



## ESTUDO BIOCLIMÁTICO SOBRE O PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA

**Eduardo Krüger (1); Eliane Dumke (2)**

- (1) Prof. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia, Departamento de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) E-mail: [ekruger@utfpr.edu.br](mailto:ekruger@utfpr.edu.br)  
(2) Doutoranda em Meio Ambiente e Desenvolvimento, UFPR E-mail: [p dumke@qwnet.com.br](mailto:p dumke@qwnet.com.br)

### RESUMO

Curitiba, internacionalmente conhecida por seu planejamento urbano, vem demonstrando inadequação climática devido ao crescimento acelerado pautado por aspectos econômicos. A população saltou de aproximadamente 600.000 habitantes para um milhão e meio em três décadas. Procura-se apresentar neste artigo os parâmetros urbanísticos estabelecidos para ordenar o desenvolvimento da cidade, discutindo, por fim, seus efeitos sobre o clima urbano. São apresentados resultados preliminares acerca da existência de ilha de calor em Curitiba através da comparação entre duas estações meteorológicas, uma urbana e outra rural. Para essa comparação, foi feito um estudo na Região Metropolitana de Curitiba, tendo como variáveis climáticas: radiação solar, temperatura umidade do ar, velocidade e direção do vento, coletadas em duas estações meteorológicas, de responsabilidade do Instituto Meteorológico SIMEPAR. As verificações realizadas para as diferenças de temperatura do ar encontradas entre uma estação rural e outra situada próxima a um meio urbano em Curitiba servem como ferramentas iniciais para compreender o fenômeno da ilha de calor de Curitiba. Uma vez que os equipamentos utilizados seguem normativas do SIMEPAR e apresentam as mesmas características, é inegável haver uma diferença entre as duas estações e que essa diferença está relacionada à urbanização. A partir de uma primeira aproximação, uma análise realizada por meio de linhas de tendência lineares, os resultados apontam para a existência de uma ilha de calor na região central da cidade com diferenças em termos da temperatura do ar entre a situação “urbana” e a rural chegando a 2K (mínimas diárias). Em Curitiba, porém, não se configura a priori apenas uma única ilha de calor, dadas as suas dimensões e a heterogeneidade das características naturais e construídas do aglomerado urbano.

### ABSTRACT

Curitiba, internationally known for its urban planning shows signs of climatic inadequacy due to an accelerated urban growth, mainly based on economic interests. Population rose from 600.000 to 1,5 million in three decades. In this paper, urban parameters, established as guidelines to support urban development, are presented and their relation with urban microclimate is discussed. Preliminary results concerning the existence of a heat island in Curitiba are presented, by means of comparisons between two meteorological stations, one urban, one rural. For such comparisons, a study was carried out for the Metropolitan Region of Curitiba comprising following climatic variables: solar radiation, air temperature and relative humidity, wind speed and direction, gathered at two meteorological stations of SIMEPAR. Considering that the equipments used by SIMEPAR for collecting data are standard, observed differences

between both sites are related to urbanization. These first verification, expressed by linear trend lines indicate the existence of an urban heat island with  $\Delta T_{u-r}$  up to 2K (daily minima). However, it should be stressed that, due to its size and heterogeneity regards natural and built characteristics of the urban area, there may be not only one heat island in Curitiba.

## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil, a maior parte das cidades cresceu de forma desordenada, agravando assim a deterioração do ambiente. No entanto, como uma das poucas exceções, Curitiba contou com um processo permanente e institucionalizado de planejamento urbano, desde 1943, com o “Plano Agache”. Porém, a mecanização do campo nos anos 70 associada à criação da Cidade Industrial de Curitiba – CIC, atraiu grande número de imigrantes em busca de oportunidades de trabalho. O movimento migratório foi realimentado nos anos 90, impulsionado pelo eficiente *citymarketing* municipal e pela vinda de empresas montadoras de automóveis, induzindo a um crescimento acelerado de Curitiba e dos municípios circunvizinhos. O modelo de planejamento urbano que vinha sendo realizado até então, mostra-se limitado em relação aos inúmeros problemas sócio-ambientais evidenciados: ocupações irregulares em áreas de mananciais hídricos da região, inundações cada vez mais frequentes, desconforto ambiental e poluição atmosférica agravada pela topografia edificada e pela organização espacial da região intensamente urbanizada, dentre outros.

O crescimento acelerado aliado ao planejamento urbano extensivo e à particularidade climática (maior desconforto por frio durante o ano), tornam relevante o questionamento do modelo de planejamento urbano de Curitiba, que, mesmo tido como exemplar, não considera o impacto das ações urbanas no clima local.

Desta forma, o desenvolvimento urbano resultou em uma cidade na qual se destacam não só as áreas verdes, o sistema viário, a variação da localização das indústrias ao longo do tempo, mas também a diversidade sócio-espacial das habitações, entre outros problemas sócio-ambientais. Porém, sua configuração espacial se caracteriza hoje principalmente pela maciça verticalização ao longo das Vias Estruturais, que transformou de forma radical o sistema urbano polinucleado pré-existente acarretando em um importante impacto na paisagem urbana e nos aspectos do conforto ambiental. Margeando os Eixos Estruturais criados para direcionar o crescimento da cidade e o fluxo de veículos, o zoneamento proporcionou a construção de altos edifícios que formam cânions urbanos alterando os campos térmicos, a iluminação natural, a ventilação e a qualidade do ar.

Procura-se apresentar neste artigo os parâmetros urbanísticos estabelecidos para a cidade, discutindo, por fim, seus efeitos sobre o clima da cidade de forma geral e confrontando-os aos preceitos encontrados na literatura de climatologia urbana.

## 2. O CLIMA DE CURITIBA E PRINCÍPIOS BIOCLIMÁTICOS

Situada em uma latitude de 25.5°S e altitude aproximada de 917m acima do nível do mar, Curitiba e sua Região Metropolitana apresentam tipo climático predominantemente mesotérmico com verão fresco (Cfb), segundo a classificação de Koeppen, ou clima tropical de altitude. A área urbana caracteriza um clima urbano-regional particular, pois forma uma ilha de frescor em relação às cidades vizinhas, devido ao efeito do relevo associado à dinâmica atmosférica. A formação de tipos de tempo quente na área deve-se a dois dos três sistemas atmosféricos dominantes e de origem tropical (MTa – Massa Tropical Atlântica e MTc – Massa Tropical Pacífica, e esporadicamente a MEc – Massa Equatorial Continental), que reforçam o efeito da latitude local. As frequentes baixas temperaturas regionais e locais ocorrem devido ao sistema extratropical (Mpa – Massa Polar Atlântica), que se associa ao efeito da altitude.

Embora a temperatura média das máximas esteja em torno dos 20°C no verão, as temperaturas absolutas podem aproximar-se dos 40°C. No inverno as temperaturas atingem inúmeras vezes valores negativos, principalmente ao Sul da região metropolitana, apresentando a média das temperaturas mínimas em torno dos 13°C. A área apresenta-se com boa umidade o ano todo, com pluviosidade geralmente superior aos 1.300 mm. Destaca-se ainda a variabilidade diária e anual do clima (MENDONÇA e DUBREUIL, 2005).

Em Curitiba, a mais fria das capitais brasileiras, o desenho urbano deveria seguir os **princípios bioclimáticos recomendados para as regiões de clima temperado**. Com menos restrições em relação à orientação solar, este clima propicia maior liberdade de soluções, desde que estas proporcionem condições de conforto térmico tanto nas épocas frias do ano, como nas quentes. Os ganhos de calor no inverno e a proteção da radiação no verão podem ser obtidos pela orientação e geometria das construções e/ou com o plantio de árvores. A organização espacial deve ser livre e aberta, promovendo a integração entre os espaços internos e externos das edificações. A natureza pode ser usufruída durante vários meses do ano.

Segundo Olgyay (1963, p. 59-61), a melhor orientação para uma edificação nas regiões de clima temperado será a de maior insolação no período de inverno, devendo-se evitar a orientação de maior insolação no verão. Considerando-se a orientação preferencial nas edificações, o desenho urbano será influenciado nos sentidos dos eixos e nas larguras das ruas, no espaçamento entre os edifícios e em toda a organização espacial urbana. No caso de Curitiba, situada no Hemisfério Sul, a orientação mais apropriada é a Norte, que oferece condições de radiação solar diárias mais equilibradas no ciclo das estações.

O conjunto arquitetônico deve considerar as condições climáticas não somente em relação à construção individual, mas ao seu contexto urbano e na relação entre uma construção com a outra e do espaço criado entre elas. Deve-se viabilizar o acesso total ao Sol do inverno para cada lote e o aquecimento solar passivo.

A ventilação deve ser promovida para causar a sensação de resfriamento e para diminuir a umidade nos períodos quentes, mas controlada por meio de anteparos na direção do vento no inverno. Conforme estudos realizados por Danni-Oliveira (2000) no período de 1958-88 para Curitiba, os ventos predominantes durante o ano são os provenientes da direção do quadrante Leste-Nordeste-Norte. No inverno a direção sofre alteração, de forma que os ventos predominantes passam a ser os do quadrante Nordeste-Norte-Noroeste. Deve ser evitada a orientação das ruas no sentido do vento dominante (Nordeste), principalmente com construções uniformes e alinhadas, pois proporcionam o efeito de canalização do vento, aumentando sua velocidade e não penetrando nas edificações, causando desconforto. O efeito de canalização ocorre em corredores de paredes pouco porosas e quando a rua tem uma largura igual ou inferior à altura das edificações (**cânion urbano**). Portanto, nas ruas de eixo perpendicular à direção dos ventos predominantes durante o ano, há necessidade de aumentar a largura da rua e a porosidade das edificações para permitir a ventilação das edificações a sotavento.

Os espaços públicos devem ser relativamente abertos e arborizados para promover sombra. Devem predominar as superfícies gramadas em relação às pavimentadas, favorecendo a absorção de radiação solar e a redução de sua reflexão. As ruas devem ser orientadas e arborizadas, de forma a possibilitar uma face sombreada. Grupos de árvores de folhas perenes podem ser implantados como obstáculos aos ventos frios de inverno, sem bloquear as brisas de verão. As árvores de folhas caducas permitem o sombreamento, as brisas e a redução da reflexão solar no verão, favorecendo entretanto o aproveitamento da radiação solar no inverno; estas devem ser utilizadas nas calçadas das ruas, bem como nas fachadas Leste e Oeste das residências (OLGYAY, 1963). As massas de água atuam como elementos de controle da temperatura, mas elevam a umidade do ar. As superfícies dos materiais promovem o equilíbrio térmico em função do albedo.

### **3. CURITIBA ATUAL: O AGLOMERADO METROPOLITANO**

O crescimento de Curitiba se deu tanto verticalmente como em expansão, extrapolando os limites municipais e envolvendo cidades vizinhas pelo processo de conurbação. A formação dessa mancha de ocupação de alta densidade demográfica e sua intensa relação funcional constituiu o Aglomerado Metropolitano, com uma população acima de 2.300.000 habitantes, dos quais mais de 1.750.000 habitantes se concentram no município de Curitiba. A mancha urbana compreende ainda parte dos municípios de Almirante Tamandaré, Araucária, Campina Grande do Sul, Campo Largo, Campo Magro, Colombo, Fazenda Rio Grande, Pinhais, Piraquara, São José dos Pinhais e Quatro Barras. A área total do

município de Curitiba é de 430,00 km<sup>2</sup>, 100% urbanizados. A área do Aglomerado Metropolitano é de 1.051,31 km<sup>2</sup>, ou seja, 8,1% do território da Região Metropolitana, com 13.040,76 km<sup>2</sup> (COMEC, 2005).

A Figura 1 mostra a evolução gradativa da mancha urbana até a década de 90, e, a partir dela, o extravasamento do núcleo urbano de Curitiba para a Região Metropolitana formando o Aglomerado Metropolitano, impulsionado pela instalação das montadoras automobilísticas e pelo *citymarketing*.

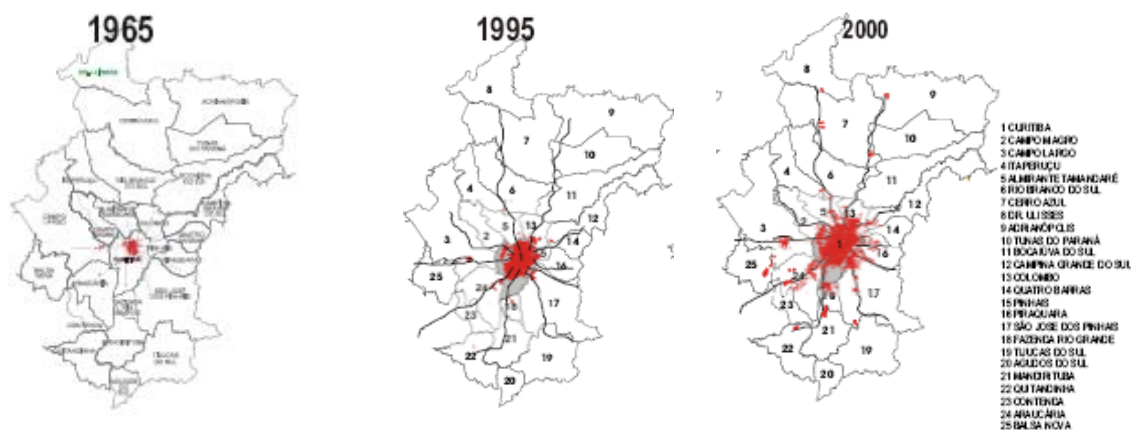


Figura 1: Núcleo de Curitiba extravasa para a Região Metropolitana - Crescimento da Mancha Urbana - RMC – 1965 a 2000 - Fonte: IPPUC, 2002.

#### 4. PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA

##### o Anos 40: Plano Agache

O “Plano Agache”, de 1943, propunha um sistema de circulação com vias circulares e concêntricas e priorizava as questões de saneamento, de descongestionamento do tráfego e o zoneamento da cidade em setores funcionais, inspirado nos preceitos da Carta de Atenas (1933): “habitar, trabalhar, locomover-se e cultivar o corpo e o espírito”. As zonas estabelecidas foram: a Comercial (centro), a administrativa (Centro Cívico), a militar (Bacacheri), a esportiva (Tarumã), a de abastecimento (Mercado Municipal), a de educação (Centro Politécnico) e a industrial (Rebouças).

##### o Anos 70: Plano Serete

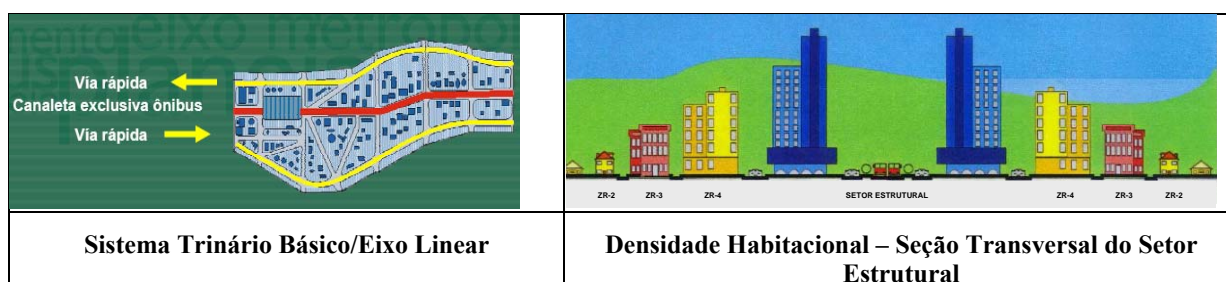
O Plano Diretor de Curitiba de 1964, de Jorge Wilhem, também denominado Plano Preliminar de Urbanismo ou Plano Serete, alterou a configuração radial adotando o sistema linear de vias de circulação. Esse sistema, formulado tendo como principal fundamento a hierarquia viária e a estruturação do zoneamento, visava conduzir o fluxo de veículos e organizar o crescimento urbano ao longo das **Vias Estruturais Norte e Sul**, que foram implantadas em 1974 e que coincidiram com as direções naturais de expansão da cidade. A ligação das vias estruturais com o centro ocorreu por meio da criação do Anel Central de Tráfego Lento.

O conceito de cidade-jardim de Le Corbusier: “isolar no sol e no verde os edifícios que deixam de ser ligados uns aos outros”, foi inicialmente proposto ao longo das Vias Estruturais embora mais tarde tenha sido alterado para um padrão de ocupação de bem maior densidade. Oba (2004) discute os conceitos da *cidade linear* de Arturo Soria y Mata e das *ciudades-jardins* de Ebenezer Howard, dentre as diversas utopias do século XIX que serviram de inspiração aos arquitetos modernos. Os dois conceitos são revisitados nos Planos Urbanos de Curitiba, tendo prevalecido o conceito da cidade linear.

O Plano Serete se apoiava no tripé: Uso do solo, Sistema Viário e Transporte Coletivo. As principais diretrizes eram: a) Ocupação e usos diferenciados do solo; b) Mudança da configuração radial para linear; c) Hierarquização do sistema viário; d) Descongestionamento da área central; e) Pedestrialização do centro; f) Contenção da população dentro dos limites físico-territoriais da cidade; e, g) Industrialização em

áreas próprias. Ao longo destas Vias Estruturais o plano estabeleceu um uso do solo de alta densidade e potencial construtivo, que concentrava serviços, habitação e infra-estrutura.

As ampliações do Plano Serete, atendendo aos apelos da especulação imobiliária, o explosivo crescimento populacional de Curitiba e RMC e o incentivo à instalação de indústrias em toda a RMC, alteraram significativamente as condições climáticas e de conforto ambiental na cidade como um todo. Em outra escala, a formação dos **cânions urbanos nas Vias Estruturais** evidencia uma das mais radicais transformações das paisagens intra-urbanas e, conseqüentemente, do seu microclima. O zoneamento de uso do solo estabelecido privilegiou uma faixa definida como **Zona Estrutural**, resultando na concentração de edifícios altos ao longo das Vias Estruturais e determinando a configuração espacial peculiar da cidade (Figura 2).



**Figura 2: Setor Estrutural: Sistema Trinário e Densidade Habitacional - Fonte: IPPUC, 2002.**

As adaptações que se sucederam em quase 25 anos do Plano Serete incluem: as Vias Estruturais; o abandono do conceito cidade-jardim; crescimento urbano orientado **pelo Sistema Linear; o Sistema Trinário, a Rede Integrada de Transporte, o Plano Massa; a maciça verticalização ao longo dos eixos e o adensamento da população em vias rápidas.**

O Sistema Trinário era composto de uma via central com uma canaleta exclusiva para o ônibus expresso ladeada por duas vias de tráfego local com estacionamento. Mais duas vias paralelas de tráfego rápido em mão única foram associadas, uma em direção ao bairro e a outra em direção do centro. Esse sistema significou um importante impacto sobre a paisagem urbana. Ao rasgar a cidade, os Eixos Estruturais transformaram radicalmente o sistema urbano polinuclear que configurava os bairros tradicionais, descaracterizando-os. A transformação da paisagem urbana foi irreversível, afetando mesmo os marcos mais tradicionais (OBA, 2004).

O novo perfil urbano que se caracteriza pela maciça verticalização ao longo dessas vias, constitui uma topografia edificada que atua como uma cortina de concreto, canalizando os ventos ou atuando como barreira à livre circulação do ar, não favorecendo a dispersão dos poluentes atmosféricos. Os edifícios propiciam a criação de campos térmicos diferenciados e a formação de cânions urbanos (DANNI-OLIVEIRA, 2000).

Na via central, as novas construções se adaptaram ao Plano Massa, tendendo à crescente uniformização da paisagem urbana em detrimento da tipologia tradicional e das identidades locais. A mudança do uso do solo e o novo sistema de transporte urbano pelas vias estruturais que passavam pelos antigos centros dos bairros alteraram as relações espaciais dos seus moradores. Interligando os centros dos bairros, o comércio estendido ao longo das estruturais configurou um “centro estendido”, uma paisagem contínua e linear, margeada de torres concentradas, viabilizadas pelo novo zoneamento urbano (OBA, 2004).

Assim, em Curitiba, a partir da década de 70 e na ausência de grandes recursos naturais, as Vias Estruturais passam a ser os novos referenciais urbanos, lineares e baseados no tráfego, que orientam e promovem a compreensão da cidade como um todo. Utilizar as ruas principais que ligavam os centros dos bairros ao centro da cidade como Vias Estruturais foi como destacá-los, ao mesmo tempo modificando-os com a concentração de edifícios altos e do comércio, o transporte de massa e a hierarquia viária diferenciados (OBA, 2004).

### ○ **Zoneamento de 2000**

Novos parâmetros de Uso e Ocupação do Solo foram estabelecidos pela Lei Municipal nº 9800/2000 (. A nova legislação, visando melhorar as condições de iluminação, ventilação e insolação, ainda que não defina o limite de altura para os novos edifícios, fixa o afastamento de suas laterais na proporção de um sexto da altura. Nos Setores Estruturais os edifícios, anteriormente, contavam com apenas dois metros de afastamento entre eles. Sobre esse aspecto, não se pode ainda avaliar *in situ* o resultado dos novos parâmetros, pois há poucos edifícios já construídos após a promulgação da nova legislação.

A nova lei manteve o conceito de zoneamento funcional, a hierarquização do sistema viário, o sistema de transporte coletivo, bem como o adensamento habitacional e de atividades comerciais e de serviços; foram definidos seis novos eixos de adensamento, mas com uma preocupação em evitar formação de áreas de sombra e melhorar as condições de insolação e ventilação através dos parâmetros de uso do solo; altera-se a configuração de linear para pluriaxial; o planejamento e o controle ambiental não é realizado por unidades fisiográficas como as microbacias de drenagem; os dispositivos da nova lei de zoneamento permitem projetar a população da cidade para seis milhões de habitantes; mantém-se a intenção de expansão em direção a sudeste/sudoeste de Curitiba.

### ○ **Zoneamento de 2004**

O Plano Diretor de Curitiba de 2004 buscou a consolidação da estrutura da cidade e consistiu na adequação do Plano Diretor ao Estatuto da Cidade - Lei Federal nº 10.257/01 ([http://www.planalto.gov.br/ccivil/LEIS/LEIS\\_2001/L10257.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm)), para orientação e controle do desenvolvimento integrado do Município. Curitiba, agora em um contexto de metropolização, busca a democracia participativa e a função social da propriedade e da cidade. Até dezembro de 2007, deverão ser realizados em todos os municípios os Planos Setoriais de Mobilidade Urbana e Transporte Integrado, Plano de Habitação de Interesse Social; Plano de Desenvolvimento Econômico; Plano de Desenvolvimento Social; Plano de Defesa Pública e Defesa Social e Plano de Controle Ambiental e Desenvolvimento Sustentável.

## **5. PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS: ESTUDO PRELIMINAR QUANTO À ILHA DE CALOR DE CURITIBA**

Como forma de verificar os efeitos do aglomerado urbano no clima local, realizou-se uma série de verificações a fim de comprovar a existência de uma ilha de calor na cidade. A aquisição dos dados se concretizou através do contato com o Instituto Meteorológico SIMEPAR, órgão responsável pelo monitoramento climático do Estado do Paraná. Os dados são coletados simultaneamente nas Estações Meteorológicas de Curitiba, no Centro Politécnico da UFPR e em Pinhais a cada hora e, neste artigo, estes se referem ao monitoramento das condições climáticas referentes às seguintes variáveis: pressão atmosférica [hPa], radiação solar [ $W/m^2$ ], temperatura do ar [ $^{\circ}C$ ] e umidade relativa [%], precipitação [mm], velocidade e direção do vento [m/s; graus], velocidade e direção de rajada [m/s; graus]. Os dados são contínuos e tomados de hora em hora, por meio de equipamentos padronizados nas estações. O ano-base para comparações análises foi o de 2004.

Com base nesses dados, foi feita uma série de verificações e análises a respeito das generalizações propostas por Oke e outros, apresentadas por Arnfield (2003), acerca de estudos realizados na área de clima urbano, quanto à intensidade da ilha de calor (*Urban Heat Island - UHI*) em núcleos urbanos, considerando as diferenças encontradas entre temperatura do ar local dentro e fora de Curitiba.

As estações meteorológicas analisadas situam-se na Região Metropolitana de Curitiba, uma em sítio urbano (Curitiba – UFPR) e outra em sítio periurbano (Pinhais), conforme a Figura 3.

A **Estação Meteorológica de Curitiba-UFPR** situa-se no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná, em área urbanizada no município pólo da Região Metropolitana de Curitiba. A estação encontra-se instalada em uma superfície gramada na entrada do campus universitário, parte mais elevada do terreno. As poucas obstruções à radiação solar direta e difusa são as pequenas construções próximas à estação,

além de poucas árvores esparsas localizadas principalmente no lado sul da estação. Os demais edifícios e conjuntos de árvores de porte do entorno possuem a proporção adequada entre sua altura e distância da estação meteorológica, de forma a não configurarem obstruções. A BR-277, que se encontra a uma distância aproximada de 50m da estação, constitui importante fonte de calor antropogênico. Além desta via de intenso tráfego, que é asfaltada, outras ruas de menor movimento e internas ao campus cercam a estação a distâncias sempre maiores que 20m, revestidas de paralelepípedos de granito, alterando desta forma a refletividade e absorvância da grama verde clara predominante na área.



**Estação Pinhais – PR**

**Estação Curitiba - UFPR**

**Figura 3: Imagens da ocupação dos sítios das estações meteorológicas**

**Fonte: SUDERHSA, 2000.**

A **Estação Pinhais-PR** se localiza em uma Fazenda da Universidade Federal do Paraná, no município de Pinhais-PR, em área periurbana, próxima à represa do Irai, situada no local mais alto do terreno e ao lado do abrigo meteorológico. As poucas obstruções da abóbada celeste se devem à presença de um conjunto de árvores de porte de espécies variadas à distância aproximada de 37m à noroeste da estação. Como cobertura do solo, uma calçada cimentada cerca a estação. A rua não pavimentada, a noroeste da estação e a superfície de solo nu a leste da estação alteram a cor verde predominante da extensa área gramada, bem como a sua refletividade e a sua absorvância. As demais construções e árvores de porte se encontram afastadas e a intensidade de fontes de calor antropogênico é irrelevante.

#### ○ **Análise dos dados**

Foram testadas as generalizações propostas por diversos autores, apresentadas por Arnfield (2003), em uma extensa revisão realizada acerca de estudos realizados entre 1980 e 2000 na área de clima urbano, quanto à intensidade da ilha de calor (*Urban Heat Island - UHI*) em áreas urbanas, considerando as diferenças encontradas entre temperatura do ar local dentro e fora de Curitiba. São elas:

1. a intensidade da UHI decresce com o aumento da velocidade de vento;
2. a intensidade da UHI decresce com o aumento da nebulosidade;
3. a intensidade da UHI é mais intensa no período noturno;
4. a intensidade da UHI tende a se desenvolver com mais frequência no verão ou nos períodos mais quentes do ano;
5. a UHI pode desaparecer durante o dia ou a cidade pode ser mais fria que a área rural;
6. taxas de aquecimento e resfriamento são maiores em áreas rurais que na cidade.

Empregando a base de dados do ano de 2004, que engloba as variáveis: temperatura média diária do ar, umidade relativa do ar, média diária das temperaturas máximas e média diária das temperaturas mínimas do ar, média diária da radiação solar global, média diária da pressão atmosférica, média diária da precipitação, velocidade média diária do vento e velocidade média diária da rajada, para as estações do SIMEPAR em Pinhais e em Curitiba (Campus Politécnico da UFPR), procedeu-se às comparações entre as temperaturas do ar de ambos os sítios, relativamente a algumas das variáveis citadas. Anteriormente às comparações, identificou-se a existência de dados inconsistentes, eliminando-se dias em que esses eram presentes ou, igualmente, quando havia falta de dados de alguma variável.

Para a verificação da primeira assertiva (a intensidade da UHI decresce com aumento da velocidade de vento), comparou-se a série de dados das diferenças entre temperaturas mínimas diárias do ar entre Pinhais e Curitiba-UFPR com valores de velocidade de vento para a estação de Pinhais (rural), para os diversos dias do ano. O gráfico resultante apresentou tendência linear, de caráter ligeiramente ascendente, confirmando a hipótese.

Para a segunda verificação (a intensidade da UHI decresce com aumento da nebulosidade), relacionou-se às diferenças entre mínimas diárias entre Pinhais e Curitiba-UFPR as médias diárias da radiação solar global para a estação de Pinhais (rural), como possível indicador de nebulosidade, agregando-se ainda a análise da precipitação média diária para Pinhais. Verificou-se que, quanto maior a quantidade de radiação verificada no dia (podendo isso significar menor grau de nebulosidade), maiores as diferenças encontradas entre condição urbana e rural, conforme esperado. Observe-se, no entanto, que a quantidade diária de radiação não é um claro indicador de nebulosidade, quando se trata de uma série anual em latitude subtropical, estando esta mais relacionada à época do ano. A relação entre as diferenças entre mínimas diárias entre Pinhais e Curitiba-UFPR e a precipitação média diária para Pinhais também mostra resultados de acordo com o esperado: com o aumento da quantidade de chuva (fator diretamente relacionado a uma maior nebulosidade média diária), verifica-se menores diferenças entre temperatura do ar urbana e rural.

Para a verificação da terceira assertiva (a intensidade da UHI é mais intensa no período noturno), verificou-se que as diferenças entre as mínimas diárias (período noturno) são mais marcantes que entre máximas diárias (período diurno), apresentando essas últimas com mais freqüência valores negativos (ilha de frescor), o que comprova a assertiva 5 (a UHI pode desaparecer durante o dia ou a cidade pode ser mais fria que a área rural). A partir das duas séries de diferenças urbano-rural, gerou-se a tabela com média e desvio padrão (Tabela 1), onde se confirma o observado no gráfico. Não apenas a diferença é maior para o período noturno, mas o desvio padrão mostra que a variação a partir da média apresenta valores positivos, o que não ocorre no período diurno.

A quarta assertiva (a intensidade da UHI tende a se desenvolver com mais freqüência no verão ou nos períodos mais quentes do ano) foi verificada de duas formas: 1) relacionou-se médias diárias às diferenças entre mínimas diárias entre Pinhais e Curitiba-UFPR e 2) quantificou-se as médias das diferenças entre máximas e mínimas diárias (urbano-rural) para os períodos de inverno e de verão, compreendidos entre solstício e equinócio. A curva obtida para as diferenças entre mínimas diárias entre Pinhais e Curitiba-UFPR mostrou uma tendência de haver valores mais altos quando as temperaturas médias do ar são mais altas, corroborando a afirmativa. No entanto, como o simples ordenamento das temperaturas médias diárias pode abarcar dias quentes em estações frias do ano, verificou-se numericamente para as estações fria e quente que a média das diferenças é mais significativa para o período mais quente, tanto para as mínimas, quanto para as máximas diárias.

A última assertiva (taxas de aquecimento e resfriamento são maiores em áreas rurais que na cidade) foi verificada, traçando um gráfico com as amplitudes diárias encontradas na estação urbana e na estação rural. Posteriormente, quantificou-se a amplitude diária média anual e desvio padrão correspondente (Tabela 2). Apesar do gráfico não sugerir claramente haver uma tendência de haver maior resfriamento ou aquecimento na estação rural, a tabela mostra que a estação rural apresenta uma média da amplitude diária mais alta que na estação urbana, com uma variação em torno desta média superior a de Curitiba-UFPR.



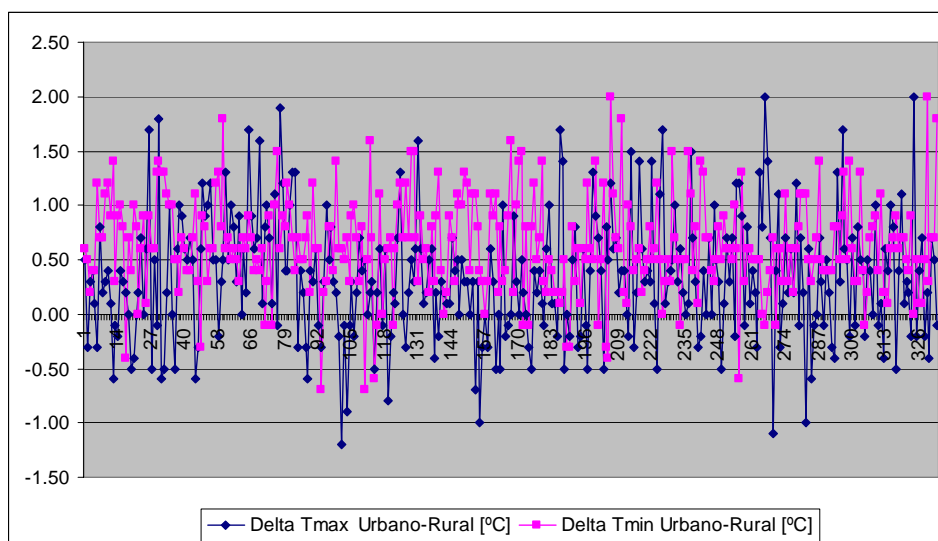


Figura 4: Gráfico das diferenças entre as temperaturas do ar mínimas e máximas urbano-rural

Tabela 1: Média e desvio padrão das diferenças entre temperaturas do ar mínimas e máximas urbano-rural em °C

	$\Delta T_{max}$ (Urbano-Rural)	$\Delta T_{min}$ (Urbano-Rural)
média	0.34	0.63
dp	0.57	0.45

Tabela 2: Médias e desvio padrão das amplitudes entre temperaturas do ar mínimas e máximas diárias para estação urbana e rural em °C

	amplitude rural	amplitude urbana
média	9.54	9.25
dp	3.66	3.49

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em função do crescimento acelerado da cidade, sucederam-se os Planos Urbanísticos e suas adaptações, que muitas vezes negligenciaram os critérios bioclimáticos, agravando as condições de desconforto térmico e luminoso e a poluição atmosférica na cidade. As ocupações irregulares proliferam em áreas de mananciais hídricos da região e as inundações são cada vez mais frequentes. A interação entre o clima local, os fatores físico-territoriais, os critérios urbanísticos adotados, criaram uma configuração de espaços urbanos de qualidade climática diferenciada, nem sempre favorável.

Estabelecida pelos Planos Agache e Serete e inspirada na Carta de Atenas, a setorização funcional, não melhora as condições de conforto térmico e amplia os fluxos, desfavorecendo a eficiência energética e promovendo a poluição do ar. O padrão de construção permitido pelo zoneamento vigente associa-se as outras características do terreno e do microclima local configurando condições de conforto/desconforto mais evidenciadas ou intensificadas.

As verificações realizadas para as diferenças de temperatura do ar encontradas entre uma estação rural e outra situada próxima a um meio urbano em Curitiba servem como ferramentas iniciais para compreender o fenômeno da ilha de calor de Curitiba. Algumas observações devem ser feitas quanto aos dados levantados:

- A estação caracterizada aqui como urbana, apesar de próxima à região mais central da cidade, ainda apresenta espaços abertos e arborizados, o que pode ter diminuído em grande parte o impacto da urbanização nas diferenças de temperatura do ar encontradas. Uma vez que os equipamentos utilizados seguem normativas do SIMEPAR e apresentam as mesmas características, é inegável haver uma diferença entre as duas estações e que essa diferença está relacionada à urbanização.
- As verificações foram feitas a partir de dados diários, devendo ser ainda refeitas com mais rigor para bases de dados horários, o que poderá proporcionar maior segurança às afirmativas. Neste sentido, trabalhou-se aqui com linhas de tendência lineares, como uma primeira aproximação.

De um modo geral, os resultados mostraram haver tendências no comportamento das variáveis medidas em ambas as estações, que se adequam aos resultados de estudos realizados em clima urbano, apontados em Arnfield (2003). Em Curitiba, porém, não se configura apenas uma única ilha de calor como a proposta por Oke (1978), isso devido às suas dimensões e à heterogeneidade das características naturais e construídas do Aglomerado Metropolitano que mescla diferentes graus de densidade urbana, estruturada por eixos e entremeadada de áreas verdes.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Instituto Meteorológico SIMEPAR, pelo fornecimento dos dados.

## **REFERÊNCIAS**

- ARNFIELD, A. J. Review: two decades of urban climate research: a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island. *International Journal of Climatology* 23: 1–26, 2003.
- COMEC. Situação geográfica. Disponível em <<http://www.pr.gov.br/comec/ormc.html>> Acesso em: 10 julho 2005.
- CURITIBA Lei nº. 9.800, de 03 de janeiro de 2000 (Dispõe sobre o Zoneamento, Uso e Ocupação do Solo no Município de Curitiba e dá outras providências). Prefeitura Municipal de Curitiba.
- DANNI-OLIVEIRA, I. M. A cidade de Curitiba e a poluição do ar: implicações de seus atributos urbanos e geoecológicos na dispersão de poluentes em período de inverno. Tese (Doutorado em Geografia) Universidade de São Paulo, São Paulo, 2000.
- INSTITUTO DE PESQUISA E PLANEJAMENTO URBANO DE CURITIBA. Curitiba, Planejamento um processo permanente. Curitiba, IPPUC, 2002. 132p.
- MENDONÇA, F.; DUBREUIL V.R. Termografia de Superfície e Temperatura do Ar na RMC (Região Metropolitana de Curitiba/PR). *RA E GA*, Curitiba, n. 9, p. 25-35, 2005.
- OBA, L.T. Cidade grifada: Curitiba e seus eixos estruturais. In: *Anais... II ENCONTRO ANUAL ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM AMBIENTE E SOCIEDADE – ANPPAS*. Brasília, 2004.
- OKE, T. R. *Boundary Layer Climates*. London, Methuen & Co., 1978.
- OLGYAY, V. *Design with climate: bioclimatic approach to architectural regionalism*. New Jersey: Princeton University Press, 1963.
- SIMEPAR. Sistema Meteorológico do Paraná. Disponível em <<http://www.simepar.br>> Acesso em: 05 janeiro 2005.
- SUPERINTENDÊNCIA DE DESENVOLVIMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL (SUDERHSA). Aglomerado Urbano da RMC - Paraná: levantamento aerofotogramétrico. Curitiba, 2000. Escala 1:30.000. Meio digital.