

## MINI-CURSO

### CLIMA URBANO: ASPECTOS TEÓRICOS E METODOLÓGICOS

Marcos Barros de Souza  
Doutorando em Geografia Física – FFLCH/USP  
E-mail: [souzamb@usp.br](mailto:souzamb@usp.br)

**Dia: 09 de setembro de 2010**

**Período: tarde**

**Número de vagas: 30**

**Procedimentos:** Curso Teórico-Prático com a utilização de textos que abordam a temática “Clima Urbano”, bem como a apresentação de equipamentos para coleta de dados (equipamentos utilizados em estações meteorológicas fixas e móveis).

#### 1. Introdução

As preocupações com as condições climáticas e melhoria da qualidade de vida da população das metrópoles, assim como de cidades de pequeno e médio porte, levaram vários estudiosos a realizarem pesquisas sobre essas temáticas.

A interação dos elementos vento, chuva, temperatura, umidade e radiação contribui para a formação das regiões bioclimatológicas da terra nas quais, historicamente, nasceram e interagem todas as formas de vida. Portanto, pode-se dizer que o clima, mais que quaisquer outros sistemas naturais, transcende todas as fronteiras das atividades naturais e humanas, influenciando na água, nas plantas, na fauna e na agricultura. É a atuação desses fatores e elementos que determina as condições climáticas dos lugares e é responsável pelas diferenças entre as paisagens (PINHEIRO, 2008).

Quanto aos fatores climáticos, como relevo, latitude, altitude, distância ou proximidade do mar, posição geográfica e vegetação, são estáticos e influenciam o clima em menor grau de intensidade, em mesoescala. Quando a escala do estudo torna-se local, a topografia, a superfície do solo e a vegetação passam a ser relevantes nas alterações dos aspectos ambientais do sítio urbano (PINHEIRO, 2008).

Pela interação entre esses componentes e fatores climáticos, e considerando-se ainda as diversas regiões da terra, que ocorre a formação dos climas.

Os processos de urbanização e industrialização, ao mesmo tempo em que constituem um excelente indicador do nível de desenvolvimento alcançado, também comportam problemas relacionados com a deterioração geral do meio urbano e da sua qualidade de vida.

A investigação e a análise do clima urbano proporciona benefícios que visam tornar a vida nas cidades mais agradável e saudável para seus habitantes. O

estudo do clima urbano é fundamental para o desenho urbano, apresentando subsídios para que se possam desenvolver outros estudos apropriados para o planejamento e ordenação do espaço urbano, focado em sua totalidade.

É preciso ter-se uma visão ambiental nos processos técnicos, econômicos, políticos e de desenho que dão forma ao meio urbano. É necessário considerarem-se os processos naturais que ocorrem na cidade e buscar-se sempre o desenvolvimento sustentável, uma vez que essa sustentabilidade está diretamente relacionada com mudanças radicais relacionadas com as questões que envolvem a pobreza, a poluição, a tecnologia e os estilos de vida. Deve-se ter em mente que, para se alcançar a sustentabilidade ambiental, é necessário uma participação democrática de todos (PINHEIRO, 2008).

## 2. Aspectos teóricos e metodológicos do clima urbano

A seguir são apresentados conceitos de alguns termos ligados os estudos climáticos.

Os termos **mudança do clima**, **alterações climáticas** ou **mudanças climáticas** referem-se à variação do clima em escala global ou dos climas regionais da Terra ao longo do tempo. Estas variações dizem respeito a mudanças de temperatura, precipitação, nebulosidade e outros fenômenos climáticos em relação às médias históricas. Tais variações podem alterar as características climáticas de uma maneira a alterar sua classificação didática.

Yevjevich (1972) define **tendência** em uma série temporal como uma mudança sistemática e contínua em qualquer parâmetro de uma dada amostra, excluindo-se mudanças periódicas ou quase periódicas.

Goossens e Berger (1986) apresentam as definições de alguns termos usados para caracterizar **modificações climáticas**: **mudança climática** é um termo completamente geral que engloba todas as formas de inconstâncias climáticas de natureza estatística ou de causas físicas; **flutuação climática** é qualquer forma de mudança sistemática regular ou irregular, exceto a tendência e mudança abrupta; **oscilação climática** é a flutuação na qual a variável tende a mover-se gradualmente e de forma suave entre sucessivos máximos e mínimos; **tendência climática** é uma mudança climática caracterizada por um suave acréscimo ou decréscimo nos valores médios no período de registro; **mudança climática** abrupta é uma mudança abrupta e permanente, durante o período de registro, de um valor médio para outro.

A *World Meteorological Organization* – Organização Meteorológica Mundial (WMO, 2006), no intuito de organizar a terminologia empregada pelas ciências da atmosfera, na qual se inclui um ramo da climatologia, no que se refere às definições empregadas na análise das mudanças climáticas, propôs a seguinte conceituação:

- **descontinuidade climática**: mudança abrupta e permanente de um valor médio durante o período de registro;

- **flutuação climática**: qualquer mudança que se expresse por duas máximas (ou mínimas) e uma mínima (ou máxima) observada no período de registro;

- **mudança climática:** toda e qualquer manifestação de inconsistência climática, independente de sua natureza estatística, escala temporal ou causas físicas:

- **oscilação climática:** flutuações onde se registram máximas e mínimas sucessivas;

- **periodicidade climática:** oscilação em que as máximas e as mínimas ocorrem a intervalos de tempos constantes;

- **tendência climática:** aumento ou diminuição lenta dos valores médios ao longo de uma série de dados de, no mínimo, três décadas, podendo ou não ocorrer de forma linear;

- **vacilação climática:** flutuação na qual a variável tende a permanecer, alternadamente, em torno de dois (ou mais) valores e a movimentação de um valor médio para o outro ocorre a intervalos regulares e irregulares;

- **variabilidade climática:** maneira pela qual os parâmetros climáticos variam no interior de um determinado período de registro, expressos através de desvio-padrão ou coeficiente de variação;

- **variação climática:** flutuação sem padrão específico, observado em escalas de décadas.

A partir da década de 1970 intensificaram as pesquisas sobre a temática do clima.

Titarelli (1972) demonstrou no que se refere aos aspectos locais do clima e sua repercussão no espaço geográfico, a partir de uma análise rítmica, a onde de frio de abril de 1972 e aponta a importância da circulação atmosférica na produção dos tipos de tempo.

Oke (1974) traçou o perfil das ilhas de calor dos grandes centros urbanos, descrevendo que o local da cidade com maior atividade antrópica, normalmente o centro, se caracteriza por ser mais quente que os bairros residenciais e periféricos. Esse perfil foi chamado de “perfil clássico das ilhas de calor”. Destaca o centro da cidade como o “pico” (*pick*) da ilha de calor. A temperatura vai diminuindo gradativamente conforme aumenta a distância do centro chegando ao que o autor caracteriza por “*plateau*”. O limite entre a área urbana e a área rural é representado pela queda brusca da temperatura, que o autor conceitua como “penhasco” (*cliff*).

A Figura 1 mostra o perfil clássico da ilha de calor de grandes centros urbanos (OKE, 1974) e a Figura 2 mostra a representação esquemática de uma seção transversal genérica de uma típica ilha de calor urbano, mostrando os conceitos de “*pick*”, “*cliff*” e “*plateau*” (OKE, 1978).

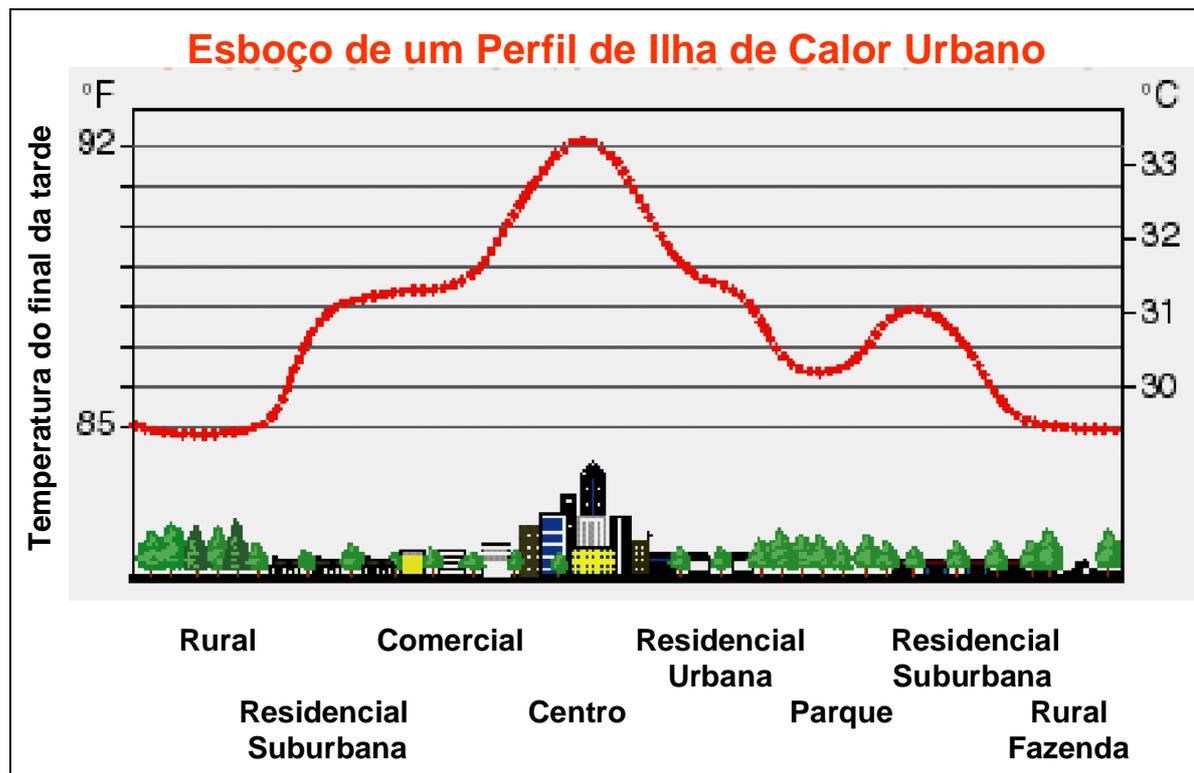


Figura 1 – Perfil clássico da ilha de calor de grandes centros urbanos. Fonte: Adaptado de Oke (1974) e EPA (1992).

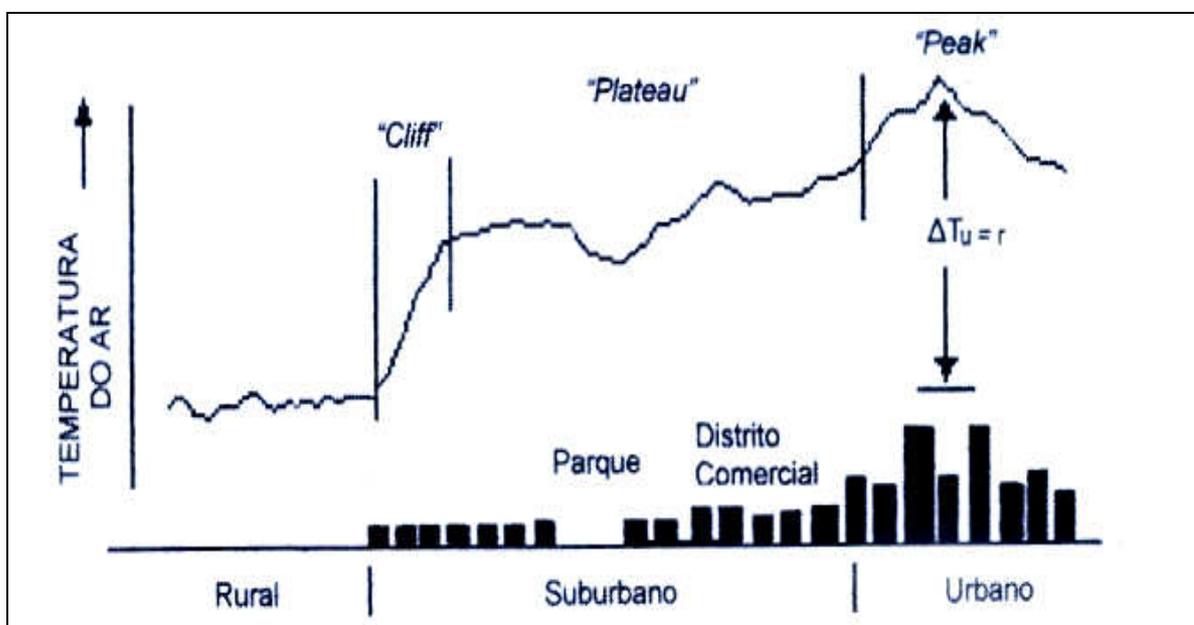


Figura 2 – Representação esquemática de uma seção transversal genérica de uma típica ilha de calor urbano, mostrando os conceitos de “*pick*”, “*cliff*” e “*plateau*”. Fonte: Adaptado de Oke (1978).

Monteiro (1976a), analisando o papel do clima na definição que chama de “sistema geográfico ambiente” e a organização econômica do Estado de

São Paulo, propõe um roteiro de abordagem através da entrada de fluxos de energia do potencial ecológico determinado pelos atributos atmosféricos e demais elementos do meio e pelo impacto da atividade humana no desgaste funcional e qualidade ambiental.

Monteiro (1976b), ao estudar o clima urbano o tratou como uma das variáveis para se compreender a cidade e assim conhecer os mecanismos fundamentais de geração e as características básicas do clima urbano.

Segundo Monteiro (1976b) o clima urbano é um sistema complexo, dentro da Teoria Geral dos Sistemas, aberto, adaptativo que, ao receber energia do ambiente maior no qual se insere, a transforma substancialmente a ponto de gerar uma produção exportada ao ambiente. A opção pela Teoria Geral dos Sistemas se deve à complexidade dos fenômenos urbanos e sua riqueza associativa. Neste sentido, o crescimento urbano pode afetar um ou mais elementos do clima local, sendo necessário compreender as relações dos fatos termodinâmicos do ar dentro da cidade com os fatos específicos da própria condição humana.

De acordo com Monteiro (1976b, p.134)

“A cidade gera um clima próprio (clima urbano), resultante da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada de limite urbano e que agem no sentido de alterar o clima em escala local. Seus efeitos mais diretos são percebidos pela população através de manifestações ligadas ao conforto térmico, à qualidade do ar, aos impactos pluviais e a outras manifestações capazes de desorganizar a vida da cidade e deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes”.

Monteiro (1976b), desta maneira desenvolve uma metodologia de análise em que considera o clima urbano como um sistema, denominado Sistema Clima Urbano (SCU), composto de subsistemas, que se articulam segundo canais de percepção climática. A cidade gera um clima próprio, o clima urbano, que é o resultado da interferência de todos os fatores que se processam sobre a camada de limite urbano, agindo no sentido de alterar o clima em escala local. Os efeitos mais diretos são percebidos pela população através de manifestações capazes de desorganizar a vida da cidade e deteriorar a qualidade de vida de seus habitantes.

Segundo Oke (1978), o clima urbano pode ser definido como o resultado das modificações causadas pelo processo de urbanização da superfície terrestre e da interferência dessa urbanização nas características da atmosfera de um determinado local.

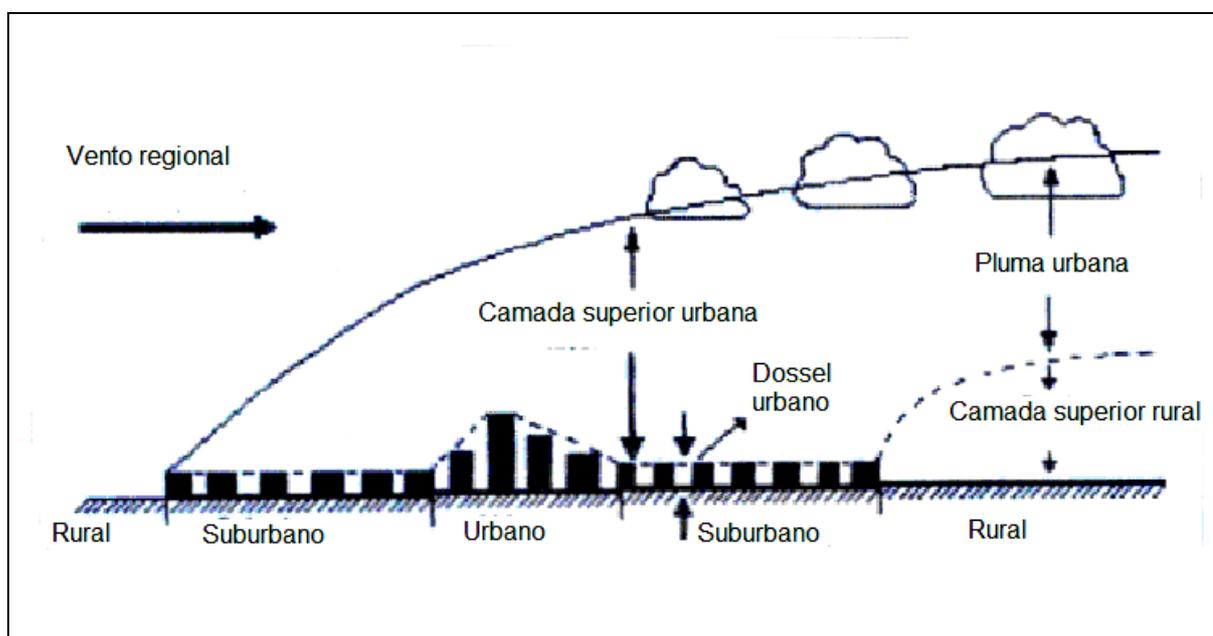
Segundo Ayoade (1978) as alterações climáticas são percebidas com maior intensidade nos grandes centros urbanos. Um aspecto do clima urbano importante para observação e estudo, devido às suas amplas implicações, é o fenômeno conhecido por “ilha de calor”. Os fatores antropogênicos concorrem para a produção do estresse térmico em determinadas manchas urbanas, aumentando, assim, a temperatura. Desta forma, nos estudos de clima urbano, deve-se considerar o uso e a ocupação do solo, associados à geomorfologia e suas feições resultantes. A cidade deve estar inserida em seu entorno, articulando-se o urbano e o rural ao invés de ser estudada por si só.

Comparações entre o urbano e o rural constituem a melhor via para apreender e avaliar a modificação climática causada pelo processo de urbanização.

O ar escoado da zona rural para a cidade encontra um novo e muito diferente grupo de conduções de fronteiras, a fronteira da camada urbana, os *canyons* entre os prédios (OKE, 1978).

Oke (1978) introduziu importantes conceitos para a análise do clima urbano, como o *sky view factor* (relacionado à cobertura da superfície urbana pelas edificações e vegetação urbana), o efeito oásis (frescor derivado de áreas verdes urbanas) e o papel da mistura dos solos na formação da ilha de calor.

Oke (1979) resumiu os fatores que causam o fenômeno das ilhas de calor urbanas e as subdividiu em mecanismos da camada superior (*boundary layer*) e mecanismos da camada limite do dossel (*canopy boundary layer*). Os principais mecanismos que afetam a camada superior (*boundary layer*) são: calor antropogênico provenientes de telhados, aglomeração de telhas e chaminés; calor percorrido da camada dossel; calor excedente do ar pelo processo de convecção; e fluxo de radiação de onda curta que converge com a poluição do ar. Os mecanismos que mais afetam a camada limite do dossel (*canopy boundary layer*) incluem: o calor antropogênico das construções; alta absorção de ondas curtas das construções; decréscimo do fluxo de ondas longas perdidas; alto armazenamento do calor pelos materiais de construção civil (armazenam calor durante o dia e liberam calor no período noturno); excesso de calor sensível pela diminuição do fluxo de calor latente; e convergência do calor sensível pela redução da velocidade do vento (Figura 3).



**Figura 3 – Representação esquemática das camadas da atmosfera urbana (*urban boundary layer* e *canopy boundary layer*). Fonte: Adaptado de Henderson-Sellers e Robinson (1989).**

Lombardo (1984), em trabalho sobre mudanças climáticas traz uma importante análise das alterações ocorridas na atmosfera e distingue as alterações de origem natural e as alterações derivadas da ação antrópica.

Lombardo (1985) relata que é nas áreas urbanas que os sistemas naturais mais sofrem alterações, causadas pela ação antrópica, principalmente por conta dos elementos que constituem a cidade, como: remoção da cobertura vegetal, impermeabilização do solo através de espessas camadas asfálticas e de cimento, que impossibilitam a infiltração da água das chuvas, modificando o regime de escoamento superficial e de evaporação d'água do solo, o que implica na redução da umidade relativa do ar.

Lombardo (1985) relata que as condições climáticas de uma área urbana extensa e de construção densa são totalmente distintas daquelas dos espaços abertos circundantes, podendo haver diferenças de temperatura do ar, de velocidade do vento, de umidade relativa do ar e de pureza do ar. O desenho físico urbano, desde a escala de edifícios até as áreas metropolitanas pode ter forte repercussão nas condições climáticas locais.

Uma das grandes modificações causadas pelo ambiente urbano é a drástica substituição das áreas verdes que, tanto na área urbana quanto nas áreas circunvizinhas às cidades, exercem enorme influência no clima local, regional e global (LOMBARDO, 1985; MONTEIRO, 2003).

Monteiro (1990b) produziu um esquema para abordagem da análise do campo térmico nas cidades brasileiras, sendo que pressupõe a necessária flexibilidade e ajuste segundo a análise que se fará. Deve ser levado em considerado três fatores decisivos de variáveis condicionantes: a) o tamanho e grau de complexidade da cidade; b) condições técnicas – aparelhagem – de análise; c) tamanho e grau de capacitação da equipe de trabalho de campo ou pesquisador individual.

Mendonça (1994) relata que a cidade é o exemplo mais evidente da modificação do clima local, devido a introdução de formas artificiais, como as edificações, a concentração de equipamentos e pessoas, a impermeabilização do solo, a canalização de córregos, dentre outras. Desta forma, o ambiente urbano apresenta anomalias térmicas, higrométricas e pluviométricas, criando um verdadeiro clima urbano, de acordo com Monteiro (1976).

De acordo com Tarifa (1994), dentre as maiores dificuldades da análise geográfica do clima se destacam o curto segmento temporal das séries históricas e as falhas e inconsistências dos dados meteorológicos. Assim, a tarefa de elucidação da gênese das alterações dos elementos do clima fica prejudicada, pois a partir da análise dos dados das séries temporais, que não são suficientemente longas, é difícil separar as oscilações climáticas naturais daquelas decorrentes dos processos antropogênicos.

Sant'Anna Neto (1995), amparado nas concepções de Monteiro (1976b e 1991) presume que a climatologia oferece à pesquisa geográfica um importante instrumento de investigação nas relações entre o ambiente (recurso natural) e a sociedade. No momento em que o homem avança na conquista e na ocupação do território, primordialmente como um substrato para a produção agrícola e a criação de rebanhos e, posteriormente, erguendo cidades, expandindo o comércio, extraindo recursos naturais e instalando indústrias (ou seja, ao transformar a superfície terrestre) este se constitui no principal agente modificador do ambiente, que responde às alterações impostas pelo homem, resultando em níveis variados de derivações dos sistemas, naturais e antrópicos. Relata, ainda,

que na porção continental do Estado de São Paulo, estas derivações geraram processos que culminaram com situações de desequilíbrio e instabilidade ambiental que repercute tanto na eficiência quanto na rentabilidade da produção econômica, principalmente no espaço agrário. No espaço urbano, mesmo nas cidades de médio porte, a construção de uma paisagem largamente alterada provou significativas derivações na baixa atmosfera, na camada limite urbana, comprometendo a qualidade ambiental e o conforto térmico.

Amorim (2000) relata que as cidades possuem especificidades climáticas que devem ser consideradas e estas especificidades variam de intensidade de acordo com suas características próprias, podendo destacar a menor quantidade de água disponível para evaporar. A atmosfera da cidade é menos úmida do que a da zona rural, mas ocorrem variações neste quadro geral, pois durante o dia existe maior probabilidade de o ar na zona rural adquirir vapor d'água devido à presença de vegetação e por ser o solo mais permeável. Por outro lado, durante a noite a zona rural tem queda na temperatura de maneira mais rápida, deixando o ar saturado e impedindo a evaporação, até que a água presente no ar próximo à superfície vai diminuindo à medida que atinge o ponto de orvalho. Dessa forma, na cidade, que apresenta temperaturas mais elevadas durante a noite, ocorre a redução do ponto de orvalho, havendo a formação de "ilhas de umidade" (OKE, 1978).

Devido às diferenças de temperatura entre a cidade, a periferia e a zona rural, a circulação do ar ocorre de maneira diversa. No que diz respeito à velocidade do vento, esta normalmente menor nas áreas construídas, excetuadas as áreas densamente verticalizadas, que podem canalizar o ar, atingindo nestes casos velocidades maiores do que em pontos abertos entre as edificações (OKE, 1978).

Amorim (2000) explicitou como os diferentes condicionantes geocológicos e urbanos respondem à atuação dos sistemas atmosféricos e os tipos de campo responsáveis pelas maiores ou menores magnitudes dos fenômenos conhecidos como ilhas de calor e ilhas de frescos, assim como as ilhas secas e úmidas.

Amorim (2000) relata que, sob condições atmosféricas estáveis, sem a atuação da circulação regional, devido à diferença de temperatura, formam-se zonas de pressão diferenciadas, permitindo a circulação do ar da periferia (menos quente – alta pressão) em direção ao centro (mais quente – baixa pressão). Com atmosfera instável a cidade tem a velocidade do vento diminuída em relação à zona rural. As áreas da cidade com maior concentração de áreas verdes ou as próximas a reservatórios d'água propiciam o declínio da temperatura. Lombardo (1995, p. 53) relata que "... isso pode ser explicado tendo em vista que a maior quantidade de vegetação implica em mudança do balanço de energia, já que as plantas, através do processo de fotossíntese e transpiração, absorvem a radiação solar. Do mesmo modo, as massas d'água interferem no balanço de energia, em função de sua alta capacidade calorífica, bem como do consumo de calor latente pela evaporação".

Amorim (2000) relata que vários trabalhos apresentaram a influência da vegetação no ambiente da cidade, sendo responsáveis por amenizar as temperaturas mais elevadas que provocam desconforto térmico, além de diminuir a velocidade do vento e os impactos provocados pela precipitação. Podem ser

destacados os seguintes: Kopec (1970), que mostrou a influência da vegetação na velocidade do vento; Gomez e Garcia (1984), que encontraram diferenças significativas dentro da ilha de calor devido à presença de um parque; Oke *et al.* (1989), que abordou aspectos micrometeorológicos de uma floresta urbana e seus efeitos na temperatura; Pitton (1997), que enfatizou que as áreas verdes interceptam, absorvem, refletem e transmitem radiação solar, captando e transmitindo água, além de interferirem na direção e velocidade do vento, sendo responsáveis por registros de temperaturas mais reduzidas mesmo na área central; Danni (1987) e Cruz (1995), que também obtiveram os resultados parecidos.

Amorim (2000, p. 33) destaca que:

“Habitualmente o planejamento urbano não considera as condições climáticas locais, cuja tecnologia é importada dos países de altas latitudes. A ocupação colonial deixou como herança, técnicas de construção e desenho urbano adotado dos países europeus, além da estrutura arquitetônica vigente nos Estados Unidos e Europa”.

Desta forma, o estudo de clima urbano, além da quantificação das alterações detectadas, torna fundamental uma análise geográfica do fenômeno, ou seja, estabelece relações entre os dados mensurados e os elementos componentes da cidade. Estes estudos podem contribuir para a melhoria da qualidade ambiental, pois a formação das ilhas de calor cria uma circulação do ar na cidade que favorece a concentração de poluentes, podendo provocar distúrbios nas pessoas, tais como: doenças respiratórias, circulatórias, e, nos países tropicais, grande desconforto térmico, provocado pelas elevadas temperaturas comuns nestas latitudes.

Segundo Castro (2000) a rápida expansão das cidades tem modificado o espaço geográfico, sobretudo quando se trata de qualidade ambiental. O aumento demográfico e a concentração das atividades comercial, financeira, institucional e industrial têm gerado uma valorização do espaço urbano, que contribui para o crescimento e o adensamento das áreas edificadas.

O clima é o resultado de complexas interações entre elementos climáticos (temperatura, umidade, precipitação, evaporação, dentre outros) e processos físicos que envolvem a atmosfera, o oceano e as superfícies sólidas (vegetadas ou não) (SANT'ANNA NETO, 2000 e CONTI, 2000).

Sant'Anna Neto (2000) destaca a importância de se distinguir as mudanças climáticas que ocorreram na escala geológica do tempo (em milhares de anos), da variabilidade climática (de curta duração), que ocorre em um período de tempo perceptível na escala humana. As alterações no comportamento atmosférico de um ano para outro não significam, necessariamente, mudanças climáticas (CONTI, 2000).

O processo de urbanização das cidades, com seu acelerado crescimento populacional, causa alterações na sua atmosfera. Essas alterações decorrem, em sua maioria, de atividades antropogênicas, tais como: emissão de poluentes, que afetam a transferência de radiação e acrescentam núcleos de condensação no ar, aumentando a precipitação; atividades industriais intensas; supressão da vegetação nativa; adensamento populacional; densidade e geometria das edificações, que criam uma superfície rugosa determinante na circulação do ar

e no transporte de calor e vapor d'água; materiais de construção; asfaltamento das ruas que aumentam o estoque de calor; impermeabilização do solo que aumenta a possibilidade de enchentes (MONTEIRO, 2003).

A crescente industrialização e urbanização descontrolada, além de problemas ambientais de poluição e degradação ambiental, geraram intensas transformações na superfície terrestre resultando em modificações climáticas (MONTEIRO, 2003).

Monteiro (2003, p. 19), define o clima urbano como sendo “um sistema que abrange o clima de um dado espaço terrestre e sua urbanização”. O enfoque atual do estudo do clima urbano concentra-se, essencialmente, em temáticas como: a contaminação da atmosfera e a qualidade do ar (a poluição atmosférica e seus efeitos sobre a saúde); o conforto térmico (configuração de ilhas de calor) e os impactos pluviais concentrados (geradores de freqüentes inundações).

De acordo com Gonçalves (2004), a interação entre o homem e o clima é global, mas manifesta-se também em escalas locais na forma de ilhas de calor, que são reguladas por condições meteorológicas e, também, moderada pelas ações do homem. As ilhas de calor urbano são caracterizadas como o espaço urbano no qual a temperatura é mais alta quando comparada com as áreas rurais ao redor. As ilhas de calor são causadas pelo desequilíbrio no balanço de energia em áreas construídas como resultado do comportamento térmico dos materiais utilizados nas construções e nas vias urbanas e pelas alterações na difusão de calor introduzidas através do uso do espaço e do solo urbanos. A característica mais marcante das ilhas de calor é sua intensidade, que é a diferença entre a máxima temperatura urbana e a mínima temperatura rural e suas variações espaciais e temporais. Esta característica está diretamente ligada a fatores naturais (situação sinóptica, tempo, vento, topografia e presença de superfícies de água) ou urbanas (morfologia urbana e atividades humanas) que contribuem para a formação e condicionamento das ilhas de calor. As ilhas de calor podem determinar o conforto climático de populações urbanas, afetando sua saúde, seu trabalho e suas atividades de lazer. Há também efeitos econômicos, como custos de controle climático dentro dos prédios e efeitos ambientais como a formação de *smog* (fenômeno que ocorre principalmente nas grandes cidades, se caracterizando como a mistura de gases, fumaça e vapores de água, formando uma grande massa de ar) nas cidades e a degradação de áreas verdes.

Gonçalves (2004) conclui que os estudos biometeorológicos nas cidades mostram ser cada vez mais importante para um bom nível de vida, principalmente nas grandes metrópoles e devem ser considerados no planejamento urbano. Em regiões com climas mais temperados os efeitos de ilha de calor podem ser considerados benéficos, tornando zonas urbanas locais mais confortáveis. No entanto, pode haver casos em que este efeito seja negativo, com a população procurando meios de amenizar o estresse com o uso de aparelhos de ar condicionado, maior consumo de água, dentre outros e, assim, consumindo mais recursos. Existe uma série de soluções para diminuir os efeitos negativos da urbanização como a redução de emissões através de aplicação de legislação mais rígida, aumento significativo de áreas verdes, principalmente nas metrópoles, transporte coletivo de massa, dentre outros.

Veríssimo e Mendonça (2004) realizaram estudo cujo objetivo foi considerar aspectos sobre o clima urbano de Curitiba (PR) e sua influência nos cidadãos, principalmente com relação à saúde, a partir da análise de pesquisas já realizadas por especialistas ligados a esta temática. Os procedimentos metodológicos adotados constaram de levantamento bibliográfico sobre o clima urbano da cidade e suas repercussões na saúde da população. De acordo com o resultado dos estudos realizados Curitiba (PR) vem apresentando modificações significativas em suas condições climáticas locais. Nas áreas onde se concentram edifícios, trânsito de veículos, indústrias e pessoas, as temperaturas do ar tendem a ser mais elevadas do que nas áreas verdes e de baixa densidade de edificações e pessoas. Com relação à poluição das camadas atmosféricas, os estudos mostraram que o aumento expressivo da frota de veículos e as indústrias se constituem nas principais fontes de poluentes do ar, o que repercute no aumento de doenças, principalmente do sistema respiratório, sobretudo no inverno. O impacto das precipitações tem gerado problemas para a população instalada em áreas sujeitas à inundações, notadamente no que concerne ao eixo do rio Iguaçu e os afluentes que drenam áreas urbanizadas, repercutindo no aumento do caso de leptospirose na cidade.

Segundo Oke (2005) as trocas de calor que ocorrem no interior das áreas urbanas, agravadas pela intensificação do processo de urbanização, são responsáveis pela formação da ilha de calor, como conseqüência das alterações no clima local. Porém, existem situações em que as trocas de calor extrapolam o centro urbano, a exemplo das relações que ocorrem entre o ambiente rural e o ambiente urbano ou entre a periferia e o centro das cidades, devido principalmente as diferenças de temperatura, proporcionando que a cidade provoque alterações que vão além dos limites da cidade.

Para Alcoforado *et al.* (2006) os problemas climáticos mais comuns nas cidades estão associados à temperatura do ar e à circulação do ar. A diminuição da velocidade do vento de gradiente tem como resultado a diminuição no arrefecimento das áreas urbanas, o que não impede que as construções e os edifícios em particular possam pontualmente acelerar o vento, mudar sua direção e aumentar a turbulência mecânica, com conseqüências que em determinadas circunstâncias pode acarretar prejuízos para a população das áreas urbanas.

Segundo Landsberg (2006) a avaliação da mudança no clima causada por uma implantação humana é muito difícil, considerando que muitas vilas e cidades foram construídas em locais nos quais as condições que governam o clima são muito complicadas. Cita que locais na costa que permitam a construção de bons portos, vales que favoreçam o tráfego e o comércio e promontórios que sejam fortalezas naturais, normalmente já possuem um clima bem distinto do seu entorno. A acentuação ou a eliminação das diferenças causadas pela posição ou topografia tende a ocorrer com o desenvolvimento das cidades.

Landsberg (2006) estudou as modificações climáticas locais produzidas nas cidades, destacando a redução da radiação solar, a elevação da temperatura devido ao calor liberado nas cidades, o aumento da nebulosidade e dos nevoeiros que se tornam mais espessos e freqüentes, o decréscimo da umidade relativa do ar, o aumento da produção de núcleos de condensação, a

redução da queda de neve, a diminuição da velocidade dos ventos e o aumento dos períodos de calmaria.

De acordo com Pinheiro e Amorim (2007), o processo de urbanização no Brasil ocorreu, na maioria das cidades, de forma desordenada, sendo esta uma característica comum nos países de economia periférica. As aglomerações nos núcleos urbanos desses países ocorreram, muitas vezes, sem planejamento ambiental e urbano adequados. Atualmente 78% da população mundial vivem em áreas urbanas, sendo que a maioria dessas áreas carece de planejamento sócio-econômico e ambiental. As cidades mesmo não ocupando grandes extensões territoriais são as maiores transformadoras do meio natural. De acordo com Oke (1978) a influência da urbanização nas temperaturas está relacionada não somente ao número de habitantes, mas também à densidade da população, a concentração das áreas construídas, à geometria dos prédios, dentre outros fatores. As transformações na paisagem causadas pela retirada da vegetação original, pelo aumento da circulação de veículos e pessoas, pela impermeabilização generalizada do uso, pelas mudanças no relevo, pela concentração de edificações, além do lançamento de partículas e gases poluentes na atmosfera, devido ao surgimento das cidades, alteram o balanço de energia e o balanço hídrico, conforme relatado por Amorim (2000).

Pinheiro e Amorim (2007) afirmam que as áreas das cidades com maior concentração de espaços verdes ou as próximas a reservatórios d'água propiciam o declínio da temperatura. Lombardo (1995) explica que, tendo em vista que a maior quantidade de vegetação implica em mudanças do balanço de energia, pois as plantas através do processo de fotossíntese e transpiração absorvem a radiação solar e as massas d'água interferem no balanço de energia, em função de sua alta capacidade calorífica, assim como do consumo de calor latente pela evaporação. O processo de urbanização de uma determinada área causa uma série de transformações na paisagem, como: retirada da vegetação original local, aumento da poluição causada pela maior circulação de veículos e pessoas, as enchentes causadas pela impermeabilização generalizada do solo, a ocupação indevida do relevo, a concentração de edificações nas áreas urbanas, a canalização de córregos, dentre outras.

Pinheiro e Amorim (2007) relatam que, para o estudo do clima urbano são analisados vários aspectos, como: ventilação (influencia na difusão e dissipação dos poluentes atmosféricos, na visibilidade, na temperatura e na umidade); quantidade de emissão de poluentes lançados na atmosfera local de uma determinada cidade; uso de materiais não adequados nas construções e edificações; redução de áreas verdes; falta de planejamento urbano adequado, dentre outros. Assim, o processo de urbanização sem um planejamento adequado altera o balanço de radiação da superfície, pois houve a substituição dos materiais naturais pelos materiais urbanos, provocando uma mudança nos processos de absorção, transmissão e reflexão.

Em seguida aos estudos dos aspectos teóricos e metodológicos do clima destacam-se as pesquisas relacionadas ao clima urbano, com destaque para as cidades de pequeno e médio porte.

### **3. O clima urbano em cidades de pequeno e médio porte**

As preocupações com as condições climáticas e melhoria da qualidade de vida da população levaram vários estudiosos a realizarem pesquisas sobre essas temáticas, com destaque para cidades de pequeno e médio porte. Dentre essas pesquisas destacam-se, também, aquelas sobre as variações da temperatura do ar e da umidade relativa do ar nas cidades.

Tavares (1975) apresenta um dos primeiros trabalhos sobre o clima urbano, exemplificando o caso de Campinas (SP) e mostrando as influências que as alterações antrópicas provocam no clima local.

Monteiro e Tarifa (1977) realizaram, em Marabá (PA), um trabalho de observação e de medidas climatológicas de campo, com o objetivo de testar metodologias, formular hipóteses e avaliar técnicas aplicadas ao estudo do clima local, comprometido com o processo de urbanização e crescimento. Este estudo serviu como base para o planejamento urbano de Marabá, que naquele momento era um pólo de desenvolvimento regional.

Sartori (1979) fez uma tentativa de verificação do efeito da “ilha de calor” em Santa Maria (RS), através de um trabalho de campo dentro da cidade, com registros de três ambientes distintos durante três dias.

Fonzar (1981) fez um estudo das alterações climáticas a nível regional, através de um “modelo matemático”, onde foram avaliadas as modificações das temperaturas e precipitação. Este estudo foi executado a nível local na cidade mais expressiva da região da Alta Sorocabana do Estado de São Paulo (Presidente Prudente), onde foi detectada a existência de “ilha de calor urbano”.

Sette (1996) contribuiu para o conhecimento do clima regional do Estado de Mato Grosso, principalmente no que se refere aos processos genéticos da pluviosidade nos climas Tropicais Alternadamente Úmido e Seco, também para a caracterização do clima local de Rondonópolis (MT), fornecendo subsídios às pesquisas voltadas à análise ambiental.

Tavares (2002), na perspectiva da identificação de padrões climáticos diferenciados entre as áreas urbanas e rurais do município de Sorocaba (SP), analisou a variabilidade do clima local, relacionando-o com a expansão territorial urbana e demonstrando as modificações ocorridas em função do processo de urbanização.

Amorim (2002) realizou estudo do clima urbano da cidade de Presidente Prudente (SP), cidade de médio porte localizada no Pontal do Paranapanema, extremo oeste paulista. A autora discute os resultados das medidas de campo obtidas através de mini-abrigos fixos espalhados pela malha urbana e comenta sobre as relações entre os dados colhidos e os padrões de ocupação.

Hack (2002) aborda nesta pesquisa os efeitos das chuvas concentradas e dos episódios calamitosos de verão em Petrópolis (RJ), cidade serrana fluminense, tanto a partir dos dados pluviométricos, quanto da repercussão deste elemento meteorológico no espaço urbano retratado na imprensa local. Foram caracterizadas as áreas de risco em função da topografia do sítio urbano e avaliadas as condições impactantes em termos de escorregamentos e inundações.

Silva, Tommaselli e Amorim (2002) fizeram um trabalho inovador a respeito do comportamento do clima urbano de Penápolis (SP), cidade de médio porte do oeste paulista, analisando um episódio de inverno para demonstrar as variações que a mancha urbana provoca nos condicionantes atmosféricos.

Vicente, Tommaselli e Amorim (2002) realizaram trabalho sobre conforto térmico da área urbana de Presidente Prudente (SP), demonstrando as condições termo-higrométricas típicas das habitações. Foram analisados os resultados alcançados à luz dos conceitos de qualidade ambiental e de vida.

Viana (2006) investigou as características da temperatura do ar e da umidade relativa do ar nos espaços intra-urbano e rural em Teodoro Sampaio (SP), em diferentes horários diários, nos meses de janeiro e junho de 2005 (verão e inverno), utilizando um transecto móvel acoplado num veículo automotor. Os resultados revelaram ilhas de energia térmica na magnitude de 4°C as 21h00min.

Castilho (2006) realizou pesquisa com o objetivo de analisar a relação do clima urbano de São José do Rio Preto e sua influência no agravamento ou incidência de enfermidades cardíacas e respiratórias, durante o verão e inverno de 2005. Observou-se no estudo do clima urbano que os bairros mais adensados, com ausência de vegetação, registram a formação de uma ilha de calor, enquanto que os setores que possuem melhor infra-estrutura, como maior presença de espaços verdes e menor adensamento de edificações, mostram a formação da ilha de frescor, sendo áreas mais confortáveis à vida humana. Na abordagem das enfermidades verificaram-se números elevados de enfermos no inverno, devido às condições atmosféricas desfavoráveis à saúde humana, principalmente com seqüentes atuações de sistemas atmosféricos frios e secos. A distribuição espacial das enfermidades mostrou íntima relação entre as condições socioeconômicas da população e a ocorrência das patologias. Houve também uma analogia entre as condições climáticas urbanas mais adversas e o aumento na incidência das enfermidades, como nos bairros adensados da zona Norte e ao entorno do setor central. Finalizando relatou que a pesquisa objetivou, também, oferecer subsídios ao poder público na tentativa de melhorar as condições ambientais e de saúde da cidade e conseqüentemente a qualidade de vida da população de São José do Rio Preto (SP).

Coltri (2006) relata que as mudanças climáticas globais, regionais e locais representam, na atualidade, uma das maiores preocupações da humanidade. Essas mudanças podem ocorrer tanto a partir de causas naturais quanto a partir de causas antrópicas. As áreas das cidades se caracterizam por apresentarem temperaturas mais elevadas quando comparadas com as áreas rurais. Essa anomalia térmica causa a formação de ilhas de calor e esse fenômeno é reconhecidamente importante em estudos de clima urbano. Assim, o objetivo da pesquisa foi, através de técnicas do sensoriamento remoto, identificar e analisar as ilhas de calor do Município de Piracicaba (SP), verificando sua sazonalidade, intensidade e morfologia. Para tanto foi necessário realizar uma análise climática regional e verificar a possibilidade do uso do algoritmo de transformação termal do *software* IDRISI 3.2 nas imagens do satélite *Landsat 7*. Para validar o algoritmo foram aplicados dois métodos de transformação de temperatura aparente de superfície. Para a análise climática regional foram estudados os principais elementos climáticos do Município de Piracicaba (SP) utilizando-se de dados da

Estação Meteorológica da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo, entre os anos de 1950 e 2005 e estes foram correlacionados com variáveis da urbanização.

Coltri (2006) concluiu, com os dados encontrados, que os elementos temperatura do ar, precipitação, umidade relativa do ar e evaporação tiveram tendência de aumento no período estudado e todos eles foram classificados como tendências climáticas. A temperatura do ar apresentou tendência de aumento mais acentuada e se correlacionou positivamente com o aumento da urbanização. O algoritmo de transformação do *software* IDRISI 3.2 para o satélite *Landsat 7* foi validado, sendo uma importante ferramenta para a utilização de imagens de melhor resolução. As ilhas de calor mais intensas do verão são representadas por locais com excesso de material de construção civil e pouca ou nenhuma área verde. A diferença entre a área urbana e a área rural da cidade ultrapassou 16°C no verão. O Parque da Rua do Porto é uma ilha de frescor e exerce um “efeito oásis” no centro e nos bairros vizinhos. O perfil das ilhas de calor do Município de Piracicaba (SP) não segue aquele delimitado por Oke (1978). As ilhas de calor variam sazonal e espacialmente e a intensidade destas, ao longo das estações do ano, está intimamente relacionada com a sazonalidade da cultura da cana-de-açúcar. As ilhas de calor da época da entressafra são, em média, 3,5°C mais intensas que as da época da safra. Por fim, afirmou que o uso e a cobertura do solo rural e urbano é um dos grandes agentes modificadores do clima local e regional.

Pinheiro e Amorim (2007) realizaram pesquisa que teve como objetivo comparar as características da temperatura do ar, da umidade relativa do ar e da velocidade do vento entre a cidade e o campo no município de Euclides da Cunha Paulista, localizado no oeste do Estado de São Paulo, investigando prováveis diferenças nos elementos do clima em condições adversas de uso e de ocupação do solo. A metodologia utilizada para a coleta dos elementos do clima consistiu na instalação de estações meteorológicas automáticas do tipo “Vantage PRO 2” da marca “*Davis Instruments*”, na área rural da porção oeste do Estado de São Paulo e na área urbana de Euclides da Cunha Paulista. Foram utilizados dados das duas estações fixas (rural e urbano) as 20h00min e as 22h00min, durante 31 dias no período representativo de verão. Realizou-se, ainda, análise dos sistemas atmosféricos regionais, através de imagens do satélite GOES. Para a análise dos resultados foram elaborados gráficos demonstrando as diferenças térmicas e higrométricas a partir dos horários de análise. Os resultados mostraram que embora com diferenças nem sempre significativas entre o ambiente rural e o ambiente urbano, devido à presença de precipitação na maioria dos dias de coleta dos dados, a área rural apresentou-se quase sempre com temperaturas mais baixas e umidade relativa do ar mais alta. As maiores diferenças entre os dois pontos foram observadas nos dias sem precipitação, sendo que na área urbana a temperatura foi até 5°C maior do que na área rural.

Leão (2008) estudou o comportamento do campo térmico urbano da cidade de Sete Lagoas (MG), nos meses de agosto e setembro de 2007, a partir de dados climáticos coletados na Estação Climatológica do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) e em experimentos de campo. A análise envolveu a relação entre os elementos climáticos e a tipologia de uso e ocupação do solo. A comparação entre os dados da Estação Climatológica e os dados coletados em

campo demonstrou diferenças significativas, constatando-se, portanto, a influência do uso urbano do solo no desempenho térmico da atmosfera local.

Amorim *et al.* (2009) realizaram pesquisa onde apresentam características de ilhas de calor em duas cidades de porte médio: Presidente Prudente (Estado de São Paulo, Brasil) e Rennes (França). Relatam que o intenso processo de urbanização que ocorreu durante o século XX fez com que muitos estudos sobre a ilha de calor urbano fossem realizados, principalmente nas grandes cidades como na Cidade do México, em São Paulo e em Paris. Foram poucos os estudos realizados em cidades médias. Desta forma apresentam os resultados dos estudos sobre a ilha de calor urbano em duas cidades: Rennes (França) e Presidente Prudente (Estado de São Paulo, Brasil). Os procedimentos da pesquisa foram semelhantes nas duas cidades. Foram utilizadas medidas convencionais em pontos fixos e móveis e dados térmicos do satélite Landsat-TM para determinar as mudanças do uso do solo durante os últimos vinte anos e a repartição das fontes de calor dentro das cidades na origem da formação da ilha de calor urbano.

De acordo com Amorim *et al.* (2009), Presidente Prudente é uma cidade de porte médio, localizada no oeste do Estado de São Paulo (Brasil), próxima ao Trópico de Capricórnio (22°07' de latitude Sul e 51°23' de longitude Oeste). Fundada em 1917 é a capital regional de uma extensa área agropastoril, de aproximadamente 20.000 km<sup>2</sup>. Rennes é uma cidade do oeste da França, perto do Oceano Atlântico (48°06' de latitude Sul e 1°40' de longitude Oeste). Cidade antiga chamada Redones antes da colonização romana, teve seu nome modificado naquela época para Condate (nome romano do encontro dos Rios "Ille" e "Vilaine") e depois voltou para um nome perto do antigo nome da galesa: Rennes. Atualmente Rennes é a capital administrativa da Bretanha, a primeira região francesa para a produção agrícola (27.000 km<sup>2</sup>). Com cerca de 200.000 habitantes para os dois municípios, essas duas cidades tiveram histórias diferentes, mas com tamanhos e papéis regionais semelhantes no oeste da capital econômica dos países (300 km de Paris para Rennes, 500 km de São Paulo para Presidente Prudente). Hoje são cidades, que possuem, predominantemente, atividades comerciais, universitárias e de serviços.

Amorim *et al.* (2009) concluem que a evolução da urbanização das cidades de Rennes e Presidente Prudente, mesmo com histórias e climas diferentes, mostra que esse processo tem um papel muito forte para explicar o aquecimento observado nessas regiões evidenciando a complexidade das interações climáticas locais, regionais e globais. Desta forma, o uso das imagens de satélite foi decisivo não só para mostrar as mudanças do uso do solo, mas também para evidenciar as fontes de calor (confirmadas com os transectos térmicos) dentro das cidades na origem da formação da ilha de calor urbano. Assim, verificou-se que em cidades de médio porte de climas tropical continental e temperado oceânico, a produção do clima urbano resultou da interação entre a radiação recebida e a refletida pelos tipos de materiais construtivos das edificações nos diferentes tipos de uso do solo que armazenam o calor durante o dia e são liberados nas primeiras horas após o por do sol. Como as cidades tropicais são naturalmente quentes, estas ilhas de calor são responsáveis pela intensificação do desconforto térmico e, portanto, podem ser consideradas como um indicador de

qualidade ambiental urbana. Em cidades de latitudes médias a ilha de calor urbano poderia aparecer como uma maneira de melhorar as condições térmicas, mas, na realidade, o impacto sobre a vegetação, por exemplo, é ainda pouco conhecido. Além disso, durante condições extremas como as canículas ou episódios de intensa poluição do ar na França a intensidade da ilha de calor urbano a noite é também uma causa da intensificação do desconforto térmico que gerou uma mortalidade importante.

Amorim (2009) realizou pesquisa que teve como objetivo investigar as diferenças da temperatura do ar entre a zona rural e quatro áreas urbanas (três de pequeno porte e uma de médio porte) do oeste do Estado de São Paulo (Brasil). Foram diagnosticadas, também, anomalias térmicas intra-urbanas a fim de verificar a formação de ilhas de calor nos ambientes urbanos. O clima urbano é estudado a partir da comparação com o campo circundante e dependendo das características das cidades, são detectadas diferenças da temperatura intra-urbana decorrentes tanto de fatores físicos, mas principalmente devido às características do uso e da ocupação do solo no interior da própria cidade. Para a realização da pesquisa foram instaladas estações meteorológicas automáticas (tipo "*Vantage PRO 2*" da marca "*Davis Instruments*", que registram dados da temperatura, da umidade relativa do ar, da precipitação, da pressão atmosférica e da direção e velocidade do vento) no ambiente rural e nas cidades de Rosana, Euclides da Cunha Paulista e Teodoro Sampaio e utilizados os dados da estação meteorológica de Presidente Prudente.

Segundo Amorim (2009) a pesquisa mostrou resultados importantes sobre as características da temperatura do ar nas áreas urbanas de Teodoro Sampaio, Euclides da Cunha Paulista, Rosana e Presidente Prudente e na área rural do Oeste do Estado de São Paulo. Tanto na cidade de médio porte (Presidente Prudente), como nas de pequeno porte, foram constatadas diferenças térmicas comparando-se com o campo que podem ser consideradas de muito forte magnitude. Estudos já demonstraram que as comparações entre o urbano e o rural, são as melhores e únicas formas de se estimar a modificação causada pelo urbano. Acredita-se, portanto, que as diferenças de temperatura encontradas entre as cidades e o ambiente rural sejam conseqüências das características da superfície, que possuem capacidades diferenciadas de armazenar o calor. As análises intra-urbanas e rurais do entorno das cidades, também demonstraram que as maiores diferenças foram detectadas na cidade de Presidente Prudente (SP), devido ao seu tamanho e pela maior complexidade existente na sua malha, tanto no que diz respeito a densidade de construções, como na densidade de vegetação arbórea, tipos de materiais construtivos e características do relevo. Assim, verificou-se que as cidades estudadas possuem um clima urbano, gerado pela ocupação do solo no crescimento das cidades.

Sant'Anna Neto e Amorim (2009) realizaram pesquisa com o objetivo de identificar como se processa a produção do clima urbano em cidades de porte médio do oeste paulista, partindo de uma análise das formas de estruturação do espaço, das características do uso do solo e dos materiais construtivos na geração de ilhas de calor e suas implicações no conforto ambiental. Em cidades de médio porte de climas tropicais continentais a produção do clima urbano é resultado da interação entre a radiação recebida e a refletida basicamente pelos tipos de

materiais construtivos de edificações de uso residencial que armazenam o calor durante o dia e são liberados nas primeiras horas após o por do sol. Como as cidades tropicais são naturalmente quentes, estas ilhas de calor são responsáveis pela intensificação do desconforto térmico e, portanto, podem ser consideradas como um indicador de qualidade ambiental urbana. A população de baixa renda, impossibilitada de adquirir materiais construtivos mais adequados e lotes urbanos de maior tamanho, é a mais prejudicada pelos efeitos adversos do calor armazenado nas edificações. Na maior parte dos dias de primavera e verão, as temperaturas diurnas do ar oscilam entre 30°C e 35°C que, somadas ao calor produzido e armazenado pelas coberturas de fibrocimento, podem superar os 45°C, expondo a população, notadamente os idosos e crianças (que permanecem mais tempo dentro das residências), a situações de insalubridade, que se manifestam na forma de enfermidades como doenças respiratórias e do aparelho circulatório. Desta forma, as áreas urbanas de maior segregação sócio-espacial, são as mesmas em que é maior a morbidade por doenças respiratórias, que são muito dependentes das influências climáticas. São, também, as áreas em que se produz a maior intensidade das ilhas de calor, ao contrário das áreas metropolitanas, em que o dinamismo da circulação viária e as fontes de emissão de partículas acabam sendo majoritários. Assim, o clima também se constitui em importante fator de qualidade de vida e indicador de justiça social.

Alves (2009) realizou estudo com o objetivo de verificar a existência de variações térmicas e higrométricas em quatro pontos de coleta na área urbana de Iporá (GO). Os pontos se diferenciavam basicamente no uso e na ocupação do solo. Foram coletados dados de temperatura do ar e de umidade relativa do ar, em três horários nos períodos da manhã, da tarde e da noite em dois períodos (entre abril e julho de 2008). Foram verificados, por meio do satélite GOES 10 e da síntese sinótica mensal, os sistemas atmosféricos que atuaram nos dias da coleta de dados. Os resultados mostraram que nos dois períodos ocorreram ilhas de calor e ilhas secas. Foi possível observar, ainda, que independentemente do período de coleta os pontos localizados nas áreas mais urbanizadas apresentaram temperaturas mais elevadas, configurando ilhas de calor.

Cruz (2009) realizou pesquisa com o objetivo de apresentar o clima urbano da cidade de Ponta Grossa (PR), com base em dados de trabalho de campo associados aos dados de imagem de satélite e levantamento bibliográfico, com a utilização de metodologia fundamentada nas propostas de Monteiro (1976), Lombardo (1985) e Alcoforado (1999). Os dados gerados em duas etapas de trabalho de campo foram analisados com o auxílio de três técnicas: sistematização dos dados para gerar gráficos que permitissem analisar o comportamento da temperatura ao longo dos dias do trabalho de campo e, em seguida estabelecer relações entre a temperatura do ar e a umidade relativa do ar; tratamento dos dados com a utilização da krigagem ordinária, com o objetivo de realizar a interpolação espacial dos dados, para observar o comportamento espacial dos registros de temperatura e estabelecer relações com os demais dados; sistematização e tratamento dos dados com a utilização da técnica de regressão linear múltipla passo a passo, visando encontrar um modelo que apresentasse o melhor conjunto de variáveis e explicasse o comportamento da temperatura, permitindo extrapolar os dados dos pontos de coleta para toda a área urbana de

Ponta Grossa (PR). Os resultados mostraram que a população de determinadas regiões da cidade de Ponta Grossa (PR) vem sofrendo com as condições climáticas impostas pelos condicionantes naturais e pelo desenho urbano, sendo que isto pode ser amenizado com mudanças no uso e ocupação da terra desde que respeite as condições climáticas existentes.

Polizel (2009) realizou pesquisa utilizando geotecnologias para estudar o detalhamento prévio das diferenças do sítio e do uso do solo urbano de Piracicaba (SP), como suporte base para a compreensão do clima, utilizando pontos de temperatura levantados em campo e com o uso de imagens multiespectrais da videografia área multiespectral. Conclui evidenciando a importância do uso de geotecnologias e que as medidas de temperatura do ar e da umidade relativa do ar demonstram a associação entre elevação da temperatura do ar e diminuição da umidade relativa do ar em todos os pontos de coleta de temperatura.

Fialho (2009) relata que, com a crescente evolução da mancha urbana das cidades, o ser humano intensificou o seu uso sobre o espaço, ocasionando certas consequências sócio-ambientais, intensificadas através de fenômenos climáticos, como: as enchentes, a piora da qualidade do ar e o aumento da temperatura nas cidades, comparada a sua área entorno, conhecido como Ilha de Calor. A justificativa para a escolha da área de estudo foi pelo fato de apresentar: a) um crescimento acelerado da população urbana a partir de meados da década de 1970; b) um intenso processo de verticalização iniciado na década de 1980; e c) por conseguinte a expansão da malha urbana da cidade, que convive com uma arborização muito reduzida. Em seguida, procurou investigar a hipótese da constituição de um clima urbano associado ao crescimento da cidade sede do município de Viçosa (MG). Inicialmente foi realizada a análise da série histórica da Estação Climatológica de Viçosa, entre 1968 e 2006. Em seguida, utilizou-se da técnica de transectos móveis, com um termo-higrômetro digital de leitura direta (MINIPA-MT-241), envolvido em tubo PVC recoberto por papel alumínio e colocado do lado de fora do carro com aproximadamente 2,0m de altura. Este procedimento foi realizado em três escalas de análise: campo-cidade, área urbana e o centro da cidade e estações sazonais distintas. Depois de realizados os experimentos e as análises dos registros históricos de temperatura do ar, pode-se dizer que Viçosa ainda não constitui um clima urbano, muito embora, possa ter sido possível identificar ilhas de calor na cidade, principalmente à noite.

#### **4. O clima urbano em cidades de grande porte**

A temática “clima urbano” e suas conceituações têm sido objeto de estudo de inúmeros pesquisadores, com destaque para os estudos de cidades de grande porte, principalmente para as capitais.

Danni (1980) se limitou a estudar aspectos da temperatura do ar de Porto Alegre (RS) que dão origem à “ilha de calor”, em um período de quinze dias não consecutivos, fazendo a médias dos três horários coletados para cada posto e traçando isotermas sobre a cidade.

Sampaio (1981), constatando que o fato urbano é por natureza de cunho interdisciplinar, correlacionou fatores causais extraídos do processo de

urbanização, através de indicadores do uso do solo e os efeitos resultantes das alterações no balanço de energia do ambiente, sendo que esta pesquisa limitou-se a apenas um dia, tendo como objeto de caso a cidade de Salvador (BA).

Lombardo (1985) realizou estudo verificando a qualidade ambiental na cidade de São Paulo, mostrando a influência da ação antrópica no ambiente e analisando as conseqüências dessa ação como o fenômeno de ilhas de calor. Foi um trabalho pioneiro na utilização de imagens de satélite no estudo do clima urbano. Observa que no verão se associa às perturbações de instabilidades localizadas na mancha urbana, intensificando as precipitações de finais de tarde, provocando enchentes, além de ser responsável pela diminuição da umidade do ar, que praticamente erradicou a garoa, que caracterizou São Paulo por várias décadas.

Danni (1987) constatou que as condições atmosféricas correspondentes ao mês de janeiro de 1982 em Porto Alegre (RS) exibiram uma distribuição de temperatura que veio a caracterizar o fenômeno ilha de calor, com nítidos contrastes térmicos entre os espaços com ocupação urbana e aqueles residenciais de periferia, bem como a existência de ilhas de frescor.

Sezerino e Monteiro (1990) realizaram estudo do campo térmico na cidade de Florianópolis (SC), definindo o “clima urbano” da capital catarinense. Este estudo foi realizado com o auxílio de alunos da Universidade Federal de Santa Catarina, utilizando-se equipamentos simples e o método apresentado por Monteiro (1976b).

Azevedo (2001) realizou comparação entre o fluxo de calor dissipado anualmente pela biomassa e atividades humanas e o fluxo anual de energia proveniente da radiação solar na Região Metropolitana de São Paulo, constatando que “o primeiro é menor mas comparável ao segundo na mesma ordem de grandeza”. Concluiu que “no estudo do clima urbano da Grande São Paulo há que ser considerado o calor gerado diretamente pelos habitantes e suas atividades, distinguindo-os das trocas de calor resultantes do balanço de radiação das superfícies e materiais que compõem a estrutura urbana” (p. 71).

Tarifa e Armani (2001) realizaram estudo teórico na tentativa de explicar os espaços climáticos urbanos da Cidade de São Paulo. Empregaram conceitos e noções para entender as interações entre o espaço físico (ar) e o espaço social, possíveis de serem identificados como uma “totalidade indissociável” na atmosfera urbana (próxima da superfície). O conceito de “unidade climática urbana” (unidade na diversidade ou na oposição de contrários) como sendo um espaço onde as pessoas vivem, trabalham, produzem e consomem e que pode ser percebido pelo estudo dos atributos atmosféricos (temperatura do ar, umidade relativa do ar, qualidade do ar, conforto térmico, enchentes, dentre outros) e os controles (uso do solo urbano, densidade populacional e de edificações, áreas verdes, favelas, e fluxo de veículos). Em seguida utilizou a noção de “centralidade” e de “periferia”, como sendo um processo resultante das práticas sociais, para entender a (re)produção do espaço, que consideraram como um “axioma necessários” para entender as realidades climáticas em uma área metropolitana. Concluíram que o estudo teórico necessita ser apoiado por observações experimentais e empíricas, “sob a mediação de trabalho de campo” (p. 47).

Anunciação e Sant'Anna Neto (2002) estudaram o clima urbano da cidade de Campo Grande (MS), demonstrando a influência do clima tropical do centro oeste brasileiro. A autora tratou da configuração das características termohigrométricas, a partir de dados de amostragem de postos fixos instalados nos vários setores da área urbana, relacionando-os com os tipos de tempo locais derivados da circulação atmosférica.

Araújo e Sant'Anna Neto (2002) realizaram pesquisa sobre o processo de urbanização na produção do clima urbano na cidade de São Luis (MA), cidade de grande porte localizada em plena região equatorial e que sofre forte influência oceânica, por sua posição geográfica, na zona costeira do golfo maranhense. Este estudo demonstrou que mesmo nestas latitudes as características de temperatura e umidade intra-urbanas são muito relevantes.

Pinto (2002) realizou estudo sobre o clima local da cidade de Aracaju (SE), em pleno litoral nordestino, controlado pelos constantes fluxos de ar dos alísios elucida, com bastante propriedade, como a variabilidade das chuvas em sua extrema irregularidade temporal tem provocado episódios adversos e calamidades em sua área urbana.

Barbosa (2005) relata que o processo de crescimento da cidade, caracterizado pela substituição da cobertura natural do solo pelo ambiente construído, ocasiona profundas transformações ambientais, modificando os ecossistemas existentes e alterando os padrões de percepção do habitante. Notável transformação também ocorre no aspecto climático, devido à alteração das propriedades iniciais do clima. Esse fator, ao ser ignorado pelo processo de pensar a cidade, compromete a qualidade ambiental urbana. Com base neste cenário foi analisada a influência das áreas verdes no comportamento térmico de ambientes urbanos, tendo sido escolhida a cidade de Maceió (AL) como ecossistema de pesquisa. Foi realizado estudo, de forma experimental, de nove unidades amostrais urbanas distribuídas ao longo de um transecto, por meio de monitoramento dos valores higrotérmicos em cada ambiente. A análise foi realizada no período de inverno, em escala de abordagem microclimática, no qual foram tomados três dias típicos experimentais, identificados por meio da abordagem dinâmica do comportamento climático. Constatou-se, assim, que a vegetação presente nas áreas verdes condiciona a criação de ambientes termicamente favoráveis à saúde, à habitabilidade e ao uso dos espaços urbanos (variáveis da qualidade ambiental), expressos por meio dos resultados de temperatura e umidade do ar obtidos na investigação experimental.

Oliveira *et al.* (2009) realizaram pesquisa com o objetivo analisar a temperatura e a umidade relativa do ar na zona urbana e rural, em Cuiabá (MT), a fim de detectar diferenças de comportamentos entre elas. Foram utilizadas estações meteorológicas automáticas para coletar dados de temperatura do ar e de umidade relativa do ar durante o período de 01/09/2006 a 30/10/2006, caracterizado como de transição entre as estações climáticas chuvosa e seca. Os dados foram coletados em área urbana e em área rural. Os resultados comprovaram que existe diferença significativa entre as temperaturas horárias médias, mínimas e máximas e umidade relativa entre as regiões estudadas. As temperaturas médias, máximas e mínimas apresentaram valores superiores na estação da Região Central. Tendo em vista diversas influências que interferem no

comportamento climático de um determinado local, estudos complementares podem ser realizados objetivando melhorar esta análise comparativa.

## 5. Referências

ALCOFORADO, Maria João. Aplicação da climatologia ao planeamento urbano: alguns apontamentos. **Finisterra**, Lisboa, n. 34, v. 67-68, p. 83-94, 1999.

ALCOFORADO, Maria João; LOPES, António; ANDRADE, Henrique; VASCONCELOS, João. **Orientações climáticas para o ordenamento em Lisboa**. Lisboa: Centro de Estudos Geográficos da Universidade de Lisboa, 2006. 82p.

ALVES, Elis Dener Lima. Contribuição aos estudos do clima urbano: variação térmica e higrométrica em espaços intra-urbanos. **Mercator**: revista de geografia da UFC, Fortaleza, v. 8, n. 17, p. 181-191, 2009.

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **A geração do clima urbano em cidades do oeste do Estado de São Paulo/Brasil**. In: ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 12. 2009. Montevideo. Disponível em: <[http://egal2009.easyplanners.info/area07/7015\\_Amorim\\_Margarete\\_Cristiane\\_de\\_Costa\\_Trindade.pdf](http://egal2009.easyplanners.info/area07/7015_Amorim_Margarete_Cristiane_de_Costa_Trindade.pdf)> Acesso em: 10 Mai 2010.

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. Características do clima urbano de Presidente Prudente (SP). In: SANT'ANNA NETO, João Lima (org.). **Os climas das cidades brasileiras**. Presidente Prudente: [s.n.], 2002. p. 165-196.

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **O clima urbano de Presidente Prudente/SP**. 2000. 369f. Tese (Doutorado em Geografia Física). Universidade de São Paulo, Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, São Paulo, 2000.

AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade; DUBREUIL, Vincent; QUENOL, Hervé; SANT'ANNA NETO, João Lima. Características das ilhas de calor em cidades de porte médio: exemplos de Presidente Prudente (Brasil) e Rennes (França). **Confins (Revista Franco-Brasileira de Geografia)**, São Paulo, n. 7, 2009. Disponível em: <<http://confins.revues.org/index6070.html>>. Acesso em: 10 Mai 2010.

ANUNCIAÇÃO, Vicentina Socorro da; SANT'ANNA NETO, João Lima. O clima urbano da cidade de Campo Grande (MS). In: SANT'ANNA NETO, João Lima (org.). **Os climas das cidades brasileiras**. Presidente Prudente: [s.n.], 2002. p. 61-88.

ARAÚJO, Ronaldo Rodrigues; SANT'ANNA NETO, João Lima. O processo de urbanização na produção do clima urbano de São Luis (MA). In: SANT'ANNA NETO, João Lima (org.). **Os climas das cidades brasileiras**. Presidente Prudente: [s.n.], 2002. p. 21-42.

ARMANI, Gustavo. Variações da temperatura e umidade na bacia B do Núcleo Cunha – SP. In: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM GEOGRAFIA FÍSICA, 1., São

Paulo, 2003, São Paulo, SP. **Anais...** São Paulo: Programa de Pós-Graduação em Geografia Física / FFLCH/USP, 2003. p. 288-300.

AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1978. 332p.

AZEVEDO, Tarik Rezende de. O fluxo de calor gerado pelas atividades humanas. In: TARIFA, José Roberto; AZEVEDO, Tarik Rezende de. **Os climas na cidade de São Paulo**: teoria e prática. São Paulo: USP/FFLCH, 2001 (Coleção Novos Caminhos). p. 71-93.

BARBOSA, Ricardo Victor Rodrigues. **Áreas verdes e qualidade térmica em ambientes urbanos: estudos em microclimas de Maceió (AL)**. 2005. 117f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2005.

CASTILHO, Francisco José Vigeta. **Abordagem geográfica do clima urbano e das enfermidades em São José do Rio Preto/SP**. 2006. 208f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2006.

CASTRO, Agnelo Welington Silveira. **Clima urbano e saúde**: as patologias do aparelho respiratório associadas aos tipos de tempo no inverno, em Rio Claro – SP. 2000. 202f. Tese (Doutorado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2000.

COLTRI, Priscila Pereira. **Influência do uso e cobertura do solo no clima de Piracicaba, São Paulo**: análise de séries históricas, ilhas de calor e técnicas de sensoriamento remoto. 2006. 166f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

CONTI, José Bueno. Considerações sobre mudanças climáticas globais. In: SANT'ANNA NETO, João Lima; ZAVATINI, João Afonso (Orgs.). **Variabilidade e mudanças climáticas**: implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: EDUEM, 2000, p. 17-28.

CRUZ, Gilson Campos Ferreira da. **Clima urbano de Ponta Grossa-PR**: uma abordagem da dinâmica climática em cidade média subtropical brasileira. 2009. 366f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, 2009.

CRUZ, João Carlos Lautenschlaeger da. **Características térmicas da camada intra-urbana em Rio Claro (SP)**. 1995. 189f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 1995.

DANNI, Inês Moresco. **Aspectos temporo-espaciais da temperatura e umidade relativa de Porto Alegre em Janeiro de 1982**: contribuição ao estudo do clima urbano. 1987. 129f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

DANNI, Inês Moresco. A ilha térmica de Porto Alegre: contribuição ao estudo do clima urbano. **Boletim Gaúcho de Geografia**, Porto Alegre, v. 8, p. 33-48, 1980 (Série Geografia).

ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY (EPA). **Cooling our communities**: a guidebook on tree planting and light-colored surfacing. USA: Environmental Protection Agency, 1992. Disponível em: <[www.epa.gov./heatisland](http://www.epa.gov./heatisland)>. Acesso em: 23 Jun 2010.

FIALHO, Edson Soares. **Ilha de calor em cidade de pequeno porte**: caso de Viçosa, na Zona da Mata Mineira. 2009. 279f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

FONZAR, Benedicta Catharina. **O processo de ocupação regional, o modelo urbano e o conforto térmico na Alta Sorocabana**: um teste aplicado a Presidente Prudente. 1981. 156f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

GÓMEZ, Antonio López., GARCÍA, Felipe Fernández. La isla de calor en Madrid: avance de un estudio de clima urbano. **Estudios Geográficos**, Madrid, v. 45, n. 174, p.5-34, enero-marzo 1984.

GONÇALVES, Fábio Luiz Teixeira. **Estudos biometeorológicos do clima urbano**. 2004. Disponível em: <[http://regeirk.com/index.php?doc=pdf&pdf=/usp/aca245/clima\\_urbano](http://regeirk.com/index.php?doc=pdf&pdf=/usp/aca245/clima_urbano)>. Acesso em: 10 Mai 2010.

GOOSSENS, C.; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. **Annales Geophysicae**, Berlin, v. 4, n. B4, p. 385-400, 1986.

HACK, Lucy Pinto. O clima urbano de Petrópolis (RJ): análise dos impactos ambientais das chuvas de verão nas áreas de riscos e nas inundações. In: SANT'ANNA NETO, João Lima (org.). **Os climas das cidades brasileiras**. Presidente Prudente: [s.n.], 2002. p. 89-114.

HENDERSON-SELLERS, A.; ROBINSON, P. J. **Contemporary climatology**. New York: John Willey & Sons, 1989.

KOPEC, Richard J. Further observations of the urban heat island in a small city. **Bulletin of the American Meteorological Society**, Boston, v. 51, n. 7, July 1970.

LANDSBERG, H. E. O clima das cidades. Tradução de Tarik Rezende de Azevedo. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 18, p. 95-111, 2006.

LEÃO, Márcia Silva. **Diagnóstico climático e estudo das variações termo-higrométricas do município de Sete Lagoas – MG**. 2008. 175f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

LOMBARDO, Magda Adelaide. **Ilha de calor da metrópole paulistana**. 1984. 210f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1984.

LOMBARDO, Magda Adelaide. **Ilha de calor nas metrópoles: o exemplo de São Paulo**. São Paulo: Hucitec, 1985.

LOMBARDO, Magda Adelaide. **Qualidade ambiental e planejamento urbano: considerações e método**. 1995. 529f. Tese (Livre Docência em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

MENDONÇA, Francisco de Assis. **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. 300f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

MONTEIRO Carlos Augusto de Figueiredo. **Clima e excepcionalismo: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico**. Florianópolis: UFSC, 1991. 241p.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo, TARIFA, José Roberto. Contribuição ao estudo do clima de Marabá: uma abordagem de campo subsidiária ao planejamento urbano. **Climatologia**, São Paulo, n. 7, 1977. 51p.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. A cidade como processo derivador ambiental e estrutura geradora de um “clima urbano”. **Geosul**, Florianópolis, v. 9, n. 5, p. 80-114, 1990a.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Adentrar a cidade para tomar-lhe a temperatura. **Geosul**, Florianópolis, v. 9, n. 5, p. 61-79, 1990b.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **O clima e a organização do espaço no Estado de São Paulo: problemas e perspectivas**. São Paulo: IGEOG/USP, 1976a. 54p. (Série Teses e Monografias, n. 28).

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. **Teoria e clima urbano**. 1976. 181f. Tese (Livre Docência) – Instituto de Geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1976b.

MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. Teoria e clima urbano. In: MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo; MENDONÇA, Francisco de Assis (Orgs.). **Clima urbano**. São Paulo: Contexto, 2003. p. 9-67.

OKE, Timothy R. **Review of urban climatology**: 1968-1973. Geneva: World Meteorological Organization, 1974 (WMO Technical Note, n. 134).

OKE, Timothy R. **Boundary layer climates**. London: Methuen & Co, 1978. 372p.

OKE, Timothy R. **Review of urban climatology**: 1973-1976. Geneva: World Meteorological Organization, 1979 (WMO Technical Note, n. 169).

OKE, Timothy R. Towards better scientific communication in urban climate. **Theoretical and Applied Climatology**, Viena, n. 84, p. 179-190, 2005.

OKE, Timothy R.; CROWTHER, J. M.; McNAUGHTON, K. G.; MONTEITH, J. L.; GARDINER, B. The micrometeorology of the urban forest [and discussion]. **Philosophical Transactions of the Royal Society of London – Series B – Biological Sciences**, Londres, v. 324, p. 335-351, 1989.

OLIVEIRA, Ângela Santana de; SANTOS, Flávia Maria de Moura; NOGUEIRA, Maria Cristina de Jesus Albuquerque; DURANTE, Luciene Cleonice; NINCE, Paulo Celso do Couto. Análise da variação de temperatura e umidade em função das características de ocupação do solo em Cuiabá – MT. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v. 6, n. 1, p. 240-251, 2009.

PINHEIRO, Jairo. Clima urbano e suas influências. Belém: UFPA, 2008. Disponível em: <<http://www.webartigos.com/articles/10118/1/Clima-Urbano-E-Suas-Influencias/pagina1.html>>. Acesso em: 03 Jul 2010.

PINHEIRO, Gabriela Marques; AMORIM, Margarete Cristiane da Costa Trindade. Uma contribuição ao estudo da temperatura e da umidade relativa do ar em Euclides da Cunha Paulista/SP. **Geografia em Atos**, Presidente Prudente, n. 7, v. 2, p. 58-70, 2007.

PINTO, Josefa Eliane Santana de Siqueira. O clima local de Aracajú (SE). In: SANT'ANNA NETO, João Lima (org.). **Os climas das cidades brasileiras**. Presidente Prudente: [s.n.], 2002. p. 43-60.

PITTON, Sandra Elisa Contri. **As cidades como indicadores de alterações térmicas**. 1997. 272f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

POLIZEL, Jefferson Lordello. **Geotecnologias e clima urbano**: aplicação dos recursos de sensoriamento remoto e sistema de informações geográficas na cidade de Piracicaba, SP. 2009. 153f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

SAMPAIO, Antonio Heliodoro Lima. **Correlações entre o uso do solo e ilha de calor no ambiente urbano**: o caso de Salvador. 1981. 103f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1981.

SANT'ANNA NETO, João Lima. As chuvas no Estado de São Paulo: a variabilidade pluvial nos últimos 100 anos. In: SANT'ANNA NETO, João Lima; ZAVATINI, João Afonso (Orgs.). **Variabilidade e mudanças climáticas**: implicações ambientais e socioeconômicas. Maringá: EDUEM, 2000, p. 95-119.

SANT'ANNA NETO, João Lima. **As chuvas no Estado de São Paulo**: contribuição ao estudo da variabilidade e tendência da pluviosidade na perspectiva da análise geográfica. 1995. 202f. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1995.

SANT'ANNA NETO, João Lima; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. **Clima urbano e segregação sócio-espacial em cidades tropicais de porte médio**. In: ENCUESTRO DE GEÓGRAFOS DE AMÉRICA LATINA, 12. 2009. Montevideo. Disponível em: [http://egal2009.easyplanners.info/area07/7376\\_undefined\\_undefined.pdf](http://egal2009.easyplanners.info/area07/7376_undefined_undefined.pdf)> Acesso em: 10 Mai 2010.

SARTORI, Maria da Graça Barros. **O clima de Santa Maria-RS**: do regional ao urbano. 1979. 165f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1979.

SETTE, Denise Maria. **Clima urbano de Rondonópolis – MT**. 1996. 242f. Dissertação (Mestrado em Geografia Física) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1996.

SEZERINO, Maria de Lurdes; MONTEIRO, Carlos Augusto de Figueiredo. O campo térmico na cidade de Florianópolis: primeiros experimentos. **Geosul**, Florianópolis, v. 9, n. 5, p. 20-60, 1990.

SILVA, Luciana Tessari da; TOMMASELLI, José Tadeu Garcia; AMORIM, Margarete Cristiane de Costa Trindade. O clima de Penápolis (SP): um episódio de inverno. In: SANT'ANNA NETO, João Lima (org.). **Os climas das cidades brasileiras**. Presidente Prudente: [s.n.], 2002. p. 145-164.

TARIFA, José Roberto. Alterações climáticas resultantes da ocupação agrícola no Brasil. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n.8, p.15-28,1994.

TARIFA, José Roberto; ARMANI, Gustavo. Os climas urbanos. In: TARIFA, José Roberto; AZEVEDO, Tarik Rezende de. **Os climas na cidade de São Paulo**: teoria e prática. São Paulo: USP/FFLCH, 2001, p. 47-70 (Coleção Novos Caminhos).

TAVARES, Antonio Carlos. **O clima local de Campinas: introdução ao estudo do clima urbano**. 1975. 180f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1975.

TAVARES, Renato. O clima de Sorocaba (SP): aspectos regionais, locais e urbanos. In: SANT'ANNA NETO, João Lima (org.). **Os climas das cidades brasileiras**. Presidente Prudente: [s.n.], 2002. p. 115-144.

TITARELLI, Augusto Humberto Vairo. A onda de frio de abril de 1971 e sua repercussão no espaço geográfico brasileiro. **Climatologia**, São Paulo, n. 4, 1972.

VERÍSSIMO, Maria Elisa Zanella; MENDONÇA, Francisco de Assis. **Algumas considerações sobre o clima urbano de Curitiba e suas repercussões na saúde da população**. 2004. In: ENCONTRO DA ANPPAS (Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade), 2. Indaiatuba, 2004. Disponível em:  
<[http://www.anppas.org.br/encontro\\_anual/encontro2/GT/GT12/elisa\\_verissimo.pdf](http://www.anppas.org.br/encontro_anual/encontro2/GT/GT12/elisa_verissimo.pdf)>. Acesso em: 10 Mai 2010.

VIANA, Simone Scatolon Menotti. **Caracterização do clima urbano em Teodoro Sampaio/SP**. 2006. 117f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, 2006.

VICENTE, Andrea Koga; TOMASSELLI, José Tadeu Garcia; AMORIM, Maragarete Cristiane de Costa Trindade. Conforto térmico em Presidente Prudente (SP). In: SANT'ANNA NETO, João Lima (org.). **Os climas das cidades brasileiras**. Presidente Prudente: [s.n.], 2002. p. 197-227.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO). Disponível em:  
<[http://www.wmo.int/pages/index\\_en.html](http://www.wmo.int/pages/index_en.html)>. Acesso em: 13 Fev. 2006.

YEVJEVICH, V. **Probability and statistics in hydrology**. Fort Collins: Water Resources Publication, 1972. 276p.