

A CORRELAÇÃO DOS FATOS GEOGRÁFICOS EM CLIMATOLOGIA A PARTIR DA NOÇÃO DE “SÍTIO” E “SITUAÇÃO”.

Carlos Henrique Jardim¹
Marcos Ferreira²

Introdução

As modificações impostas ao comportamento dos elementos climáticos nas cidades é insuficiente para a definição de um clima eminentemente urbano. É preciso que haja, também, a compreensão da sua gênese, dos fatores e mecanismos envolvidos e das suas múltiplas repercussões na vida social. A cidade, neste caso, deixa de ser um receptáculo de energia e passa a atuar como uma forma de controle, em maior ou menor grau, dos elementos climáticos.

Numa microbacia de drenagem, pode-se considerar que o *input* energético proveniente da atmosfera é o mesmo para toda a sua área, dado à sua pequena variação latitudinal. Entretanto, o componente de retorno (*output*), na forma de radiação em ondas curtas e longas, sofrem modificações ao nível da superfície. Modificações, estas, percebidas pelo comportamento dos diversos elementos climáticos. Alguns destes elementos, tomados a partir da comparação entre diferentes áreas dentro de uma cidade, sofrem acréscimos, como é o caso da radiação solar difusa, ou decréscimos, como acontece com a radiação solar direta e a global. No primeiro caso, a geometria das edificações, somada à rugosidade natural do relevo, reforça o *aprisionamento* da energia nesse meio. No segundo, a adição de material particulado na atmosfera bloqueia parte do fluxo de radiação solar na faixa do visível. Esse bloqueio, segundo ARTAXO et al. (2003), pode chegar a 30%.

Esse nível de compreensão do clima pede algumas respostas: como os fatores naturais e antrópicos influenciam na estruturação do clima urbano? Uma vez identificada essa relação, qual o *peso* dos fatores envolvidos na modificação dos elementos climáticos, nos diferentes lugares e em diferentes escalas espaciais, ao longo do tempo? As modificações impostas são tamanhas a ponto de pedirem soluções por parte da sociedade?

Parte das respostas passam pela compreensão dos conceitos de *ritmo climático* (SORRE, 1934; MONTEIRO, 1971) e *sistema* (DREW, 1989; CHRISTOFOLETTI, 1979; 1999; MORIN, 2002). Sob o ponto de vista desses conceitos, um dado de temperatura, por exemplo, deve, necessariamente, ser confrontado com outros dados de temperatura e com

¹ Unicamp – cjardim@yahoo.com

² Unicamp – macferre@uol.com.br

outros elementos climáticos, em diferentes horários e localidades, sob as mais diversas condições de tempo (*weather*), ao longo do tempo (*time*), além da relação com os fatores envolvidos na sua modificação.

As *modificações* oriundas desse quadro de relações, refletem a maior ou menor *derivação* do ambiente natural e traduz a interação entre os fatores ou controles de superfície com os elementos ou atributos do clima. Ou, em outras palavras, como expressa o título do presente artigo, *sítio* e *situação*.

O primeiro desses qualificativos traduz as características do ambiente, ao nível da superfície terrestre e, ao mesmo tempo, localiza o objeto. O segundo refere-se às qualidades e ao comportamento dos elementos, de forma momentânea ou ao longo do tempo. Uma parcela de ar, naquilo que diz respeito ao comportamento do seu conteúdo de umidade e temperatura, assumi uma enorme variação, conforme manifestam-se as diversas formas de combinação dos fatores ou controles da superfície terrestre (orientação, forma e exposição do relevo; as características de uso da terra; dimensão, densidade e geometria dos edifícios numa cidade; etc.).

Da projeção temporal do comportamento dos elementos ou atributos climáticos emerge o conceito de *ritmo*. O ritmo revela o *encadeamento* dos fenômenos. Sem essa compreensão, as diferenças de temperatura do ar em diferentes bairros de uma mesma cidade constituiriam-se, no máximo, em uma dentre muitas outras evidências de um clima urbano. O fato de verificarem-se valores de temperatura da ordem de 3,0°C, 5,0°C ou mesmo 10,0°C num mesmo horário e em diferentes localidades dentro da mesma cidade, podem indicar a entrada de um outro sistema atmosférico com características diferentes ou a estruturação de um microclima, associado à estagnação de ar frio ou quente nos fundos de vales, sob condições estáveis de tipos de tempos. As situações de inversões térmicas, típicas no inverno paulistano, ou de produção de calor pela atividade antrópica, como a intensa circulação de veículos nas avenidas marginais nos horários de *rush*, reforçam ou caracterizam a formação dos *micro*, *topo* ou *mesoclimas* urbanos.

A projeção espacial e temporal do fato climático, na busca de compreensão da sua natureza, conduz à problematização da questão e transmite a idéia daquilo que realmente pede esclarecimento e solução.

Objetivos

A partir das questões colocadas na introdução, a investigação foi conduzida com a finalidade de compreender a natureza e o comportamento dos elementos climáticos, a partir da bacia hidrográfica do rio Aricanduva, e a sua relação com o fatores de ordem natural e antropogênica.

Nesse sentido, retomando a proposta do mestrado (JARDIM, 2002), o desdobramento das questões colocadas implica em saber como a cidade (neste caso, uma parte dela, representada pela bacia hidrográfica do rio Aricanduva) altera os fluxos de energia dentro dessa área (referentes à entrada e transformação da energia solar e às fontes antropogênicas), quais os fatores envolvidos nessa modificação e o resultado disso na evolução dos elementos climáticos (temperatura do ar seco, umidade relativa do ar e circulação dos ventos).

O ponto de partida foram as variações dos elementos climáticos ao longo do tempo e nos diferentes locais onde realizaram-se as observações, resultado de um balanço desigual de energia, fruto da maneira como ocorre a distribuição e a organização dos controles climáticos de superfície, naturais e/ou produzidos.

O nível de respostas obtido através de um quadro de correlações, fomentou a geração de elementos, sob um ponto de vista da ordenação do espaço, básicos para a solução dos problemas identificados.

Metodologia

Os elementos avaliados (temperatura do ar seco, umidade relativa e ventos) inserem-se, dentre os três canais de percepção do clima urbano, propalados por MONTEIRO (1975), entre aqueles ligados às variações do campo termodinâmico. Os dados utilizados remontam ao trabalho de JARDIM (2002).

A *totalidade* climática envolve a integração dos elementos do clima com os controles de superfície num dado lugar. A matriz de correlações dos fatos geográficos proposta por BERRY (1964), analisa esse quadro de relações através da interseção do lugar, onde cada lugar ou *sítio*, ocuparia uma coluna na matriz, com uma ou várias características no eixo das linhas ou *situação*. As respostas obtidas pela interseção, ou *slices*, definem as duas dimensões espaciais e pode ou não ser projetada no tempo (terceira dimensão). O(s) lugar(s) pode ser desdobrado em diferentes escalas espaciais (quarta dimensão). Sob esse prisma, o número de lugares, características, tempos e escalas variam amplamente.

As respostas e as suas variações no tempo e espaço, principalmente naquilo que diz respeito ao clima, segundo BURROUG e FRANK (1995), são difíceis de exprimir em termos de exatidão em função do seu caráter dinâmico e probabilístico, ou seja, não são percebidos enquanto *objetos exatos* mas como *campos contínuos e multiescalares*.

Na estrutura de informação matricial de BERRY (1964), resultado de múltiplas interseções, cada ponto no espaço assume um valor ou uma estrutura *raster*, conforme BURROUG e FRANK (1995), uma vez que se trata de um espaço contínuo (e os elementos climáticos, principalmente, assumem esse caráter de continuidade pelo espaço). A

interpolação desses valores, dispostos na forma de *grade*, delimitam espaços probabilísticos de ação de um determinado fenômeno e não limites geometricamente definidos a partir de um modelo vetorial (representações corológicas). A estrutura de representação cartográfica na forma de isolinhas (isotermas, isoietas etc.) é um exemplo disso. Evidentemente, a partir daí, pode ser averiguado quais 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 *locacionais* ao definirem relações (a informação relativa aos atributos locacionais é guardada na forma de uma estrutura *raster*).

Na dimensão temporal, ainda segundo PEUQUET (1994), 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). Os tempos convergem, divergem, sobrepõem-se etc. O dinamismo seria percebido pelas transformações no espaço e no tempo.

No âmbito do clima, a gênese de eventos microescalares estariam, muitas vezes, relacionados a eventos de maior expressão temporal e espacial. A entrada de uma frente fria e o estabelecimento do anticiclone polar, fenômenos de expressão regional, pode repercutir junto à superfície terrestre, em áreas deprimidas, na forma de pequenos *bolsões* de ar frio (estagnação de ar em baixos níveis). Se as condições de tempo forem suficientemente estáveis e fria, pode ocorrer a formação de orvalho e 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* (tempo e espaços relativos).

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 locacionais.

Resultados

Breve caracterização da área de estudo

Situada na zona leste do município de São Paulo, a bacia hidrográfica do Aricanduva abrange, aproximadamente, uma área de 80 km² e constitui-se num dos afluentes da margem esquerda do rio Tietê.

O quadro histórico-urbano é relativamente recente e os primeiros bairros datam do início do século XX, com o loteamento da Chácara Carrão em 1916, no seu baixo vale.

Hoje, as poucas áreas livres de equipamentos urbanos estão representadas pelas APA do Carmo, com seus 3 milhões de m², quase toda ela na própria bacia do Aricanduva, em sua porção média, e grande do parte da alto vale do rio Aricanduva, ocupado por áreas de mata secundária, pequenas propriedades agrícolas, pastagens e terrenos reservados para futuros loteamentos.

As características de urbanização dos bairros no baixo vale (Tatuapé, Penha, Vila Carrão, Vila Matilde, Vila Manchester etc) responde pelo tipo residencial/comercial de porte baixo (térreo/01andar) mesclados a altos edifícios com mais de 05 andares, também residenciais, e grandes galpões comerciais de hipermercados e *shopping centers*. Os espaços livres de construções restringem-se, em sua maioria, a pequenas praças, canteiros centrais de avenidas e centros desportivos. Neste setor da bacia, a urbanização forma uma *malha* contínua de edifícios, quase toda ela situada sobre a extensa planície fluvial e os baixos terraços ao longo do rio Aricanduva estendendo-se, ainda, sobre as baixas colinas convexas/tabulares pouco dissecadas da sua margem esquerda, entre as cotas de 725 e 730 metros de altitude.

Na porção média da bacia, entre o Jardim Aricanduva e o Pq. Savoy, tal qual na unidade anterior, predominam residenciais térreos ou com um andar. A verticalização dos edifícios ainda é incipiente e há maior disponibilidade de áreas desocupadas.

Nos bairros situados no alto vale da bacia, entre as cotas de 800 e 840 metros, a montante do Jd. Aricanduva (Jd. Sto. André, Jd. Iguatemi, Jd. Santa Bárbara, Pq. São Lucas, Jd. São Roberto etc), os vazios intersticiais formados por áreas da mata, pequenas propriedades rurais, loteamentos em fase inicial de implantação etc, predominam em relação aos residenciais térreo/01 andar (tipo de edificação mais recorrente nesse setor). Todo esse conjunto, do médio e do alto vale, estende-se principalmente sobre colinas de dimensões restritas e vales mais dissecados e entalhados.

Simulação da base

A relação entre os elementos climáticos (temperatura do ar seco, umidade relativa e umidade absoluta do ar e poluição) com os controles de superfície (relevo e uso do solo), apresenta-se de diferentes formas e em vários lugares dentro da bacia. Os *vários lugares* podem ocorrer numa mesma escala e, ao mesmo tempo, definidos pelas diferentes escalas

de manifestação dos fenômenos climáticos na área de estudo. O *tempo* corresponde à projeção dessas relações em diferentes estações do ano.

A figura 01, construída a partir da proposta de BERRY (1964), situa os diferentes níveis de resposta em termos de escala de grandeza espacial. Do geral para o detalhe, o primeiro nível reflete as interações de toda a bacia hidrográfica com os baixos níveis da troposfera. O *input* de energia radiante é o mesmo para toda a bacia uma vez que há apenas poucos segundos de variação latitudinal. A repercussão dessa entrada de energia, aliada à produção de calor antropogênico, é diferenciada e tende a seguir as grandes feições urbanas, como a densidade de edificações, comércio, serviços e fluxos de pessoas e veículos, instalados sobre os topos das vertentes, baixas colinas e a extensa planície fluvial no baixo vale do Aricanduva, entre as cotas de 725 e 775 m de altitude. 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), gerada no centro da cidade de São Paulo (associada à formação de *Ilhas de Calor*) e atraída pelas correntes de ar ascendentes formadas pelo aquecimento da superfície urbana nesse setor da bacia.

Nesse nível escalar, TARIFA e ARMANI (2001a; 2001b) identificam uma unidade de clima natural, no nível local, enquanto *Clima Tropical Úmido de Altitude do Planalto Paulistano*. Em relação aos climas urbanos distinguem, basicamente, dois: uma *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 na segunda.

Os fenômenos identificados nessa escala, ultrapassam o nível do local. A cidade, hoje, exporta calor e poluição para localidades além dos limites naturais impostos pela bacia sedimentar do alto vale do Tietê. Trata-se, portanto, de fenômenos tão grande, senão maior, do que a própria área de estudo (caráter *trans-bairros*, dos fatos climáticos urbanos).

As modificações impostas ao comportamento da temperatura do ar e a formação de *Ilhas de Calor* na cidade de São Paulo foram objetos de estudo de outros pesquisadores como LOMBARDO (1985) e SAKAMOTO (1994).

O segundo nível escalar, situa-se entre os grandes conjuntos homogêneos de uso do solo, à escala dos bairros (e não da edificação em particular e seus arredores) e das feições topográficas de maior vulto (topo das vertentes, associadas a feições de morros e os divisores mais altos das colinas; setores mais baixos das vertentes, associados a encostas mais íngremes e baixas colinas; e fundos de vale, ao nível dos baixos terraços e planície fluvial), entre as cotas de 750 e 800 m. Nesse nível, as diferenças no comportamento dos elementos, notadamente a temperatura do ar, é distinguido 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.

Figura 01 – Simulação gráfica dos fatos climáticos, apoiada na “matriz geográfica” de Berry (1964).

Nível Escalar	Nível escalar 1 - Local controle ntural: Bacia Hidrográfica controle urbano: áreas centrais, periurbanas, rurais O "input" energético solar é o mesmo em toda a bacia; o "input" antropogênico, não. O comportamento dos elementos do clima é obtido através da sua representação média. Nível trans-bairros.		Nível escalar 2 - Mesoclimático controle natural: vertentes controle urbano: nível inter-bairros (acima dos telhados das casas - <i>canopy layer</i>) Nível de diferenciação obtido a partir de comparações inter-bairros.		
Elementos climáticos	T(°C)	A curva de representação da temperatura do ar, mostra valores mais elevados nas áreas mais densamente urbanizadas;	T(°C)	Variações ligadas às características de relevo e uso do solo em cada bairro; O fator relevo interfere na formação e duração das ICs: nos bairros situados nos topos das vertentes, as caracs. De circulação do ar desfavorece a sua formação; o contrário acontece nos bairros situados nos fundos de vale. A duração dos eventos é horária/diária.	
	Umidade do ar	Entrada da brisa urbana (associada à formação de <i>Ilhas de Calor</i>), gerada no centro da cidade, pelo baixo vale do rio Aricanduva. A duração dos eventos nessa escala é semanal/mensal/anual.	Umidade do ar		
	Poluição		Poluição		
Controles de superfície	Relevo	Altitude, orientação geral da bacia etc	Relevo	vertente: altura, declividade, exposição e orientação das bacias secundárias;	
	Uso do solo	Adensamento e distribuição de áreas construídas ou não. Caráter urbano, peri-urbano e rural.	Uso do solo	carac. de revestimento: solo exposto, pavimentado, caracs. dos edifícios, asfalto etc (traduzidos em %).	
		Nível escalar 3 - Topo e Microclimático controle natural: setor de vertente controle urbano: bairros (abaixo do nível dos telhados das casas, no nível das ruas) Nível de diferenciação obtido a partir da comparação intra-bairros.		Legenda	
		T(°C)		Tempo 1 - verão	
		Umidade do ar		Elementos climáticos	
		Poluição		Sítio/Lugar	
		Relevo		Bacia Hidrográfica	
		Uso do solo		vertentes/bairros	
				setor de vertentes/intra-bairros	
				Situação/característ.	
				Nível escalar 1	
				Nível escalar 2	
				Nível escalar 3	
				Controles	
				Tempo 2 - inverno	
				Sítio/Lugar	
				Bacia Hidrográfica	
				vertentes/bairros	
				setor de vertentes/intra-bairros	
				Situação/característ.	
				Nível escalar 1	
				Nível escalar 2	
				Nível escalar 3	
				Controles	

EI

ab. e des.: Carlos Henrique Jardim

A esse respeito, diante do caráter *inter-bairros* dos fatos verificados nesse nível escalar, durante uma série de observações realizadas no inverno de 2000 (JARDIM, 2002), verificou-se a manutenção de um *plateau* térmico bem acima do dossel urbano da região, principalmente durante as seqüências de tipos de tempos associadas à tropicalização do Sistema Polar Atlântico. Nessas condições, o *input* energético produzido pelas atividades antrópicas soma-se ao natural (radiação solar). Por conseguinte, os valores de temperatura do ar estiveram muito próximos uns dos outros entre os postos da Vila Manchester (730 m) e Vila Carrão, no topo de um prédio (785 m), ambos no baixo vale, em relação ao posto do

Jd. Marina (795 m), no topo de uma vertente no médio vale, apesar das diferenças de altitude entre os mesmos. A partir deste último ponto, o *plateau* começava a ser quebrado devido à subsidência do ar, motivada pela presença de áreas mais frias, marcadas por amplos espaços com vegetação e terrenos vazios.

Essas mesmas características, nesse setor da bacia, cabe assinalar, garantem menores valores de temperatura do ar em bairros pobres e desorganizados no alto vale, como Cidade Líder e Cidade Tiradentes. Apesar da aparente desorganização (traçado irregular das ruas,

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 03/11/00, 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 hs, as diferenças não ultrapassaram 1,5° C. A partir das 21 hs, as diferenças de temperatura do ar elevaram-se e mantiveram-se num patamar de 2,0° C nos postos mais quentes do baixo vale até às 7 hs da manhã do dia seguinte.

Esse aumento da temperatura do ar a partir das 21 hs foi relativo e deu-se por causa do resfriamento no alto vale (taxa de resfriamento mais acelerada) e não ao aquecimento do baixo vale.

É dentro desse segundo nível de repercussão dos fatores climáticos que TARIFA e ARMANI (2001a; 2001b) distinguem três unidades *mesoclimáticas*, associadas aos *climas naturais*, e dez *unidades climáticas urbanas* na bacia do Aricanduva.

Em relação ao primeiro, os controles 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). As condições de ventilação na segunda unidade não são tão boas quanto à unidade anterior (o que favorece forte aquecimento diurno) a não 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 terceiro nível escalar corresponde aos setores das vertentes aliadas às suas características de uso do solo no nível *intra-bairro*. O comportamento dos elementos climáticos são de caráter horários e momentâneos e refletem as condições de circulação do

ar abaixo do nível das coberturas das casas e edifícios. O comprometimento com fatores microescalares é máxima (circulação de veículos, propriedades físicas dos materiais de construção, aglomeração de pessoas etc).

As situações associadas ao comportamento dos atributos 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, horária, 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 manifestos 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 seqüência de dados de onde foram extraídas tais considerações, num total de 87 dias (31 dias no inverno e 56 na primavera de 2000), revelaram 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 desenvolveram-se as diferenças horárias de temperatura comentadas ainda a pouco.

Considerações finais

Os níveis escalares poderiam ser desdobrados infinitamente, recordando a proposta de BERRY (1964). Entretanto, o terceiro e último nível visa não perder de vista os referenciais geográficos (embora os fatores ligados à arquitetura assumam um papel relevante nesse nível). Da mesma forma, na direção contrária, rumo às escalas superiores, esbarra-se nos limites do nosso próprio planeta. Embora, no caso das cidades, esses limites estendam-se *até onde a cidade exporta as suas condições climáticas*.

A justificativa para o desdobramento em diferentes níveis escalares relaciona-se à percepção do fenômeno. Não há como atribuir, indistintamente, modos de abarcar determinados fenômenos, como a avaliação da temperatura do ar nos altos níveis

troposféricos, com aqueles relacionados à influência das cidades no clima. Embora os elementos em foco possam ser os mesmos, o seu *comportamento* nos diversos níveis escalares é diferenciado, pois as *características* e a *grandeza* dos fatores envolvidos também são diferenciadas.

A natureza comporta-se como um sistema, ou seja, além de envolver um conjunto de elementos, há interação entre os mesmos. Dessa interação emergem qualidades novas, fruto de uma organização complexa, como é o caso do clima urbano. Essas *qualidades novas* ou *emergentes* tanto trazem benefícios (agregação de valores culturais, econômicos etc.) como podem travar o funcionamento do sistema (enchentes, poluição do ar etc.). Embora os fenômenos climáticos, nos diferentes níveis escalares, possam ser discriminados pela grandeza dos sistemas que envolvem e pelo comportamento dos elementos presentes nesses sistemas, essa diferenciação não implica em separação. A mesma interação presente no interior dos sistemas, reflete-se *entre* os sistemas. O desdobramento dos *sistemas atmosféricos* (regional) em *tipos de tempos* (local) e destes em *meso, topo e microclimas*, demonstra isso.

A título de exemplo, o sistema polar, freqüente sobre a bacia paulistana, impõe suas características de ar frio no início da sua ação, principalmente no início do dia e da noite (dias 05 a 09/08/00). Os valores de temperatura do ar verificado nessas ocasiões, nos diferentes postos na bacia do rio Aricanduva, acusavam diferenças não superiores a 2,0°C. As diferenças de temperatura entre os bairros, superiores a esse valor (3,0°C ou mais), vinham à tona a partir das 10 hs e prolongavam-se até às 19 ou 20 hs. É nesse intervalo que se estruturavam os diferentes *meso, topo e microclimas*.

De um modo geral, as seqüências de dias, durante um dos períodos de observações (de 26/07 a 02/09/00), iniciavam-se com a entrada da frente fria (uma passagem a cada oito dias). Daí em diante, após a entrada do Sistema Polar Atlântico, na retaguarda da frente, o sistema evoluía para as suas formas tropicalizadas (Sistema Polar Velho e Sistema Polar Tropicalizado), até predominar o Sistema Tropical Atlântico. O sistema atmosférico modificava-se de uma situação *homogênea* de frio, quando as temperaturas em toda a bacia praticamente igualavam-se, para uma situação *homogênea* de calor, onde verificava-se a mesma tendência. A imposição das características regionais de circulação do ar, verificadas principalmente nos extremos das seqüências, ligada à ação dos sistemas atmosféricos, inibia o surgimento dos *microclimas* (mesoclimas, topoclimas e microclimas). As diferenças de temperatura, superiores a 3,0°C, indício da estruturação dos microclimas, ligada aos controles climáticos de superfície, evidenciavam-se na transição das seqüências, motivada pelas diferentes taxas de aquecimento e resfriamento.

Outro fato, digno de nota, deixa bem claro a imposição dos controles regionais ou *macroescalares*. Numa das ocasiões, no dia 26/08/00, às 18 hs, a diferença de temperatura entre os postos da V. Manchester (29,8°C) e o Jd. Iguatemi (15,8°C), acusou 14,0°C. Uma hora depois, a diferença entre esses mesmos dois postos não revelava mais do que 1,6°C. Esse foi um dos dias mais quentes durante o período de monitoramento no inverno daquele ano. As diferenças de temperatura do ar entre os postos naquele dia, mantiveram-se num patamar elevado, superiores a 3,0°C. Entretanto, no momento em que foi registrado a diferença de 14°C, verificou-se uma brusca inversão dos ventos, até então do quadrante norte, para sul, relacionado à entrada de uma nova frente fria.

As condições de estruturação do clima urbano desintegram-se com a entrada de um sistema frontal (ou frente fria). Detalhe: tanto uma como outra, percebidas pelas *diferenças* de temperatura. Em artigo recente (JARDIM e PEREZ FILHO, 2004), é feito uma série de considerações a respeito disso:

[...] diferenças de temperatura dessa ordem de grandeza, obtidos na bacia hidrográfica do Aricanduva, na cidade de São Paulo, estavam, na maior parte das vezes, relacionadas à entrada de outro sistema atmosférico, como a brisa oceânica (sistema de circulação de ar sub-regional que atinge a cidade de São Paulo com periodicidade diária) ou a Frente Polar Atlântica. Neste caso, a diferença de temperatura não mostra a estruturação de um clima urbano, mas a sua desintegração. Ambos os sistemas, de caráter sub-regional e regional, respectivamente, sobrepõem-se com relativa facilidade ao sistema climático da cidade, circunscrito aos limites locais da bacia sedimentar de São Paulo, haja visto a altura da sua camada de mistura;

Afim de que se possa distinguir um fenômeno de outro, é preciso estar atento não só às características do fenômeno mas à sua gênese.

[...] não bastam as transformações ocorridas no âmbito dos elementos climáticos [...]. Mas, para legitimar o aparecimento do clima urbano, é preciso, mais do que isso, verificar o aspecto de encadeamento, de continuidade do fenômeno no tempo e no espaço.

A questão levantada na introdução a respeito do peso dos fatores envolvidos na estruturação do clima urbano, envolve a quantificação das relações envolvidas. Embora a figura 01 traduza algumas dessas correlações apenas qualitativamente, poderiam ser apontados desde já alguns valores numéricos. De acordo com JARDIM (2002),

“...além das transformações pelas quais passa o “input” radiante, e o comportamento diferenciado dos atributos climáticos é reflexo direto disso: há produção de calor na bacia e esse calor produzido não encontra, em muitos casos, boas condições de dissipação. O resultado é o estabelecimento de um diferencial médio diário de 1,6°C no inverno e de 1,9°C

na primavera, entre o posto da V. Manchester, no baixo vale, e o posto do Jd. Iguatemi, no alto vale.”

Deve-se lembrar que as características de uso da terra são diferenciadas e que a altitude (o desnível entre esses dois postos é inferior a 100 metros) não é suficiente para gerar esses valores.

Atentar, também para o fato de que se trata de um valor médio. Em condições anticiclônicas de inverno, com o enfraquecimento do sistema polar, sem vento, com céu ensolarado e ar seco, as diferenças instantâneas entre esses mesmos dois postos ultrapassaram 4,0°C durante várias horas sucessivas e, em algumas ocasiões, durante dias seguidos. Tal diferença pode corresponder a uma diminuição na umidade relativa do ar da ordem de 20% a 30%, dependendo das condições iniciais de temperatura da parcela de ar, e aumento na quantidade de material particulado em suspensão.

Tudo isso, de certa forma, reafirma a existência de vários problemas e, acima de tudo, que exigem soluções.

REFERÊNCIAS

- ARTAXO, P; DIAS, M. A. F; MEINRATO, A. O mecanismo da floresta para fazer chover. *Scientific American Brasil*, 11, 38-45, 2003.
- BERRY, B. J. L. Approaches to regional analysis: a synthesis. *Annals of the Association of American Geography*, 54, 2-11, 1964.
- 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*, 9(2), 101-116, 1995.
- 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.
- DREW, D. *Processos interativos: homem-meio ambiente*. 2ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1989.
- 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; 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. CD-ROM.
- LOMBARDO, M. A. *Ilha de Calor nas Metrôpoles: O exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985.
- MONTEIRO, C. A. F. *Análise rítmica em climatologia*. *Climatologia*, 1, 1971.
- MONTEIRO, C. A. F. *Teoria e Cima Urbano*. 1975. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.
- MORIM, E. *O método I: a natureza da natureza*. trad. Ilana Heineberg. Porto Alegre: Sulina, 2002.
- 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*, 84(3), 441-461, 1994.

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.

SORRE, M. Objeto e método da climatologia. In: _____. *Traité de Climatologie Biologique et Médicale*. Paris: M. Piery Masson et Cie Éditeurs, 1934. Vol. 1, p.1-9. Tradução de José Bueno Conti.

TARIFA, J. R; ARMANI, G. Os climas “naturais”. In: TARIFA, J. T; AZEVEDO, T. R. (orgs). *Os climas na cidade de São Paulo*. São Paulo: Pró Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, 2001a.

TARIFA, J. R; ARMANI, G. Os climas urbanos. In: TARIFA, J. T; AZEVEDO, T. R. (orgs). *Os climas na cidade de São Paulo*. São Paulo: Pró Reitoria de Cultura e Extensão. Universidade de São Paulo: Laboratório de Climatologia. Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, 2001b.