplos interflúvios do relevo do centro oeste brasileiro, necessariamente adquirem dimensões maiores do que àqueles sobre o relevo marcado por topos altos e vales fortemente entalhados de áreas serranas, como algumas localidades da Serra da Mantiqueira ou da Serra do

Mar. Enquanto no primeiro as diferenças perceptíveis nas variações dos elementos climáticos exigem amplos deslocamentos (dezenas ou centenas de quilômetros), no segundo essas diferenças alcançam valores contrastantes dentro de espaços relativamente restritos (dezenas ou poucas centenas de metros).

Essas variações na relação dos elementos da paisagem corresponderiam, respectivamente, a partir de uma comparação grosseira, àquelas observadas em latitude e em altitude. Portanto, não é no aspecto ou dimensão dos fenômenos que está a chave para a compreensão do clima, mas nas relações entre os elementos da paisagem.

figura 5.8 - Organização climática na bacia hidrográfica do Aricanduva

Nível Escalar (espaços diferenciados)	Nível escalar 1 - Local/Mesoclimas controle: Bacia Hidrográfica (altitude, dimensão, forma, uso da terra, etc); o "input" energético solar é o mesmo em toda a bacia; o "feedback" assoc. às fontes naturais e antropogênicas, não. A curva de comportamento da temp. do ar esboça a relação entre essas duas fontes de energia.		Nível escalar 2 - Mesoclimas/topoclimas controle natural: vertentes (topos, encostas e fundos de vale); controle urbano: bairros (acima do nível dos telhados das casas) Nível de diferenciação obtido a partir de comparações inter-bairros.		Nível escalar 3 - Topo/Microclimas controle natural: setor de vertente controle urbano: bairros (entre o nível dos telhados das casas e a superfície); Nível de diferenciação obtido a partir da comparação intra-bairros.	
Elementos climáticos	Temperatura do ar e umidade relativa do ar.	A curva de representação da temperatura do ar, mostra valores mais elevados nas áreas mais densamente urbanizadas do baixo vale, acompanhadas de menores valores de umidade relativa do ar. À essa escala é possível distinguir apenas o alto e o baixo vale. A duração dos eventos nessa escala é diária/semanal/mensal.	Temperatura do ar e umidade relativa do ar.	Variações ligadas às características de relevo e uso da terra em cada bairro; Inversões térmicas e aquecimento do ar nos fundos de vale associados à formação de ventos anabáticos, correspondem a eventos que se manifestam nesse nível escalar, cuja duração é horária/diária.	Temperatura do ar e umidade relativa do ar.	as diferenças quanto ao comportamento dos elementos são momentâneas, horárias e estão ligadas às propriedades físicas dos materiais de cobertura do solo (absorção, reflexão, armazenamento de calor), associado às características pontuais do relevo ao nível dos segmentos das vertentes.
Controles de superfície	Relevo	Altitude, orientação geral da bacia etc	Relevo	vertente: altura, declividade, exposição e orientação das bacias secundárias;	Relevo	setor de vertente (topo, encosta, fundo de vale etc), declividade, exposição etc.
	Uso da terra	Adensamento e distribuição de áreas construídas e áreas verdes.	Uso da terra	carac de revestimento: solo exposto, pavimentado, caracs. dos edifícios, asfalto etc.	Uso da terra	propriedades físicas dos materiais de cobertura do solo.

Des. e org. Carlos H. Jardim

Legenda

	Espaço, lugar ou "sítio"
Carac. do espaço ou "situação"	Níveis escalares

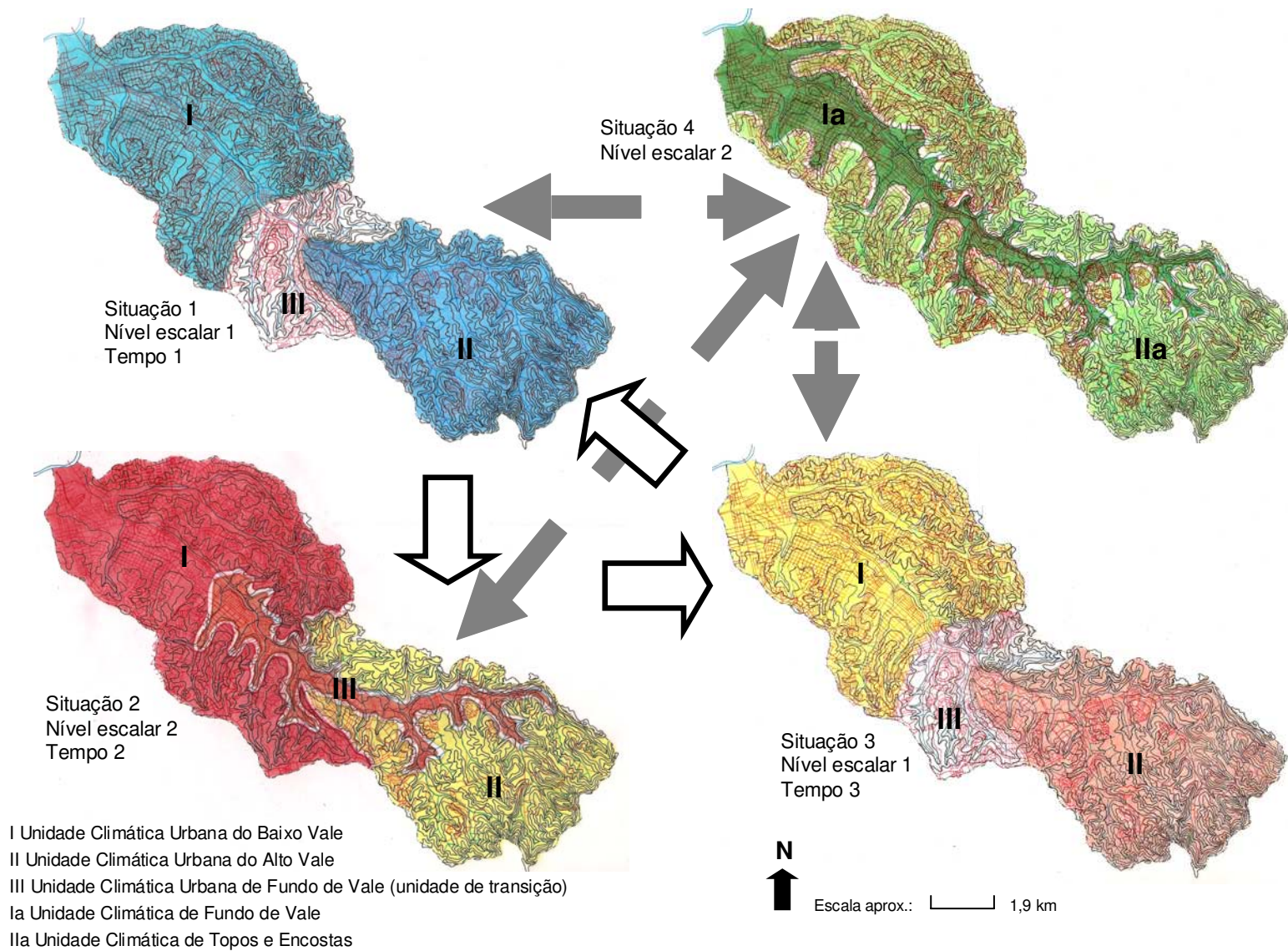


Fig. 5.9 - Unidades Climáticas na Bacia Hidrográfica do Rio Aricanduva

5.6 A “ilha de calor” nas cidades enquanto convergência pontual e horária de múltiplos fatores, o significado das “diferenças” de temperatura do ar e o “natural” nos estudos de climatologia urbana.

Alguns dos fatores que interferem no balanço de radiação, responsáveis pelas “anomalias térmicas positivas” ou “ilhas de calor” verificadas nos centros das cidades, de acordo com García (1990, p.33), resultam de um balanço desigual de energia e refletem-se nos valores de temperatura do ar. Ainda de acordo com a autora, devem-se, basicamente, aos seguintes fatores: (1) maior armazenamento de energia durante o dia nas cidades e a sua liberação contínua, mesmo depois do pôr-do-sol, durante a noite, capaz de compensar o déficit noturno de radiação; (2) produção de calor antropogênico; (3) diminuição das áreas fontes de evaporação (corpos hídricos e áreas verdes) em detrimento da expansão da malha urbana; (4) menor perda de calor sensível devido à redução na velocidade do vento; (5) aumento da absorção da radiação solar, associado às características de albedo e incremento na área de exposição das edificações.

As condições de aquecimento, conforme descreve Garcia (1990), capazes de gerarem um excedente de calor na cidade, estaria relacionada ao armazenamento de energia, maior durante o dia, onde 70 a 80% do input radiante de todas as superfícies é dissipado no ar por meio de transferência turbulenta e o restante, de 20 a 30% (contra 5 a 15% nas superfícies de cultivo, bosques e pradarias), é armazenado pelos materiais dos edifícios. Esse calor armazenado é suficiente para equilibrar o déficit de radiação durante a noite, já que as trocas turbulentas do ar são menores.

A “ilha de calor”, de acordo com Lombardo (1985, p. 24)

[...] corresponde a uma área na qual a temperatura da superfície é mais elevada que as áreas circunvizinhas, o que propicia o surgimento de circulação local⁷⁰. O efeito da ilha de calor sobre as cidades⁷¹ ocorre devido à redução da evaporação, ao aumento da rugosidade e às propriedades térmicas dos edifícios e dos materiais pavimentados.

Se forem tomadas como representativo do nível “local” as ordens de grandeza de Cailleux e Tricart (MONTEIRO, 1975, p.137), tratar-se-ia de um evento numa escala de várias dezenas de km². Por outro lado, Detwyler e Marcus (1972, p.61) localizam esse fenômeno em espaços relativamente pequenos de alguns milhares de m²:

⁷⁰ Grifo do autor.

⁷¹ Grifo do autor.

[...] It was found that even a single block of buildings will start the process of heat island formation. This was demonstrated by using air and infrared surface temperature measurements in conjunction with ground observations. A heat reservoir was identified for a paved court enclosed by low-level structures and surrounded by vegetation. On clear and relatively calm evenings, a heat island developed in the court – fed by heat stored in the daytime under the court's asphalt parking space and within the building walls [...]

Qualquer ponto de uma cidade qualquer, pouco ventilado e suficientemente aberto para permitir a entrada de radiação solar durante a maior parte do dia, tenderá a apresentar valores mais elevados (em 0,5°C ou até mesmo 3,0°C ou mais) para a temperatura do ar seco, principalmente (embora não necessariamente) se for comparada a áreas rurais e florestais circunvizinhas à cidade. Mesmo áreas centrais, totalmente verticalizadas como o centro velho da capital paulista, também possui “ilhas de frio”, quer sejam elas motivadas pela presença de áreas verdes, como as escassas praças e parques (Praça da Luz, Praça Ramos de Azevedo etc., ambas no centro velho da capital paulista), como aquelas decorrentes do controle topo ou microclimático de sombreamento pelos edifícios, nas estreitas ruas dessa área da cidade (Rua São Bento, Rua do Tesouro, 15 de novembro, Conselheiro Crispiniano, 7 de Abril etc.).

As imagens de satélite produzidas na faixa termal, também revelam um pouco do comportamento da cidade e a produção do clima urbano. Entretanto, uma análise mais atenta, mostra que aquilo que é interpretado como temperatura do ar a partir das características de emissividade dos alvos em superfície, não exerce influência significativa além dos limites delineados pelos próprios alvos. É como caminhar sob o sol, nas horas mais quentes do dia, e vez ou outra passar sob a sombra da copa de uma árvore. A influência desse tipo de controle não vai muito além do próprio limite da sombra. Mesmo grandes áreas verdes, como é o caso do Parque e da APA do Carmo, que juntos somam quatro milhões de m², situados no setor centro-norte da bacia do Aricanduva, pouco ou nada influencia o seu entorno. A mesma coisa percebe-se em relação a outras áreas verdes da cidade, como o Parque do Estado e o Ibirapuera. Bairros limítrofes a essas imensas áreas, como é o caso do posto instalado em São Mateus, separado da APA do Carmo apenas pela Avenida Marginal Aricanduva, pouco diferiu quanto ao comportamento da temperatura do ar em relação aos bairros onde as áreas verdes estão quase ausentes. Aliás, em várias ocasiões, como aquela do dia 30 de outubro de 2000, os maiores valores de temperatura do ar foram ali registrados. Às 14 h a temperatura registrada foi de 27,9°C,

contra 23,1°C do Jd. Iguatemi (diferença momentânea de 4,8°C). Aliás, as diferenças de temperatura mantiveram-se nesse patamar de desigualdade das 11 h até às 15 h desse dia. Mais elevadas, inclusive, do que aquelas da Vila Manchester, posto habitualmente mais quente, situado no baixo vale da bacia no setor mais densamente urbanizado (a temperatura do ar registrada nesse posto, na ocasião mencionada, era de 26,9°C). A mesma coisa ocorreu no dia 01 de novembro, às 14 h, quando foram verificados 6,0°C de diferença entre o posto de São Mateus (30,6°C) e o posto do Jd. Iguatemi (24,6°C).

Essa questão que envolve a influência da vegetação e o comportamento térmico e higrométrico do ar nas cidades, também encontra respaldo nas observações de Santos (1996, p.143) na cidade de Maringá. Embora a cidade possa ser considerada bem arborizada, para este autor [...] “a grande massa de vegetação da cidade, principalmente em alguns dos locais onde foram realizadas as coletas, esperava-se que esta influenciaria o comportamento da umidade relativa nas unidades topoclimáticas urbanas de Maringá. No entanto, isto não foi verificado, parecendo que este elemento segue de perto o comportamento da temperatura, coincidindo na maioria das vezes, o local mais quente com o mais seco (ou o contrário)” [...].

Apesar de todas essas observações, isso não quer dizer que a vegetação não desempenhe um importante papel na cidade. Há que se defender, inclusive, a generalização desse elemento pelo espaço urbano, já que a sua influência estende-se muito além do que aquela por trás do clima. Mediante uma série de argumentos, Magalhães e Crispim (2003, p.65) discutem a importância da manutenção de áreas florestais em meio à cidade:

[...] esses elementos podem ajudar a melhorar o clima, diminuir a poluição do ar, economizar energia e poupar o orçamento doméstico [...] as florestas podem atuar significativamente na saúde física e mental e influir positivamente, por exemplo, na recuperação de pacientes pós-operatórios. [...] Isoladas ou em conjunto, desempenham funções ligadas à satisfação sensorial e estética [...] Algumas pesquisas permitiram estimar o efeito potencial da cobertura de florestas sobre o uso de energia para condicionar o ar em residências norte-americanas. A presença de três árvores reduziu o gasto anual para refrigeração de 10% a 50% (o que representa 200 a 600 KWh ou US\$ 30 a 110). [...] Ao economizar energia para esse fim, árvores e florestas trazem outro benefício indireto e importante – a redução na emissão de dióxido de carbono (CO₂) [...] Foi estimada a remoção de 1,2 toneladas por hectare de dióxido de carbono. [...] Tanto ecossistemas florestais quanto árvores isoladas servem de refúgio e alimento para outros níveis da rede ecológica, garantindo a permanência de maior número de organismos.

Os comentários dos autores dão uma idéia da importância da vegetação no meio urbano. E os exemplos não param por aí. Basta lembrar, também, o papel da vegetação na infiltração da

água no solo e manutenção dos níveis do lençol freático, contenção de encostas, formação de solo etc. Todavia, a presença da vegetação (na forma de praças, parques urbanos etc.) necessariamente não se traduz por elevados níveis de qualidade de vida e/ou qualidade ambiental. É interessante notar que no Parque Ibirapuera, com uma área de 1,5 milhões de m² na zona sul do município de São Paulo, amplamente freqüentado pela população residente nos bairros limítrofes e de outros bairros da cidade, ao tentar fugir da poluição, encontram aí condições que segundo a Cetesb⁷² são consideradas regulares quase a metade do ano (47% dos dias em 1995 e 36% dos dias em 1996), registrando, inclusive, alguns dias com condições inadequadas. Segundo o mesmo órgão, as condições regulares ocorrem quando a concentração de material particulado é da ordem de 50 e 150 microgramas por metro cúbico (1500 a 4500 partículas por metro cúbico) e inadequado entre 150 e 250 microgramas por metro cúbico (4500 a 7500 partículas por metro cúbico). O valor de 4500 partículas por metro cúbico é o que a cidade de São Paulo atinge nos piores dias de inverno.

Conforme aponta Viveiros (2005)

[...] As partículas inaláveis são uma ameaça mais real do que os óxidos de enxofre cujas principais fontes são indústrias e veículos a diesel. Em 2003, a média anual de MP10 registrada pela Cetesb no Ibirapuera ficou no limite do que determina a legislação brasileira: 50 microgramas por mil litros de ar. A estimativa da agência é que 40% disso é emitido por carros.

Elas são particularmente nocivas porque penetram profundamente nas vias respiratórias e agravam doenças preexistentes. Os dias de mais alta concentração estão relacionados ao aumento de atendimentos hospitalares por problemas respiratórios.

"As pessoas acham que as árvores do parque protegem da poluição, o que não é verdade. Elas melhoram a temperatura e fazem uma barreira acústica, mas não afetam significativamente a qualidade do ar", afirma Ferreira.

Da mesma forma que os fragmentos de mata preservados por lei no interior de propriedades agrícolas (ou mesmo na forma de unidades de conservação dispersas pelo território) não cumprem o seu papel na manutenção de processos ecológicos e biogeográficos vitais à evolução dos seres vivos e/ou de todo o conjunto de paisagens⁷³, os espaços verdes urbanos na cidade de São Paulo, de ocorrência pontual (áreas de expressão espacial exígua em relação ao tamanho da cidade) e fragmentada pelo espaço (da mesma forma que as unidades de conservação, não há conexão entre esses espaços), também não cumprem o seu papel como atenuador de calor e poluição.

⁷² Cetesb; Relatório de Qualidade de Ar do Estado de São Paulo, 1994, 1995 e 1996.

Voltando à questão do comportamento da temperatura do ar na bacia do Aricanduva, outra tendência verificada refere-se ao não estabelecimento de diferenças pronunciadas de temperatura do ar (iguais ou superiores a 3,0°C) entre um bairro e outro, quando da entrada ou início do estabelecimento de um sistema atmosférico, ou na iminência da entrada de outro sistema (nas situações de aquecimento pré-frontal). O início e o fim eram marcados por uma relativa situação de homogeneidade térmica, com baixa amplitude dos valores de temperatura. As diferenças vinham à tona a meio caminho entre uma e outra situação, revelado pela crescente amplitude térmica diária do ar: de uma situação relativamente “homogênea” de baixas temperaturas para uma situação relativamente “homogênea” de altas temperaturas, a amplitude térmica diária do ar aumentava continuamente, atingia um “pico” para depois recuar, de forma brusca, quando da entrada de outro sistema. É nesse “meio caminho” e/ou na passagem de um sistema para outro (e, conseqüentemente, da predominância de alguns tipos de tempo para outros), que se revelava com maior nitidez a capacidade dos diversos ambientes em conservar ou dissipar calor (figura 5.9). A evolução dos sistemas atmosféricos e os tipos de tempos, em sua sucessão, são fundamentais à compreensão do ritmo climático da cidade. Os extremos eram sempre marcados pelas condições ligadas a ação dos sistemas atmosféricos. Somente eventos de tamanha magnitude, como a entrada de sistemas frontais, para remover calor e poluição do ar de uma cidade como São Paulo (ou trazer calor, quando da entrada do sistema tropical continental, nas situações pré-frontais). O entremeio, período marcado pelo estabelecimento de um dado sistema atmosférico, mas antes da entrada de outro, manifestava-se à medida que o sistema atmosférico perdia força quando, aos poucos crescia as condições de estabilidade. Era justamente nessas condições que a superfície (natural e urbana) assumia o papel de controle climático.

Na bacia do Aricanduva, a configuração das “ilhas de calor”, quando estas chegavam a se estruturar, assumia um aspecto diurno (tarde, final de tarde e início da noite) e não noturno como acontecem nas cidades de clima temperado, a partir de estudos para as áreas urbanas dessa latitude: [...] “Especially in summer the nocturnal release of the energy gained by day is often cited as a major contributor to the urban heat island” [...] (OKE, 1974, p. 42).

Isso decorre, entre outros fatores, da duração do dia. Essa diferença, entre os dias mais longos e curtos do ano nos trópicos, consoante o decorrer das estações do ano, não remonta mais

⁷³ O que levou autores como Ward (1997) a admitir o “fim da evolução” ao comparar os elevados índices

do que algumas horas: no equador praticamente não há diferenças; para a latitude da cidade de Goiânia (aprox. 16° sul), essa diferença não chega há 2 horas (11,2 em junho e 13,1 em dezembro); para a latitude da cidade de São Paulo, a altura do trópico da Capricórnio, a duração do dia varia de 10,8 horas em junho há 13,5 horas em dezembro (diferença de 2,7 horas). Por outro lado, para a latitude de 40° N, a duração do dia varia de 9,2 horas em janeiro contra 14,6 horas em julho (diferença superior a 5 horas). Já nas cidades situadas próximas a 50° N (Paris, Frankfurt, Londres etc.) a duração do dia varia de (aprox.) 7,8 horas em janeiro contra 15,9 horas em julho (diferença superior a 8 horas). É comum ver à televisão, por ocasião dos jogos olímpicos ou copa do mundo, quando estes ocorrem em países situados nas latitudes temperadas, sol às 21 horas. Por aí se compreende, em grande parte, a causa da estruturação das “ilhas de calor” durante as noites e madrugada, principalmente no verão, quando há condições à produção de um excedente natural de calor associado ao excedente de calor de origem antropogênica.

Outro aspecto a ser levado em consideração nos estudos de clima urbano, refere-se à utilização de imagens de satélite. Entretanto, assim como qualquer outro instrumento, técnica, teoria ou produto, há limitações quanto à sua utilização. Dentre elas, como aponta Gómez et al. (1993, p.89 apud CURRAN, 1985),

[...] es imposible calibrar absolutamente la señal T radiante de um “linescan” infrarrojo térmico con las temperaturas cinéticas de los cuerpos a que se refieren [...] sólo se pueden estimar razonablemente diferencias de temperaturas y no valores absolutos de éstas. No obstante, la observación remota proporciona mucha información acerca de la temperatura del suelo, clave para explorar su importancia climática a escala urbana.

A partir do artigo de Baptista (2003, p. 58), onde essa técnica foi empregada para a detecção de “ilhas de calor” na cidade de Brasília e arredores, o autor aponta como critérios importantes para seleção das duas imagens utilizadas na discussão, o fato de ambas terem sido tomadas na mesma estação do ano, sobre mesmo local e hora e num dia sem nebulosidade de final de semana. Numa delas, a mais antiga, datando de 26/05/1984, predominam os tons amarelos e na outra, mais recente, de 10/06/2001, os tons alaranjados. Em função disso, para a primeira, são apontados valores de temperatura média entre 19°C e 20°C e, na segunda, entre 21°C e 22°C.

de extinções atuais com os períodos de extinção em massa ao longo da história geológica da Terra.

Entretanto, cabem aqui algumas considerações: em primeiro, quando o autor refere-se à “evolução da temperatura” (Idem, p.57) a partir desse tipo de produto, em nenhum momento é mencionado se é a temperatura do ar, do solo ou se é a temperatura cinética⁷⁴ dos materiais de cobertura do solo. Se for a temperatura do ar seco, faltou ainda mencionar a altura em relação à superfície: ela foi estimada para 0,1 m, 1,0 m ou 2,0 m acima do solo ou, se for uma área densamente verticalizada, a 10,0 m, 20,0 m ou mais em relação à superfície? É possível uma estimativa a partir das imagens de satélite para esses diferentes patamares de altura?

No caso dos sensores remotos, a temperatura captada, como aponta Gómez et al. (1993, p.87), refere-se à temperatura radiante (e não à temperatura cinética, embora haja correspondência entre ambas), relativa à emissividade dos corpos: [...] “pequeños cambios en ella ocasionan otros importantes en la temperatura radiante [...] cada 1 por 100 de variación relativa en la primera provoca um error de 0,6° ”. O aumento médio, apontado pelo autor, de 1,0°C a 2,0°C, detectado entre uma e outra imagem, não estaria dentro desse erro instrumental?

Embora as imagens tenham sido tomadas no mesmo horário e estação do ano, sob céu claro, sem nuvens, é preciso, ainda, que sejam vistas sob uma perspectiva de sucessão e encadeamento dos tipos de tempos e, principalmente, que haja um controle de campo das variações dos elementos climáticos, a partir de tomadas em superfície e/ou apoiado nos dados de estações meteorológicas locais, a fim de que realmente possam ser comparadas. Dias ensolarados ou nublados, mais quentes ou mais frios, podem ocorrer a qualquer momento, sob a ação dos diversos sistemas atmosféricos, em qualquer estação do ano. E Brasília, aliada à altitude e latitude onde se encontra, é um exemplo disso. Mesmo no inverno, quando a inclinação dos raios solares e, conseqüentemente, a incidência de radiação solar por unidade de área é menor, teoricamente ter-se-iam valores também menores para a temperatura do ar, já que o ar se aquece a partir do solo. Entretanto, a estabilidade do ar, denunciada pelos baixos índices de nebulosidade (ou mesmo ausência de nebulosidade) e elevado número de horas de brilho solar, quase que

⁷⁴ A temperatura cinética, segundo Gómez et al. (1993) é a temperatura registrada por um termômetro e, a menos que seja um corpo negro, difere da radiante, embora a relação entre ambas seja alta e se expressa por $T_{rad} = e^{1/4} \cdot T_{cin}$ (T_{rad} = temperatura radiante; e = emissividade; T_{cin} = temperatura cinética). O mesmo autor define a emissividade como a proporção da energia recebida que é emitida, e se expressa em relação aos corpos negros, que a re-emitem toda.

compensam os efeitos da estação do ano, quando se verificam valores diurnos próximos ou superiores a 30°C⁷⁵.

As variações diárias dos elementos climáticos nos trópicos são muito mais importantes do que as variações sazonais, principalmente quando se trata da temperatura do ar. Se a imagem do dia 26/05/1984 tivesse sido tomada alguns dias antes ou depois, num dia mais quente, a temperatura cinética dos corpos sobre a superfície (ou da temperatura do ar?), revelada pela tonalidade das cores, não estaria mais próxima daquela do dia 10/06/2001? E aí seria válida a conclusão do artigo (BAPTISTA, 2003, p.59), ou seja, a de que há “relação entre aumento da temperatura e crescimento urbano”? E se, ao contrário, a imagem do dia 10/06/2001 tivesse sido tomada alguns dias antes ou depois num dia mais frio e revelasse tonalidades claras, mais próximas daquela de 1984? A conclusão seria a de que nada mudou depois de 15 anos e, portanto, não há “relação entre aumento da temperatura e crescimento urbano”?

Em outro momento, o autor (Idem, 2003, p.59) acusa um aumento da temperatura (?) em diversas outras localidades:

[...] A relação entre aumento de temperatura e crescimento urbano é verificada em diversas outras cidades do Distrito Federal. O setor comercial do Plano Piloto apresentou 1°C de aumento; as áreas centrais das cidades de Taquatinga e de Ceilândia, 2°C; a cidade de Sobradinho e a Colônia Agrícola Vicente Pires, 3°C; o Paranoá, Samambaia e o Lago Oeste, 5°C; e Brazilândia, 9°C [...]

A citação suscita duas questões: (1) os valores apontados são frutos de uma evolução ou se referem a uma situação atmosférica momentânea, associada ao tipo de tempo no dia em que foram tomadas as imagens? (2) A grandeza do evento envolve todo o objeto imageado ou assume um caráter pontual no espaço?

O ar se aquece de baixo para cima, inicialmente por contato e, depois, por convecção e mecanismos de trocas turbulentas. Como o ar é transparente às ondas curtas, sua temperatura não é consequência da ação direta dos raios do sol e sim de processos indiretos. A fração da radiação solar que é absorvida pelas superfícies, é também a responsável pelo seu aquecimento e que, ao transferir parte desse calor para a camada de ar sobrejacente, eleva a sua temperatura. Isso significa que durante um dia mais frio e/ou nublado, uma menor quantidade desse calor é

⁷⁵ Na verdade, o inverno no centro-oeste do Brasil é percebido muito mais pelo baixo índice de umidade do ar, seguido pela ausência (ou quase) de chuva, do que propriamente pela variação de temperatura do

transferida para o ar, e num dia mais quente e seco, sem nebulosidade, uma maior quantidade de calor (sensível) estará disponível para aquecer o ar e o ambiente ao redor. Considerando que o espaço urbano constitui-se num verdadeiro mosaico de materiais, formas e funções e que cada um desses “microambientes” reage de forma diferente frente à entrada de energia solar, tanto pode ocorrer dissipação de calor quanto o reforço das condições de aquecimento. No primeiro caso, frente à imposição da circulação regional, ter-se-ia uma condição que tenderia para a isoterminia (má definição de espaços microclimáticos). No segundo, sob condições estáveis e que favoreçam o aquecimento do ar, ocorre a generalização espacial dos mesoclimas, topoclimas e microclimas. É nessas circunstâncias que esses espaços climáticos se definem. Daí a necessidade da verificação em campo e de referenciar qualquer observação meteorológica em superfície aos tipos de tempos atuantes no dia, e de forma simultânea quando se tratar de vários pontos de medida, principalmente quando se trabalha com espaços climáticos de grandeza inferior à local.

Mendonça (1994) defende proposta semelhante em relação à necessidade de tomadas não simultâneas em campo. Embora o autor não trabalhe dentro de um lapso temporal de anos como fez o autor do artigo supracitado.

Numa matéria não assinada divulgada pela Folha de São Paulo em 10 de setembro de 2000, intitulada “Devastação deixa zona leste mais quente⁷⁶” (DEVASTAÇÃO, 2000, p.C3) conforme mostra a figura 5.10, a mesma situação, já apontada no artigo de Baptista (2003, p.59), transparece de forma ainda mais nítida: utilizando-se de uma imagem de satélite sem fonte, escala e orientação (o título e a legenda deixam a desejar)⁷⁷, o autor tenta mostrar que o centro nordeste e leste-sudeste da capital é mais quente que o resto da cidade. E isso não deixa de ser verdade, já que esses dois eixos compreendem, respectivamente, os vales do Tietê e Tamanduateí-Aricanduva, caracterizados por extensas áreas rebaixadas de fundo de vale, densamente urbanizadas e mal arborizadas. Os setores mais baixos são mais quentes, o que motiva, inclusive, o aparecimento de ventos anabáticos, mas são, também, sob certas circunstâncias, mais frios, nas situações de inversões térmicas. E não é preciso dizer que não há diferenças significativas de temperatura do ar quando venta muito na cidade ou sob a ação de chuvas de gênese frontal (quando chove muito, o tempo todo e em toda a região). O erro está aí, ou seja, todas essas outras

ar.

⁷⁶ Folha de São Paulo, São Paulo, 10 set. 2000. Cotidiano, p. C3.

situações foram descartadas: mostrou-se apenas como a cidade reage e, ao que parece, num dado horário, num dia sem nebulosidade e de muito calor. O segundo erro é que não há indicação numérica alguma do quanto seriam essas diferenças de temperatura: vários graus ou apenas alguns décimos de grau? O contraste de cor, do vermelho (centro-nordeste e leste-sudeste da capital), passando pelo laranja, amarelo, verde, azul, até chegar ao roxo (superfícies líquidas das represas Billings e Guarapiranga), induz o leitor a pensar em diferenças de vários graus. Vale lembrar, mesmo que se estabeleçam tais diferenças de temperatura, não significa que esse quadro perdure todo o tempo.

⁷⁷ Ao que tudo indica, é a mesma imagem da capa do trabalho de Tarifa & Azevedo (2001). Trata-se de uma imagem Landsat, tratada, obtida na Secretaria do Meio Ambiente da PMSP.

Devastação deixa zona leste mais quente

DA REPORTAGEM LOCAL

O desmatamento influi diretamente no clima da capital. A comparação das imagens de satélite feita pela equipe do "Atlas Ambiental de São Paulo" endossa estudos mais antigos que comprovaram haver diferenças de até dez graus entre uma região e outra.

Segundo a pesquisa "Ilhas de Calor da Metrópole Paulistana", tese de doutorado de Magda

Lombardo, livre-docente em qualidade ambiental na USP (Universidade de São Paulo), a área mais quente da cidade está entre o centro e a zona leste — justamente a de menor cobertura vegetal, segundo as imagens de atlas.

Magda desenvolve um trabalho na área de "megacities" (megálópoles) na Columbia University, em convênio com a Nasa (National Aeronautic and Space Administration), nos Estados Unidos,

em que compara a elevação da temperatura, nos últimos cem anos, das cidades de São Paulo e Nova York.

Segundo dados preliminares, a metrópole brasileira sofreu elevação média de dois graus no período. "Isso ocorreu de maneira muito mais acelerada do que em Nova York", diz a pesquisadora.

A diferença de temperatura entre as regiões de São Paulo, de acordo com Magda, é melhor per-

cebida em uma condição climática específica — na estabilidade atmosférica. "São os dias de céu azul, sem vento, quando a temperatura sobe e diminui a umidade relativa do ar", explica.

Inversão térmica

A inversão térmica é um exemplo. Nesses períodos, ocorre o que os estudiosos chamam de "calor antropogênico", que é extremamente nocivo aos habitantes.

São nessas ocasiões em que um bairro da zona leste chega a ser até dez graus mais quente do que a serra da Cantareira, por exemplo. Já regiões como a do Morumbi (zona sudoeste) têm diferenças de três graus, se comparadas à serra.

"Não é só a falta de áreas verdes que influi, mas também a verticalização radical, que muda a ventilação da cidade", afirma.

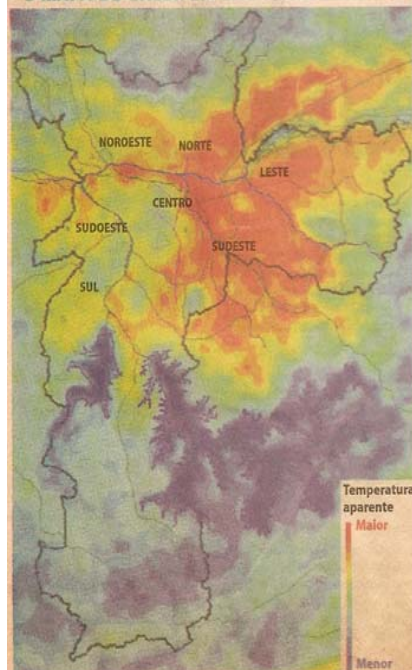
A falta de vegetação, de acordo com Magda, influi também na

umidade relativa do ar, tornando-o mais seco, e nas chuvas.

"É possível concluir que nas áreas impermeáveis há uma possibilidade de chuvas mais fortes, sem que se tenha condições de escoamento", diz.

No estudo de "megacities", a pesquisadora verificou que, nos últimos anos, São Paulo vem registrando precipitações torrenciais de água fora de época. "E isso também se deve à devastação."

O MAPA DO CALOR EM SÃO PAULO



Editoria de Arte/Folha Imagem

Jorge Araújo/Folha Imagem



Vista aérea da zona leste, área com escassez de áreas verdes

Bairros nobres mantêm verde

DA REPORTAGEM LOCAL

gar mais barato", considera.

A perda da vegetação não foi sentida pelos moradores de bairros como Morumbi, Pacaembu e Alto de Pinheiros (zona sudoeste), onde está a população de maior poder aquisitivo, apesar de essas regiões terem sido alvo do mercado imobiliário.

Segundo as imagens de satélite, os maiores índices de desmatamento foram encontrados nos distritos do Grajaú, Parelheiros e Jardim Ângela, na zona sul; Tremembé e Perus, na zona norte; e Cidade Tiradentes, Iguatemi e São Rafael, na zona leste.

Todas as regiões têm um ponto em comum — são atingidas pelos loteamentos clandestinos e abrigam a população de baixa renda.

Para o secretário municipal do Verde, Ricardo Ohtake, a população divide a culpa pela devastação dessas áreas com a falta de fiscalização do poder público. "Um loteamento é clandestino porque não conseguiu o registro da prefeitura, e não obteve porque não atendeu às exigências", afirma.

As exigências a que se refere são a reserva de cerca de 20% do loteamento para a construção de praças, escolas e demais equipamentos públicos. "A maioria abre mão disso, e subdivide o lote em várias pequenas partes, para pa-

Parques

Para o doutor em paisagismo Felisberto Cavalheiro, professor do departamento de geografia da USP, o problema da periferia não é tanto a falta de áreas verdes nas proximidades. "Alguns distritos até têm terrenos baldios." A questão seria o déficit de parques.

"Há muitas pessoas que afirmam que a cidade tem 4 m² de área verde por habitante, quando a ONU recomenda 12 m². Primeiro, eu nunca conheci estudo da ONU que falasse disso. Segundo, que tipo de área verde seria essa? Gramado não resolveria", analisa.

Cavalheiro faz a conta tomando como base os 34 parques públicos da cidade. "Em algumas regiões há 1 m² de parque por habitante e em outras nem há espaços desse gênero."

O ideal, segundo ele, é que cada morador tivesse um parque público a uma distância equivalente a uma caminhada de 10 minutos.

Cidades como Washington (EUA) e Berlim (Alemanha) conseguem esse feito, reservando, respectivamente, 50% e 45% do seu território para a manutenção de áreas verdes. "Em alguns casos, não há outra solução senão a desocupação e remanejamento da população", diz Cavalheiro.

Figura 5.10 - Reportagem do jornal "Folha de São Paulo" sobre as "Ilhas de Calor" - Folha de São Paulo, 10 de setembro de 2000

Durante o inverno de 2000 (de 26/07 a 02/09), foram totalizadas 903 horas de registros contínuos de temperatura do ar, a partir de cinco postos. Nestes, 98 ocasiões horárias (10,9% do total) apontaram diferenças positivas de temperatura do ar entre os postos iguais ou superiores a 3,0°C. Desse total, apenas uma pequena porcentagem pode ser atribuída à formação de “ilhas de calor”, ou melhor, à estruturação de uma condição climática com características eminentemente urbanas. Nos outros casos, a maior parte das ocorrências, quando se verificaram diferenças de temperatura dessa ordem de grandeza, estava ligada à entrada do Sistema Frontal e ao sistema de brisa oceânica, caracterizados por uma brusca inversão na direção dos ventos. Os postos do alto vale (Jd. Santa Bárbara e Iguatemi), dada a sua localização na bacia, eram os primeiros a sentir os efeitos dessa mudança.

Na primavera daquele mesmo ano (24/10 a 23/12), mais do que no inverno, das 1413 horas, 208 ocasiões horárias (14,7%) registraram diferenças de temperatura entre os postos iguais ou superiores a 3,0°C. Desse total, apenas sete dias (todos no mês de dezembro) indicaram diferenças superiores a 3,0°C no decorrer da madrugada (dia 07/12, do dia 09 para o dia 10/12, do dia 20 para o dia 21/12 e, na sequência, do 22 para o dia 23/12). Tal como foi descrito, principalmente na sequência dos dias 20 a 23, tais diferenças culminaram com uma sucessão de dias muito quentes. Nessas ocasiões, a urbanização atuou através do aquecimento da superfície edificada, em detrimento das áreas verdes, em conjunto com o relevo, tanto no aspecto que se refere à situação topográfica (fundo de vale) quanto na forma dos amplos interflúvios com vertentes de exposição nordeste, exposta praticamente todo o dia à radiação solar. No caso do fator relacionado à exposição das vertentes, é evidente que o mesmo também está presente no alto vale. Entretanto, a configuração do relevo, formado por interflúvios de pequena dimensão e de exposição variada (figura 4.10), característico de formas mais dissecadas, garante uma área menor exposta à radiação solar ao mesmo tempo em que aumenta a turbulência do ar através da multiplicação de áreas termicamente diferenciadas.

Nessas condições, as “ilhas de calor” urbanas só apareceram em condições de tempo estável, com céu claro (sem ou com baixa nebulosidade), ventos de baixa intensidade e sob a ação de um mesmo sistema atmosférico durante várias horas ou dias seguidos: ação do Sistema Polar em Vias de Tropicalização, no inverno, o que atestou um caráter horário ou momentâneo das “ilhas de calor” no inverno, e sob ação do Sistema Tropical Atlântico no verão. No verão, além

do caráter momentâneo (horário) das “ilhas de calor”, a sustentação do fenômeno de um dia para o outro (as raras ocasiões mencionadas), decorreram da sucessão de dias muito quentes. As bruscas inversões da direção dos ventos, marcada normalmente pela entrada de brisa oceânica ou da Frente Polar Atlântica, denunciavam a desestruturação dos climas urbanos e/ou das “ilhas de calor”. Apenas os setores mais abrigados da bacia, notadamente aqueles situados nos fundos de vale, preservavam durante algum tempo (algumas horas) as características desse clima.

O ponto a destacar é justamente a participação de vários fenômenos conjugados na edificação dos climas urbanos. As diferenças de temperatura (ou de outros elementos climáticos) vinculam-se à vários fatores e fenômenos e não, necessariamente, às “ilhas de calor”: qualquer diferença positiva de temperatura deve ser identificada como “ilha de calor”? A passagem extraída da tese de Amorim (2000, p.112) deixa transparecer esse aspecto:

Assim, nos dias com amplitudes mais altas, os padrões de distribuição da temperatura e umidade relativa variaram de acordo com as condições sinóticas, que ora deixaram as temperaturas mais altas, formando ilhas de frescor nos fundos de vale e ilhas de calor nos pontos mais densamente construídos, ora deixaram as temperaturas mais baixas, formando ilhas de calor nas vertentes voltadas para o norte e ilhas de frescor nos pontos de altitudes mais altas e vertentes voltadas para o sul.

O que se verifica, na verdade, é a participação de vários outros fenômenos por trás dessas diferenças: as inversões térmicas, por exemplo, fenômeno até certo ponto corriqueiro em termos de participação na definição climática de uma dada localidade, ocorre tanto em áreas urbanas, quanto agrícolas e florestais, pois a gênese desse fenômeno está associada ao resfriamento do ar, a partir do solo. Não há relação alguma com o clima urbano, embora, sob tais condições, seja possível identificar diferenças de temperatura do ar, principalmente se a área atingida não for plana.

Da mesma forma, a advecção de ar quente de áreas rurais, e as áreas rurais nem sempre são mais frias que as áreas urbanas, como demonstraram Tavares (2002) e Mendonça (1994), pode, também, gerar ou reforçar uma condição de aquecimento do ar nas cidades e, novamente, não se trata de um fenômeno iminentemente urbano, embora se configure a partir de tais diferenças de temperatura do ar. Mesmo Amorim (2000), numa passagem da sua tese, mostra a influência das áreas rurais sobre as áreas urbanas ao descrever os valores mais baixos de umidade relativa do ar em bairros próximos à zona rural.

Tais diferenças também podem ser produzidas por fatores associados à exposição das vertentes, em relação à altura do sol nos diferentes horários do dia, pelas características topográficas (dimensão e conformação da bacia hidrográfica) e de ordem microclimática (bairros bem ou mal arborizados, praças, florestas urbanas etc.).

Esses fenômenos não seriam gerados no interior do “Sistema Clima Urbano”, mesmo que a sua gênese tenha sede no interior das cidades (como é o caso das inversões térmicas). Eles tornam-se urbanos à medida que se integram às características da cidade, através da sua frequência, duração, intensidade (aqui as cidades exercem um papel importante) e relação com outros fatores e fenômenos. Tais fenômenos integram-se à cidade ou mesmo ao “Sistema Clima Urbano” pelos seus efeitos ou repercussões espaciais junto à cidade, embora, como foi sustentado, não esteja na cidade a sua gênese (causa). Os estudos climáticos urbanos devem se integrar a outros estudos, tanto para caracterizar o fenômeno (física, geomorfologia, biologia etc.) quanto para propor soluções (engenharia civil, arquitetura, fisiologia humana, ecologia etc.). Nesse sentido, a “ilha de calor” não representa a realidade do clima urbano, mas um de seus aspectos, traduzida por uma situação momentânea ou horária, motivada pela convergência pontual de fatores ligados às características de conformação do relevo, disposição dos equipamentos e dinâmica urbanos, sob a influência de determinados tipos de tempos, associados aos sistemas atmosféricos em dado estágio de sua evolução temporal.

Apesar de discutível, essa consideração não deixa de ter suas implicações. Ao retomar uma antiga questão colocada por Monteiro (1990a, p.14) [...] “a partir de que porte e grau hierárquico uma cidade brasileira passa a oferecer condições de geração de um clima urbano?” [...], verifica-se que não há condições de respondê-la de forma definitiva. Há fenômenos climáticos muito semelhantes, identificados em diversas cidades brasileiras e pelo mundo afora muito diferentes entre si quanto ao número de habitantes, morfologia do sítio, padrões de arruamento e edificações etc.

Se o clima, como colocou Sorre (1934) ao se referir aos climas locais, trata-se de um fato “singular” ou com muito poucas chances de se reproduzir em outro lugar sobre a superfície terrestre, isso não quer dizer, também, que não haja similaridades. Caso não fosse assim, tudo que se produziu até hoje em torno do conhecimento do clima de um dado lugar, só valeria para aquele lugar e nada mais. O pesquisador teria de “reinventar a roda” cada vez que iniciasse uma nova

pesquisa. Uma concepção “total” de clima, se é que se pode falar assim, deve guardar espaço para as “semelhanças” e “dessemelhanças” e, ao ser identificado com o conceito de ritmo como coloca Tarifa (2001, p.29), [...] “no real concreto, se mesclam, convergem, divergem, produzindo disritmias, ilhas de calor, enchentes, poluição, doença, exclusão e mortes” [...] ao mesmo tempo em que se define num quadro de [...] “universalidade de interações, enquanto totalidade temporal e espacial” [...].

Numa passagem da tese de Pitton (1997, p.43), ao final do capítulo referente à metodologia, a autora faz a seguinte colocação: [...] “em determinadas áreas da superfície urbanizada há um maior número de pontos, exatamente para verificar se havia ou não diferenças térmicas intensas⁷⁸ nos padrões de uso equivalentes, tendo em vista as características dos “canyons” e a localização em áreas de transição”.

A citação pode sugerir que as “diferenças” de temperatura (ou de outros elementos atmosféricos quaisquer), quando tomadas em pontos diferentes na cidade e seus arredores, constituem-se em indícios de transformação da atmosfera urbana. E, de fato, são. Mas, uma vez detectadas essas “diferenças”, o que há de se fazer⁷⁹? Estudar o clima urbano para compreender o clima urbano? Talvez fosse mais sensato estudar o clima urbano com a finalidade de compreender a sua influência na organização espacial de certos fenômenos, mesmo que for para chegar à conclusão de que o problema, quando existe, nem é tão relevante assim. Afinal, morrem-se muito mais pessoas vítimas de homicídios, imprudência no trânsito⁸⁰, problemas cardiovasculares decorrentes de um modo de vida sedentário etc., do que aqueles associados aos efeitos do clima urbano (ainda mais se for considerado apenas um de seus aspectos, como as variações do campo térmico). Então, o que justificaria esse tipo de estudo? Certamente não serão apontadas aqui as “diferenças” de temperatura do ar.

⁷⁸ Grifo do autor.

⁷⁹ Tal afirmação pode sugerir que quanto maiores às diferenças de temperatura do ar encontradas nas cidades, mais importância assumiria a pesquisa. E se não ocorressem tais “diferenças”, o problema deixaria de existir? O que justificaria, então, a realização de um trabalho como este? Haveria, neste caso, uma nítida ausência quanto à compreensão dos propósitos envolvidos numa pesquisa acadêmica, quando os objetivos visariam, antes de tudo, a compreensão da realidade e não apenas a aplicação imediata do estudo realizado.

⁸⁰ Segundo dados recentes, em 2005 morreram aproximadamente 35 mil pessoas em acidentes de trânsito no Brasil. Mais de dez vezes o número de soldados mortos dos Estados Unidos em três anos de intervenção no Iraque. O número de vítimas de homicídios no Brasil a cada ano também se aproxima dessa cifra.

Quando o prof. Dr. Francisco Mendonça propõe em sua tese de livre docência (MENDONÇA, 2001) a relação entre clima e criminalidade, talvez nem precisasse tomar tanto cuidado ao tentar justificar essa relação através da correlação de dados estatísticos de clima e de ocorrências de crime, ao longo do tempo e em diferentes localidades pelo país. Quando o que acontece, na verdade, é que o habitante de uma cidade como São Paulo não só expõe-se ao crime como também respira um ar de péssima qualidade (além de outras coisas). E tudo isso ocorre em conjunto e ao mesmo tempo. Como, então, não pensar numa relação entre esses elementos?

Voltando à questão das “diferenças”, e se isso não ocorresse? A não verificação de um dado fenômeno previsto nas hipóteses, também é um fato a ser compreendido. O trabalho de Sampaio (1981) é um exemplo disso ao não verificar uma relação direta da temperatura do ar com a urbanização, embora isso estivesse previsto em sua hipótese de trabalho. Outro exemplo deu-se com Jardim (2002), durante a elaboração da sua dissertação de mestrado, quando foram estabelecidas de forma mais ou menos arbitrária, as variações de 3,0°C (ou superiores) entre uma e outra localidade dentro da bacia do Aricanduva, como indício de uma possível transformação, de forma mais pronunciada, da atmosfera da cidade, capaz de trazer algum tipo de repercussão junto às pessoas que ali vivem, ou ao ambiente de forma geral. Uma variação de 5,0°C pode implicar, dependendo das condições iniciais de temperatura e umidade do ar, numa variação superior a 20% de umidade relativa do ar. E o ar mais seco comporta uma quantidade maior de material particulado, quando abaixo de 60% começa a provocar irritações na mucosa do nariz e faringe, o ambiente mais seco favorece a proliferação de formigas e cupins, dentre outras modificações acompanhadas. A análise daqueles dados, porém, revelou que isso nem sempre é verdadeiro. Variações dessa magnitude, necessariamente, não são produzidas no interior do clima urbano. Como fora relatado naquela ocasião, podem simplesmente expressar uma variação da temperatura associada à entrada de um sistema atmosférico (o que é comum à altura da cidade de São Paulo), com características diferentes quanto ao comportamento dos seus elementos, ou outro sistema, de menor magnitude, como a brisa oceânica. O teor de umidade do ar pode variar consoante às variações de temperatura e/ou por adição de vapor ou umidade, oriundo de fontes externas, associado à advecção de ar.

Entretanto, é bom ter em mente o significado dessas variações de temperatura. Joule, em certo momento da sua vida, por volta de 1847, conforme relata Quadros (1996, p.57), estava

totalmente convencido de que [...] “uma certa quantidade de qualquer forma de energia produzia sempre a mesma quantidade de calor ao transformar-se” [...]. Logo em seguida, no mesmo texto, por ocasião de uma conferência, quando Joule então teve oportunidade de demonstrar parte das suas descobertas, mesmo com base empírica, muitos pesquisadores da época mostraram-se relutantes em aceitar tais resultados. A partir do trecho de um depoimento do Lord Kelvin (idem, p.57), [...] “Eu me lembro [...] de Graham ou Miller dizendo que não acreditava em Joule porque ele não possuía nada além de centésimos de graus⁸¹ para provar sua hipótese” [...].

No caso de joule, essas variações mínimas de temperatura inspirariam, mais tarde, uma revolução na física. Mas no caso dos climas das cidades, ou mesmo para os estudos geográficos que utilizam dados climáticos, as diferenças de temperatura não implicam variações de “centésimos de graus”. Não haveria nem como avaliar isso ao se considerar os instrumentos utilizados nas pesquisas desenvolvidas pelo Brasil afora, nos trabalhos de climatologia urbana. Por outro lado, variações de temperatura do ar iguais ou superiores a 3,0°C, como foi colocado, necessariamente não se constituem em evidências a favor da estruturação de um clima legitimamente urbano. As inversões térmicas, muitas vezes, acusam valores muito superiores, dependendo das condições do terreno e de resfriamento noturno. E, no entanto, nada tem a ver com clima urbano, pois ocorrem em qualquer lugar, desde que haja condições de tempo estável, ar seco e algum lugar deprimido por perto para onde o ar, ao resfriar-se por contato com o solo, possa escoar. Na verdade, quando ocorrem nas cidades, reforçam a sensação de desconforto térmico, associada à intensificação local de frio, ao mesmo tempo em que desfavorecem a dispersão de poluentes, ou seja, a relação desse fenômeno com o clima urbano repousa nas suas conseqüências junto à cidade e ao cidadão e não na sua gênese.

A mesma coisa poder-se-ia dizer dos movimentos convectivos e advectivos de ar por trás dos ventos e brisas locais em áreas de relevo “colinoso” quando, durante o dia, as áreas mais elevadas absorvem calor mais rapidamente do que os vales limítrofes. À noite, ao contrário, as áreas elevadas cedem calor mais rapidamente do que as áreas deprimidas. Nessas condições, os ventos soprariam dos vales para os topos das colinas durante o dia e, à noite, dos topos para os vales. Mais uma vez, neste caso, as cidades atuariam no sentido de reforçar as condições de aquecimento e/ou resfriamento e, conseqüentemente, de interferência nas características desses

⁸¹ Grifo do autor.

ventos. Mas, essencialmente, o fenômeno é o mesmo, tanto nas cidades quanto em áreas agrícolas e florestais. Os controles urbanos, nos casos descritos, aparecem nos efeitos ou conseqüências e não associado à causa ou gênese do fenômeno.

Outra situação sugere o mesmo comportamento dos elementos climáticos, descrita por Mendonça (1994, p. 129) para o dia 01 de janeiro de 1993, após a passagem de uma frente quente, na cidade de Londrina e arredores, quando uma [...] “pronunciada amplitude térmica intra-urbana se apresentou para aquelas primeiras horas da manhã (10°C) e a UR⁸² variou em torno de 20% tendo sido claramente inversa à temperatura” [...]. Mais adiante, ao discutir a gênese desse fato, acrescenta que [...] “A área rural que, nesta época do ano se encontrava com parte de seus solos nus e secos nos primeiros dias do período em análise, apresentava-se com superfícies ligeiramente mais aquecidas que partes da área urbana naquele período matutino, pois a inércia termal dos solos rurais em tais condições é menos elevada que a das superfícies urbanas observadas” [...].

Embora o autor atribua essa diferença de 10,0°C entre o centro de Londrina e os seus arredores à formação de “ilha de calor”, isso se enquadra num contexto que deve ser relativizado: trata-se de um diferencial de temperatura motivado pela produção de calor na cidade ou motivado pela forte perda de calor nos seus arredores, associado às características de cobertura do solo, para aquele período do ano, como foi descrito pelo autor? Todo o arredor de Londrina apresentava-se daquela forma, naquele período? Qual a dimensão dessas áreas? E as áreas situadas nos seus arredores, com características diferenciadas quanto à cobertura do solo, também apresentaram comportamento térmico do ar semelhante às áreas de solos expostos? As questões colocadas, evidentemente, não implicam dizer que, a partir da situação colocada, não decorram problemas, ainda mais se o fenômeno for recorrente. E aí em nada ajuda saber se de fato trata-se ou não de “ilha de calor” ou outro fenômeno qualquer. Se existe um problema que afeta o modo como o ser humano e as demais formas de vida se organizam no espaço, este deve ser resolvido, independente da sua origem. A mesma coisa aplica-se ao “aquecimento global”, cujo papel do ser humano na sua estruturação é alvo de controvérsias. No entanto, não parece uma atitude sensata esperar sem fazer nada para ver o que acontece.

⁸² Umidade relativa do ar.

As observações de Lombardo (1985, p.209) sobre a magnitude das “ilhas de calor” também trazem à tona essa discussão sobre a origem e características desse fenômeno:

[...] Os levantamentos bibliográficos assinalam que as maiores variações de temperatura entre cidade e campo registram 5°C. Entretanto, a intensidade de fenômeno ocorrido em São Paulo ultrapassa, de muito, essas medidas, chegando a ocorrer um gradiente de temperatura horizontal superior a 10°C entre o centro e a área rural. Essa maior intensidade foi verificada em tipo de tempo estável, com calmaria. A intensidade de ilha de calor na Metrópole Paulistana parece refletir a grande dimensão espacial da mancha urbanizada, como também a distribuição dos diferentes tipos de usos do solo.

As observações de Azevedo (2001a) em torno dessa conclusão dispensariam maiores comentários. Entretanto, cabe questionar, aqui, se isso não se refere a uma diferença pontual, gerada nas proximidades de uma casa ou no interior de um bairro.

As observações de Tavares (2002) também ajudam a elucidar a questão. Ao comparar duas localidades diferentes, uma na área urbana de Sorocaba e outra na área rural, 20 km distante, na fazenda Ipanema, a partir de uma série de três anos e meio de dados, constata em várias ocasiões que a temperatura do ar na fazenda é mais elevada do que aquela tomada na área urbana, principalmente no período da tarde. Aliás, qualquer série temporal de dados climáticos, suficientemente longos, fatalmente revelará uma série de situações impossíveis de serem abarcadas a partir de tomadas pontuais restritas há algumas horas ou poucos dias.

Uma outra situação, descrita por Jardim (2002, p. 90), refere-se aquela do dia 26 de agosto de 2000, quando às

[...] 18:00 h, foi registrado 15,8°C no Jd. Iguatemi e 29,8°C na V. Manchester (diferença de 14,0°C, associada à brusca mudança de direção dos ventos de norte para sul). E às 20:00 h, foi assinalado 19,8°C na V. Manchester e 16,8°C no Jd. Iguatemi (diferença de 3,0°C). [...] No momento em que ocorreu a diferença de 14°C entre o Jd. Iguatemi e a V. Manchester, com a entrada do SFA⁸³, com ventos de S (até então predominavam ventos de N), os demais postos já apresentavam valores bem inferiores aos da V. Manchester. Às 17:00 h nenhum posto registrava menos do que 30,0°C. No horário seguinte o posto mais quente, o Jd. São Cristóvão assinalava 22,6°C.

Claro que o exemplo descrito é óbvio demais. Sob as condições descritas, ninguém atribuiria essa diferença de temperatura à capacidade da cidade modificar o clima. Entretanto, um observador desatento e que não dispusesse de um acompanhamento horário, com base em registros da temperatura do ar nos horários anteriores e posteriores ao evento, poderia até sugerir

que se trata de uma “ilha de calor”, quando na verdade denota apenas a influência da orientação da bacia, frente à entrada dos ventos na capital, associados à entrada de outro sistema atmosférico, e da influência do relevo ao propiciar condições momentâneas de abrigo para os bairros situados no baixo vale do rio Aricanduva. A porção sul da bacia, no alto vale, é a primeira a receber influência dos sistemas extratropicais e de brisa oceânica.

Mais uma vez, no caso do estado de São Paulo e, mais especificamente, do clima local da bacia paulistana, [...] “a posição de conflito entre sistemas extra e intertropicais que implica no caráter transicional do estado entre diferentes climas regionais do espaço brasileiro” [...] (MONTEIRO, 1976, p.16), o papel conferido ao homem assume importância relativa na estruturação do clima urbano, no tocante às características do seu campo térmico, quando comparada a outras realidades climáticas urbanas.

As características de relevo e as condições atmosféricas conferem à Santiago (Chile), por exemplo, um papel relativamente limitado frente à ocupação urbana daquele espaço, quando comparada a São Paulo. Além de mais fria, dado à sua latitude entre 33° e 34° Sul, situada na vertente oceânica da Cordilheira dos Andes, a 560 metros de altitude, a cidade, segundo Romero (1998), conta com uma área urbana contínua de 60 000 ha e que se amplia à taxa de 2000 ha/ano, espalhada de forma radial (“tentacular”, segundo o autor) sobre uma bacia sedimentar, e um parque automotivo de 800 000 veículos (dados do autor referentes à primeira metade da década de 1990). A circulação do ar é fortemente influenciada por fatores de ordem topoclimática (brisas marítimo-continental de dia e continental-marítima à noite e as brisas de vale-montanha de dia ou ventos anabáticos e montanha-vale à noite ou ventos catabáticos) e, conseqüentemente, está sujeita, de forma mais pronunciada, às modificações introduzidas pelo homem na paisagem. Nesse sentido, nas palavras do próprio autor (Idem, 1998)

[...] La canalización de los flujos de aire a lo largo de los cauces fluviales principales de ríos y quebradas, pasan a ser los principales controladores de la dirección, intensidad y variabilidad de los flujos de aire y con ello, del transporte de contaminantes” [...] “el Material Particulado (tanto Partículas Totales en Suspensión (PTS) como PM10) excedió 52 días en 1995 la concentración máxima permitida (75 µg/m³ y 150 µg/m³, media diaria respectivamente); el CO lo hizo 60 veces (sobre 40.000 µg/m³ como media aritmética horaria) y el O₃, 154 días. Los rangos de excedencia superan entre 2 a 2,7 veces los niveles aceptables [...].

⁸³ Sistema Frontal Atlântico.

Voltando à questão das diferenças de temperatura do ar, também é discutível o fato de que variações de grande magnitude influenciem de forma drástica a fisiologia e/ou o comportamento social humano. Segundo Ashcroft (2001, p.111)

[...] as imagens de uma câmera sensível ao calor demonstram claramente, a temperatura do revestimento externo do corpo pode variar amplamente em relação à temperatura basal⁸⁴. A pele de uma pessoa nua num quarto frio pode ter uma temperatura de 20° C e seus braços e pernas serão também mais frios que o centro do corpo. Inversamente, durante exercício vigoroso a temperatura no interior dos músculos em atividade pode subir a 41° C, embora a temperatura basal só possa se elevar um ou dois graus.

Ao que parece, o habitante das altas latitudes do hemisfério norte, assim como grande parte dos autores sediados em países tropicais, mas que buscaram subsídios em estudos oriundos de países situados nas altas latitudes, não se conformam com o fato do habitante do trópico conviver, rotineiramente, com dias muitos quentes. O excedente de calor configura sempre como um problema a ser resolvido. Brazel e Martin (1997, p.176) ao discorrer sobre o planejamento, arquitetura e edificação nos trópicos úmidos, apontam que:

[...] In these countries, the majority of the population cannot afford modern solutions to climatic stress, such as air conditioning [...] therefore, it is appropriate to solve climatic problems for the built environment as inexpensively as possible by optimizing climatic building response [...].

Isso sem mencionar autores de trabalhos mais antigos que reproduzem formulações sem cabimento algum como Stamp (1969, p.144), ao discorrer sobre o clima da Bretanha:

[...] the climate of Britain not very far from the ideal. So far as temperature is concerned it is never so hot as to prohibit manual work or reduce the body and brain to such a stage of lethargy – by no means unknown in those parts of the tropics which have been called regions of debilitation – that both refuse to work. In winter it is never so cold that one goes out in constant dread of frostbite, yet normally cold enough to encourage health, work, and exercise [...].

A questão é: até que ponto as cidades propiciam condições de transformação da sua atmosfera? Mesmo as maiores cidades do mundo assumem um espectro “pontual” sobre a superfície terrestre, quando comparadas ao caráter “areal” das terras agrícolas e destinadas à

criação de gado, em detrimento dos biomas naturais. As diferenças de temperatura no âmbito das cidades devem ser vistas como indícios de transformações da atmosfera local e sempre sob a óptica de um amplo leque de relações.

Mesmo a modificação dessas extensas áreas, não implica, necessariamente, em mudanças no clima. Isso varia de um lugar para outro e muito do que se processa nesse sistema, está ligado à circulação atmosférica e não às características da superfície. É o caso do estado de São Paulo que teve praticamente toda a sua vegetação natural substituída pela agricultura e pecuária e nem por isso apresentou mudanças perceptíveis no comportamento dos elementos climáticos, como revelam, à primeira vista, um exame das normais climatológicas. A gênese das chuvas no estado está ligada à circulação atmosférica. Evidentemente, se por um lado o desmatamento não afetou o clima do estado de São Paulo, por outro desencadeou uma série de outros problemas, principalmente aqueles ligados ao escoamento das águas e erosão dos solos, agora desprotegidos da vegetação. E é também o que está acontecendo com o cerrado brasileiro.

Como salientou Tarifa (1994, p. 19), ao caracterizar o clima do centro oeste brasileiro, a dependência desse clima dos fatores associados à circulação geral da atmosfera mostra que

[...] a contribuição do processo de ocupação agropecuária na região dos Cerrados, para provocar uma alteração climática à nível regional é praticamente inexistente. Uma das maiores preocupações dos climatólogos, é de que a área do Brasil Central possa sofrer uma diminuição das chuvas (à longo prazo) em função das mudanças que venham ocorrer na Amazônia” [...] uma parte considerável da umidade atmosférica do Brasil Central, é geneticamente formada na Amazônia Centro-Occidental.

Ou seja, é através do desmatamento da Amazônia que se podem mudar as condições climáticas do cerrado brasileiro. E as mudanças não param por aí. Conforme Henriques (2003), a expansão da urbanização e principalmente a agropecuária, para não citar outros projetos como os 35 previstos no megaprograma “Avança Brasil”, que inclui a construção de hidrelétricas, rodovias, hidrovias, ferrovias e ampliação das linhas de transmissão, não tem poupado, sequer, a vegetação na forma de matas ciliares, de topos de interflúvios e ao redor de nascentes. Diga-se de passagem, todas as áreas ocupadas por essas formas de vegetação, conforme reza o artigo 2º do Código Florestal (Lei Federal 4771/65), são de preservação permanente.

⁸⁴ Grifo do autor. A mesma autora define a temperatura basal “como aquela da profundidade dos tecidos do peito e do abdome. Esta é mantida em torno de 37° C, embora mostre uma flutuação diurna de cerca de meio grau, sendo mais alta no fim da tarde e mais baixa pouco antes do alvorecer”.

Ao remover a cobertura vegetal indiscriminadamente, o homem certamente não modificará o clima de uma vasta região como aquela abrangida pelo Brasil Central. Entretanto, como resultado dessa ação, assim como no estado de São Paulo, impõe-se modificações onde o cerrado é mais sensível, ou seja, ao nível dos subsistemas formados pelos seus solos que, conseqüentemente, afetará todo o sistema hídrico: escoamento superficial das águas, abastecimento do lençol freático, vazão dos rios, oferta de vapor para a atmosfera etc.

Em trabalho recente (CARVALHO et. al., 2005), a partir de observações em campo, na cidade de Buriti Alegre (GO), foram verificados problemas dessa natureza associado ao rebaixamento do lençol freático nas nascentes do córrego do Almeida. Tomando como indicador de degradação ambiental algumas espécies vegetais, constatou-se a invasão de espécies de cerrado aberto, como o pequi (*Caryocar brasiliense*), na área onde antes se desenvolvia a mata ciliar, concomitante à abertura de pastagens. O referido córrego, na verdade, não passa de um filete d'água, mas se esse processo repetir-se em cada uma das nascentes dos rios que cortam o cerrado, ou pelo menos em parte delas, o que era um problema pontual passa a generalizar-se pelo espaço. O ambiente, seja ele “natural” ou “urbano”, em termos de sua estrutura e dinâmica, modifica o clima à medida que ele próprio se modifica. O contrário também é verdadeiro. Quaisquer mudanças no clima nunca são desacompanhadas de mudanças ambientais.

De fato, o homem não possui capacidade de modificar o comportamento da circulação geral atmosférica, das correntes oceânicas, do movimento das placas tectônicas etc., conforme sua vontade. As ordens de grandeza desses fenômenos e da ação humana são, neste caso, incompatíveis. Entretanto, se o homem não pode modificar o clima de “cima” para “baixo” (do macroescalar em direção ao microescalar), ele pode fazê-lo de “baixo” para “cima” (do microescalar em direção ao macroescalar), ou seja, é através da modificação da paisagem que o homem interfere no resto do sistema.

A questão mais importante não está no quanto uma área é mais quente ou mais fria do que outra. Buscar isso num trabalho de clima urbano é cair naquilo que foi criticado no início deste capítulo, ou seja, como se bastasse o reconhecimento desse traço no comportamento do elemento para caracterizar o clima de um dado lugar. Seria como cair numa espécie de tautologia: estudar o clima das cidades para entender como é o clima das cidades.

E é sob esse ponto de vista que começam a aparecer “ilhas de calor” de magnitudes elevadíssimas ou como naquela reportagem apresentada, como se a cidade estivesse a beira de um colapso. Ou seja, tenta-se colocar um problema cuja envergadura não assumiria tamanha gravidade. O contrário também acontece: há autores que delimitam ilhas de calor com intensidades de décimos de grau. Neste caso, ou o cidadão tem muita confiança no aparelho utilizado para a sua mensuração, ou está medindo-se outra coisa e não a temperatura do ar (diferenças desse nível podem estar inseridas na própria margem de erro do aparelho). Conforme aponta Jardim (2002), seria como se uma pessoa ao cruzar uma cidade e transpor diferentes unidades de clima, fosse capaz de perceber diferenças significativas a ponto de tirar ou vestir uma blusa. Mesmo que o aparelho seja extremamente preciso, ainda sim faltaria discutir de que modo isso influenciaria na organização espacial de outros fenômenos.

Os dados levantados na bacia do Rio Aricanduva apóiam esse ponto de vista, já que nas ocasiões quando foram verificadas diferenças significativas de temperatura entre os postos (de 5,0°C a 14,0°C), mal chegavam a 5,0°C e, quase que imediatamente, um novo sistema de circulação de ar, como o Sistema Frontal Atlântico ou o subsistema de brisa oceânica, se estabelecia. Tais diferenças referem-se, então, muito mais aos controles atmosféricos regionais e locais do que propriamente controles urbanos.

Sobre a participação dos elementos “naturais” na formação dos climas, Armani (2004, p.2), ao centrar a sua pesquisa numa bacia hidrográfica florestal (bacia B do núcleo Cunha do Instituto Florestal) ou “natural” como coloca o autor, enfatiza a necessidade de [...] “compreender, primeiro, como seriam as variações de temperatura e umidade de uma bacia hidrográfica “natural” (ou “preservada” da ação antrópica), para depois retornar à complexidade das áreas urbanas”.

A afirmação suscita a seguinte questão: e quando não há a possibilidade de compreender, primeiro, como seriam as variações dos elementos climáticos numa bacia hidrográfica “natural”? Nesse sentido, Tricart (1977, p.17) aponta que

Desde a lenta aparição do Homem como espécie animal, os ecossistemas foram por ele modificados, assim como ele foi influenciado em seu desenvolvimento físico, e até intelectual, pelo meio ambiente, ou seja, pelos demais componentes do ecossistema do qual participa. Os caçadores primitivos, utilizando o fogo como técnica de caça, já alteraram a vegetação, as populações de insetos, e répteis, de pequenos mamíferos etc. Por isso, opor um “meio natural” a um “meio modificado pelo homem” nos parece não

ter significado. Constitui má colocação do problema, que leva à discussão falsa. No momento atual, já não existe nenhum ecossistema que não seja modificado pelo homem, só que as modificações são de natureza diferente e de importância diversa. Uma atitude intelectual, mas objetiva, para a conservação ou planejamento, consiste em distinguir uma “situação inicial”, como se fora livre de toda intervenção.

Desde que o *Homo erectus* começou a manipular o fogo, há pelo menos 500 mil anos passados, a paisagem (se é que se podia falar em paisagem àquela época) sofreu amplas e sucessivas transformações. Conforme Rodrigues (1989), desde o momento em que o homem começou a manipular o fogo, a retirada de biomassa da natureza na forma de alimento, é agora seguido da retirada de biomassa na forma de lenha para manter acesos os “fogões-lareira” e dar um novo tratamento a esse alimento. Posteriormente, em cada nova fase da história da humanidade (surgimento da agricultura, das cidades e, logo depois, das primeiras civilizações, da indústria etc.) haveria um incremento na utilização, em forma de energia, dessa mesma natureza.

Na verdade, o “natural” não deixou de existir em meio a essas transformações ou mesmo em meio ao urbano, embora as cidades sejam palco de amplas e sucessivas “derivações”, como coloca Monteiro (1975). Assim como é possível distinguir formas do passado que persistem até os dias de hoje nas cidades, as “rugosidades” segundo Santos (1988), é possível distinguir, também e desde sempre, dentro do quadro “natural”, o relevo, o escoamento das águas, as cheias dos rios, a ocorrência de fenômenos meteorológicos e climáticos presentes tanto em áreas rurais quanto florestais etc. Neste caso, resta ao pesquisador, através de um raciocínio lógico dedutivo, inferir as condições pretéritas (o que, por sua vez, não está errado, já que a paisagem é fruto de uma “herança” e, como tal, só pode ser inferida, nunca submetida à prova), a partir de dados oriundos de uma série de comparações com outras bacias hidrográficas ou áreas “naturais” dentro de uma bacia urbana, que reproduziriam condições próximas daquilo que é posto enquanto características originais ou “naturais” daquele lugar.

Mas o “natural” é sempre “bom”? Os povos indígenas compartilham plenamente desse ambiente “natural” e nem por isso a vida deles está livre de sacrifícios. Se o cidadão moderno, habitante das grandes cidades de hoje, consumidores inveterados, tivesse que fabricar as próprias roupas, produzir o próprio alimento, abrigo, ferramentas etc., a sociedade atual seria muito mais parecida com as sociedades ditas “primitivas”, como aquelas dos povos indígenas remanescentes ou das sociedades “neanderthalensis” de outrora, muito antes das primeiras civilizações, dotadas de divisão de tarefas e não de trabalho, onde todos fazem um pouco de tudo. Nessas condições,

quando o indivíduo precisa produzir as próprias roupas, o alimento que consome, fabricar os utensílios de que necessita no cotidiano etc., é difícil imaginar que possa dedicar-se exclusivamente a alguma tarefa de modo particular.

Ao que tudo indica, quando se pensa o “natural” o ser humano o faz de forma idílica e até bucólica, como naqueles romances onde jovens pastores cuidam das ovelhas e pensam na amada, ou como andar pelas trilhas de um parque, de bermuda e tênis, com máquina fotográfica à mão. Ou ainda, como se a natureza fosse sinônimo de fartura, como naquele quadro do pintor flamengo Pieter Bruegel, “O país da Cocagna”, datada de 1567, baseada numa antiga lenda medieval, sobre uma terra mágica de interminável fartura em que a natureza se oferece ao homem pronta para ser devorada, onde porcos assados perambulam com uma faca fincada no próprio lombo para fatiá-lo, ovos com pernas e colher, tortas por todo o lado e pessoas gordas, deitadas ao chão em sono profundo depois de se refestelarem em meio a tanta fartura. Transparece aí, também, o mito de paraíso perdido ou do éden bíblico.

A leitura de alguns trabalhos (alguns, inclusive, citados na revisão bibliográfica) corrobora com esse tipo de visão e revela, no tocante a alguns aspectos, um raciocínio simplista: (1) a cidade se constitui num elemento modificador do clima e, portanto, fonte de desequilíbrios; e (2) os elementos naturais (vegetação, rios, solo, relevo etc.), embora não estejam ausentes do ambiente urbano, mas quase sempre se apresentam alterados, são tidos como capazes, a partir de sua revitalização, de restabelecer o antigo equilíbrio natural. Sette (1996, p.111), por exemplo, aponta no último parágrafo do capítulo referente às conclusões, reproduzido aqui quase integralmente, que [...] “áreas mais arborizadas [...] demonstram o caráter atenuador em termos de aquecimento e conseqüentemente de conforto térmico em condições não artificiais, em ambientes urbanos. Portanto, faz-se necessário aumentar as áreas verdes de Rondonópolis” [...]. Zamparoni (1995, p.88-89) também, nas duas páginas que dedica às conclusões da sua dissertação, faz as seguintes recomendações: [...] “A fim de melhorar as condições de conforto ambiental nas cidades de Barra do Bugres e Tangará da Serra, recomenda-se que seja elaborado um plano de rearborização que priorize o incremento de áreas verdes, via legislação, com o objetivo de evitar formação de ilhas de calor [...] Arborizar as áreas centrais das duas cidades, em especial Tangará da Serra, com árvores que evitem, através do sombreamento a incidência direta de radiação solar [...] Na ocorrência do processo de verticalização na cidade de Barra do Bugres, a

presença de árvores deverá ser marcante [...] As praças existentes nas duas cidades, deverão ser rearborizadas e recomenda-se que o capeamento de cimento e concreto seja substituído por bloquetes com grama evitando assim a impermeabilização do solo.”.

Embora sejam válidas as recomendações dos autores, nenhuma delas trata do problema real em sua real dimensão. A entrevista concedida ao jornal “Folha de São Paulo” pelo prof. Felizberto Cavalheiro (DEVASTAÇÃO, 2000) e a obra de Gouvêa (2002), ambas mencionadas no início do capítulo cinco (resultados), dão uma idéia da complexidade dessa questão. As “recomendações” extraídas das dissertações e teses soam como as propagandas veiculadas na televisão sobre o reaproveitamento de lixo ou, mais recentemente, sobre as vantagens do “biodiesel” frente à gasolina, ou seja, certos fatos são pintados como revoluções, quando na verdade não encerram possibilidade alguma de transformação. Mudar a matriz energética para que as pessoas continuem comprando carros novos? Combater o uso de cigarro, como se fosse o maior dos males nos dias de hoje, enquanto deterioram todos os demais índices de qualidade de vida?

Tais “recomendações”, ainda, funcionam bem quando se tratam de ambientes microclimáticos. Mas essa, como foi sustentada nesta tese, é uma das múltiplas realidades do clima urbano. Qualquer intervenção nos demais níveis numa realidade como a do Aricanduva, exigiria amplas modificações no ordenamento espacial dos bairros (e não de um edifício em particular) e no próprio suporte estrutural (relevo) da bacia. Certamente não é a arborização de praças e ruas e a inclusão de detalhes nos edifícios que impedirá a invasão de uma massa de ar quente e seca. A essa escala de intervenção (topo, mesoclimático e local), a cidade deveria ser pensada de forma a integrar-se ao ambiente e não o contrário. Os exemplos apontados por Olgyay (2002), mesmo não indo além do nível microclimático, dá uma idéia desse tipo de adequação ao descrever a variedade de estilos regionais de edificação, como naqueles povoados das regiões áridas, aonde o sombreamento, a elevada espessura e o contato entre as paredes das casas, apresentam-se como solução para minimizar a entrada de radiação solar, ou ainda, no importante papel do telhado, com a finalidade de escoar rapidamente a água, e a (quase) ausência de paredes para maximizar a ventilação nas regiões tropicais úmidas. Apesar de muito diferentes umas das outras, o autor as visualiza como [...] “respuestas claras a las exigencias de los respectivos climas” [...]. Logo adiante, acrescenta: [...] Debemos comprender que la implantación

generalizada de las tipologías occidentales debe realizarse con mayor precaución. Estas formas tienen su origen en la respuesta a climas fríos, y pueden causar graves problemas cuando se adoptan como símbolos incorrectos de progreso cultural. (Idem, p.9)

Outro aspecto, geralmente esquecido pela maioria das pessoas, é que tudo de que o homem dispõe hoje é produto da transformação da natureza pelo trabalho. Dentro de uma perspectiva materialista histórica dialética, é através do trabalho que o homem realiza aquilo que pensa (e isso quer dizer que nada é oferecido pela natureza de forma gratuita). É claro que isso pode levar a pensar, de forma errônea, que quanto mais o homem trabalha a terra, mais valor ele agrega a ela. Mas a natureza não segue essa lógica. Isso é válido até certo ponto, ou seja, quando se ultrapassa um determinado limiar (capacidade de suporte dos ambientes naturais) um outro equilíbrio se estabelece, geralmente num patamar inferior. Basta lembrar do exemplo da trilha no meio da mata, mencionado por Drew (1989): se o pisoteio cessa, a vegetação é restaurada, mas se é intenso e contínuo, a vegetação cede lugar para um solo compactado que, aos poucos, passa a concentrar água na forma de um canal até conduzir ao desenvolvimento de um sulco, de uma ravina e até mesmo de uma voçoroca.

Essa perspectiva em torno da restauração de um antigo ambiente natural leva a pensar numa outra postura frente aos estudos de clima urbano: já foi mencionado que é através das modificações introduzidas na paisagem que o homem modifica os demais componentes dos grandes sistemas terrestres, ou seja, o somatório de pequenas modificações levaria as grandes modificações. Nesse sentido, tanto os estudos voltados para a avaliação dos efeitos do clima sobre os habitantes das cidades quanto aqueles a respeito de como as cidades modificam o comportamento dos elementos climáticos, devem ser vistos de forma complementar.

Voltando à questão da restauração dos ambientes naturais, na bacia do Aricanduva foi tomado como referencial, para efeito de comparação com outros pontos de medida, o Parque do Carmo, com a sua mata de eucaliptos (o que, por sua vez, nada tem a ver com o “natural” daquilo que foi o passado na bacia paulistana) e o posto do Jd. Iguatemi situado no alto vale da bacia do Aricanduva, numa área com marcada presença de vegetação, de aspecto bastante degradado, na forma de manchas de mata em encostas mais íngremes e capim em lotes vazios, e que também pouco se assemelha com aquilo que outrora vigorava no passado da região.

Voltando a questão colocada por Armani (2004, p.2) sobre a necessidade de [...] “compreender, primeiro, como seriam as variações de temperatura e umidade de uma bacia hidrográfica “natural” (ou “preservada” da ação antrópica), para depois retornar à complexidade das áreas urbanas” [...], deve-se lembrar que, em princípio, não haveria a necessidade de primeiro acumular-se um montante de informações a respeito de determinadas questões, para somente depois partir em busca de respostas para outras tantas questões. Pouco havia sido produzido a respeito de climatologia urbana no Brasil quando Monteiro (1990, p.7) iniciou [...] “o primeiro curso de Climatologia Urbana na Pós-Graduação no Departamento de Geografia da USP em 1971” [...]. No entanto, o processo de transformação em metrópole mundial pelo qual passava a cidade de São Paulo naquele momento, exigia mais informações a respeito dessa nova realidade. Informações, estas, que certamente não encontraram aplicação imediata, mas fomentou uma série de trabalhos a respeito, até os dias de hoje, e se constituiriam, a partir de então, num “continuum” à medida que se integravam à realidade dos estudos ambientais e urbanos, sob a óptica de diversos outros autores.

6. CONCLUSÕES

6.1 O clima urbano enquanto um sistema de sistema

No caso do clima de uma bacia hidrográfica urbana, a entrada (“input”) responde, basicamente, pelo insumo energético proveniente da atmosfera, ligado à circulação das massas de ar, e das atividades humanas (máquinas, automóveis e o metabolismo das pessoas). A saída (“output”), pelas transformações produzidas no balanço energético: excedente de calor transportado pelo vento, formação momentânea de “ilhas de calor”, aumento da carga de poluentes atmosféricos e das águas, enchentes etc. Mesmo que a quantidade de energia solar incidente no topo da atmosfera seja idêntica para toda uma ampla faixa latitudinal, a maneira como a superfície terrestre absorve, reflete, armazena e transmite essa energia é totalmente diferenciada (diferença entre a oferta e a demanda de radiação solar), mesmo num espaço relativamente pequeno como a área de estudo, cuja variação latitudinal remonta apenas alguns minutos. Os fatores por trás disso são as diferenças de orientação, exposição, e declividade das vertentes, as características de albedo da superfície, as propriedades relativas à condutividade térmica dos materiais, trânsito de pessoas e veículos etc. A relação desses diversos fatores com a atmosfera resulta em diferentes “climas” que, segundo Sorre (1954, p.4), [...] “à chaque instant de la durée et em chaque point du globe, l’arbre de l’atmosphère est une combinaison singulière qui n’a que peu de chances pour se reproduire d’une manière parfaitement identique⁸⁵.” Ainda segundo o mesmo autor, ao traçar “os princípios gerais das definições climáticas do ponto de vista da biologia humana”, coloca na sua terceira regra que “os elementos climáticos devem ser considerados em suas interações”.

Essas transformações ocorrem porque uma bacia hidrográfica seria, antes de tudo, uma unidade, ou seja, um sistema capaz de condicionar o comportamento de uma série de outros elementos ou sistemas (sejam eles urbanos ou não). O núcleo desse sistema, ao considerar o espectro de ação do geógrafo e o escopo deste estudo, estaria na interface entre as camadas de ar mais baixas da troposfera e a cidade, em concordância com aquilo que Monteiro (1990a) coloca

⁸⁵ [...] “em cada instante dado e em cada ponto do globo, a atmosfera é uma combinação singular que tem muito pouca chance de se reproduzir de uma maneira perfeitamente idêntica”. Tradução de José Bueno Conti.

ao tomar a cidade como “fato geográfico” e a necessidade de [...] “adentrar a cidade para tomar-lhe o clima” [...] (Idem, 1990c, p.64).

Nesse caso, transpondo essa idéia para as áreas urbanas, o mau funcionamento de um determinado elemento da cidade pode levar o sistema ao colapso. E isso, de fato, acontece, como se viu nos casos das enchentes e congestionamentos das vias de tráfego, só que num curto intervalo de tempo. Dessa forma, o clima resultaria da interação entre os controles (fatores) de superfície com os elementos atmosféricos. Se a influência do controle manifesta-se em apenas alguns períodos (parte do dia, algumas horas, minutos etc.), a repercussão espacial dos elementos climáticos sob a sua influência se desdobrará num intervalo de tempo condizente com a atuação do controle. A “duração” do fenômeno, associada às características de ação do controle, constitui-se num dos elementos do “ritmo”. A ocorrência de tornados é um exemplo disso. Enquanto houver aporte de vapor e um forte gradiente de temperatura entre a superfície aquecida e a atmosfera mais fria, condição necessária à sua formação, o fenômeno se mantém. Da mesma forma, no caso da formação das “ilhas de calor” urbanas, uma cidade não se comporta como fonte de calor durante todo o tempo. Quando isso acontece, geralmente num curto intervalo horário, resultam de fatores diferenciados no período do dia e da noite, associadas em maior ou menor grau às perdas radiativas (emissão terrestre) e produção de calor antropogênico. Ou seja: a cidade “permanece” enquanto elemento aglutinador (foco de atração de pessoas, serviços etc.), mas a sua condição, enquanto fato climático, muda constantemente.

As modificações no comportamento dos elementos climáticos induzidas pela urbanização, refletem-se tanto nos seus aspectos quantitativos quanto qualitativos. O primeiro refere-se à intensidade dos fenômenos: aumento de temperatura, diminuição da umidade relativa, aumento na carga de material particulado em suspensão no ar, diminuição na entrada de radiação solar etc., denotam essa característica. O segundo aspecto revela o surgimento de novos elementos e/ou fatores, aliados a novos comportamentos. As “ilhas de calor”, chuva ácida, enchentes etc., representam alguns fenômenos climáticos tipicamente urbanos.

Outro aspecto merecedor de atenção, diz respeito à utilização da cartografia como ferramenta a serviço dos estudos climáticos. Defendeu-se aqui, inclusive, a necessidade de se explorar as representações dinâmicas, dada às características do objeto de estudo (essencialmente dinâmico). O fato de se enfatizar determinados tipos de representações deve-se, talvez, a um

antigo paradigma, amplamente arraigado no âmbito do conhecimento científico, ou seja, de tentar abarcar os diversos fenômenos da natureza e da sociedade na forma de modelos gerais. Os modelos são úteis e os próprios resultados deste trabalho fazem apelo à sua utilização. Entretanto, o uso exacerbado de determinada técnica, desprovida de uma discussão a respeito da sua adequação, conduz a uma simplificação exagerada da realidade e, ao invés de se alcançar a síntese, que seria a recomposição do objeto num patamar superior de compreensão por parte do sujeito que o concebe, chega-se, também, a conclusões fragmentadas, ou seja, não se ultrapassa a etapa analítica, quando dados fomentam a produção de novos dados e assim por diante, no ritmo crescente de uma “bola de neve”, sem se preocupar com as relações entre esses dados. Morim (2002, p.31) compara essa forma de apreender a realidade a um [...] “círculo vicioso de amplitude enciclopédica e que não dispõe nem de princípio, nem de método para se organizar.”.

Vale lembrar, também, que, o que está em questão aqui, não é só aquilo que envolve o conhecimento a respeito do clima, mas ao da própria geografia. Segundo George (1972, p.38), o geógrafo deve-se [...] “manter atento contra qualquer extrapolação” [...] ao mesmo tempo em que se impõe a necessidade de [...] “buscar meios de exploração exaustiva no plano espacial” [...]. Por outras palavras, tendo em conta o caráter normativo e ideográfico dos estudos geográficos, a síntese deve ser buscada em cada uma das múltiplas realidades, nos seus diferentes níveis de organização hierárquica (daí a necessidade de se “buscar meios de exploração exaustiva no plano espacial”) que compõe a superfície da Terra. Assim como as organizações espaciais integram-se horizontal e verticalmente (sistemas de sistemas), a síntese emerge da relação com outras sínteses (sínteses de sínteses).

6.2 Ordem de grandeza e a inserção na problemática ambiental do clima urbano

Embora pareça óbvio, uma das conclusões a que se chegou aqui é que a atmosfera é o principal insumidor do “Sistema Climático Urbano”, pelo menos naquilo que diz respeito às variações do campo térmico e higrométrico. O próprio Monteiro (1975), ao traçar os três canais de percepção do clima, define na forma de um organograma, antes de qualquer coisa, a fonte de matéria e energia de cada um dos três canais. E o que se verifica, à exceção do canal “físico-

químico”, ligado à poluição do ar⁸⁶, é que a fonte dos demais canais, o termodinâmico” tratado aqui em especial, está na atmosfera.

As cidades não alcançaram (se é que um dia alcançarão) a grandeza a ponto de imprimir à atmosfera tamanho grau de transformação, como a Los Angeles retratada no filme “Blade Runner”, protagonizado pelo ator Harrison Ford. Uma tendência atual, verificada nos países “desenvolvidos” é, inclusive, o de esvaziamento desses grandes centros urbanos. Conforme descreve Virilio (1995, p.12)

De Washington a Chicago, de Boston a Saint Louis, no Missouri, os grandes centros urbanos se despovoam. À beira da falência, Nova York perdeu na última década 10% de sua população. Quanto a Detroit, a cidade viu desaparecer mais de 20% de seus habitantes, Cleveland 23%, Saint Louis 27%... alguns bairros destas cidades já assemelham-se às cidades-fantasma imortalizadas pelo cinema americano.

Prenúncios de uma iminente desurbanização “pós-industrial”, este êxodo deverá atingir cada um dos países desenvolvidos. Previsível há cerca de 40 anos, esta desregulamentação na organização do espaço origina-se de uma ilusão (econômica e política) sobre a *persistência das áreas* construídas na organização (automóvel) do tempo, na época do desenvolvimento das técnicas (audiovisuais) da *persistência retiniana*.⁸⁷

Mesmo no caso dos climas urbanos, Azevedo (2001b, p.78) admite um tipo de controle extremo, dentro do qual a cidade assumiria o papel preponderante na organização climática do espaço urbano, mas, ainda sim, numa situação hipotética:

[...] a população humana atual não está concentrada na RMSP⁸⁸. No entanto, é possível, hipoteticamente⁸⁹, colocar toda a população humana na área da Grande São Paulo; a densidade seria da ordem de 0,75 ser humano/m². Se colocada na “mancha urbana” da Grande São Paulo, a densidade seria da ordem 2,93 ser humano/m². Esse aglomerado humano seria capaz de concorrer com a radiação solar como elemento climático na mesma magnitude e seria o elemento determinante dos processos que caracterizam o clima desse território.

Um pouco mais adiante, o referido autor menciona, numa outra passagem (Idem, 2001, p.78) que, em “breves períodos” e com “certa frequência”, atingem-se densidades humanas superiores a essas, como nos estádios de futebol e nos ônibus ou metrô em horários de pico. As

⁸⁶ Embora a realocação dos poluentes atmosféricos no espaço esteja estreitamente ligada à circulação local do ar. E esta, por sua vez, depende da existência de áreas de alta e baixa pressão, motivadas pelo ganho diferencial de energia solar pela superfície.

⁸⁷ Os grifos são do próprio autor do livro, de onde foi retirada a passagem transcrita.

⁸⁸ Região Metropolitana de São Paulo.

⁸⁹ Grifo do autor.

tomadas efetuadas aqui, também revelam alguns aspectos do caráter momentâneo das situações onde o papel do ser humano e/ou dos controles urbanos prepondera. Numa situação dessas, as características de relevo, ligadas ao sítio urbano, e o uso da terra nas cidades, atuariam muito mais no sentido de reforçar ou não determinados fenômenos (inversão térmica, “ilhas de calor”, brisa de vale, canalização de ventos etc.), do que propriamente criar e manter certos fenômenos.

Nesse sentido, a primeira vista, parece que não há tantos problemas assim. Afinal de contas argumentou-se a favor de uma transformação não tão profunda da atmosfera urbana. Na verdade, o problema é mais complexo. Diamond (2005, p.147), ao discutir o colapso de várias sociedades do passado motivadas por crises ambientais, coloca as seguintes questões numa passagem sobre os antigos habitantes da ilha de Páscoa:

[...] O que os insulares de Páscoa que cortaram a última palmeira disseram enquanto faziam aquilo?” Será que, assim como os modernos madeireiros, terão gritado “Trabalho sim, árvores não!”? Ou: “A tecnologia resolverá nossos problemas, não tema, vamos encontrar um substituto para a madeira”? Ou: “Não temos provas de que não há mais palmeiras em algum outro lugar de Páscoa, precisamos de mais pesquisas, a proposta de proibição da atividade madeireira é prematura e movida por sentimentos alarmistas”? [...]

Ao buscar subsídios na teoria dos sistemas como instrumento lógico no tratamento teórico desta pesquisa, procurou-se explorar sob alguns ângulos as relações estabelecidas pelos elementos climáticos com outras variáveis do meio, tanto ambientais como biológicas e até relativas ao comportamento social humano. No entanto, a geografia, assim como as demais disciplinas, representa, diante do saber, uma “parte” e não o “todo”. Por mais rico que seja um campo disciplinar, ele não é suficiente para explicar os complexos problemas com os quais o mundo se defronta hoje. Esse foi o mesmo problema que os habitantes da ilha de Páscoa se defrontaram: existia uma necessidade imediata (parte do todo), que era o suprimento de madeira para uma população crescente e isolada do comércio com outras ilhas, e um todo maior, que envolviam os complexos problemas ambientais decorrentes da super-exploração dos seus recursos naturais, e para os quais, eles, até certo ponto, como aponta Diamond em outra passagem, não possuíam ferramentas técnicas, e muito menos teóricas, já que se tratava de uma sociedade ágrafa, para lidar com esses problemas. E mesmo que fossem capazes de identificar o problema, não quer dizer que iriam tentar resolvê-lo e, mesmo que tentassem resolvê-lo, não quer dizer que teriam sucesso.

Ao passar da realidade de Páscoa para a sociedade atual, os primeiros assemelham-se a aqueles experimentos controlados em laboratórios, onde as “cobaias” (neste caso, os habitantes) são forçadas a sobreviverem em condições extremas (com o devido respeito aos atuais e antigos habitantes da ilha). Nesses experimentos, há um perfeito controle de tudo: água e alimentos que entram no sistema, temperatura, umidade, a relação dessas variáveis com as taxas de reprodução etc. Esse tipo de controle só é possível em sistemas mais simples e de dimensões reduzidas. Os estudos biogeográficos em ilhas motivaram o desenvolvimento de teorias altamente sofisticadas, como a própria teoria da evolução, onde Darwin tirou importantes conclusões a respeito, nas ilhas Galápagos. Nos ambientes insulares, certos processos em andamento tendem a transcorrer de forma muito rápida quando comparados às extensas áreas continentais. É como se fosse um modelo em miniatura da realidade. Por outro lado, na sociedade atual, ampla, polinucleada e multiestratificada, os elos entre os seus elementos tendem a ser mais “frouxos”, ou seja, as necessidades de alguns podem ser supridas por outros (o que deve garantir um tempo de sobrevivência maior à sociedade atual em relação àquelas da ilha de Páscoa) e isso envolve, também, a possibilidade existente, desde algum tempo e de forma mais acentuada à medida que transcorre o tempo, de armazenar a informação produzida e utilizá-la num momento oportuno. Claro que nesse caso vale também o ditado que diz: “quanto maior o indivíduo maior o tombo”. Ou seja, podemos estar a caminho de um colapso sem paralelo ao longo da história, mesmo que alguns processos em andamento fossem interrompidos.

As mudanças qualitativas e quantitativas que acompanham as sociedades na sua relação com o meio ambiente, acompanham, neste caso, a própria mudança de escala. A ilha de Páscoa, com uma área de 170 km², não comportaria uma cidade como São Paulo. Por outro lado, um continente, até certo ponto, sim. É aí que entra a questão dos “pesos”: o que é relevante? O que está mais próximo do que? Basta lembrar que um dado climático guarda relações com controles em todos os demais níveis escalares, mas nem todos participam da mesma forma na estruturação do fenômeno climático.

Mas é bom frisar esse “até certo ponto”, pois mesmo um domínio subcontinental como a Amazônia, de acordo com Lovelock (1988, p.167), é [...] “auto-suficiente até um determinado limite, e a continuação da sua existência depende do transporte de nutrientes e de outros ingredientes essenciais de outras partes do mundo” [...]. Um extenso desmatamento romperia o

equilíbrio ligado à reposição de elementos químicos, muitos deles voláteis, através do mecanismo diário de chuvas ligado à evapotranspiração das plantas, e pela própria decomposição da matéria orgânica. O rompimento desses fluxos, numa escala temporal maior (o período de seca que recentemente afetou a região amazônica é um exemplo disso), poderia levar à retração das formações florestais inteiras como ocorreu nos períodos glaciais. Se metade das chuvas nesse domínio liga-se geneticamente à evapotranspiração da vegetação, como já fora mencionado, a remoção do estrato arbóreo e a sua substituição por culturas de porte herbáceo ou arbustivo (soja, milho, algodão, cana-de-açúcar, arroz etc.), culturalmente privilegiadas pela sociedade humana, resultaria numa queda aos níveis de chuva do cerrado brasileiro (o problema da “savanização” nos trópicos úmidos).

Na verdade, como frisou o prof. Dr. Jurandyr L. S. Ross por ocasião de uma palestra proferida no IV Simpósio Regional de Geografia do Sul Goiano (20 a 07 de outubro de 2006) em Morrinhos (GO), não se trata de “savanização”, mas sim de substituição da floresta por agrossistemas. A única semelhança dos agrossistemas com as formações mais abertas de cerrado, é a ocorrência pontual de uma ou outra árvore em meio à vegetação herbácea. Mas as semelhanças param por aí. A título de exemplo, numa reportagem exibida pela TV Cultura, a Serra do Cipó abriga, isoladamente, um número maior de espécies vegetais do que toda a Grã-Bretanha e os agrossistemas, como bem se sabe, são ecossistemas artificiais simplificados, ou seja, onde a intervenção humana ocorre justamente no sentido de evitar a competição das culturas com outras formas de vida pela água, luz, nutrientes do solo etc.

No caso dos climas urbanos, tudo aquilo que poderia ser identificado como problema, não se constitui como tal porque a temperatura do ar apresenta-se mais ou menos elevada em 2,0°C, 3,0°C, 4,0°C (ou mais) entre um ou outro bairro, ou porque ocorrem pontos de alagamento quando chove, ou ainda, por causa dos altos níveis de concentração de determinados elementos químicos na atmosfera. O problema surge, de fato, quando tudo isso ocorre junto e, principalmente, quando se concentra “sobre um determinado lugar” (lembrando aqui a definição de clima local de Maximiliem Sorre). Sob a mesma atmosfera poluída, da cidade de São Paulo, situam-se bairros como o Morumbi e Moema, com infra-estrutura invejável, baixos índices de violência, elevados índices de arborização etc., semelhantes à de países europeus como a Suíça. O

que já não acontece na Cidade Tiradentes, Jd. Helena ou Capão Redondo, onde, além da poluição do ar, os índices de qualidade de vida são muito baixos.

Da mesma forma, utilizando-se aqui de outro exemplo, os impactos de tempestades tropicais na Flórida e em Bangladesh trazem repercussões diferenciadas junto às cidades, às populações e agricultura. Isso significa dizer que a capacidade do ambiente e das sociedades em absorver o impacto também é um fator a ser levado em consideração na caracterização do clima urbano. Se a cidade de São Paulo não fosse relativamente bem ventilada, com certeza ter-se-ia um quadro bastante diverso daquele que caracteriza o seu clima atualmente. Da mesma forma, bairros com elevada qualidade ambiental e de vida, possuem melhores condições de absorver os diversos tipos de impacto climático, mesmo estando sob o mesmo clima local.

6.3 O clima urbano e a sua relação com outros fenômenos climáticos

No dia 04 de fevereiro de 2004, em mais um dia de chuvas intensas na cidade, em determinados trechos da avenida marginal Aricanduva e adjacências, a água transbordada parecia não fluir e o volume presumido era várias vezes superiores à sua vazão. Nessas condições, toda essa área, outrora ocupada por meandros que se desenvolviam sobre a planície de inundação do rio transforma-se, literalmente, num lago.

Num outro momento, em meio às chuvas de janeiro de 2005 na capital paulista,

[...] a CET registrou o recorde de congestionamento do ano na capital: 123 km, verificados às 9h30 desta sexta-feira. O índice se repetiu às 10h. O maior índice anterior havia ocorrido ontem, quando a CET contabilizou 117 km de congestionamento. No ano passado, o recorde pela manhã foi de 191 km, em 4 de novembro, às 9h30. O motivo do alto índice nesta sexta-feira, segundo a empresa, é a chuva que atinge a cidade. Também ocorreram pequenos acidentes pela manhã, o que contribuiu com a lentidão no tráfego (Recorde, 2005).

Numa outra ocasião, no dia 13 de janeiro de 2005,

A Secretaria Estadual do Meio Ambiente de São Paulo declarou nesta quinta-feira estado de atenção nas regiões de Santana, Mooca, Nossa Senhora do Ó e Horto por causa da alta concentração de ozônio.

A qualidade do ar foi classificada como inadequada no Ibirapuera e como regular em São Caetano, Congonhas, Diadema, Santo Amaro, Santo André-Capuava, Mauá, Pinheiros, Cubatão-Centro, Cubatão-Vila Parisi, Paulínia, Sorocaba e São José dos Campos. No Cambuci, Lapa, Cerqueira Cesar, centro, Santo André-Centro, Osasco, São

Bernardo, São Miguel Paulista, Campinas-Centro, Jaú e Ribeirão Preto a qualidade do ar foi considerada boa.

[...] Se, na camada superior da atmosfera, o ozônio (O₃) protege o planeta da radiação nociva do sol, próximo ao solo pode causar ou agravar irritações nos olhos e vias respiratórias.

O O₃ é formado por uma reação entre óxidos de nitrogênio e hidrocarbonetos voláteis (compostos orgânicos de carbono e hidrogênio). Ambos são produzidos na queima de combustível, emitidos principalmente por veículos, em presença de luz solar (Concentração, 2005).

No tocante ao comportamento da temperatura do ar, Viveiros (2004b), apoiada no trabalho de Tarifa e Armani (2001a; 2001b), traçam um pequeno esboço do que seria o clima do passado paulistano:

Em 1554, o planalto de Piratininga, onde Anchieta construiu o colégio que deu origem a São Paulo, era uma região de temperaturas estáveis, mais fria, onde, além dos pinheiros (daí o nome do rio que corta a cidade), predominavam quatro climas que se dividiam, por causa de fatores como relevo, altitude e circulação dos ventos, em 26 microclimas.

Passaram-se 450 anos, e os paulistanos hoje vivem num mosaico de 77 microclimas (restritos a áreas específicas) que reflete uma urbanização e ocupação do solo desigual, desordenada e ambientalmente despreocupada.

As modificações impostas à cidade e, conseqüentemente ao seu clima, de acordo com Azevedo (2001b, p.78) seriam capazes de competir com as fontes energéticas naturais:

[...] a quantidade de radiação solar incidente no território da RMSP anualmente é equivalente à energia calorífica dissipada pela biomassa da população humana atual durante 2,4 anos. No caso do município de São Paulo, corresponde à energia dissipada durante pouco menos da metade do ano.

Não é preciso ir muito longe para começar a entender a influência humana na modificação dos climas da bacia paulistana. As citações acima dão uma idéia disso. Diante desses acontecimentos, é inevitável questões sobre se a quantidade de chuva aumentou ou não no decorrer dos anos, ou se os dias estão mais quentes do que antigamente etc. Até certo ponto é comum ouvir das pessoas, principalmente as mais idosas, dizerem que o clima mudou e aí se lembram da garoa e do frio de épocas passadas. Mas será que tais questões resistem a uma análise com base em registros meteorológicos?

Em primeiro lugar, a despeito de como é percebido o tempo e o clima, de acordo com Vide (1990), as pessoas realizariam uma seleção irregular: exaltam certos fatos passados e aumentam e detalham os mais recentes. Isso sem dizer que cada indivíduo possui a sua própria

sensibilidade. O “habitual”, dentre os quais se encaixam os tipos de tempos mais recorrentes, reconhecido por Sorre (1934) como fundamento da definição de clima, tende a passar despercebido.

Nas ocasiões caracterizadas por desvios em relação às médias ou, de forma mais acertada, em relação ao “habitual”, como episódios de chuvas intensas, muito calor ou frio, é que vem a tona toda a sorte de referências a respeito das “mudanças climáticas”, onde o “peso” da influência humana seria decisivo. Mas esses desvios também fazem parte do ritmo climático. Tais mudanças sempre ocorreram e continuarão a ocorrer. Independente da presença humana, a Terra continuará a sua evolução climática, geológica etc. A atmosfera é um sistema em constante modificação e por isso é dinâmica e complexa, assim como os demais “estratos” ou “esferas” (litosfera, hidrosfera, atmosfera, biosfera etc.) da superfície terrestre.

Isso, evidentemente, não quer dizer que o sistema climático não comporte mudanças. Trata-se, antes de tudo, de um sistema que se modifica continuamente ao longo do tempo e há inúmeras evidências disso, tanto daquelas que se processam num curto intervalo de tempo, como os episódios de chuva, dias de calor intenso e de alerta em relação à poluição do ar, quanto aquelas, relativas aos ciclos de longa duração, que afetam a composição química da atmosfera, como a adição de material particulado pela atividade vulcânica, ou aquelas que afetam os grandes biomas, como as glaciações. A assim denominada “pequena idade do gelo” foi sentida pela Europa durante os séculos XVII e XVIII, quando desapareceram os vinhedos no sul da Inglaterra. Os anos chuvosos entre 1850 e 1860 na Austrália, quando se tentava ocupar de modo mais efetivo o seu interior, e o porte de suas florestas de eucaliptos (representantes com mais de 90 metros de altura), foram interpretados de forma errada no tocante às características do seu clima (e dos demais sistemas associados a ele, como o solo, os rios etc.) e incentivou a criação de ovelhas em áreas que não comportavam esse tipo de uso e o desflorestamento generalizado por vastas regiões do seu território. Até mesmo a expectativa do sertanejo do nordeste do Brasil em relação às chuvas, assim como os demais exemplos acima, traduz a idéia de variabilidade e mudanças climáticas. Tratam-se, todos, de realidades relativamente recentes e que permite a qualquer um inferir que o clima modifica-se continuamente.

Por outro lado, o que não está claro para a maioria das pessoas, é que o clima é um sistema complexo, cujo comportamento é fundamentalmente dinâmico, ou seja, qualquer

modificação num de seus controles, desencadeará uma série de outras modificações, muitas ainda sequer conhecidas e muito menos previsíveis. Daí o fato de Frontier (2001, p. 18) distinguir entre “complexo” e “complicado”: [...] “se um conjunto é “complicado”, podemos simplificá-lo para descobrir a sua inteligibilidade; se ele é “complexo”, ao simplificá-lo mutilamo-lo” [...].

Em segundo, um dos aspectos realmente “visíveis” das modificações introduzidas pelo homem no ambiente urbano, diz respeito à capacidade da cidade absorver o impacto pluvial. Entre outros fatores, a impermeabilização da cidade ao longo do tempo, decorrente da ampliação da malha urbana, diminuiu paulatinamente a infiltração da água no solo, bem como aumentou a velocidade do seu escoamento. Deve-se lembrar, também, que São Paulo está sob a influência de um regime tropical de chuvas, marcada por uma elevada concentração no trimestre de verão. Da combinação desses fatores, resulta que uma quantidade cada vez menor de chuva, num intervalo de tempo também cada vez menor, é capaz de desorganizar momentaneamente a cidade. Nessas condições sim, o cidadão coloca-se a mercê daquilo que ele próprio ajuda a criar.

A mesma coisa poderia ser dita em relação à temperatura do ar. Valores elevados, iguais ou superiores a 34,0°C, atípicos para a cidade de São Paulo, vem sendo revelados sistematicamente pelas normais climatológicas desde muito antes da cidade tornar-se a metrópole de hoje. Os dados relativos à temperatura máxima absoluta, registrados no observatório da Escola Normal na capital, segundo as normais de 1887 a 1921 (MATTOS, 1925), acusou 38,5°C no dia 29 de dezembro de 1895 e 36,6°C no dia 26 de setembro de 1916. No posto do INMET do Mirante Santana, na zona norte de São Paulo, no período de 1931-1960, especialmente para o ano de 1941, no dia 08 de janeiro foi registrado 34,6°C, 35,2°C nos dias 11 e 12 de fevereiro, 35°C no dia 27 de outubro e 34,2°C no dia 03 de novembro. Foram registrados, ainda, 35°C nos dias 5 e 9 de outubro de 1944 e 34,3°C no dia 30 de setembro de 1952. Para o período de 1961-1990, foram registrados 35,2°C no dia 20 de setembro de 1961, 34,5°C no dia 12 de outubro de 1963, 37,7°C no dia 03 de fevereiro de 1984, 35,3°C no dia 15 de novembro de 1985 e 34,2°C no dia 19 de janeiro de 1988.

De acordo com Berlato e Fontana (2003), o ano de 1896-97 e 1941 é caracterizado como de forte atuação do El Nino. Já 1916 por La Nina forte. 1963 com El Niño fraco (embora tenha representado forte aumento das temperaturas para o trimestre de outubro, novembro e dezembro), 1984 como de La Niña fraco, 1988 por La Niña forte e 1944, 1952, 1961 e 1985 são anos

normais. Uma das conseqüências da atuação do El Niño no sudeste, segundo os mesmos autores, caracteriza-se por um moderado aumento das temperaturas médias e os anos de 1895, 1941 e 1963 enquadram-se nesse contexto. Muitas vezes, a resposta deve ser buscada em outros fatores.

Outro aspecto que merece atenção quanto a ação do El Nino, diz respeito à repercussão desse fenômeno na elevação das temperaturas das águas oceânicas no Pacífico, que é de 2,0°C a 5,0°C em relação à média (28°C na costa leste da Ásia, próximo à Indonésia, e de 22°C, na mesma latitude, a oeste da América do Sul) e a sua repercussão no clima. O que de fato tornam expressivas essas variações de temperatura é a magnitude alcançada pelo evento (abrange as águas do Pacífico equatorial). Não se trata de uma parcela de ar ascendente sobre uma cidade, mas do enfraquecimento na trajetória dos ventos alísios e, conseqüentemente, do deslocamento de gigantescos centros de alta e baixa pressão sobre o Pacífico equatorial, seguido do aumento na frequência e na intensidade de chuvas ou períodos de seca sobre locais até então livres desses impactos. Mas se esses episódios de chuva ou seca muito intensa sobre os locais atingidos pelos efeitos dos El Nino ocorre com certa frequência, isso não passaria a ser considerado como um elemento do seu ritmo climático? Portanto, as variações da temperatura do ar não podem deixar de ser analisadas sob o espectro das relações estabelecidas com componentes de ordem macroescalar.

Para uma cidade localizada nas latitudes médias, o impacto gerado pelo excedente térmico das atividades humanas seria bem menor do que aquele de uma cidade em área tropical continental. O impacto gerado pela poluição do ar numa localidade bem ou mal ventilada, também. Isso significa dizer, então, que sob determinadas circunstâncias, pode-se continuar a produzir calor e poluir o ar? No Brasil, ao contrário da maioria dos países europeus, o solo é tratado com certo descaso, não obstante a profusão de práticas agrícolas conservacionistas. Por quê? Por que há muita terra disponível (Ainda!). A mesma coisa pode-se dizer em relação à utilização da água. Entretanto, de um ponto de vista moral, a abundância de um determinado recurso não autoriza o seu desperdício. Se existe excedente hídrico em vastas regiões do Brasil, porque não se discutir a transposição das águas para regiões menos favorecidas? Claro, está, também, que essa discussão não tem validade alguma se não for incluída nela as populações locais, muitas vezes expropriadas de suas casas e terras para a implantação de determinado projeto.

No caso do Brasil, experimenta-se nos dias de hoje uma boa fase em termos de exportações de produtos agrícolas, principalmente com a expansão da soja pelo centro-oeste e parte do norte e nordeste e da cana-de-açúcar, para a produção de metanol, um dos prováveis substitutos da gasolina, à medida que as nações ricas passaram a adotar um discurso a favor de um impacto menor na atmosfera decorrente da utilização de combustíveis fósseis. Esse quadro, evidentemente, traz benefícios: o Brasil não é um país dependente da importação de grãos e é praticamente auto-suficiente em termos de combustíveis. Por outro lado, isso tem um custo. A expectativa de lucro com o crescimento do setor, fomentou a cobiça de empreendedores agrícolas e significou, até o momento, a devastação de 57% do cerrado brasileiro e parte da floresta amazônica, principalmente pelo sul e leste do Pará, Rondônia e Roraima. O que os goianos, mato-grossenses, tocantinenses e paraenses fazem hoje com esses domínios, é o mesmo o que os capixabas, cariocas, paulistas, paranaenses e catarinenses fizeram com o domínio das “Matas Atlânticas” num passado relativamente recente. O agravante é que a destruição deste último domínio levou mais de 400 anos. Os atuais 7% de Mata Atlântica restantes encontram-se, em sua maior parte, por ironia, no estado de São Paulo. Estima-se que o Cerrado, desde a intensificação da sua ocupação a partir da década de 50, às atuais taxas de extermínio em 3% ao ano, desapareça até 2030.

Sob a óptica da economia tradicional, apoiada na conversão de bens em capital, é muito mais lucrativo devastar o mais rapidamente possível domínios inteiros e investir o dinheiro gerado, do que o uso sustentado desses sistemas ambientais. Segundo Tonhasca Jr. (2004, p. 65),

[...] a abordagem econômica tradicional não dá margens à defesa da preservação das florestas [...] essas análises ortodoxas são grosseiramente inadequadas na avaliação do valor dos ecossistemas porque não incluem a importância econômica de processos naturais vitais para o bem-estar humano e para a vida do planeta [...]

Quanto “custaria” a fixação de gás carbônico na matéria vegetal ou a do nitrogênio no solo pelas bactérias associadas às raízes das plantas ou, ainda, a exportação de umidade e calor para outras áreas do planeta quando da condensação da água, sob a forma de espessos bancos de nuvens, sobre as florestas equatoriais? Ou o controle biológico de pragas e doenças, a depuração do ar e das águas dos rios, a reserva de nutrientes, fornecimento de proteínas, controle da erosão, formação de solos, suporte para outros sistemas biológicos, regulação hídrica e térmica etc.? Em

outras palavras, o lucro obtido com a exploração predatória hoje compensará o capital ecológico destruído, amanhã?

E no caso das cidades? Até que ponto os seus habitantes prescindem desses elementos naturais? Conforme enfatiza Ab'saber (2006, p.18), deve-se “realizar um esforço imenso para planejar um desenvolvimento econômico e social com o máximo de florestas em pé”. Em outras palavras, compatibilizar “qualidade ambiental” e “qualidade de vida”. Nesse sentido, quando se considera os ecossistemas florestais nas cidades, vale ressaltar: “Até que ponto árvores e florestas são realmente necessárias às cidades?” [...] “Até que ponto podemos prescindir desses elementos e de suas despesas?” (MAGALHÃES E CRISPIM, 2003, p.64).

Conforme reza o artigo 3º da Lei 6938/81 (dispõe sobre a Política Nacional de Meio Ambiente), entende-se por meio ambiente (parágrafo 1) “o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” e degradação da qualidade ambiental (parágrafo 2) como “qualquer alteração adversa das características do meio ambiente”. Ainda, no seu artigo 4º, parágrafo 1, a Política Nacional do Meio Ambiente visará “à compatibilização do desenvolvimento econômico-social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico” e aponta, no parágrafo 3 do seu artigo 2º, a necessidade de planejamento no uso dos recursos ambientais.

Não é preciso fazer um esforço grande para ver que há uma clara contradição entre o que dita a lei e a realidade ambiental das cidades. Ao mesmo tempo, a avaliação da qualidade ambiental envolve, entre outros elementos, aqueles que conhecem o lugar. Afinal, são os próprios moradores quem realmente “sentem” os efeitos da formação de “ilhas de calor”, enchentes, concentração de poluentes e material particulado no ar, escorregamentos de solo etc., quando não são eles mesmos os responsáveis por parte desses problemas. Disso decorre a necessidade da pesquisa em climatologia urbana estar referenciada à escala humana, ou seja, não perder de vista o sujeito por trás das possíveis transformações.

A compreensão da relação da cidade (e de seus habitantes) com toda uma série de fenômenos só pode ocorrer dentro de uma óptica pluralista como requerem os conhecimentos acerca da natureza e da Terra e de suas múltiplas derivações antrópicas.

Trazer à tona aquilo que de fato constitui um “problema” está na raiz da definição do objeto de estudo. Não basta querer estudar determinado aspecto da natureza, da cidade ou da vida

social. Essa definição deve encontrar respaldo nas reais necessidades de entendimento e mudança. Muitas vezes, a eleição de uma variável qualquer para a elaboração de um diagnóstico ambiental, como o impacto gerado nas cidades pela formação de “ilhas de calor”, pode não expressar aquilo que de fato caracteriza uma dada localidade. Para cidades situadas nas altas latitudes, principalmente durante o inverno, a formação de “ilhas de calor” não representa, necessariamente, um problema, pois, durante o inverno, implica em economia de energia com sistemas de aquecimento. Ao contrário, nas cidades tropicais, haveria de se criar mecanismos para a dispersão do calor.

Esse mesmo raciocínio pode ser transposto para a duração de um evento de chuva. Mesmo que a duração do evento e a quantidade sejam similares para localidades diferentes, a capacidade de cada ambiente absorver o impacto é diferenciada (tanto no tempo quanto no espaço). Na cidade de São Paulo, por exemplo, há cinquenta anos atrás, era preciso um evento de chuva superior a 100 mm num único dia para desorganizar a cidade. Hoje bastam 50 ou 60 mm de chuva para gerar grandes transtornos. Diante disso, verifica-se o seguinte: a quantidade anual de chuva não aumentou nada da lá para cá. O que mudou, realmente, foi a capacidade da cidade de absorver o impacto pluvial, cada vez menor, em função do seu crescimento desordenado (obstrução das vias naturais de drenagem das águas pluviais, impermeabilização do solo, aumento da velocidade de escoamento das águas, mal dimensionamento das galerias de águas pluviais etc.).

Diante dessa mudança nas características de uso e ocupação da terra (inclui-se aí, também, as suas funções), os episódios mais intensos de frio, com temperaturas inferiores a 15°C, passaram a representar outro grave problema. As inversões do gradiente térmico do ar, típicas do período de inverno, de gênese natural e relacionada à entrada da massa de ar polar, forçam a estagnação do ar em baixos níveis, junto à superfície, e impedem, por um determinado período de tempo, a sua renovação. O fato em si não é um problema. O problema aparece quando esse fato é somado à quantidade de material particulado e de substâncias químicas produzidas pelas diversas atividades humanas (o grande número de crianças com problemas respiratórios atendidas nos ambulatórios de saúde, nessa época do ano, é uma prova disso). É o caso, também, da cidade de Santiago, capital do Chile, onde, em não raras ocasiões, é decretado estado de emergência.

A necessidade de elaboração de diagnósticos ambientais para futuras intervenções conduz à definição daquilo que Drew (1986) chama de “capacidade de suporte do meio”, ou seja, uma faixa dentro do qual um determinado ambiente é capaz de recompor-se, após uma dada modificação nas suas características originais. Nesse sentido, muito do que se diz a respeito da extraordinária capacidade de regeneração da natureza, não encontra comprovação a partir do conhecimento já acumulado. Dependendo da pressão exercida sobre os ecossistemas naturais, todo o sistema pode entrar em colapso ou atingir um equilíbrio num patamar inferior. É o que acontece com formações florestais densas nos domínios da Mata Atlântica e Amazônica. A remoção florestal indiscriminada pode expor os horizontes superficiais de solo às diversas formas de intemperismo e erosão e conduzir ao surgimento de formações vegetais degradadas, as chamadas “capoeiras”, mais pobres em termos de biodiversidade e com predomínio de elementos arbustivos e herbáceos.

Cada ambiente do nosso planeta, desde as savanas africanas, passando pelas vertentes abruptas com vales profundos recobertos por denso estrato florestal da Serra do Mar, até os campos rupestres dos cimos das altas montanhas etc., todos, sem exceção, possuem características únicas, fruto da combinação de diversos elementos (geológicos, climáticos, biológicos etc.). O comportamento de cada um dos muitos ambientes terrestres não é igual perante determinado tipo de impacto. A capacidade de regeneração do cerrado diante do fogo, que é um elemento natural do seu ecossistema, é muito maior do que poderia suportar o que restou das matas atlânticas no estado de São Paulo. A própria capacidade de se resguardar perante um evento de chuva, é muito maior numa área qualquer recoberta por vegetação, mesmo com vegetação herbácea, com características de pastagens, do que em outra área sem qualquer tipo de cobertura.

A partir dos exemplos citados, dois pontos merecem destaque: diversidade de ambientes (naturais e derivados pela ação humana) e a relação entre os muitos elementos presentes nesses ambientes. Para tanto é importante a definição das variáveis envolvidas numa dada situação ambiental (e isso muda de um lugar para outro e de acordo com a escala de análise).

A definição de “controles” (ou “fatores”) e de “atributo” (ou “elemento”) encontra respaldo no trabalho de Monteiro (1975) e podem fornecer algumas pistas para o entendimento da relação entre os elementos num sistema. Neste caso, os “controles” de superfície (relevo, uso do

solo etc.) referem-se a tudo aquilo que modifica o comportamento do atributo (ou elemento) a ser avaliado (temperatura do ar, formação de solo etc.). Eventualmente, um mesmo agente pode assumir tanto o papel de controle como atributo: é o caso da ação do vento na modificação da temperatura ou o papel da topografia e a sua influência na mudança de direção dos ventos.

Evidentemente cada um dos elementos mencionados reflete a organização do homem sobre a superfície terrestre e responde de maneira diferenciada aos diversos tipos de impactos. Entretanto, diante de um mundo com dimensões finitas e, portanto, de recursos também finitos, a necessidade de planejar os empreendimentos humanos torna-se cada vez mais importante. Há, segundo Tiezzi (1988), um verdadeiro descompasso entre o “tempo” (tempo cronológico) envolvido nas práticas humanas de trabalho, e mesmo naquele envolvido nas nossas melhores estimativas quanto à quantidade de recursos naturais disponíveis, e o “tempo” da natureza, nos quais muitos dos processos transcorrem numa escala geológica.

De acordo com Gouvêa (2002, p.62) [...] “as necessidades da população não se restringem às exigências bioclimáticas” [...]. Os espaços organizados devem ser [...] “diversificados, centralizados, dinâmicos, complexos, verde e o mais sustentável possível” [...] (Idem, p.73). E isso tudo envolveria a reutilização de resíduos, reduzir os custos com energia, democratização do acesso e uso da infra-estrutura instalada e dos diversos serviços públicos etc.

6.4 A “restauração do equilíbrio” no sistema clima urbano

O restabelecimento do equilíbrio no sistema climático ocorre em diversos níveis, a começar pela entrada de radiação solar no topo da atmosfera e na sua interação com a circulação das massas de ar no nível escalar zonal e regional. Tarifa e Monteiro (1972, p.1) definem o balanço de energia como “resultado das trocas de energia que se estabelecem na atmosfera”. A interação entre os fluxos de radiação emitida pelo sol, predominantemente em ondas curtas, e pela radiação terrestre, na forma de ondas longas, emitida pela superfície, seriam condicionadas pelo transporte adveccional de ar, cuja ação restabelece o equilíbrio entre os saldos positivos de energia das regiões intertropicais e negativos das regiões extratropicais. Acrescentam, ainda (Idem, p.2), que [...] “o balanço de energia, componente vertical básica, e a circulação secundária, expressão dos componentes horizontais, completam-se e integram-se na abordagem dinâmica do clima” [...] na medida em que se somam a esses [...] “mecanismos térmicos os efeitos provocados pela rotação da Terra e a influência dos fatores geográficos” [...], dos quais resultam a definição dos centros de ação da circulação atmosférica.

Esse equilíbrio também ocorre no interior do sistema clima urbano. Caso contrário, o ar, em conjunto com o ambiente ao seu redor, aqueceria indefinidamente. E não é isso o que acontece, uma vez que se trata de um sistema passível de auto-regulação e, portanto, “adaptativo”. Essas propriedades, de acordo com Monteiro (1975, p.126), são conferidas àqueles que habitam as cidades:

O sistema clima urbano é admitido como passível de auto-regulação, função essa conferida ao elemento “homem urbano” que, na medida em que o conhece e é capaz de detectar suas disfunções, pode, através do seu poder de “decisão”, intervir e adaptar o funcionamento do mesmo [...]

É evidente que o “peso” conferido ao homem na retomada do equilíbrio dentro do sistema climático urbano assume um espectro decisivo e é tanto maior quanto menor a dimensão espacial considerada. Entretanto, embora o homem produza a cidade, ele não produz o suporte físico ambiental que a sustenta e/ou os diversos e sucessivos estados atmosféricos ou tipos de tempos sobre ela. Enquanto o primeiro constitui-se num controle local, o segundo surge como propriedade emergente da conjugação desse controle com a circulação regional relativa à ação

dos sistemas atmosféricos. Logo, não cabe unicamente ao homem o papel de regulador desse sistema, mas ao homem, dentro daquilo que ele desencadeia enquanto ação no processo de transformação da natureza a partir de numa estreita relação com os tipos de tempos sobre uma dada localidade.

A idéia de “equilíbrio” no sistema climático urbano transparece na seqüência de cartas da figura 5.9. O “início” e o “fim” de uma seqüência de evolução de tipos de tempo são marcados por uma situação de relativa homogeneidade térmica e higrométrica do ar. Essa tendência, em atenção ao segundo princípio da termodinâmica, mostra que a transferência de calor ocorre sempre de um corpo quente para outro frio e que a situação de equilíbrio é sempre a situação final mais provável. Portanto, desequilíbrios energéticos por trás de diferenças de temperatura igual ou superiores a 10,0°C (ou menos) só podem assumir um espectro pontual e, principalmente, momentâneo.

Quando se fala em “início” e “fim” de uma seqüência, deve-se ter em conta que isso só é possível mediante a adoção de certos referenciais (e, neste caso, a passagem das frentes frias foi tomada como um referencial diante da evolução dos tipos de tempo na bacia paulistana), ou seja, a escolha de uma dada situação a partir da qual tem início uma nova seqüência, dentro da qual é possível identificar vários elementos cujo comportamento é semelhante aos daqueles outros vários elementos contidos nas seqüências anteriores. Isso não quer dizer que o clima comporte-se como um sistema extremamente regular, como a Terra e a Lua, quando é possível saber, a partir de alguns referenciais envolvidos na localização entre esses dois astros, em que fase a Lua se encontrará daqui a algumas décadas. O que não significa, também, que o clima comporta-se como um sistema essencialmente caótico. Caso assim fosse, não seria possível identificar qualquer padrão de comportamento (e assim não faria sentido falar em clima), haja vista que tais sistemas respondem prontamente às mudanças introduzidas no sistema e não voltam à situação inicial.

Se o clima não responde essencialmente nem como um sistema regular e nem como um sistema caótico (embora comporte ambas características), a tendência é classificá-lo como um “sistema complexo”, não só pelo fato de se poderem identificar nele componentes, hierarquia ou níveis de organização (escala), estrutura, mecanismos de retroação, propriedades emergentes, mecanismos de manutenção etc., mas, principalmente, pelo fato de somente existir enquanto sistema inter-relacionado a outros sistemas (hidrológico, litosférico e biosférico).

Diante desses apontamentos todos, deve-se ter claro que a questão climática não representa a realidade, mas é parte dela. Embora possa contribuir para essa discussão, trazer para o âmbito climático a responsabilidade de se produzir um trabalho dessa envergadura seria, no mínimo, ingenuidade. Diante disso, cabe ressaltar os seguintes aspectos frente ao clima nas cidades e numa pesquisa em climatologia urbana:

(1) A não existência de “espaços-estanques” em meio à paisagem. Tal como uma totalidade (ou sistema), as conexões entre os elementos do clima, e destes com os controles de superfície, ocorrem não só no nível da organização funcional, num mesmo patamar de grandeza, mas, também, nas relações entre os diversos níveis escalares, dentro de uma estrutura hierárquica. O aspecto dinâmico dessas relações, percebidas pelos efeitos dos processos em andamento, refletem-se pelos espaços naturais e derivados pela ação antrópica;

(2) A necessária compreensão do objeto geográfico-climatológico envolve (não apenas, mas também) o nível de análise dentro dos limites de ação e percepção humana de tempo e espaço e evolui para espaços maiores (o contrário também é verdadeiro) através de relações processuais ou sistêmicas, cujos resultados se traduzem na transformação da paisagem (como um todo) e não apenas do clima;

(3) A gênese, as características e o comportamento dos elementos atmosféricos representativos de espaços microclimáticos difere daqueles representativos de amplos espaços (escala regional, zonal etc.). Mesmo que os elementos avaliados sejam os mesmos nas diversas escalas, o seu comportamento e os controles envolvidos na sua estruturação variam de um espaço para outro. Logo, são as especificidades de um dado espaço que devem orientar os estudos de clima urbano e não o contrário, quando se tenta impor uma mesma problemática (como as “ilhas de calor”, os problemas relativos à poluição atmosférica, conforto térmico etc.) às diferentes realidades urbanas;

(4) Nas pesquisas, cujo objeto encontra-se entre os microclimas e os climas locais, é imprescindível o trabalho de campo, dada à imensa quantidade de variáveis ambientais (elementos e controles) mobilizadas na caracterização de um dado espaço climático;

(5) Os dados coletados refletem não só as características do ambiente imediato (que, muitas vezes, emprestam tais características à definição dos micros e topoclimas: micro ou topoclimas florestais, micro ou topoclimas urbanos, micro ou topoclimas de áreas agrícolas etc.),

mas, também, às condições ligadas à circulação geral da atmosfera. O que, por sua vez, leva à idéia de que a generalização de um fenômeno microclimático pode desencadear efeitos que extrapolam o espaço circunscrito pelos controles diretamente ligados à sua estruturação.

(6) Se a cidade é palco de uma série de fenômenos climáticos, como foi defendido neste trabalho, a pessoa interessada nos estudos de climatologia urbana deve possuir e/ou buscar, além dos necessários conhecimentos em áreas de disciplinas correlatas, uma boa noção ao redor dos conhecimentos de climatologia geral.

7. REFERÊNCIAS

AB' SABER, A. N. Espaços ocupados pela expansão dos climas secos na América do Sul, por ocasião dos períodos glaciais quaternários. **Paleoclimas**, São Paulo, v.3, p.1-19, 1977.

AB' SABER, A. N. **Escritos ecológicos**. 2.ed. São Paulo: Lazuli Editora, 2006.

AMORIM, M. C. C. T. **O clima urbano de Presidente Prudente**. Tese (doutorado em geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

ARMANI, G. **Interações entre a atmosfera e a superfície terrestre**: variações da temperatura e umidade na bacia B do Núcleo Cunha (IF)-SP. Dissertação (mestrado em geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

ARTAXO, P; DIAS, M. A. F; ANDREAE, M. O mecanismo da floresta para fazer chover. **Scientific Americam Brasil**, São Paulo, v.01, n.11, p.38-45, 2003.

ARYA, S. P. **Introduction to micrometeorology**. 2.ed. Londres: Academic Press, 2001.

ASHCROFT, F. M. **A vida no limite: a ciência da sobrevivência**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

AYNSLEY, R; GULSON, L. Microclimate and urban planning in the humid tropics. In: RAPI 27th NATIONAL CONGRESS, 1999, Austrália. **Anais...** Department of Lands, Planning and Environment, 1999. Extraído de <http://www.lpe.nt.gov.au/devel/planning/rapi/default.htm>

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 3a. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1991.

AZEVEDO, A. (Org.) **A cidade de São Paulo. Estudos de geografia urbana**. São Paulo: AGB. Companhia Editora Nacional, 4v., 1958.

AZEVEDO, T. R. **Derivação antrópica do clima na Região Metropolitana de São Paulo abordada como função do ritmo semanal das atividades humanas**. 2001. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2001a.

AZEVEDO, T. R. O fluxo de calor gerado pelas atividades humanas. In: TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. (Orgs.) **Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática**. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 2001b. Cap. 2. p. 71-93. (Geosp - Coleção Novos Caminhos, 4).

BAPTISTA, G. M. M. Ilhas urbanas de calor. **Scientific American Brasil**, v.1, n.8, p.54-59, 2003.

BASE S.A. **Levantamento aerofotográfico** – obra 0 550 – Faixas 13 (fotos 13 a 19), 14 (fotos 13 a 16), 15 (fotos 14 a 18) e 16 (fotos 21 a 27). Escala: 1: 25000. São Paulo: Base S. A., 1994.

BASE S.A. **Levantamento aerofotográfico** – obra 0 708 – Faixas 37 (fotos 13, 15 19 e 23), 38 (13, 15, 17, 19, 21 e 23), 39 (11, 13 15, 17, 19 e 21), 40 (12, 14, 16, 18, 20, 22 e 24), 41 (10, 12, 14, 16, 18, 20 e 22), 42 (18, 20, 22, 24, 26, 28 e 30), 43 (10, 12, 14, 16, 18, 20 e 22), 44 (21, 23, 25, 27, 29, 31 e 33), 45 (8, 11, 13, 15, 17 e 19), 46 (24, 26, 28, 30, 32 34 e 36), 47 (7, 8, 10, 12, 14 e 16), 48 (26, 28, 30, 32, 34 e 36), 49 (8, 10, 12, 14 e 16), 50 (28, 30, 32, 34, 36 e 38), 51 (6, 8, 10, 12, 14 e 16), 52 (29, 31, 33, 35, 37, 39 e 41), 53 (4, 6, 8, 10, 12, 14 e 16), 54 (31, 33, 35, 37, 39 e 41), 55 (6, 8, 10, 12, 14, 16 e 18), 56 (31, 33, 35, 37, 39, 41 e 43) e 57 (3, 5, 7, 9, 11, 13 e 15). Escala: 1: 5000. São Paulo: Base S. A., 2000.

BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña**: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2003.

BERRY, B. J. L. Approaches to regional analysis: a synthesis. **Annals of the Association of American Geography**, v.54, p.2-11, 1964.

BARRY, R. G; CHORLEY, R. J. **Atmosfera, tiempo y clima**. 4.ed, Barcelona: Omega, 1985.

BERTRAND, G. Paisagem e geografia física global: esboço metodológico. **Caderno de Ciências da Terra**, São Paulo, v.13, p.1-27, 1972.

BLAIR, T. A; FITE, R. C. **Meteorologia**. Rio de Janeiro: Ao Livro Técnico, 1964.

BOTELHO, R. G. M; SILVA, A. S. da. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C; GUERRA, A. J. T. (Orgs.) **Reflexões sobre a geografia física no Brasil**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2004.

BRANDÃO, A. M. de P. M. **O clima urbano da cidade do Rio de Janeiro**. 1996. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

BRAZEL, A; MARTIN, J. Town planning, architecture and building. In THOMPSON, R. D; PERRY, A. **Applied Climatology**. Londres: Routledge, 1997.

BURROUGH. P. A. & FRANK, A. U. Concepts and paradigms in spatial information: are current geographical information system truly generic? **International Journal of Geographical Information Systems**, v.9, p.2, p.101-116, 1995.

CARVALHO, E. de S. et. al. **O desmatamento nas nascentes do córrego do Almeida em Buriti Alegre-GO**: subsídios para uma discussão no âmbito das transformações da paisagem. 2005. Monografia (Aperfeiçoamento/Especialização em Geografia) - Universidade Estadual de Goiás, Morrinhos, Orientador: Carlos Henrique Jardim.

CASSETI, V. **Ambiente e apropriação do relevo**. 2.ed. São Paulo: Contexto, 1995.

CASTRO, I. E. O problema da escala. In: CASTRO, I. E. et al. (Orgs.) **Geografia: conceitos e temas**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995

CASTRO, M. G. S. **A chuva ácida na cidade de São Paulo**. Dissertação (mestrado em geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

CHRISTOFOLETTI, A. **Análise de sistemas em geografia**. São Paulo: Hucitec: Editora da Universidade de São Paulo, 1979.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de sistemas ambientais**. 1.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

COELHO NETO, A. L. Hidrologia de encosta na interface com a geomorfologia. In: GUERRA, A. J. T; CUNHA, S. B. da. (Orgs.) **Geomorfologia: uma atualização de bases e conceitos**. 2a. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1995.

COMETTA, E. **Energia solar. Utilização e empregos práticos**. Curitiba: Hemus, 2000.

CONCENTRAÇÃO de ozônio deixa regiões de SP em estado de atenção. **Folha de São Paulo**, São Paulo, jan. 2005. Disponível em:

<<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u104529.shtml>>. Acesso em: 21 jan. 2005.

CONTI, J. B. **As escalas do clima**. São Paulo: Departamento de Geografia-Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas-Universidade de São Paulo, 1995. Apostila de curso.

CUADRAT, J. M; PITA, M. F. **Climatologia**. 3.ed. Madrid: Cátedra, 2004.

DANNI, I. M. **Aspectos têmporo-espaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em janeiro de 1982**. Contribuição ao estudo do Clima Urbano. 1987. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

DE BIASI, M. et. al. Cartas de orientação de vertentes: confecção e utilização. **Cartografia**, n. 4, p.1-12, 1977.

DE BIASI, M. A carta clinográfica: os métodos de representação e a sua confecção. **Revista do Departamento de Geografia**, n.6, p.45-60, 1992.

DELI, F. R. **A importância do povoamento e da circulação no processo de fragmentação do vale do Aricanduva**. 1994. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

DETWYLER, T. R.; MARCUS, M. G. **Urbanization and environment**. The physical geography of the city. Belmont: Duxbury Press, 1972.

DEVASTAÇÃO deixa zona leste mais quente. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 10 set. 2000. Cotidiano, p. C3.

DIAMOND, J. **Colapso**. Rio de Janeiro: Record, 2005

DREW, D. **Processos interativos: homem-meio ambiente**. 2a. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1989.

EITEN, G. Vegetação do Cerrado. In: PINTO, Maria Novais (Org.). **Cerrado: caracterização, ocupação e perspectivas**. 2. ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1993. cap. 1, p. 17-73.

EMPLASA. **Folhas 332, 334, 431 e 433**. São Paulo, 1980/81. Cópias autenticadas preto e branco. Escala: 1:25 000.

FACHIN, O. **Fundamentos de metodologia**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2001.

FERREIRA, M. E. M. C; LOMBARDO, M. A. A variabilidade climática e a ocorrência de malária na área de influência do reservatório de Itaipu-Paraná, Brasil. In. SANTANA NETO, J. L; ZAVATINI, J. A. (Orgs.) **Variabilidade e mudanças climáticas: implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá: Eduem, 2000.

FRANÇA, A. O quadro climto-botânica. In: AZEVEDO, A. (Org.) **A cidade de São Paulo. Estudos de geografia urbana**. São Paulo: AGB. Companhia Editora Nacional, 4v., 1958. p.69-111.

FRONTIER, S. **Os ecossistemas**. Lisboa: Instituto Piaget, 2001.

GARCIA, M. C. M. – **Estudio del clima urbano de Barcelona: la “isla de calor”**. 1990. 193 p. Tese (Doutorado) – Universidade de Barcelona, Barcelona, 1990.

GEIGER, Rudolf. **Manual de microclimatologia**. O clima da camada de ar junto ao solo. 4a. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 1961.

GEORGE, P. **Os métodos da geografia**. São Paulo: Difel, 1972.

GEOSUL. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, n.9, 1990.

GLEICK, J. **Caos: a criação de uma nova ciência**. Rio de Janeiro: Campus, 1990.

GIVONI, B. Design for climate in hot, dry cities. **World Meteorological Organization**, n.652, p. 487-513. 1986.

GÓMEZ, A. L. et al. El clima urbano de Madrid y su entorno. In: GOMEZ, A. L. (Coord.) **El clima de las ciudades españolas**. Madri: Cátedra, 1993.

GOULD, S. J. **Darwin e os grandes enigmas da vida**. São Paulo: Martins Fontes, 1987.

GOUVÊA, L. A. **Biocidade**: conceitos e critérios para um desenho ambiental urbano, em localidades de clima tropical de planalto. São Paulo: Nobel, 2002.

GRANELL-PÉREZ, M. D. C. **Trabalhando geografia com as cartas topográficas**. Ijuí: Unijuí, 2001.

GRIMM, A. M. **Meteorologia**. Extraído de: <<http://fisica.ufpr.br/grimm/aposmeteo/>> Data de acesso: set/2002.

GUERRA, A. T. **Dicionário geológico-geomorfológico**. 8a.ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1993.

GUTJAHR, M. R. **Crêterios relacionados a compartimentação climática de bacias hidrográficas**: a bacia do rio Ribeira de Iguape. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.

HAGGETT, P; CHORLEY, R. J. Modelos, paradigmas e a nova geografia. In: _____. (Orgs.) **Modelos físicos e de informação em geografia**. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos; São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1975.

HASENACK, H; FLORES, F. E. V. Relações entre temperatura do ar e variáveis do ambiente urbano de Porto Alegre, RS. **Pesquisas**, Porto Alegre, n.21, p.03-11. 1994.

HENRIQUES, Raimundo P. Barros. O futuro ameaçado do cerrado brasileiro. **Ciência Hoje**, v.33, n.195, p.34-39, jul. 2003.

IBGE. **Folha São Paulo**. Rio de Janeiro, 1984. 1 mapa: color. Escala: 1: 50 000.

IBGE. **Folha Mauá**. Rio de Janeiro, 1984. 1 mapa: color. Escala: 1: 50 000.

JARDIM, C. H. **Estudo microclimático num bairro do município de São Paulo**. Trabalho de Conclusão de Disciplina (Graduação) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

JARDIM, C. H. **Aspectos topoclimáticos urbanos na bacia do rio Aricanduva na cidade de São Paulo (SP)**. Monografia (Bacharelado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

JARDIM, C. H. Uso do solo e o comportamento da temperatura no vale do Rio Aricanduva na cidade de São Paulo. **Paisagens Revista dos Estudantes de Geografia da USP**, São Paulo, n. 4, p. 37-41, 2000.

JARDIM, C. H. Os microclimas e o uso do solo no vale do rio Aricanduva. In: TARIFA, J. R; AZEVEDO, T. R. (Orgs.) **Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática**. São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 2001. Cap. 12. p. 188-199. (Geosp - Coleção Novos Caminhos, 4).

JARDIM, C. H. **O clima na bacia do rio Aricanduva, na cidade de São Paulo (SP). Aspectos da gênese e dinâmica do clima urbano**. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

JARDIM, C. H. O clima na bacia do rio Aricanduva, na cidade de São Paulo (SP): aspectos da gênese e dinâmica do clima urbano. In: V ENCONTRO NACIONAL DA ANPEGE, 2003, Florianópolis. **Anais...** Universidade Federal de Santa Catarina, 2003. 1 CD-Rom.

JARDIM, C. H. Microclimas em Morrinhos, Serra de Caldas e Paraúna, no sudeste de Goiás. In: XI SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Departamento de Geografia/FFLCH/USP, 2005. 1 CD-Rom.

JARDIM, C. H. Microclimas em áreas urbanas, agrícolas e florestais. In: VII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 2006, Rondonópolis. **Anais...** Rondonópolis: Laboratório de Climatologia. Departamento de Geografia. Instituto de Ciências Humanas e Sociais. Campus Universitário de Rondonópolis. UFMT, 2006. 1 CD-Rom.

JARDIM, C. H. Tipos de tempo de outono e variação da temperatura do ar no espaço urbano de Morrinhos. In: XII SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA FÍSICA APLICADA, 2007, Natal. **Anais...** Natal: CCHLA-UFRN. UFRN, 2007. 1 CD-Rom.

JARDIM, C. H.; PEREZ FILHO, A. A relação controle-atributo na definição do clima urbano: exemplo de interação sistêmica. In: VI CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS – SETENTA ANOS DE AGB: AS TRANSFORMAÇÕES DO ESPAÇO E A GEOGRAFIA NO SÉCULO XXI, 2004, Goiânia. **Anais...** Goiânia: AGB/IESA/UFG, 2004. 1 CD-Rom.

JARDIM, C. H.; FERREIRA, M. C. A correlação dos fatos geográficos em climatologia a partir da noção de sítio e situação. In: X ENCONTRO DE GEÓGRAFOS DA AMÉRICA LATINA. POR UMA GEOGRAFIA LATINO-AMERICANA: DO LABIRINTO DA SOLIDÃO AO ESPAÇO DA SOLIDARIEDADE., 2005, São Paulo. **Anais...** São Paulo: DG/FFLCH/USP, 2005. 1 CD-Rom.

KAKU, M. **Hiperespaço**: uma odisséia científica através de universos paralelos, empenamentos do tempo e a décima dimensão. Tradução de Maria Luíza de A. Borges. Rio de Janeiro: Rocco, 2000.

KAKU, M. **Visões do futuro**: como a ciência revolucionará o século XXI. Tradução de Maria Luíza de A. Borges. Rio de Janeiro: Rocco, 2001.

LANDSBERG, H. E. Problems of design for cities in the tropics. **World Meteorological Organization**, n. 652, p. 461-472. 1986.

LOMBARDO, M. A. **Ilha de Calor nas Metrópoles**: O exemplo de São Paulo. São Paulo: Hucitec, 1985.

LOVELOCK, J. **As eras de Gaia**. Uma biografia da nossa Terra viva. Portugal: Europa-América, 1988.

MAGALHÃES, L. M. S; CRISPIM, A. A. Vale a pena plantar e manter árvores e florestas na cidade? **Ciência Hoje**, São Paulo, v.32, n.193, p.64-68, 2003.

MARICATO, E; TANAKA, G. O planejamento urbano e a questão fundiária. **Ciência Hoje**, São Paulo, v.38, n.227, p.17-23, 2006.

MARTINELLI, M. **Curso de cartografia temática**. São Paulo: Contexto, 1991.

MARTINELLI, M. Cartografia ambiental: uma cartografia diferente? **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.7, p.61-80, 1994.

MATTOS, J. N. B. **O clima de São Paulo**. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Comércio e Obras Públicas do Estado de São Paulo-Serviço Meteorológico, 1925.

MATTOS, S. H. V. L. de; PEREZ FILHO, A. Complexidade e estabilidade em sistemas geomorfológicos: uma introdução ao tema. **Revista Brasileira de Geomorfologia**, n.1, p.11-18, 2004.

MENDONÇA, F. **O Clima e o Planejamento Urbano de Cidades de Porte Médio e Pequeno**. Proposição Metodológica para Estudo e sua Aplicação à Cidade de Londrina/PR. 1994. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Departamento de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MENDONÇA, F. **Clima e criminalidade**: ensaio analítico da correlação entre a temperatura do ar e a incidência de criminalidade urbana. Curitiba: Editora da UFPR, 2001.

MENDONÇA, F. Clima e planejamento urbano em Londrina. Proposição metodológica e de intervenção urbana a partir do estudo do campo termo-higrométrico. In: MENDONÇA,

Francisco; Monteiro, Carlos Augusto de Figueiredo. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 93-120.

METEOROLOGICAL OFFICE. **Meteorological Glossary**. 6a. ed. Londres: HMSO, 1991.

MILLER, A. A. **Climatología**. Barcelona: Omega, 1951.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima**. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Geografia do Brasil. Grande região sul. 2. ed. Rio de Janeiro, 1968. Cap. 3, p. 114-166.

MONTEIRO, C. A. F. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil** (Contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil). Tese de doutoramento. IGEOG-USP, Série teses e monografias no. 01, 1969.

MONTEIRO, C. A. F. **Análise rítmica em climatologia**. Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. Climatologia, São Paulo, n.01, p.1-21, 1971.

MONTEIRO, C. A. F. **A dinâmica climática e as chuvas no estado de São Paulo**. São Paulo: Instituto de Geografia – Universidade de São Paulo, 1973.

MONTEIRO, C. A. F. **Teoria e Cima Urbano**. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

MONTEIRO, C. A. F. **O clima e a organização do espaço no estado de São Paulo**: problemas e perspectivas. São Paulo: Instituto de Geografia/Universidade de São Paulo, 1976.

MONTEIRO, C. A. F. Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas urbanas e agrárias ao problema da elaboração de modelos de avaliação. In: I SIMPÓSIO A COMUNIDADE VEGETAL COMO UNIDADE BIOLÓGICA, TURÍSTICA E ECONÔMICA, 1978, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Academia de Ciências do Estado de São Paulo, 1978 (Publicação ACIESP n.15). p. 43-76.

MONTEIRO, C. A. F. **A geografia no Brasil (1934 – 1977)**: avaliação e tendências. São Paulo: Instituto de Geografia/Universidade de São Paulo, 1980.

MONTEIRO, C. A. F. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográfico de clima urbano no Brasil. **Geosul**, Florianópolis, n.9. 1990a. p. 7-19.

MONTEIRO, C. A. F. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, Florianópolis, n.9. 1990b. p. 61-79.

MONTEIRO, C. A. F. A cidade como processo derivador ambiental e estrutura geradora de um “clima urbano”. **Geosul**, Florianópolis, n.9. 1990c. p. 80-114.

MONTEIRO, C. A. F. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Editora da Universidade Federal de Santa Catarina, 1991.

MONTEIRO, C. A. F. O estudo geográfico do clima. **Cadernos Geográficos**, Florianópolis, n.1, 1999.

MONTEIRO, C. A. F. **Geossistemas**: a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000.

MONTEIRO, C. A. F; TARIFA, J. R. Contribuição ao clima de Marabá: uma abordagem de campo subsidiária ao planejamento urbano. **Climatologia**, São Paulo, n.7. 1977.

MORAES, A. C. R.; COSTA, W. M.; TARIFA, J. R. Tipos de tempo e balanço de energia na cidade de São Paulo. **Climatologia**, São Paulo, n.8. 1977.

MORIM, E. **O método 1**: a natureza da natureza. trad. Ilana Heineberg. Porto Alegre: Sulina, 2002.

MOTA, F. S. **Meteorologia agrícola**. 5a. ed. São Paulo: Nobel, 1981.

NÃÃS, I. de A. **Princípios de conforto térmico na produção animal**. São Paulo: Ícone, 1989.

NASCIMENTO, M. A. S. Geomorfologia do estado de Goiás. **Boletim de Geografia, Goiânia**, v.12, n.1, p.1-22, jan./dez. 1992.

NIEUWOLT, S. Design for climate in hot, humid cities. **World Meteorological Organization**, n.652, p.514-534. 1986.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. 2.ed., Rio de Janeiro: IBGE, 1989.

NOVO, E. M. L. M. **Sensoriamento remoto: princípios e aplicações**. 2ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1993.

NUNES, L. H. A escala nas ciências atmosféricas. **Revista do Instituto Geológico**, n.19 (1/2), p.71-73. 1998.

OKE, T.R. Review of urban climatology: 1968-1973. **World Meteorological Organization**, n.383, 1974.

OKE, T.R. Urban Climatology and the tropical city: an introduction. **World Meteorological Organization**, n.652, p. 1-25. 1986.

OLGYAY, V. **Arquitectura y clima**. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Tradução de Josefina Frontado y Luis Clavet. 2^a. ed. Barcelona: Editorial Gustavo

Gili, 2002. 203 p. Título original: Design with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism.

OLIVEIRA, P. M. C. de. Mecânica estatística, caos e complexidade. **Ciência Hoje**, v.37, n.219, p.20-26, 2005.

PAESE, A.; SANTOS, J. E. Ecologia da paisagem: abordando a complexidade dos processos ecológicos. In: SANTOS, J. E. et al. (Orgs.) **Faces da polissemia da paisagem**: ecologia, planejamento e percepção. São Carlos: Rima, 2004

PARRY, M. The urban “heat-island”. **Biometeorology**, n.2, p.616-624, 1967.

PEUQUET, D. J. It’s about time: a conceptual framework for the representation of temporal dynamics in Geographic Information Systems. **Annals of the Association of American Geographers**, v.84, n.3, p.441-461, 1994.

PIMENTEL, M. R. S; SANTOS, E. L. **Estrutura térmica na cidade de Morrinhos (GO)**: análise episódica restrita ao verão e inverno de 2006. Monografia (Licenciatura em Geografia) - Universidade Estadual de Goiás, Morrinhos, 2006.

PLANS, P. et al. **Introduccion a la geografia general**. 2a.ed. Panplona: Ediciones Universidad de Navarra, 1988.

PMSP/SMMA/SEMPA. **Atlas ambiental do município de São Paulo**. Fase 1: diagnóstico e bases para a definição de políticas públicas para as áreas verdes no município de São Paulo. São Paulo: 2002. Disponível em: <<http://atlasambiental.prefeitura.sp.gov.br>>. Acesso em: 09 jan. 2005.

PRIGOGINE, I; STENGERS, I. **A nova aliança**: metamorfose da ciência. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1984.

QUADROS, S. **A termodinâmica e a invenção das máquinas térmicas**. São Paulo: Scipione, 1996.

RECORDE. **Folha de São Paulo**, São Paulo, jan. 2005. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u104529.shtml>>. - Acesso em: 21 jan. 2005.

RIBEIRO, A. G. As escalas do clima. **Boletim de Geografia Teorética**, n.45-46, p.288-294, 1993.

RODRIGUES, S. de A. **Destruição e equilíbrio**: o homem e o ambiente no espaço e no tempo. São Paulo: Atual, 1989.

ROMERO, H. **Planificación urbana y contaminación atmosférica en santiago de chile**. In: III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE CLIMATOLOGIA GEOGRÁFICA, 1998, Salvador. **Anais...** Universidade Federal da Bahia, 1998. 1 CD-Rom.

ROSS, J. L. S. Os fundamentos da geografia da natureza. In: _____. (Org.) **Geografia do Brasil**. 2a. ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1998. Cap. 1. p. 13-65.

ROTH, M. Effects of Cities on local Climates. In: WORKSHOP OF IGES/APN MEGA-CITY PROJECT, 2002, Kitakiushu-Japão.

SACK, R. D. Chorology and spatial analysis. **Annals of the Association of American Geographers**, v.64, n.3, p.439-451, 1974.

SADOURNY, R. **O clima da Terra**. Lisboa: Instituto Piaget, 1995.

SAKAMOTO, L. L. S. **Relações entre a temperatura do ar e a “configuração do céu” na área central da Metrópole Paulistana**: Análise de dois episódios diários. 1994. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

SALATI, E. A floresta e as águas. **Ciência Hoje**, São Paulo, v.3, n.16, p.58-64, 1985.

SAMPAIO, A. H. L. **Correlações entre o uso do solo e “ilhas de calor” no ambiente urbano**: o caso de Salvador. 1981. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

SANTANA, A. M. S. **O desenho urbano e a climatologia em Fortaleza**. 1997. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

SANT'ANNA NETO, J.L.; Dinâmica atmosférica e o caráter transicional do clima na zona costeira paulista. **Revista do Departamento de Geografia**, n.8, p.35-49, 1994.

SANTOS, M. **Espaço e método**. São Paulo: Nobel, 1988.

SANTOS, J. W. M. C. **O clima urbano de Maringá**: Ensaio metodológico para cidades de porte médio e pequeno. 1996. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SETTE, D. M. **O Clima Urbano de Rondonópolis - MT**. 1996. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SEZERINO, M. L.; MONTEIRO, C. A. F. O campo térmico na cidade de Florianópolis: Primeiros experimentos. **Geosul**, Florianópolis, n.9, p.20-59. 1990.

SILVA, M. G. A. **A problemática das áreas de mananciais e a qualidade de vida urbana na cidade de São Paulo: o distrito do Jd. Ângela.** Monografia (Bacharelado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.

SOBRAL, H. R. **O meio ambiente e a cidade de São Paulo.** São Paulo: Makron Books, 1996.

SORRE, M. Objeto e método da climatologia. In: _____ **Traité de Climatologie Biologique et Médicale.** Tradução de José Bueno Conti Paris: M. Piery Masson et Cie Éditeurs, 1934. Vol. 1, p.1-9. Original em francês.

STAMP, L. D. **Applied Geography.** Harmondsworth: Penguin Books, 1969.

TARIFA, J. R. **Sucessão de tipos de tempos e variação do balanço hídrico no extremo oeste paulista** (Ensaio metodológico aplicado ao ano agrícola de 1968/1969). Dissertação de mestrado. IGEOG-USP. Série teses e monografias no. 08. 1973

TARIFA, J. R. A análise topo e microclimática e o trabalho de campo: o caso de São José dos Campos. **Climatologia**, São Paulo, vol. 13, p.1-25, 1981.

TARIFA, J. R. Alterações climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 8, p. 15-27, 1994.

TARIFA, J. R. O ritmo e a prática de estudo dos climas de São Paulo (1970-2000). In: TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. (Orgs.) **Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática.** São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 2001. Cap. 1. p. 11-33. (Geosp - Coleção Novos Caminhos, 4).

TARIFA, J. R. **Os climas nos maciços litorâneos da Juréia-Itatins: um ensaio de ritmanálise.** Tese (Livre Docência). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2002.

TARIFA, J. R.; MONTEIRO, C. A. F.; Balanço de energia em sequência de tipos de tempo. Uma avaliação no oeste paulista (Presidente Prudente) 1968-1969. **Climatologia**, São Paulo, n.5, 1972.

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. Os climas “naturais”. In: TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. (Orgs.) **Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática.** São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 2001a. Cap. 2. p. 34-46. (Geosp - Coleção Novos Caminhos, 4).

TARIFA, J. R.; ARMANI, G. Os climas urbanos. In: TARIFA, J. R.; AZEVEDO, T. R. (Orgs.) **Os climas na cidade de São Paulo: teoria e prática.** São Paulo: Pró-Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia,

Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 2001b. Cap. 3. p. 47-70. (Geousp - Coleção Novos Caminhos, 4).

TAVARES, R. O clima de Sorocaba-SP: aspectos regionais, locais e urbanos. In: SANT'ANNA NETO, J. L. (Org.) **Os climas das cidades brasileiras**. Presidente Prudente: [s.n.], 2002.

TAESLER, R. Urban climate methods and data. **World Meteorological Organization**, n.652, p. 199-236. 1986.

TEIXEIRA NETO, A. Haverá, também, uma semiologia gráfica? **Boletim Goiano de Geografia**, vols. 4-5-6, n.1-2, p.13-54, 1986.

TIEZZI, E. **Tempos históricos, tempos biológicos**: a terra ou a morte: os problemas da nova ecologia. São Paulo: Nobel, 1988.

TOMÁS, D. D. **Comportamento da umidade relativa do ar em centros urbanos**: o exemplo da metrópole da São Paulo. 1999. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.

VIDE, J. M. La percepción del clima en las ciudades. **Revista de Geografía**, Barcelona, v.24, p.27-33, 1990.

VIDE, J. M. **Fundamentos de climatología analítica**. Madrid: Síntesis, 1999.

VICENTE, L. E; PEREZ FILHO, A. Abordagem sistêmica e geografia. **Geografia**, Rio Claro, v.28, p.323-344, set./dez. 2003.

VIRILIO, P. **Espaço crítico**. Rio de Janeiro: Editora 34, 1995.

VIVEIROS, M. Capital pode voltar a ser a "cidade da garoa". **Folha de São Paulo**, São Paulo, 18 fev. 2002. Disponível em:
<<http://www1.folha.uol.com.br/folha/cotidiano/ult95u104529.shtml>> Acesso em: 21 jan. 2005.

VIVEIROS, M. São Paulo tem 77 microclimas diferentes. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 15 fev. 2004b. Cotidiano, p. C8.

VIVEIROS, M. Estudo alerta para poluição no Ibirapuera. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 29 mai. 2004. Cotidiano. Extraído de
<<http://www1.folha.uol.com.br/fsp/cotidian/ff2905200415.htm>> Acesso em 23/01/2005.

WARD, P. **O fim da evolução: extinções em massa e a preservação da biodiversidade**. Rio de Janeiro: Campus, 1997.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. Urban climatology and its applications with special regard to tropical areas. In: PROCEEDINGS OF THE TECHNICAL CONFERENCE, 1984, Mexico D. F. **Anais...** Mexico D. F.: 1986.

YAMASHITA, S; IMAMURA, I. R; MONTEIRO, C. A. F. Observation of heat island in Patos and Campina Grande, Nostheast Brazil. **Latin American Studies**, Ibaraki, n.10. 1988.