

REPRESENTAÇÃO DO AMBIENTE TÉRMICO E ACÚSTICO URBANO

Léa Cristina Lucas de Souza¹

Alinne Prado de Oliveira²

Camila Mayumi Nakata²

Camila Pereira Postigo²

SOUZA, L. C. L. de et al. Representação do ambiente térmico e acústico urbano. **Revista Educação Gráfica**, Bauru, n.10, p.85-95, 2006.

Resumo

Este trabalho propõe um mapeamento das condições térmicas e acústicas em um bairro residencial, como alternativa às análises numéricas muitas vezes difíceis de serem estabelecidas. A metodologia aplicada para o levantamento térmico foi a de coleta de dados de temperatura do ar para o verão e para o inverno. Foram feitas também contagens de tráfego de automóveis em horário de pico e medidos níveis de intensidade sonora. Todos os dados foram armazenados em um SIG, permitindo a criação de mapas e a extração de importantes informações ambientais que

¹ Profa. Doutora da Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação – Departamento de Arquitetura, Urbanismo e paisagismo, Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14/01 – Bauru – SP – 17.033-360 e-mail: leacrist@faac.unesp.br

² Alunas de Graduação em Arquitetura e Urbanismo que desenvolvem pesquisa de Iniciação Científica na Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação – Departamento de Arquitetura, Urbanismo e paisagismo, Av. Eng. Luiz Edmundo Carrijo Coube, 14/01 – Bauru – SP – 17.033-360

poderão servir de base para o planejamento urbano da área estudada. Os resultados foram mapas de temperaturas máximas e de temperaturas mínimas de inverno e de verão, mapas de níveis de ruídos equivalentes (Leq), mapa de fluxo de tráfego, através dos quais é possível verificar, pela sua combinação, as situações mais críticas da área estudada.

Palavras-chave: conforto ambiental, ambiente térmico, ambiente acústico, SIG

Abstract

This paper suggests the development of maps of the urban thermal and acoustical environment in a residential neighborhood, rather than relying only on numerical analysis. The methodology applied the collection of data of air temperature during summer and winter and also the registration of vehicle fluxes and sound pressure levels. All data were stored in a GIS environment, allowing the creation of maps and the extraction of information about the environment, which could be used for urban planning purposes. The results are maps of maximum and minimum temperatures in summer and winter, maps of noise levels and maps of vehicle fluxes, so that the data can be cross-examined and critical areas pointed out.

Keywords: environmental comfort, thermal environment, acoustical environment, GIS

Introdução

Na análise da qualidade de vida urbana, a dificuldade de quantificação das relações térmicas e acústicas limita muitas vezes o uso de informações para o planejamento urbano. Em alguns casos, a utilização de mapas como instrumentos para a extração de informações é uma alternativa

eficaz. Um exemplo deste tipo de abordagem e cuja metodologia vem sendo aplicada com frequência no Brasil é o trabalho de Katzschner (1988), para o qual o mapeamento de várias características urbanas é elaborado, de forma que o microclima seja considerado como um parâmetro do desenvolvimento urbano.

Aliado à eficiência da análise visual através de mapas, os Sistemas de Informações Geográficas (SIG) possuem ferramentas de armazenamento, tratamento e análise de dados georreferenciados. Estas ferramentas facilitam a elaboração e cruzamento de informações, colaborando na compreensão da complexidade das relações espaciais.

Considerando este fato e a necessidade premente de serem extraídas informações ambientais sobre áreas urbanas, este estudo procura desenvolver uma metodologia para a extração de dados térmicos e acústicos, através da utilização de ferramentas de SIG na criação de mapas de fácil interpretação ao planejador.

A qualidade térmica e acústica do espaço foi aqui estudada adotando-se a geometria urbana como um indicador ambiental. A geometria urbana, neste caso, se define pelo fator de visão do céu (FVC), que indica uma relação geométrica entre a Terra e o céu e que representa uma estimativa da área visível de céu. Seu valor varia entre 0 a 1, onde 0 representa total obstrução do céu e 1 a visão de toda a abóbada celeste. Estudado por Oke (1981), Barring et al. (1985), Arnfield (1990), Chapman et al. (2001), dentre outros, é um parâmetro adimensional, utilizado usualmente em análises térmicas do ambiente urbano. Como o céu apresenta, normalmente, temperaturas mais baixas do que a superfície terrestre, funciona como um elemento primordial no balanço de energia,

pois recebe as radiações de ondas longas emitidas pelo solo terrestre, que conseqüentemente perde calor, diminuindo a sua temperatura. Por isso a capacidade de resfriamento das superfícies urbanas está relacionada à obstrução da abóbada celeste.

O FVC é considerado uma das causas da ilha de calor urbana, embora sua relação numérica com a temperatura urbana seja de difícil determinação, conforme observado por Zutter (1999). O mesmo é constatado por Souza et al. (2005), que demonstram, no entanto, que existe uma tendência para ocorrência de maiores temperaturas médias do ar em locais sujeitos a menor visibilidade do céu.

O mesmo problema de quantificação é encontrado na área de acústica urbana. Os veículos, como principais fontes de ruído urbano, geram ondas sonoras que se propagam na atmosfera e sofrem influência da configuração dos edifícios, porém uma simples relação numérica muitas vezes não esclarece o fenômeno.

No desenvolvimento da metodologia aqui sugerida, foi feita uma exemplificação do mapeamento térmico e acústico através do estudo de uma área residencial. Para isso foi inicialmente descrita a metodologia e apresentados alguns dos mapas resultantes e informações extraídas.

Metodologia

O princípio básico da metodologia empregada foi utilizar um ambiente SIG para armazenamento e tratamento de dados, de forma a gerar mapas que permitam uma análise ambiental da área estudada. Neste caso o SIG utilizado é o ArcView GIS, produzido pela ESRI - Environmental Systems Research Institute. O objetivo foi extrair informações térmicas e acústicas que fossem úteis ao planejador urbano.

* A área de estudo

Situada no interior paulista, a cidade de Bauru é a área de estudo para a qual foi aplicada a metodologia. Geograficamente encontra-se entre as coordenadas 22º15' e 22º24' de latitude sul, 48º57' e 49º08' de longitude oeste e entre 500 e 630 m de altitude.

Uma área residencial da cidade de Bauru foi selecionada, considerando a possibilidade de ser encontrada uma grande variação nas alturas das edificações e assim permitir uma amostra significativa de valores de fator de visão do céu para os padrões desta cidade. Para a construção da base de dados, a implantação de cada uma das edificações foi plotada no ambiente SIG, tendo como base a planta cadastral de cada quadra. A altura de cada uma das edificações foi estimada visualmente *in loco* e incorporada como atributo dos polígonos representativos das edificações.

Na Figura 1 podem ser observadas, a área de estudo e as diferentes alturas das edificações. Edificações fora da divisa foram mantidas na figura por se tratarem de elementos que influem de alguma forma na caracterização dos fatores de visão do céu da área.

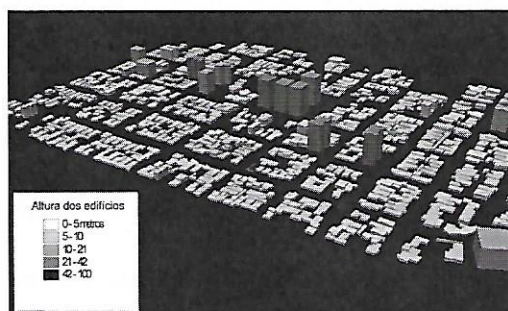


Figura 1 - Edificações na área de estudo classificadas por suas alturas

* Materiais e Métodos

Foram tomados 40 pontos de referência para coleta de dados, para os quais os valores

de FVC foram determinados. Esta determinação foi possível através da aplicação de uma ferramenta de SIG, denominada 3dSkyView. Trata-se de um algoritmo de cálculo criado por Souza et al. (2003), especificamente para este fim, e que funciona como uma extensão do Arcview GIS 3.2. A extensão 3dSkyView possibilita o cálculo e visualização de fatores de visão do céu e, atualmente, em sua terceira versão, possibilita também a visualização de diagramas de passagem solar. Com estes resultados gerados, foi elaborada uma estimativa do acesso solar em cada ponto de estudo. Todos os resultados foram automaticamente armazenados no ambiente SIG, permitindo, portanto, o tratamento e determinação de tendências na área de estudo.

Paralelamente, para os mesmos 40 pontos de referência, foram coletados dados térmicos e acústicos. Temperaturas do ar foram registradas através da instalação de data-loggers marca Hobo Pro, com canal programado para leitura horária. Os aparelhos foram instalados em postes de luz a 2 m de altura e os dias de medições correspondem a dias típicos para as estações de inverno e verão, com céu claro e baixa velocidade do ar (abaixo de 2 m/s). No tratamento dos dados térmicos foram calculadas médias de temperaturas médias, mínimas e máximas de ar, assim como amplitudes térmicas. Faixas de temperaturas de conforto diurno e noturno foram também determinadas, tendo como base as tradicionais tabelas de Mahoney.

Para os dados acústicos, foram inicialmente levantadas as características dos fluxos de tráfego (veículos por hora, vph), para identificação dos horários mais adequados para medição. Com base nos estudos de Berrettini (2000), foram realizadas, em cada ponto, 3 medições por dia em horários de pico: das 7h às 8h, das

12h às 13h e das 17h45min às 18h45min. Desconsideram-se feriados, fins-de-semana, segundas-feiras e sextas-feiras, períodos em que o tráfego torna-se atípico, já que são dias influenciados pelos fins-de-semana. E, de modo análogo, também foram rejeitadas datas próximas aos feriados. Com a utilização de um medidor de pressão sonora, modelo DEC. 5020, marca Instrutherm, a análise foi feita considerando-se o nível de ruído equivalente (Leq). O Leq (em dB A) foi medido em intervalos de 5 minutos, tempo considerado necessário para caracterizar o ruído. Para verificação do conforto acústico na região foram considerados os níveis de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos indicados pela NBR-10.151, considerando-se os níveis para áreas estritamente residenciais.

Todos os dados térmicos e acústicos foram incorporados a uma tabela de atributos do ArcView, caracterizando os pontos de referência e permitindo o cruzamento de informações. Assim, puderam ser espacialmente visualizados e estatisticamente tratados com o auxílio de uma outra extensão disponível no próprio ArcView, denominada 3DAnalyst. Com esta ferramenta foi possível interpolar os valores de cada um dos atributos, simulando os dados para toda a área e gerando isolinhas representativas de cada um deles.

Resultados e Discussões

Inicialmente, foi gerado um mapa contínuo de FVC para caracterização da geometria urbana, permitindo o reconhecimento das faixas de valores para a área residencial estudada. Este é apresentado na Figura 2. Nele verifica-se a distribuição especial do FVC e a concentração de menores valores para a zona nordeste do mapa. Quando comparados às alturas das

edificações representadas na Figura 1, é possível identificar uma faixa de edifícios mais altos à direita, que causa menor visibilidade do céu para diversos pontos nesta região, mesmo que estes estejam distantes da localização do próprio edifício. Os valores encontrados para esta zona noroeste variam de 0,54 a 0,77 com média de 0,71, enquanto as zonas fora desta região de concentração apresentam valores médios de 0,86.

Vários mapas foram elaborados e as edificações foram neles sobrepostas para permitir a delimitação da área de estudo. Ressalta-se ainda que os valores externos a esta área são apenas um prolongamento da área interpolada da imagem, não devendo ser considerados na análise.

Uma estimativa das horas de insolação, feita com base nos diagramas de passagem solar, possibilitou a confecção de mapas para o verão e inverno, que são apresentados nas Figuras 3 e 4. No verão, a maior parte da área está sob incidência solar acima de 7 horas diárias. No entanto, para a região noroeste do mapa, alguns pontos específicos estão sujeitos a menores tempos de insolação, causados pela mesma faixa de edifícios anteriormente mencionada. Para o inverno, a influência da altura destes edifícios é ainda maior, com a ocorrência de mais áreas sujeitas a um tempo de insolação abaixo de 7 horas diárias.

O mesmo tipo de representação foi feito para temperaturas médias do ar, tanto para inverno como para verão. A temperatura média do ar no verão demonstrou uma tendência de valores entre 27 a 28°C para áreas com FVC menores que 0,74, enquanto áreas com FVC maiores tenderam a uma faixa de 26 a 27°C (conforme Figura 5). Para o inverno (conforme Figura 6), uma pequena parte da zona noroeste-sudoeste apresentou de 20 a 21°C, enquanto as demais apresentaram médias de 18 a 20°C.

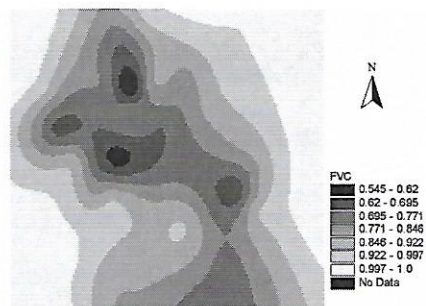


Figura 2 - Mapa Contínuo de Fator de Visão do Céu (FVC)

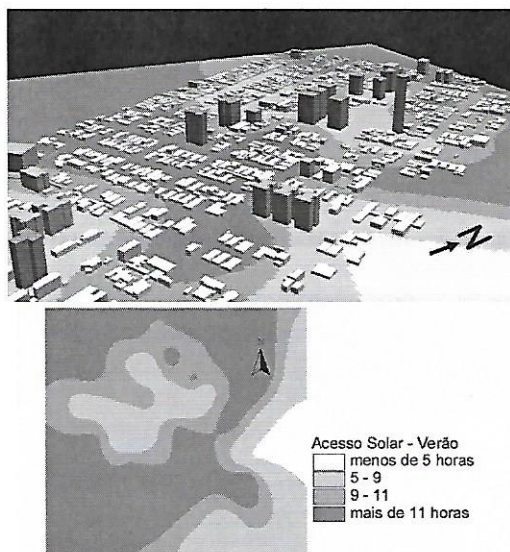


Figura 3 - Mapa de incidência solar no verão

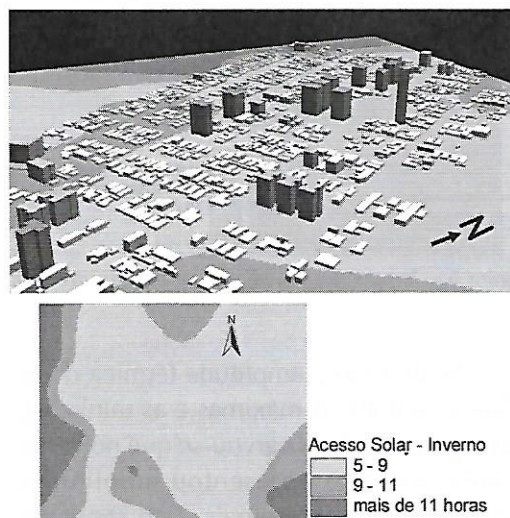


Figura 4 - Mapa de incidência solar no inverno

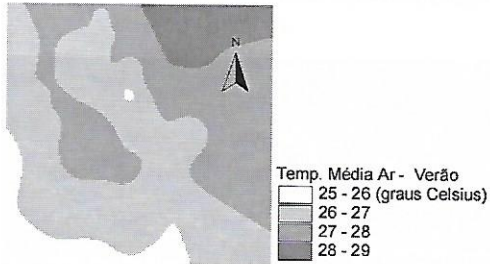
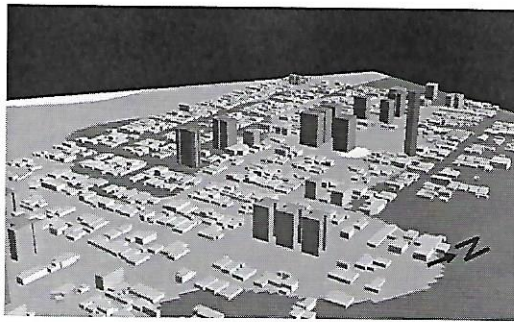


Figura 5 - Temperatura média do ar (°C) no verão

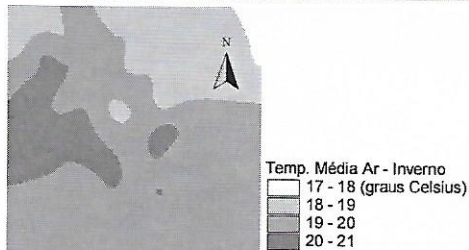
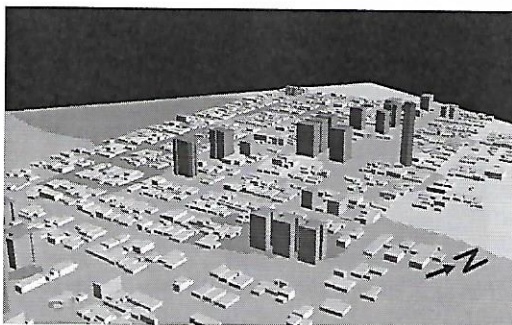


Figura 6 - Temperatura média do ar (°C) no inverno

Analisando a amplitude térmica do ar (diferença entre as máximas e as mínimas), nas Figuras 7 e 8, observou-se que no verão a área noroeste apresentou amplitudes maiores do que as demais. Este resultado pode estar indicando que os altos edifícios

que influem naquela região podem estar promovendo umidade mais baixa causada pela movimentação do ar e levando a uma variação maior da temperatura. Porém no inverno, as baixas amplitudes da região noroeste demonstraram o armazenamento de calor provocado pela geometria (FVC de 0,71 em média) do local. As amplitudes de inverno nesta região estão entre 9 e 12°C, enquanto os demais pontos da área de estudo (FVC média de 0,86) variam de 12 a 16°C.

Para as temperaturas máximas e mínimas do ar no verão e no inverno, os maiores valores tenderam a se concentrar na mesma área noroeste. Estas temperaturas foram comparadas às faixas de conforto térmico noturno e diurno sugeridas por Mahoney, e classificadas por sensação térmica, gerando as Figuras 9 a 12. Em alguns mapas onde a faixa de conforto térmico ocorreu em grandes áreas, foi feita uma classificação que diferencia a proximidade com os limites mais baixos e mais altos da faixa de Mahoney, conforme especificado abaixo de cada figura.

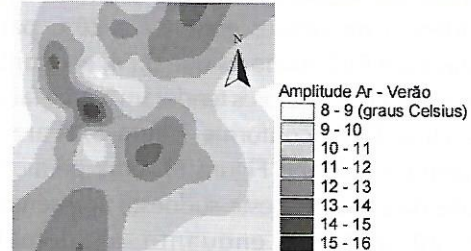
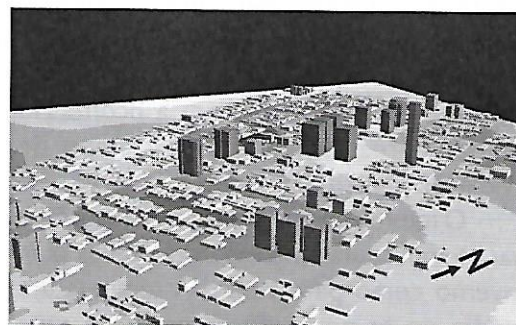


Figura 7 - Amplitude térmica média do ar (°C) no verão

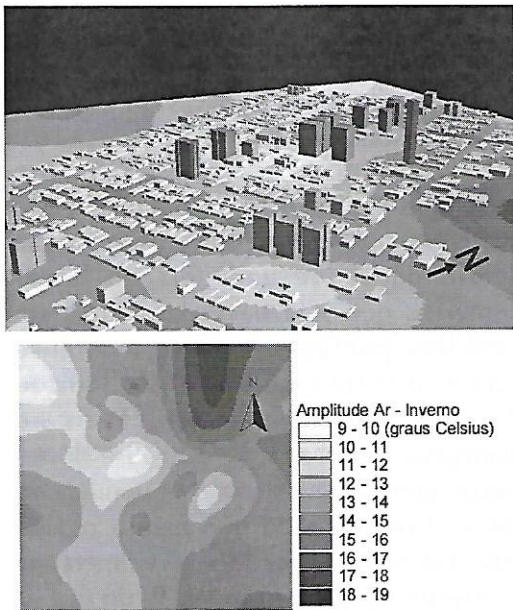


Figura 8 - Amplitude térmica média do ar (°C) no inverno

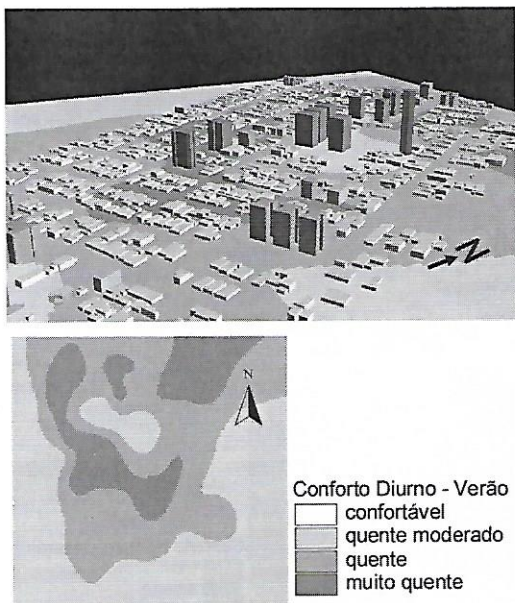


Figura 9 - Sensação térmica diurna no verão, considerando a faixa de conforto de 22 a 27°C indicada nas tabelas de Mahoney. A escala semântica de sensação térmica significa: quente moderado entre 28 e 30°C; quente de 30 a 32°C; muito quente de 32 a 35°C. Resultados baseados na análise da temperatura máxima

Analisando o mapa de conforto diurno no verão (Figura 9), é possível notar que a temperatura atinge valores mais altos (muito quente), levando a um grande desconforto em áreas com valores mais baixos de FVC. Baseado nestes dados, não houve conforto térmico diurno na área.

Por outro lado, para o conforto térmico noturno no verão, existiu uma grande região sob condições de conforto. Porém, condições de desconforto com sensação de “quente moderado” ocorreram na maior parte, principalmente na zona noroeste-sudoeste. Para as temperaturas de inverno (mostradas nas Figuras 11 e 12), o mapa diurno demonstrou melhores condições, com toda a área dentro da faixa de conforto térmico.

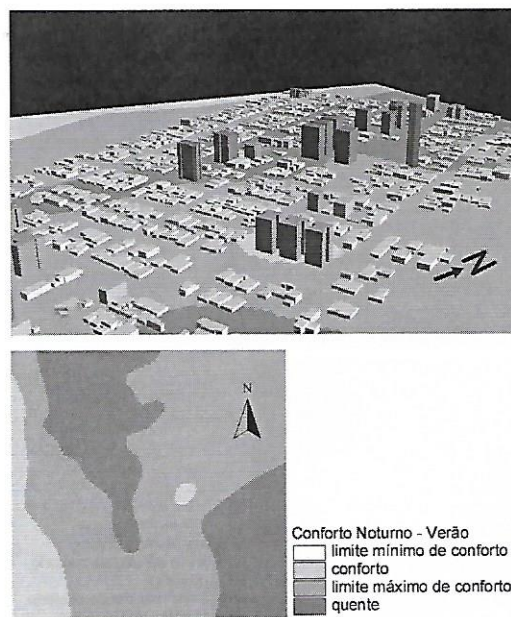


Figura 10 - Sensação térmica noturna no verão, considerando a faixa de conforto de 17 a 21°C indicada nas tabelas de Mahoney. A escala semântica de sensação térmica significa: limite mínimo de conforto de 17 a 18°C; confortável de 18 to 20°C, limite máximo de conforto de 20 a 21°C; quente moderado de 21 a 25°C. Resultados baseados na análise da temperatura mínima

Para as condições noturnas, porém, as temperaturas estão fora dos limites de conforto, tendendo a sensação de frio. No entanto, a mesma zona noroeste para as condições noturnas de inverno apresentou temperaturas levemente mais altas.

Considerando todas estas análises, os resultados podem indicar que a zona de menores valores de FVC causou mais desconforto no verão do que no inverno. Para o verão existiu desconforto tanto diurno quanto noturno, enquanto para o inverno somente as condições noturnas foram desconfortáveis, tendendo a sensação térmica de "frio moderado". No entanto, as condições de inverno noturno também revelaram maiores temperaturas na zona noroeste.

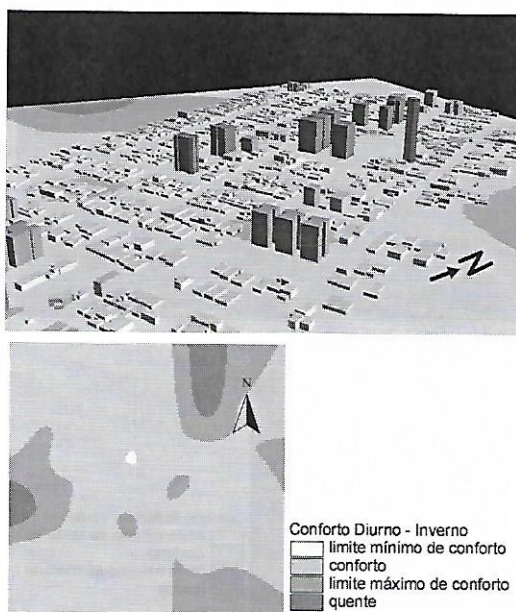


Figura 11 - Sensação térmica diurna no inverno, considerando a faixa de conforto de 23 a 29°C indicada nas tabelas de Mahoney. A escala semântica de sensação térmica significa: limite mínimo de conforto de 23 a 24°C; confortável de 24 a 28°C; limite máximo de conforto de 28 a 29°C; quente moderado de 29 a 30°C.

Resultados baseados na análise da temperatura máxima

A área de influência de fatores de visão do céu mais baixos pode ser discretamente deslocada, dependendo da época de análise e pode sofrer uma expansão ou redução em sua abrangência, porém, está sempre presente em todos os casos. Esta dinâmica é a provável razão para a dificuldade de uma determinação de uma relação linear numérica que seja baseada apenas em amostras pontuais. Mas se a análise numérica neste caso ainda não indicou resultados diretamente aplicáveis no planejamento urbano, uma análise desses mapas permitiu a obtenção de tendências claras. Considerando que para a cidade estudada as condições de baixa temperatura ocorreram em menor proporção do que as condições de alta temperatura, a análise térmica indicou que a construção de novas

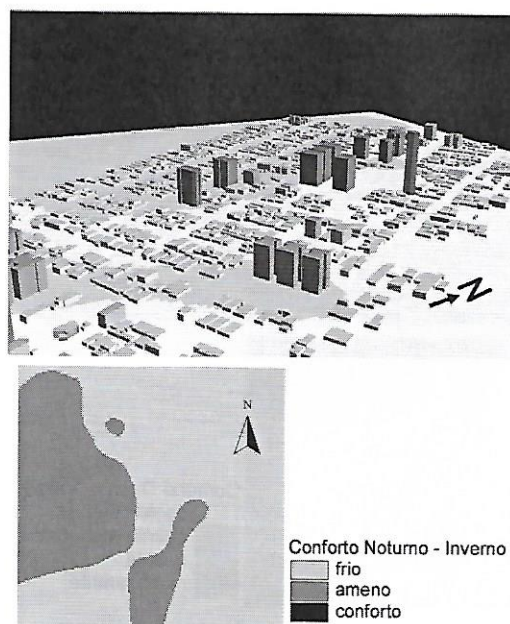


Figura 12 - Sensação térmica noturna no inverno, considerando a faixa de conforto de 17 a 21°C indicada nas tabelas de Mahoney. A escala semântica de sensação térmica significa: frio de 12 a 14°C; levemente frio de 14 to 17°C.

Resultados baseados na análise da temperatura mínima

edificações altas deve ser evitada na região noroeste-sudoeste, uma vez que já se encontra sob condições térmicas desfavoráveis.

Um estudo das condições acústicas da área, seguindo o mesmo tipo de mapeamento, foi elaborado. Neste caso os fluxos foram sobrepostos aos mapas de níveis de intensidade sonora. Para horários de pico (com início às 7h, 12h e 18h) as Figuras 13 a 15 apresentam os resultados para o fluxo de tráfego (vph) e os respectivos níveis de ruídos observados.

Observou-se que os maiores fluxos para às 7 horas tenderam a ocorrer na periferia da área. Como esta é uma área estritamente residencial, o nível de critério de avaliação indicado pela NBR-10.151 é de 50 dB para o período diurno. Por toda a área foram encontrados níveis satisfatórios para este horário, entre 45 e 55 dB. A exceção é de uma pequena parcela à noroeste, em proporções menores do que aquelas encontradas no estudo térmico e um pouco mais deslocada para a parte superior do mapa, que apresenta de 65 a 70 dB. Os níveis de ruído foram maiores nesta pequena área, mesmo existindo outras regiões cujo fluxo de veículos foi mais intenso do que aquele ali ocorrido. Quando analisados isoladamente, os FVC para os pontos de medição daquela área apresentaram um

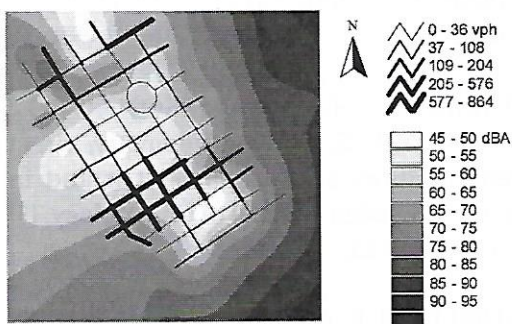


Figura 13 - Mapa de fluxos de tráfego (vph) e níveis de ruídos (Leq) às 7 horas

valor médio de 0,70, com pontos que chegaram ao valor mínimo de 0,55.

Para o horário das 12 horas, com um aumento no fluxo de tráfego, toda a área está sujeita a maiores níveis de ruídos (acima de 65 dB). Uma propagação sonora de maior intensidade se forma mais nitidamente pelo lado leste do mapa em questão. O intenso fluxo de tráfego de uma avenida localizada fora da área de estudo, porém em área imediatamente adjacente, é a razão desta expansão da área de maior ruído sobre o lado leste. A faixa de edifícios mais altos age como uma barreira acústica em relação a este ruído de leste e determinando ruídos menos intensos do lado oeste.

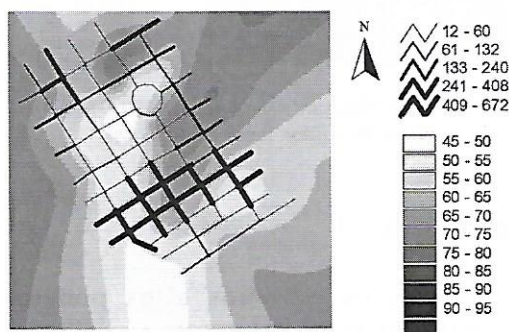


Figura 14 - Mapa de fluxos de tráfego (vph) e níveis de ruídos (Leq) às 12 horas

No horário das 18 horas, o comportamento das isolinhas de ruído parece ter acompanhado mais proximamente o fluxo de tráfego do que para os demais horários. É o horário para o qual foi encontrado valor de fluxo mais alto. Se considerado como sendo ainda um horário diurno e, portanto, equivalendo ao NCA de 50 dB, apenas uma pequena parcela da região se mantém em conforto acústico. Neste caso coincidindo com os menores valores de FVC, formando desta vez uma barreira acústica também para ruídos advindos do sudoeste.

Se, por um lado, a região de menor FVC pode produzir maior número de reflexões das ondas sonoras ocorridas em vias situadas no interior da área circundada por edifícios mais altos, por outro as edificações mais altas produzem uma barreira acústica contra os ruídos advindos de fontes situadas em vias externas às áreas de menor FVC.

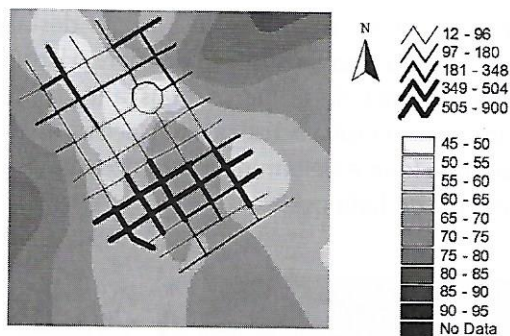


Figura 15 - Mapa de fluxos de tráfego (vph) e níveis de ruídos (Leq) às 18 horas

Conclusões

Como os edifícios altos podem impactar em áreas maiores do que aquela em que são implantados, a extensão da sua influência não é facilmente demonstrada por dados pontuais. Neste caso a elaboração de mapas urbanos para visualizar o ambiente térmico e acústico de toda a região foi um excelente instrumento para o cruzamento desses dados. Foi uma alternativa às análises de dados que são numericamente difíceis de serem tratados para a extração de relações espaciais.

A utilização de ferramentas SIG para este tipo de análise mostrou-se bastante eficiente, gerando informações úteis ao planejador urbano. No caso aqui estudado, a informação mais importante é a identificação das tendências apresentadas e suas relações com a geometria urbana.

O cruzamento das informações térmicas e acústicas permitiu identificar que a região noroeste da área estudada, apesar de ser desfavorável termicamente, ainda se configurou como uma região de conforto acústico para os horários diurnos.

Em função dos resultados térmicos obtidos, como sugestão ao planejamento urbano, indica-se que a implantação de edifícios altos na região noroeste-sudoeste da área de estudo deve ser evitada. Aquela região apresentou condições térmicas atuais desfavoráveis ao conforto humano.

Agradecimentos

As autoras agradecem a colaboração de parte dos dados coletados por Juliana Correa Rabello, Karina Debastiani Costa, Flávia Sartorato Pedrotti e Francesco Torrisi Leme. Agradecem também as bolsas de pesquisa concedidas pelo CNPq e FAPESP.

Referências Bibliográficas

- ARNFIELD, A.J. Street design and urban canyon solar access. **Energy and Buildings**, (14) 117-131, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS **Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade (NBR 10151)** – ABNT, Brasil, 2002.
- BÄRRING, I.; MATTSSON, J.O.; LINDQVIST, S. Canyon geometry, street temperatures and urban heat island in Malmö, Sweden. **Journal of Climatology**, (5) 433-444, 1985.
- BERRETTINI, R. **Avaliação do Nível de Ruído dos Veículos nas Proximidades das Interseções Urbanas**. Programa de Pós-

Graduação em Engenharia Civil,
Universidade de São Carlos, 2000.

CHAPMAN, L.; THORNES, J.E.; BRADLEY,
A.V. Rapid determination of canyon
geometry parameters for use in surface
radiation budgets. **Theoretical and Applied
Climatology**, (69) 81-89, 2001.
([www.cert.bham.ac.uk/research/urgent/
canyongeometry.pdf](http://www.cert.bham.ac.uk/research/urgent/canyongeometry.pdf))

KATZSCHNER, L. The urban climate as a
parameter for urban development. **Energy
and Buildings**, 11(1-3)137-147, 1988.

OKE, T.R. Canyon geometry and the
nocturnal urban heat island: comparison of
scale model and field observations. **Journal
of Climatology**, 1(1-4) 237-254, 1981.

SOUZA, L.C.L.; RODRIGUES, D.S.;
MENDES, J.F.G. A 3D-GIS extension for sky
view factors assessment in urban
environment, **Proceedings 8th International
Conference on Computers in Urban Planning
and Urban Management**, Sendai, Japan, 27-
29 Maio, 2003.

SOUZA, L.C.L.; RODRIGUES, D. S; LEME,
F.T; PEDROTTI, F. S. Incorporating sunpaths
for solar analysis in the 3DSkyView
extension, **Proceedings 9th International
Conference on Computers in Urban Planning
and Urban Management**, Londres, Junho,
2005.

ZUTTER, H. **Evaluation and application of
automated methods to measure sky view
factors for urban areas**. 1999. ([http://
www.indiana.edu/~bses/zutter.html](http://www.indiana.edu/~bses/zutter.html))

Faint, illegible text, possibly bleed-through from the reverse side of the page. The text is arranged in several paragraphs and appears to be a formal document or report.