

## **APLICAÇÃO DE DADOS DO CLIMA URBANO NO DESENVOLVIMENTO DE PLANOS DIRETORES DE CIDADES MINEIRAS**

**Eleonora Sad de Assis; Jussara Grosch Ludgero Ramos; Roberta Vieira  
Gonçalves de Souza; Gianni Maria Machado Cornacchia**

Escola de Arquitetura da UFMG, Laboratório de Conforto Ambiental (LABCON), rua Paraíba,  
697, CEP: 30130-140, Belo Horizonte, MG, Brasil, tel.: +55(31)3269-1825,  
fax: +55(31)3269-1818, e-mails: elsad@arq.ufmg.br; jussaragrosch@yahoo.com.br;  
roberta@arq.ufmg.br; giannicornacchia@gmail.com

### **RESUMO**

Com o Estatuto da Cidade, criou-se a possibilidade de desenvolver estudos urbanísticos considerando aspectos ambientais para a qualidade urbana que sirvam de subsídio para a elaboração do Plano Diretor. Este trabalho apresenta e discute a experiência desenvolvida em três municípios mineiros, onde foram realizados estudos utilizando métodos da climatologia urbana para elaborar um diagnóstico das condições locais e subsidiar os trabalhos de planejamento e definição do macrozoneamento urbano. Dados de temperatura, umidade e vento foram levantados em condições estáveis de tempo atmosférico, usando como referência a série de dados das estações meteorológicas locais para avaliar a representatividade dos resultados. Mapas temáticos foram gerados e cruzados com dados de topografia e ocupação, o que permitiu identificar áreas relativamente mais quentes e secas, bem como os canais principais de vento e as áreas em más condições de ventilação. Os resultados foram usados para subsidiar a definição das áreas adensáveis e não adensáveis, das áreas verdes a serem protegidas, ampliadas ou criadas, bem como para a análise da localização dos distritos industriais. Discute-se o potencial e os limites dos procedimentos desenvolvidos para a melhoria das condições ambientais das cidades envolvidas, bem como para sua aplicação em outras regiões do estado e do país.

### **ABSTRACT**

The Brazilian Federal Law no. 10257, so called the Statute of the City, deals with the urban public policies and has created the possibility of considering environmental aspects for the urban quality that might be applied on the elaboration of the cities master plans. This paper presents and discusses the experience developed in three cities of the state of Minas Gerais, where studies were carried out by using urban climatology methods to elaborate a diagnosis of the local conditions and to subsidize planning and the urban zoning propositions. Data of temperature, humidity and wind were measured in stable weather conditions using as reference the series from the local meteorological stations for evaluating the reliability of the surveyed data. Thematic maps were made and compared with local topography and occupation. This allowed to identify warmer and colder urban areas, the main paths of local winds as well as the areas in bad conditions of ventilation. The results were used to subsidize the definition of areas for dense and not dense building, green areas to be protected, extended or created, as well as the analyses of localization of the industrial districts. The potential and the limits of the procedures developed are discussed having in sight the improvement of the cities environment, as well as its application in other regions of the state and the country.

## 1. INTRODUÇÃO

O modelo de urbanização brasileiro tem se caracterizado pelo crescimento desordenado, grande desigualdade de acesso à infra-estrutura e equipamentos urbanos associada à situação sócio-econômica da população, resultando na fragmentação espacial e exclusão social, bem como na perda de qualidade do ambiente urbano. A legislação urbanística nas cidades brasileiras tem mantido uma perspectiva de regulação do mercado imobiliário, tornando-as instrumento de especulação e de valorização imobiliária, em detrimento da inclusão dos segmentos fora do mercado e de novas demandas sociais relativas à qualidade ambiental e ao uso racional de recursos naturais. Com a aprovação da Lei 10.257, de 10 de julho de 2001, chamada Estatuto da Cidade, criou-se a possibilidade de desenvolver estudos urbanísticos considerando aspectos ambientais para a qualidade urbana que sirvam de subsídio para a elaboração do Plano Diretor.

Entretanto, mesmo com o Estatuto, é possível perceber que as questões referentes à bioclimatologia urbana continuam sendo tratadas de forma simplificada e genérica. É comum, por exemplo, associar o conforto ambiental urbano ou o urbanismo bioclimático, como tem sido denominado, ao conceito de planejamento ambiental, cuja experiência no Brasil tem basicamente agregado à metodologia convencional de planejamento territorial e urbano as questões – evidentemente importantes – de preservação e/ou conservação de sistemas naturais, e a intervenção paisagística em áreas degradadas ou de vazios urbanos.

O urbanismo bioclimático vai mais além dessa abordagem, ao associar a capacidade de carga dos sistemas naturais locais a uma matriz de interações entre os aspectos ambientais (insolação, ventos, vegetação, recursos energéticos e hídricos, e geomorfologia) e as variáveis do ambiente urbano (estrutura de circulação, espaços livres e áreas verdes, condições das quadras, lotes e edificações).

Nesse trabalho buscou-se desenvolver algumas aplicações dessa abordagem, focalizando aquelas resultantes da pesquisa do clima urbano. Apresenta-se os casos de três das seis cidades em que foram desenvolvidos os planos diretores com base no Estatuto da Cidade, em 2006, por uma equipe interdepartamental da Escola de Arquitetura da UFMG atuando em conjunto com técnicos da Fundação João Pinheiro. Devido ao escasso período de tempo e o grande volume de dados a serem levantados para os planos, não foi possível o aprofundamento dos estudos ou uma abordagem mais ampla dos vários aspectos do urbanismo bioclimático. Entretanto, considerando que esta ainda é, infelizmente, a realidade de planejamento no país, a experiência teve um resultado positivo ao demonstrar o potencial de integração dos procedimentos desenvolvidos para gerar informações para os planos, com vistas à melhoria das condições ambientais das cidades envolvidas

## 2. BASES CONCEITUAIS

Os estudos do clima urbano são uma fonte importante de subsídios para o planejamento das cidades, porém os dados gerados pouco têm contribuído para o planejamento no país, embora esses estudos tenham se multiplicado na última década (ASSIS e PEREIRA, 2005). Isso pode ser creditado à dificuldade de apropriação dos resultados pelos planejadores urbanos, bem como à falta de um efetivo diálogo interdisciplinar entre os profissionais envolvidos (ASSIS, 2000). Através desses estudos, aspectos importantes para o projeto e gestão do chamado “clima urbano ideal” (KATZSCHNER, 1997) durante o processo de crescimento das cidades podem ser identificados e mobilizados pelo planejamento, através dos seguintes princípios básicos (HIGUERAS, 2006):

- sistema viário estruturante que responda a critérios de insolação e aos ventos locais;
- áreas verdes adequadas às necessidades de condicionamento ambiental higrotérmico;
- morfologia urbana com parcelamento adequado que gere edifícios bem orientados com relação ao sol e aos ventos;
- tipologia edilícia diversificada para diminuir as necessidades de deslocamentos e, portanto, os custos sociais, econômicos e ambientais do transporte, possibilitando o desenvolvimento de formas urbanas mais compactas.

A esses princípios ainda se pode acrescentar que a morfologia urbana exerce um efetivo controle sobre fenômenos que afetam a qualidade ambiental urbana, tais como a ilha de calor e a drenagem da água de chuva, provocando impactos, na maior parte dos casos adversos, tais como o desconforto térmico, a concentração da poluição do ar e enchentes. Desse modo, a morfologia urbana deve também ser capaz de mitigar os efeitos da ilha de calor e do impacto meteórico sobre os sítios locais.

A experiência de planejamento e projeto urbanos considerando aspectos bioclimáticos está atualmente mais desenvolvida na Europa, onde as metodologias tratam não apenas dos levantamentos a serem efetuados, como também da cartografia para apresentação dos resultados e das sínteses de diagnóstico e intervenção. Os critérios adotados para o planejamento geralmente consideram a preservação dos canais principais de ventilação, a eficiência energética no ordenamento do uso e ocupação do solo (considerando tanto o condicionamento passivo, que implica em critérios de acesso ao sol e aos ventos, quanto a integração de fontes renováveis à matriz energética urbana, como a energia solar e eólica), a manutenção das condições adequadas de umidade através de áreas verdes e preservação dos corpos d'água<sup>1</sup>, e estratégias bioclimáticas específicas para cada domínio climático, que se estendem à escala do edifício (HIGUERAS, 2006). Os resultados obtidos pela aplicação dessa metodologia em cada sítio urbano transformam-se nas legislações de parcelamento, de uso e ocupação do solo, e nos códigos de obra de cada local.

No caso do Brasil, o Ministério das Cidades, através da Secretaria Nacional de Programas Urbanos (SNPU) apoia o planejamento territorial urbano e a política fundiária dos municípios através da implementação do Estatuto das Cidades (Lei 10.257 de 10 de julho de 2001). Este instrumento, que regulamenta os artigos da Constituição Federal referentes à política urbana, baseia-se em princípios que estimulam processos participativos de gestão territorial e ampliam o acesso à terra urbanizada e regularizada, beneficiando grupos sociais tradicionalmente excluídos. O art. 2º do Estatuto estabelece que a política urbana tem por objetivo ordenar o pleno desenvolvimento das funções sociais da cidade e da propriedade urbana, mediante, dentre outras coisas, a garantia ao direito a cidades sustentáveis, entendido como o direito à terra urbana, à moradia, ao saneamento ambiental, à infra-estrutura, ao transporte e aos serviços públicos, ao trabalho e ao lazer, para as presentes e futuras gerações; ao planejamento do desenvolvimento das cidades, da distribuição espacial da população e das atividades econômicas do Município e do território sob sua área de influência, de modo a evitar e corrigir as distorções do crescimento urbano e seus efeitos negativos sobre o meio ambiente. Ainda, o art. 37º exige que o estudo de impacto de vizinhança contemple os efeitos positivos e negativos do empreendimento ou atividade quanto à qualidade de vida da população residente na área e questões, dentre outras, de ventilação e iluminação.

Entretanto, como salientam Costa e Araújo (2001), o aproveitamento dos recursos naturais, como o vento, ainda não é uma prática incorporada às ações do planejamento urbano no país. Do mesmo modo, o estabelecimento de recuos e de diretrizes de ventilação e iluminação natural nos edifícios não são feitos com base nas condições climáticas de cada local, havendo uma homogeneidade impressionante de recomendações na legislação construtiva brasileira quando se observa na realidade a grande diversidade de domínios climáticos no território nacional. Assim, ocorre no país um grande distanciamento entre as considerações da bioclimatologia urbana e dos edifícios com relação aos planos, códigos e leis municipais.

### **3. APRESENTAÇÃO GERAL DAS CIDADES**

Dentre as seis cidades onde a equipe atuou no desenvolvimento dos planos diretores, três foram selecionadas para exemplificar os resultados e potencial de aplicação dos estudos do clima urbano: Paracatu, situada no noroeste do estado, no domínio do clima quente tropical,  $A_w$ , segundo a classificação de Köppen; Cataguases, situada no sudeste, zona da mata de Minas Gerais, no domínio do clima quente tropical chuvoso,  $A_m$ , segundo a mesma classificação e Sete Lagoas, na região centro-oeste do estado, que se classifica no domínio do clima temperado de inverno suave ( $C_{wa}$ ).

A cidade de Paracatu localiza-se a 688 metros de altitude e possuía 83 mil habitantes em 2005, segundo o censo demográfico do IBGE. Os dados climatológicos do período de 1961-1990 (BRASIL, 1992) mostram que a temperatura média normal anual é de 22,6°C e umidade relativa de 74,2%. A média normal anual de precipitação total é de 1.438,7 mm. Os ventos dominantes têm comportamento distinto durante o ano, tendo orientação nordeste e velocidade média de 1,8 m/s durante o primeiro

semestre do ano, variando para leste com direção secundária nordeste no período de inverno seco, entre junho e agosto. No segundo semestre, entre setembro e dezembro, a direção dos ventos apresenta maior variabilidade, entre o norte e o leste, com velocidades médias maiores, da ordem de 2,2 m/s. Única cidade histórica com origem no século XVIII no oeste mineiro e relativamente próxima à Brasília, o município tem potencial de se tornar um destino turístico na região. A cidade apresenta hoje um acervo arquitetônico notável, apesar de inúmeras perdas em tempos recentes. Aqui cabe notar a confluência de um rico patrimônio urbano e arquitetônico (a conformação original da cidade ainda está parcialmente conservada) com um rico patrimônio natural, caracterizado por grutas e cachoeiras.

Cataguases está situada a 169 metros de altitude e possuía quase 68 mil habitantes em 2005, segundo o censo demográfico. Os dados climatológicos do período de 1961-1990 (BRASIL, 1992) mostram que a temperatura média normal anual é de 24,1°C e umidade relativa de 77,0%. A média normal anual de precipitação total é de 1.236,9 mm. Os ventos dominantes são de muito baixa velocidade, tendendo à calmaria. A direção predominante é noroeste durante a maior parte do ano, enquanto a secundária varia muito entre o nordeste, sudeste e sudoeste. A cidade possui um dos mais importantes acervos da arquitetura moderna no Brasil. Apesar de possuir tombamento de conjunto histórico, arquitetônico e paisagístico pelo IPHAN (Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional), não se criaram diretrizes de uso e ocupação para a área tombada. Constatam-se, atualmente, diversas edificações verticalizadas existentes dentro do perímetro, prejudicando sua homogeneidade e ambiência urbana.

O município de Sete Lagoas está localizado na zona metalúrgica, a 70 km de Belo Horizonte, com sua sede situada a 761 metros de altitude e contava com 215 mil habitantes em 2006, segundo o censo demográfico do IBGE. Os dados climatológicos do período de 1961-1990 (BRASIL, 1992) mostram que a temperatura média normal anual é de 20,9°C e umidade relativa de 70,5%. A média normal anual de precipitação total é de 1.328,7 mm. Os ventos dominantes são de baixa velocidade, com médias mensais variando entre 1,1m/s a 1,9m/s. A direção predominante é leste durante a maior parte do ano. A direção secundária varia muito entre o norte, sul e sudeste. Sete Lagoas destaca-se no cenário mineiro pela atividade econômica, sítios naturais de grande valor arqueológico, potencial turístico e por seu patrimônio histórico. As lagoas que dão nome à cidade sede possuem grande importância ambiental, histórica, cultural e turística. Elas são áreas de proteção permanente (APP), amparadas pela lei nº. 4.771, de 15/9/1965 (Código Florestal) e possuem tombamento em nível estadual e municipal. A principal atividade econômica do município, a indústria, está centrada na extração mineral. O destaque, porém, é a produção de ferro-gusa, possuindo 23 empresas siderúrgicas.

#### **4. METODOLOGIA**

A primeira etapa do trabalho consistiu na organização cartográfica dos dados cadastrais e de topografia das cidades. Embora os municípios possuíssem as plantas cadastrais em meio digital, a maioria não tinha informação sobre a topografia. Assim, foi necessário levantar essa informação com as concessionárias locais de serviços públicos e contratar uma empresa para digitalizar e georeferenciar os dados, integrando esses dois tipos de dados que são básicos e fundamentais para os estudos sobre o clima urbano, bem como para a elaboração do plano diretor.

Nas cidades onde havia estações meteorológicas operando ou que já haviam operado, as séries normais de temperatura do ar, umidade relativa, precipitação pluviométrica total, insolação total e ventos foram levantadas, seja nos registros bibliográficos (BRASIL, 1984; 1992) ou através de consulta direta ao Distrito Meteorológico da região (no caso de Minas Gerais, é o 5º Distrito do Instituto Nacional de Meteorologia – 5º DISME/INMET). Os dados médios mensais de temperatura e umidade foram tratados para gerar uma variação média mensal de 24 horas usando o procedimento descrito em Alucci (1992), para aplicação sobre um índice de conforto termohigrométrico<sup>2</sup>. Os dados médios mensais de temperatura máxima e mínima, umidade e precipitação pluviométrica total foram aplicados nas Tabelas de Mahoney (UNITED NATIONS, 1971). Os resultados permitiram uma avaliação preliminar das condições bioclimáticas locais.

Com base nas informações cartográficas e climáticas, foi planejado o trabalho de campo em cada uma das cidades, usando a técnica de medidas móveis, com o veículo parando em cada ponto selecionado para fazer a medição. Um certo número de pontos de coleta de dados foi distribuído o mais homogêneo possível em cada local, buscando uma boa definição dos limites da área urbana e de aspectos da topografia que poderiam gerar diferenciações no comportamento das variáveis, tais como a

presença de montanhas e corpos d'água. Os percursos de medição foram organizados em circuitos fechados pelo mesmo ponto de início e fim, segundo o procedimento utilizado por Assis (2000). Dependendo da dificuldade do trânsito em cada local, os pontos de coleta de dados foram organizados em mais de um circuito, de modo a que o período de coleta de dados não se estendesse por mais de 1 ou 2 horas. Cada um dos circuitos era medido por uma equipe diferente, porém todos os participantes receberam o mesmo treinamento para o levantamento dos dados. Os dados levantados em campo foram temperatura do ar, umidade relativa, velocidade e direção dos ventos, a 2 m de altura. Esses dados foram coletados no período diurno, em condições estáveis de tempo atmosférico (céu claro e ventos leves)<sup>3</sup>. Foram utilizados para as medições termo-higrômetros digitais Salcas, anemômetros digitais Lambrecht, cronômetros e bússolas. Para o registro da velocidade e direção do vento quando havia mais circuitos a medir do que instrumentos disponíveis, foi usado um fio de lã preso a uma haste com uma escala à semelhança da escala de Beaufort, calibrados em túnel de vento laboratorial.

A medição em um percurso fechado como um circuito possibilita a correção posterior dos dados de temperatura e umidade, uma vez que, não sendo a medição simultânea em todos os pontos pela técnica de medidas móveis, pode ocorrer uma variação significativa desses parâmetros no período da medição. A correção dos dados de temperatura e umidade relativa foi feita para o instante de início das medições em cada local, através de um procedimento não linear desenvolvido por Souza e Assis (2007). Para tanto, os dados medidos em campo são corrigidos a partir do registro da variação do parâmetro considerado numa estação fixa próxima à área em estudo, tomada como referência. As estações consideradas como referência foram as estações meteorológicas da rede padrão (5º DISME/INMET). Assim, os dados horários dessas estações no dia do levantamento de campo em cada local foram também coletados.

A partir dos dados de temperatura e umidade corrigidos em cada ponto, foram gerados os mapas de isotermas e isoigras, interpolando os dados num programa computacional gerador de superfícies, através do método de *krigagem*. Para a cartografia dos dados de velocidade e direção de ventos (isotacas e linhas de corrente), foi feita uma interpolação vetorial, usando o método de triangulação.

Os resultados, embora preliminares, devido ao curto período de tempo da coleta de dados, mostraram as áreas relativamente mais frias e mais quentes da cidade, bem como os canais principais do vento, as principais zonas de entrada e saída de vento, bem como as regiões sujeitas a pouca ventilação, além de permitir identificar efeitos da topografia e/ou de massas d'água. Isso possibilitou a determinação de diretrizes subsidiárias aos macrozoneamentos urbanos, apresentados e discutidos no próximo item.

## **5. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos foram agrupados em quatro situações onde foi possível perceber a relação entre as questões ambientais ligadas ao clima urbano e aspectos do planejamento urbano relativos a proteção patrimonial, ambiental, atividades econômicas, ou a qualidade de vida urbana. Tais relações foram observadas através da influência da topografia e do adensamento no clima, da preservação dos sítios naturais e a ocupação do solo, da influência das atividades poluidoras do ar na ocupação do solo, da preservação do patrimônio cultural e histórico e o clima.

### **5.1 Problemática 1: a influência da topografia e do adensamento no clima local**

Apresenta-se como exemplo o caso da cidade de Paracatu, que tem registros de velocidades muito baixas de vento. Entretanto, considerando a ocorrência de temperatura e umidade elevadas em um período do ano, a cidade necessita de boas condições de ventilação para a manutenção da qualidade do ar e para diminuir os efeitos da formação da ilha de calor urbana.

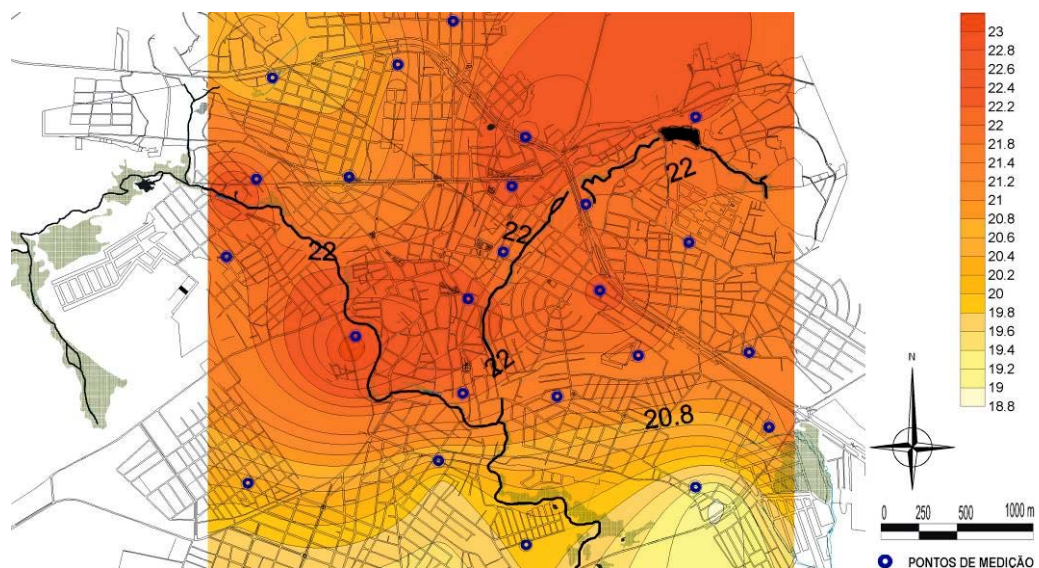
Os levantamentos de campo mostraram um direcionamento principal do fluxo de vento. No caso de Paracatu, identificou-se a ocorrência da entrada de ventos a nordeste, com baixas velocidades, que é coerente com os dados registrados na estação meteorológica local no primeiro semestre do ano (figura 1). As regiões de saída dos ventos estão localizadas a sudeste da cidade. O estudo mostrou uma forte influência da topografia e da ocupação local sobre a direção dos ventos, no período da medição. Baixas velocidades de vento (da ordem de 0,1 m/s) ocorreram nas áreas dos vales, onde está a ocupação mais densa, e uma área relativamente estagnada de ar foi identificada na região central. Observa-se, assim, canais de vento de baixa velocidade ao longo dos vales. Na figura 1, as áreas com

melhores condições de ventilação correspondem às de topografia mais elevada e de menor densidade de ocupação, muitas vezes com vazios urbanos, onde as velocidades são mais elevadas, próximas a 3,0 m/s. A influência local da topografia parece alterar a direção principal de vento observada na estação (NE), principalmente nas regiões norte e sul do aglomerado urbano. A recomendação geral para as regiões de entrada e saída de ventos foi manter uma ocupação predominantemente horizontal, de baixa densidade e com boa arborização. Do mesmo modo, nas áreas mais altas, onde as velocidades de vento são maiores, recomendou-se evitar a verticalização, o que provocaria a elevação do perfil dos ventos, resultando em diminuição da velocidade e/ou mesmo estagnação do ar nas áreas de vale.

A figura 2 mostra o mapa de isotermas de Paracatu a partir das temperaturas corrigidas para um horário comum, onde se pode observar uma área relativamente mais quente no vale urbanizado e nas regiões com baixas velocidades de vento. As áreas mais altas e desocupadas também apresentam durante a manhã temperaturas mais elevadas, pois estão mais expostas à radiação solar.



**Figura 1 – Mapa da distribuição de ventos na cidade de Paracatu no período do trabalho de campo**



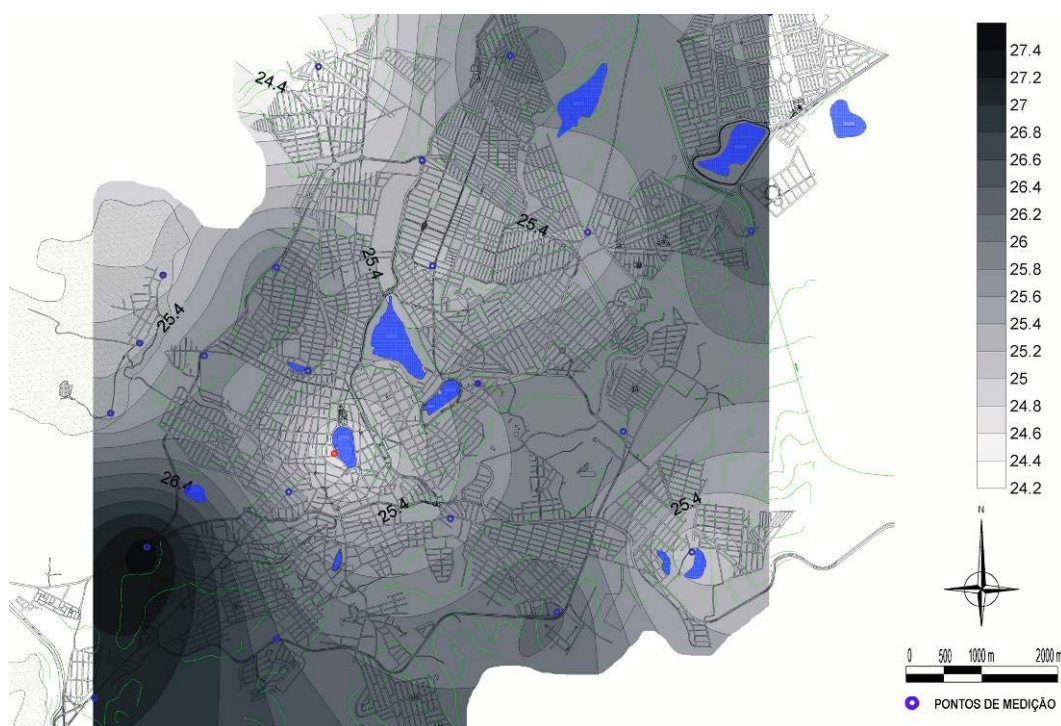
**Figura 2 - Distribuição de temperatura ajustada para o horário de 8:35 h para a cidade de Paracatu no período do trabalho de campo**

## 5.2 Problemática 2: preservação dos sítios naturais

Apresenta-se como exemplo o caso da cidade de Sete Lagoas, onde o problema da preservação dos sítios naturais foi bastante significativo na determinação das diretrizes de ocupação do solo.

Através das medições de campo, identificou-se que o entorno das lagoas Paulino e Brejão apresentavam as menores temperaturas, contribuindo para a melhoria das condições locais de conforto térmico. Na figura 3 pode-se observar o efeito de resfriamento das lagoas dentro da área urbana, porém tal efeito deve estar superestimado neste levantamento, pois um número maior de pontos deveria ter sido selecionado nas áreas de entorno daqueles corpos d'água para precisar melhor sua área de influência.

A verticalização crescente nas margens das lagoas, principalmente na Lagoa Paulino, pode, entretanto, não apenas prejudicar a ventilação local, inclusive da lagoa, como diminuir bastante a área de influência do efeito de resfriamento. Assim, as recomendações feitas para Sete Lagoas foram: preservar as áreas de resfriamento, como as áreas de vegetação, os corpos d'água e as áreas de canais de vento; manter nas áreas do entorno das lagoas e dos rios uma ocupação predominantemente horizontal, de baixa densidade e com áreas bem arborizadas.



**Figura 3 - Distribuição de temperatura ajustada para o horário de 10:05 h para a cidade de Sete Lagoas no período do trabalho de campo. Em azul as lagoas da cidade**

## 5.3 Problemática 3: influência de atividades econômicas poluidoras do ar

A influência das atividades poluidoras do ar é um aspecto a ser considerados no planejamento urbano, uma vez que a má localização pode trazer grandes problemas para a população das proximidades. Tendo em vista a questão da qualidade do ar, recomenda-se, sempre que possível, que as fontes poluidoras estejam localizadas nas áreas de saída dos ventos ou, pelo menos, quando não há dados levantados no local, nas áreas a sotavento da direção predominante de vento. As áreas residenciais devem estar afastadas dessas regiões ou protegidas através de áreas verdes de grande porte implantadas entre os distritos industriais e as áreas residenciais.

Sete Lagoas, por exemplo, tem grande concentração de indústrias e muitas delas, como siderúrgicas produtoras de ferro gusa e indústrias de laticínios, estão instaladas dentro da cidade, em áreas inadequadas. O Distrito Industrial está localizado a leste da cidade, justamente na área principal de entrada de ventos, segundo os levantamentos efetuados. Atividades desse tipo, que emitem material particulado e gases diversos para a atmosfera, podem ser consideradas fontes poluidoras, prejudiciais

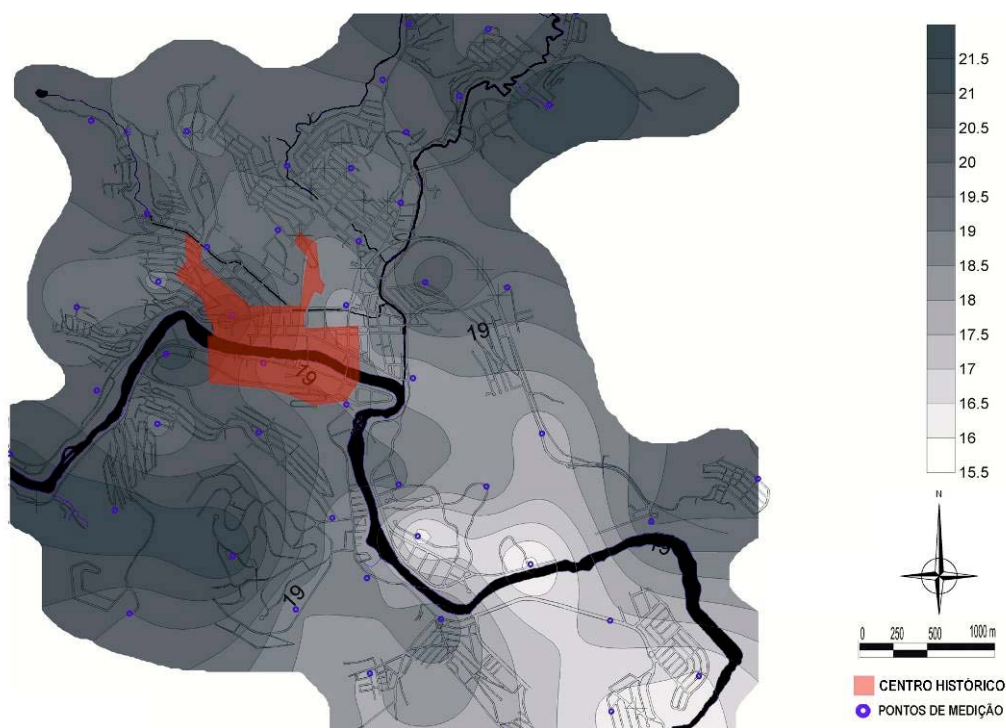
à qualidade do ar da região, quando não se tem adequado controle do processo de produção. Como recomendações devem-se exigir medidas mitigadoras na indústria para a minimização dos impactos existentes, bem como desestimular os assentamentos residenciais próximos a tais instalações. Para novos assentamentos de atividades industriais recomenda-se a adoção de relatórios de impactos ambientais, além do estudo dos ventos para dar diretrizes de implantação adequada.

#### 5.4 Problemática 4: o clima e a preservação do patrimônio histórico e cultural

Apresenta-se como exemplo o caso da cidade de Cataguases, onde ocorreu uma importante discussão acerca da confluência entre a preservação do patrimônio histórico/cultural e o clima.

Devido às velocidades muito baixas de vento observadas na área urbana, o mapa resultante da medição de vento foi considerado inconclusivo. Observou-se, apenas, uma tendência à canalização dos ventos pelos vales dos rios. Com relação ao mapa de isotermas, que pode ser visto na figura 4, observa-se que as áreas relativamente mais frias no período de medição correspondem à região sudeste estendida até o centro da cidade. Essas áreas com baixas temperaturas são áreas com maiores vazios urbanos, maior vegetação e de baixo adensamento. Essas áreas verdes e desocupadas, bem como as regiões próximas ao rio, têm um comportamento climático diferenciado do resto da malha urbana.

Na área central, o resultado provavelmente sofreu a influência de uma área de mata próxima. Do mesmo modo que no caso das lagoas, um número maior de pontos deveria ter sido selecionado para precisar melhor a influência dessa área verde na região central da cidade.



**Figura 4 - Distribuição de temperatura ajustada para o horário de 8:30 h para a cidade de Cataguases no período do trabalho de campo. A área em vermelho é o centro histórico**

As recomendações feitas para a área urbana de Cataguases tiveram como objetivo minimizar o efeito das baixas velocidades de vento e temperaturas elevadas ao longo do ano: restrição da ocupação às margens dos rios e na região central, combatendo o adensamento e verticalização nessa área e privilegiando os grandes afastamentos entre as edificações. Para a conservação dos canais de vento ao longo dos vales dos cursos d'água, recomendou-se a preservação e/ou criação de áreas verdes, além do incentivo a altas taxas de permeabilidade do solo em toda a área urbana.

A recomendação de baixo adensamento na área central e suas imediações veio de encontro ao interesse de preservação do seu conjunto histórico, para não gerar a sua descaracterização, como também para



não ocorrer uma desvalorização do ambiente urbano, uma vez que a região pode tornar-se ambientalmente desconfortável, sem boas condições de ventilação.

## 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de dados da pesquisa do clima urbano nas etapas de diagnóstico da situação local e propostas de macrozoneamento urbano mostraram ser úteis na definição das áreas adensáveis e não adensáveis, na localização das regiões mais adequadas para a implantação de áreas verdes, preservando os canais de vento, na localização de distritos industriais, bem como na identificação das áreas urbanas que apresentam más condições de ventilação e/ou são áreas com tendência ao maior aquecimento, gerando problemas de conforto higrotérmico. Tais estudos podem ser integrados aos levantamentos de ruído ambiental, dando base para as abordagens mais específicas na legislação concernente ao plano diretor, ou seja, às leis de parcelamento, uso e ocupação do solo, e aos códigos de obra. Nessa escala, a aplicação das análises de insolação e viabilidade de uso de energia solar, principalmente para aquecimento de água, pode estabelecer diretrizes para a orientação dos novos parcelamentos, bem como orientar a determinação dos afastamentos e gabaritos de construção no nível das quadras e lotes, porém esta etapa do trabalho ainda se encontra em andamento e não foi aqui abordada.

O período de tempo muito curto para realizar todos os levantamentos que deram base aos planos diretores levou a uma simplificação muito grande dos procedimentos relativos à pesquisa do clima urbano. Desse modo, os resultados obtidos devem ser considerados preliminares, sendo recomendável que mais levantamentos, em horários e estações diferentes do ano, sejam realizados durante a implementação do plano, para confirmar ou corrigir os resultados, ou mesmo identificar novos elementos. Por outro lado, o próprio governo, através do Ministério das Cidades, poderia ter estabelecido um cronograma adequado para os trabalhos, evitando que a falta de experiência ou o desinteresse das prefeituras municipais acabasse por levar à contratação dos trabalhos num prazo muito exíguo com relação à data-limite estabelecida para a apresentação do Plano Diretor.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALUCCI, M. P. (1992) *Conforto Térmico, Conforto Luminoso e Conservação de Energia Elétrica: procedimentos para o desenvolvimento e avaliação de projeto de edificações*. São Paulo, 225 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade de São Paulo.
- ASSIS, E. S. (2000) *Impactos da forma urbana na mudança climática: método para a previsão do comportamento térmico e melhoria de desempenho do ambiente urbano*. São Paulo, 253 p. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo), Universidade de São Paulo.
- ASSIS, E. S.; PEREIRA, I. M. (2005) *AET 6: Levantamento das Publicações Existentes sobre o Tema Clima Urbano, Conforto Ambiental e Eficiência Energética*. Relatório Técnico para a Eletrobrás, Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais. [Trabalho coordenado pelo prof. Leonardo Bittencourt, Universidade Federal de Alagoas].
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Instituto Nacional de Meteorologia. (1992) *Normais climatológicas 1961-1990*. Brasília: [s.n.], 84p.
- BRASIL, Ministério da Agricultura e Reforma Agrária, Departamento Nacional de Meteorologia. (1984) *Normais climatológicas 1931-1960*, 3ª ed., Rio de Janeiro: [s.n.], 78p.
- COSTA, F. J. M.; ARAÚJO, V. M. D. (2001) “Ventilação e prescrições urbanísticas – uma aplicação simulada no bairro de Petrópolis, em Natal/RN”, in: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 6º, São Pedro. *Anais...* São Paulo: ANTAC, CD-ROM.
- GIVONI, B. (1992) “Comfort, climate and building design guidelines”. *Energy and Buildings*, v. 18, p. 11-23.
- GONÇALVES, W. B. (2000) *Estudo de índices de conforto térmico avaliados com base em população universitária na região metropolitana de Belo Horizonte*. Belo Horizonte, 241 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade Federal de Minas Gerais.

- HIGUERAS, E. (2006) *Urbanismo Bioclimático*. Barcelona: Gustavo Gili, 241p.
- KATZCHNER, L. (1997) “Urban climate studies as tools for urban planning and architecture”, in: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 4º, Salvador. *Anais...* Salvador: FAU/UFBA, ANTAC, p. 49-58.
- OKE, T. R. (1988) “The urban energy balance”. *Progress in Physical Geography*, n. 12, p. 471-508.
- SOUZA, J. R. G.; ASSIS, E. S. (2007) “Ajuste de dados representativos de temperatura em medições móveis em áreas urbanas”. In: Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído, 9º, Ouro Preto. *Anais...* São Paulo: ANTAC, CD-ROM.
- UNITED Nations (1971). *Climate and House Design: design of low-cost housing and community facilities*. New York: Dep. Economic and Social Affairs, vol. 1, 100p.

#### Notas:

- <sup>1</sup> Oke (1988) chama a atenção para o fato de que o desequilíbrio do balanço energético urbano está na repartição dos fluxos turbulentos de calor sensível e latente nessas áreas. Verificou-se que, de modo geral, as áreas naturais ou rurais adjacentes à cidade perdem mais calor por meio do resfriamento evaporativo. Nas cidades, onde as superfícies têm mais capacidade térmica e o grau de impermeabilização é muito maior, ao contrário, a maior parte do fluxo térmico é de calor sensível. Daí a necessidade de se devolver umidade às áreas urbanas.
- <sup>2</sup> O Diagrama Bioclimático de Givoni (GIVONI, 1992) foi aplicado com pequenas adaptações, considerando que as condições climáticas de boa parte do território mineiro guardam semelhança com as condições de aclimação para as quais esse índice de conforto foi gerado. Gonçalves (2000) desenvolveu a validação desse índice para a região de Belo Horizonte.
- <sup>3</sup> A metodologia da pesquisa em clima urbano também recomenda a medição em pelo menos três períodos distintos: antes do nascer do sol, no horário mais quente do dia e após o por do sol. Nesse trabalho, buscou-se uma caracterização mínima das condições locais, tendo em vista a enorme quantidade de dados – não apenas ambientais – que as equipes estavam coletando para a elaboração dos planos diretores. Diante da disponibilidade de infra-estrutura de transporte, normalmente cedida pelas prefeituras locais, e de mão-de-obra, adotou-se para todos os levantamentos o período da manhã.