

Variações da temperatura do ar e o papel das áreas verdes nas pesquisas de climatologia urbana

Carlos Henrique Jardim¹

RESUMO: Muitos pesquisadores, ao transcreverem os resultados de suas pesquisas, se esquecem (o que não se traduz, necessariamente, num ato de má fé) de inserir seu objeto de estudo num contexto amplo de discussão. Será que uma pesquisa deve incluir apenas aquilo que apoia suas hipóteses e, ao mesmo tempo, eliminar sistematicamente todas as questões não respondidas? A refutação de uma hipótese, que é muito mais recorrente do que sua verificação, também se constitui num momento de aprendizagem. Nesse sentido, são apresentados aqui alguns questionamentos,

notadamente aquilo que diz respeito ao significado das “diferenças de temperatura” do ar e o papel das “áreas verdes” nos estudos de climatologia urbana. É evidente que o artigo não traz respostas definitivas (e nem poderia, já que a ciência não lida com dogmas), mas a experiência do autor com pesquisas apoiadas em dados de campo, em cidades e geótopos naturais (microclimas e topoclimas), o habilita dizer que, em algum momento, tais questionamentos estiveram presentes na vida do pesquisador da área de climatologia, quer tenha ele se preocupado ou não em responder a eles.

PALAVRAS-CHAVE: Clima. Cidades. Pesquisa.

I. INTRODUÇÃO

Um bom livro ou filme nem sempre é aquele que traz respostas às questões abordadas, mas aqueles que trazem questionamentos que levam as pessoas a pensar sobre determinados assuntos. As respostas aos muitos problemas requerem, antes de tudo, a formulação de questões. Esse é o início de tudo. Entretanto, nem todas as questões são respondidas. Algumas delas, certamente, nem merecem respostas. Outras, no entanto, devem ser periodicamente resgatadas. Um exemplo disso, na área de climatologia, é o texto de Maximiliem Sorre “Objeto de método da climatologia”, publicado em 1934 (SORRE, 1934), cujo potencial de discussão encontra paralelo em poucas obras editadas até os dias de hoje.

¹IGC-UFMG; Doutor em Ciências - Geografia Física – UNICAMP. Email: carlosjhj@ufmg.br

A título de exemplo, uma das questões ainda não satisfatoriamente respondidas encontra-se na própria definição de “clima urbano”. Conforme Monteiro (1975, p.116) trata-se de [...] “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”. Antes, ainda, o mesmo autor (Idem, p.60) faz outra consideração: [...] “admite-se que o desenvolvimento urbano tende a acentuar ou eliminar as diferenças causadas pela posição ou sítio”. Verifica-se, diante dos enunciados, que em nenhum momento o autor descarta a participação da cidade na formação do clima urbano (O que seria um contrassenso, obviamente!), embora admita que ela assuma papéis diferenciados na sua formação. No entanto, e nisso reside a ideia central deste artigo, se for considerada a participação de inúmeros outros fenômenos meteorológicos e climáticos, cuja origem se mostra totalmente alheia à própria cidade, mas que participam ativamente da configuração de seu clima, haveria a necessidade de se acrescentar aos enunciados as situações em que não ocorre a definição de climas urbanos, mesmo estando nas cidades. Por outras palavras, a capacidade das cidades de modificar o clima, assim como a do próprio ser humano em relação às mudanças climáticas globais, é limitada, restringindo-se a determinados níveis escalares.

Deve-se ficar claro, também, que a revisão de um dado assunto não invalida abordagens anteriores em relação à continuidade das pesquisas. A formulação e teste de novas hipóteses seria condição básica para isso, e as pretensões deste artigo são modestas.

2. O SIGNIFICADO DAS “DIFERENÇAS” DE TEMPERATURA DO AR E O PAPEL DAS “ÁREAS VERDES” NAS CIDADES

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 se refletem nos valores de temperatura do ar. 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 fonte 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 a autora, capazes de gerar um excedente de calor na cidade, estariam relacionadas 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. Esse estoque temporário de energia seria uma das condições necessárias à formação das “ilhas de calor”.

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 local*². O efeito da ilha de calor *sobre as cidades*³ 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 à escala de centenas ou milhares de km². Por outro lado, Detwyler e Marcus (1972, p.61) localizam esse fenômeno em espaços relativamente pequenos de alguns milhares de m²:

[...] 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 [...]

As considerações de García no início do capítulo e a indefinição quanto à dimensão do fenômeno “ilha de calor”, a partir das passagens transcritas, permitem apontar o seguinte aspecto: 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 têm “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, Sete de Abril etc.).

A influência da vegetação e o comportamento térmico e higrométrico do ar nas cidades encontram respaldo nas observações de Santos (1996, p.143) na cidade de Maringá. Embora a cidade possa ser considerada bem

²Grifo do autor.

³Grifo do autor.

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) [...].

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, constatou-se 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 a algumas horas ou poucos dias.

Apesar dessas observações, isso não significa 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 se estende 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 permitem 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 ideia 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 milhão de m² na zona sul do município de São Paulo, amplamente frequentado pela população paulistana, ao tentar fugir da poluição, o cidadão encontra aí condições que, segundo a Cetesb⁴, 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 registra em algumas situações, principalmente no 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.

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 paisagens, 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 na produção de calor e controle da poluição.

As imagens de satélite produzidas na faixa termal também revelam um pouco do comportamento da cidade e a produção de seu 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

⁴Cetesb; Relatório de Qualidade de Ar do Estado de São Paulo, 1994, 1995 e 1996.

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.

Na utilização de imagens de satélite, assim como qualquer outro instrumento, técnica, teoria ou produto, há limitações. 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.

Entretanto, cabem aqui algumas considerações: em primeiro, quando o autor se refere 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 cinética⁵ dos materiais de cobertura do solo. Se for a temperatura do ar seco, faltou mencionar a altura em relação à superfície: ela foi estimada para 0,1m, 1,0m ou 2,0m acima do solo ou, se for uma área densamente verticalizada, a 10,0m, 20,0m 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 apontam 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 em la primera provoca um error de 0,6°”. O aumento médio, apontado pelo autor, de 1,0°C a 2,0°C, detectado

⁵A 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 $T_{rad} = \epsilon / 4 \cdot T_{cin}$ (T_{rad} = temperatura radiante; ϵ = 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 reemitem toda.

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 elas sejam vistas sob perspectivas temporais diferenciadas: foram registrados desvios em relação às médias durante aqueles anos ou as médias registradas se aproximaram do habitual? Há relação com a ação de fenômenos como o El Niño? Como decorreu a sucessão e encadeamento dos tipos de tempos nas ocasiões? E, também, que haja controle de campo das variações dos elementos climáticos, a partir de tomadas em superfície e/ou apoiado nos dados de estações meteorológicas locais. 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. Em Brasília, mesmo durante o inverno, dada as condições de latitude, continentalidade e estabilidade atmosférica (associada ao elevado número de horas de brilho solar), haveria uma (quase) compensação em relação aos efeitos da estação do ano, garantindo em diversas ocasiões valores diurnos próximos ou superiores a 30,0°C⁶.

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 meses ou 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 meses ou dias antes ou depois num dia mais frio e revelasse tonalidades claras, mais próximas daquelas 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”?

O ar se aquece de baixo para cima, inicialmente por contato e, depois, por convecção, acionado por mecanismos de trocas turbulentas. Como o ar é (quase) 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 transferida para o ar, e num dia mais quente e seco, sem nebulosidade, uma maior quantidade de calor (sensível) estaria disponível para aquecer o ar e o ambiente ao redor. Considerando que o espaço urbano constitui um verdadeiro mosaico de materiais, formas e funções e que cada um desses pequenos espaços reage de forma diferenciada frente à entrada e saída de energia solar, tanto pode ocorrer dissipação de calor quanto o reforço das condições de aquecimento. No

⁶Na 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 ar.

primeiro caso, frente à imposição da circulação regional, ter-se-ia uma condição que tenderia para a isoterminia (má definição de espaços micro e topoclimáticos). No segundo, sob condições estáveis e que favoreçam o aquecimento do ar, ocorreria 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 (em geral de centenas a alguns milhares de km²).

Numa matéria não assinada divulgada pela Folha de São Paulo em 10 de setembro de 2000, intitulada “Devastação deixa zona leste mais quente” (DEVASTAÇÃO, 2000, p.C3), 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)⁷, o autor tenta mostrar que o centro-nordeste e leste-sudeste da capital paulista é mais quente que o resto da cidade. E isso não deixa de ser verdade em algumas ocasiões, sob dadas condições atmosféricas, 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 ventila 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 no fato de se descartarem essas outras situações: mostrou-se apenas como a cidade reage num determinado horário, num dia sem nebulosidade e de muito calor. Outro erro anotado 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 (°C). Vale lembrar, mesmo que se estabeleçam tais diferenças de temperatura, que isso não significa que esse quadro perdure todo o tempo.

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 a 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:

⁷Ao 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.

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, de acordo com a citação acima, é a participação de vários componentes do ambiente (altitude, orientação e exposição das vertentes, dimensionamento dos vales, densidade de edifícios, sistemas atmosféricos etc.) por trás das diferenças de temperatura averiguadas. E cada um desses fatores modifica de forma também diferenciada os elementos climáticos (neste caso, a temperatura do ar). As vertentes de exposição norte (no hemisfério sul), por exemplo, sempre apresentarão valores mais elevados de temperatura, independentemente das características de uso da terra (cidades, áreas rurais, biótopos florestais etc.).

As inversões térmicas constituem outro exemplo elucidativo. Fenômeno até certo ponto corriqueiro em termos de participação na definição climática de uma dada localidade, ele ocorre tanto em áreas urbanas, quanto agrícolas e florestais, já que a sua gênese 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), podendo, também, gerar ou reforçar uma condição de aquecimento do ar nas cidades e, novamente, não se trata de um fenômeno eminentemente urbano, embora se configure a partir de tais diferenças de temperatura do ar.

Esses fenômenos, dentre outros, não seriam gerados no interior do “Sistema Clima Urbano”, mesmo que tenham sede no interior das cidades. Eles se tornam urbanos à medida que se integram às cidades, através da sua frequência, duração, intensidade, relação com outros fatores e fenômenos e impactos produzidos. Tais fenômenos se integram à cidade ou mesmo ao “Sistema Clima Urbano” pelos seus efeitos ou repercussões espaciais, embora, como tem sido sustentado, não esteja na cidade a sua gênese (causa). Os estudos climáticos urbanos devem se integrar a outros estudos, tanto para caracterizar o fenômeno (meteorologia, física, geomorfologia, biologia etc.) quanto para propor soluções (engenharia civil, arquitetura, fisiologia humana, biogeografia/ecologia etc.).

Apesar de discutível, essa consideração não deixa de ter suas implicações. Ao retomar uma antiga questão colocada por Monteiro (1990, 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 responder a ela 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, é 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 o 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, como totalidade temporal e espacial” [...].

Numa outra pesquisa, 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 intensas*⁸ 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 indícios de transformação da atmosfera urbana. E, de fato, são. Mas, uma vez detectadas essas “diferenças”, o que há de se fazer? 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 trânsito⁹, 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 na temperatura do ar.

Voltando à questão das “diferenças” na variação dos elementos climáticos, 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 (em Salvador, Bahia), embora isso estivesse previsto em sua hipótese de trabalho.

⁸Grifo do autor.

⁹Segundo 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 nos três primeiros anos de intervenção no Iraque. O número de vítimas de homicídios no Brasil a cada ano também se aproxima dessa cifra.

Outro exemplo deu-se com Jardim (2002), quando foram estabelecidas de forma mais ou menos arbitrária, variações de 3,0°C (ou superiores) entre uma e outra localidade dentro da bacia do rio Aricanduva (leste do município de São Paulo), 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, uma 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 foi relatado naquela ocasião, podem simplesmente expressar uma variação momentânea da temperatura associada à entrada de um sistema atmosférico (o que é comum à altura da cidade de São Paulo), ou outro sistema, de menor magnitude, como a brisa oceânica. O teor de umidade do ar pode variar consoante as variações de temperatura e/ou por adição de vapor ou umidade, oriundo de fontes externas, associado à advecção de ar.

A fim de se obter maior esclarecimento a respeito do significado das variações de temperatura será feito aqui um breve recorte histórico. O cientista inglês James Prescott 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 se mostraram 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 graus¹⁰ 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 sequer condições de avaliar isso ao 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 constituem evidências a favor da estruturação de um clima legitimamente urbano. As inversões térmicas, muitas vezes, acusam valores muito

¹⁰Grifo do autor.

superiores, dependendo das condições do terreno e do resfriamento noturno. E, no entanto, não guardam relação alguma com o clima urbano, pois ocorrem em qualquer localidade. Na verdade, quando ocorrem nas cidades, reforçam a sensação de desconforto térmico, associado 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, novamente, nas suas consequências em relação à cidade e ao cidadão e não na sua gênese.

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 que a temperatura do revestimento externo do corpo pode variar amplamente em relação à *temperatura basal*¹¹. 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 adotam como referência alguns estudos oriundos de países situados nas altas latitudes, não se conformam com o fato de o habitante do trópico conviver, rotineiramente, com dias muito quentes. O excedente de calor configura sempre “um problema a ser resolvido”. Brazel e Martin (1997, p.176), ao discorrerem 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 absurdas, 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

¹¹Grifo 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”.

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 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, 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 compreender como é o clima das cidades. E é sob esse ponto de vista que começam a aparecer “ilhas de calor” de magnitudes elevadíssimas como se a cidade estivesse à beira de um colapso. Ou seja, tenta-se colocar um problema cuja envergadura não assume tamanha gravidade.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas pesquisas sobre climatologia urbana é comum a comparação entre ambientes diferenciados, no mais das vezes entre a cidade, o entorno rural e biótopos florestais. Nada mais correto, uma vez que, na maior parte das vezes, não há possibilidade de saber o “Como era antes?”. Ideia, de certa forma, compartilhada por Tricart (1977, p.17):

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.

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, é possível distinguir, também, 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 como 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. Ao que tudo indica, quando se pensa o “natural”, o ser humano moderno, em geral habitante das cidades, o faz de forma idílica e até bucólica, como naqueles romances em que jovens pastores cuidam das ovelhas e pensam na amada, ou como se fosse num passeio pelo parque. A leitura de alguns trabalhos corrobora esse tipo de visão e revela, no tocante a alguns aspectos, um raciocínio simplista: (1) a cidade constitui um 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 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 dos 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, pelo sombreamento, a incidência direta de radiação solar [...] Na ocorrência do processo de verticalização na cidade de Barra dos 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.”.

Tais “recomendações”, embora traduzam a boa vontade dos autores no sentido de solucionar uma dada questão, soam, muitas vezes, como propagandas veiculadas pela mídia sobre meioambiente, ao abordarem questões sobre a reciclagem de lixo ou, mais recentemente, sobre as vantagens do “biodiesel” frente à gasolina, ou seja, certos fatos são apontados como revoluções, quando na verdade não encerram possibilidade alguma de transformação. No caso do lixo, na maior parte das vezes o cidadão sequer encontra lugar adequado para disposição dos diferentes tipos de lixo (Tente encontrar em sua cidade um local de recolhimento de pilhas utilizadas!). Ou, no caso da mudança na matriz energética, isso só incentivaria a compra de carros novos, aumentando ainda mais a frota de veículos nas cidades.

Essas “recomendações” funcionam bem quando se trata de ambientes microclimáticos. Mas essa é uma das múltiplas realidades do clima urbano. E cer-

tamente não é a arborização de praças e ruas e a inclusão de detalhes nos edifícios que impedirão a invasão de uma massa de ar quente e seca ou o impacto pluvial concentrado. A cidade deveria ser pensada de forma a se integrar ao ambiente e não o contrário. Os exemplos apontados por Olgay (2002), mesmo não indo muito além do nível microclimático, dão uma ideia desse tipo de adequação ao descrever a variedade de estilos regionais de edificação, como naqueles povoados das regiões áridas, onde o sombreamento, a elevada espessura das paredes e o contato entre elas se apresentam 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).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- ASHCROFT, F. M. *A vida no limite: a ciência da sobrevivência*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.
- BAPTISTA, G. M. M. Ilhas urbanas de calor. *Scientific American Brasil*, v. 1, n.8, p.54-59, 2003.
- BRAZEL, A; MARTIN, J. Town planning, architecture and building. In THOMPSON, R. D; PERRY, A. *Applied Climatology*. Londres: Routledge, 1997.
- DEVASTAÇÃO deixa zona leste mais quente. *Folha de São Paulo*, São Paulo, 10 set. 2000. Cotidiano, p. C3.
- DETWYLER, T. R.; MARCUS, M. G. *Urbanization and environment*. The physical geography of the city. Belmont: Duxbury Press, 1972.
- GARCIA, M. C. M. – *Estudio del clima urbano de Barcelona: la “isla de calor”*. 1990. 193 p. Tese (Doutorado) – Universidade de Barcelona, Barcelona, 1990.
- 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.
- 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.
- LOMBARDO, M. A. *Ilha de Calor nas Metrôpoles: O exemplo de São Paulo*. São Paulo: Hucitec, 1985.
- 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.

- 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.
- MONTEIRO, C. A. F. *Teoria e Clima Urbano*. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.
- _____. Por um suporte teórico e prático para estimular estudos geográficos de clima urbano no Brasil. *Geosul*, Florianópolis, n.9. 1990a. p. 7-19.
- OLGYAY, V. *Arquitectura y clima*. Manual de diseño bioclimático para arquitectos y urbanistas. Tradução de Josefina Frontado y Luis Clavet. 2a. ed. Barcelona: Editorial Gustavo Gili, 2002. 203 p. Título original: Design with climate. Bioclimatic approach to architectural regionalism.
- PITTON, S. E. C. *As cidades como indicadoras de alterações térmicas*. 1997. Tese (Doutorado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.
- QUADROS, S. *A termodinâmica e a invenção das máquinas térmicas*. São Paulo: Scipione, 1996.
- 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- STAMP, L. D. *Applied Geography*. Harmondsworth: Penguin Books, 1969.
- 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).
- 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.

- TRICART, J. *Ecodinâmica*. Rio de Janeiro: IBGE, Diretoria Técnica, SUPREN, 1977.
- 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.
- ZAMPARONI, C. A. G. P. *Ilha de Calor em Barra dos Bugres e Tangará da Serra – MT*. Uma contribuição ao estudo do clima urbano em cidades de pequeno porte em área tropical. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.