

CONFORTO TERMOACÚSTICO EM ESPAÇOS URBANOS ABERTOS

Leonardo Marques Monteiro⁽¹⁾; Marcia Peinado Alucci⁽²⁾

(1) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, leo4mm@gmail.com

(2) Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, marciaalu@usp.br

Resumo

Esta pesquisa foca na relação entre variáveis ambientais térmicas e sonoras e variáveis subjetivas em espaços urbanos abertos. O objetivo é a verificação da correlação entre resultados de avaliações térmicas e sonoras, obtidos junto a populações heterogêneas em situações urbanas reais, na cidade de São Paulo. Ressalta-se a originalidade do trabalho na medida em que pesquisas específicas de quantificação de correlações entre conforto e estresse relacionados simultaneamente a variáveis do ambiente térmico e sonoro urbano, em espaços abertos, são inovadoras. O método utilizado é indutivo experimental (levantamento em campo das variáveis do ambiente térmico, do ambiente sonoro e subjetivas) apoiado por método dedutivo computacional (simulação de modelos preditivos). Os resultados do estudo experimental e computacional fornecem subsídios para verificações comparativas por meio de método correlativo. Os resultados do estudo comparativo possibilitam a proposição de correlações, por meio de método numérico, regredindo os resultados do levantamento de campo, apoiado por método analítico, utilizando modelos estudados para explorações teóricas. Os resultados finais da pesquisa fornecem: método para levantamentos das variáveis do ambiente térmico e sonoro e das avaliações subjetivas, em situações urbanas reais; quadro comparativo de resultados para situações típicas; análise e síntese dos casos em estudo e dos métodos desenvolvidos; e proposição de correlações integrando resultados de conforto térmico e sonoro.

Palavras-chave: conforto térmico, conforto acústico, espaços urbanos abertos.

Abstract

This research focuses on the relationship between environmental thermal and noise variables and subjective variables in urban open spaces. The objective is to investigate the correlation between evaluation thermal and noise results, obtained from heterogeneous populations in real urban situations in the city of Sao Paulo. The originality of the work is due to its specific research to quantify the correlation between comfort and stress-related environment variables simultaneously considering heat and sound in urban open spaces. The experimental method used is inductive (field survey of the variables of the thermal environment, noise environment and subjective answers) deductive method (simulation of predictive models). The results of experimental and computational study provide information for verification through comparative correlative method. The results of comparative study are used to propose possible correlations by means of numerical method, considering the results of the field survey, supported by analytical method and using evaluation models for theoretical explorations. The final survey results provide: a method for surveying the environment heat and sound variables and the subjective evaluations in real urban situations; comparative table of results for typical situations, analysis and synthesis of case studies and methods developed, and proposition of correlations integrating the results of thermal and sound comfort.

Keywords: thermal comfort, accoustic comfort, urban outdoor spaces

1. INTRODUÇÃO

Grande parte dos trabalhos de pesquisa de modelagem teórica e verificação experimental de conforto objetiva aplicações para ambientes fechados. As condições ambientais internas são mais controladas e passíveis de intervenções com usuais sistemas passivos e ativos de condicionamento. Já nos espaços abertos as variáveis ambientais são também passíveis de condicionamento, mas o controle é substancialmente menor, devido à ausência, parcial ou total, de confinamento. A esta especificidade de ausência de confinamento ambiental, acrescentam-se outras especificidades dos ambientes externos, como as atividades realizadas e as diferentes expectativas e tolerâncias dos usuários.

Considerando-se que a qualidade de vida urbana se pauta em grande medida pelas características do ambiente construído e sua infraestrutura, proporcionar melhores condições de uso dos espaços abertos, seja para atividades cotidianas de passagem como para as atividades de permanência ligadas ao lazer, enriquece a experiência da vida nas cidades, aumentando as possibilidades de sociabilização e efetiva utilização dos espaços públicos urbanos.

Uma das principais consequência provocadas pela intervenção do homem na constituição do meio urbano, na maior parte das cidades, são as alterações microclimáticas (Höppe, 2002). Estas não são necessariamente prejudiciais, podendo inclusive constituir-se enquanto partido de intervenção. Desta forma, as alterações microclimáticas são negativas apenas quando elas provocam situações que fogem da zona de conforto térmico. Para estudar a questão da intervenção voltada para o conforto térmico, Brown e Gillespie (1995) consideram uma abordagem em três etapas, propondo reconhecer as condições microclimáticas consideradas termicamente confortáveis, reconhecer os mecanismos pelos quais forma e matéria afetam o microclima e finalmente relacionar estes dois conhecimentos para efetivamente realizar a proposta de intervenção. Esta pesquisa concentra-se, num primeiro momento, no escopo da primeira etapa da abordagem mencionada, enfocando as relações entre variáveis microclimáticas e as de sensação térmica.

Por outro lado, segundo a Organização Mundial de Saúde (World Health Organization, 2010), atualmente a poluição sonora é, depois da poluição da água, o problema ambiental que afeta o maior número de pessoas. Segundo Fernandes (2006) os elevados níveis de ruído urbano têm se transformado em uma das formas de poluição que mais tem preocupado urbanistas e arquitetos. Os valores que vem sendo registrados acusam níveis de desconforto tão altos que a poluição sonora urbana passou a ser considerada como a forma de poluição que atinge o maior número de pessoas. Assim, desde o congresso mundial sobre poluição sonora em 1989, na Suécia, o assunto passou a ser considerado como questão de saúde pública. O autor coloca ainda que, entretanto, a preocupação com os níveis de ruído ambiental já existia desde 1981, no Congresso Mundial de Acústica, na Austrália, em que as cidades de São Paulo e do Rio de Janeiro passaram a ser consideradas as de maiores níveis de ruído do mundo. Nas cidades médias brasileiras, o ruído já tem apresentado níveis preocupantes, fazendo com que várias delas também possuam leis que disciplinem a emissão de sons urbanos.

Desta forma, dada à importância da adequada configuração do ambiente térmico e sonoro para a prática projetual de arquitetos e urbanistas, esta pesquisa tem como objetivo a verificação da correlação entre resultados de avaliações térmicas e sonoras, obtidos junto a populações heterogêneas em situações urbanas reais, na cidade de São Paulo. Uma vez alcançado o objetivo da pesquisa, será possível determinar a influência simultânea do ambiente térmico e sonoro nos usuários de espaços abertos.

Ressalta-se a originalidade do trabalho na medida em que pesquisas específicas de

quantificação de correlações entre conforto e estresse relacionados simultaneamente a variáveis microclimáticas urbanas e do ambiente sonoro urbano, em espaços abertos, são inovadoras. A seguir, serão apresentados trabalhos desenvolvidos para a ambiência térmica urbana e, na sequência, trabalhos já desenvolvidos para a ambiência sonora urbana. Espera-se assim mostrar o panorama do estado da arte em pesquisas nessas áreas, apontando ainda para o fato de que não há trabalhos que proponham a integração efetiva de ambas abordagens para espaços abertos.

2. OBJETIVOS

O objeto da pesquisa é a verificação das relações entre variáveis ambientais térmicas e sonoras e variáveis subjetivas em espaços urbanos abertos. O objetivo da pesquisa é a verificação da correlação entre resultados de avaliações térmicas e sonoras, obtidos junto a populações heterogêneas em situações urbanas reais, na cidade de São Paulo. Ressalta-se a originalidade do trabalho na medida em que pesquisas específicas de quantificação de correlações entre conforto e estresse relacionados simultaneamente a variáveis do ambiente térmico e sonoro urbano, em espaços abertos, são inovadoras.

Na presente pesquisa, os levantamentos empíricos se referem ao Campus da Cidade Universitária, ao Bairro da Luz e à Avenida Paulista, em São Paulo, SP. A escolha dos locais se deve a heterogeneidade de populações e de situações tipológicas presentes. Enfatiza-se também a já existência de pesquisas empíricas em andamento por parte do grupo de pesquisas do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (LABAUT) da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo (FAUUSP), facilitando a organização dos levantamentos e aquisição de dados.

3. AMBIÊNCIA TÉRMICA E SONORA URBANA

Existe uma série de trabalhos voltados para a relação entre ambiente térmico urbano e sensações térmicas e outra série para as respectivas relações sonoras. Observa-se, inclusive, que alguns trabalhos de maior abrangência (por exemplo, Nikolopoulou, 2004) avaliaram diferentes ambiências, mas sem conteúdo correlaciona-las (Nikolopoulou et al., 2004 para ambiência térmica; Kang et al., 2004, para ambiência sonora). No panorama brasileiro, Valques et al. (2007) levanta uma série de variáveis, mas também não as correlaciona, mas sim propõe um índice a partir da sensação dos usuários.

Por outro lado, se forem observados estudos específicos para ambientes fechados, há algumas poucas pesquisas que correlacionam variáveis da ambiência térmica e sonora ao conforto dos usuários. Pellerin e Candas (2003) consideram o efeito combinado da temperatura e do barulho para verificar o nível de desconforto humano. Para a realização desta pesquisa, foi utilizada câmara climatizada em que os indivíduos eram expostos a condições de frio (14 a 19°C) ou calor (29 a 34°C) e diferentes condições de ruído (35 a 85dB). As conclusões do trabalho indicam que o ruído altera o conforto em condições mais quentes. Nagano e Horikoshi (2005) propõem um novo índice de conforto combinando condições ambientais de temperatura baixa (quatro valores para temperatura operativa) e ruído de trânsito (cinco níveis sonoros), simulados em uma câmara de teste configurada com a disposição de um pequeno escritório. Os dados foram tratados estatisticamente e propostas isolinhas, considerando temperaturas operativas e níveis sonoros equivalentes para leitura do índice de conforto.

Ao contrário dessas pesquisas, voltadas para ambientes fechados e realizadas de modo laboratorial (em câmaras específicas que simulam ambientes), esta pesquisa tem como objetivo a verificação da correlação entre resultados de avaliações térmicas e sonoras, obtidos

por meio de levantamentos de campo com populações heterogêneas em situações urbanas reais, na cidade de São Paulo. Assim, tem-se a proposição de pesquisa com caráter inovador e, ao mesmo tempo, dentro de temática contemporânea, abarcando diferentes condições ambientais do meio urbano. Uma vez alcançado o objetivo da pesquisa, será possível determinar a influência simultânea do ambiente térmico e sonoro nos usuários de espaços abertos.

Finalmente, considerando que a qualidade dos espaços urbanos contribui para a qualidade de vida, conhecer as implicações em termos de conforto dos ambientes térmico e sonoro apresenta-se de suma importância. O conhecimento destas relações fornece instrumental para planejamento e projetos de grande escala, possibilitando melhor acomodação das pessoas nos espaços urbanos. Possibilita ainda o adequado desenvolvimento de atividades econômico-culturais específicas, em áreas abertas ou semi-confinadas, como eventos esportivos, espetáculos artísticos, grandes exposições e atividades turísticas. Desta forma, esta pesquisa abre oportunidade para desenvolvimento de trabalhos contemporâneos e inovadores tão necessários para melhoria das condições estressantes do ambiente urbano de uma grande cidade como a de São Paulo.

4. MÉTODOS

Monteiro (2011) desenvolveu pesquisa, por meio da verificação das correlações entre resultados preditivos que consideram variáveis ambientais e individuais e respostas subjetivas de percepção de sensação térmica. A base empírica originalmente considerada foi estabelecida por Monteiro (2008) em situações laboratoriais, tendo sido estabelecida por Monteiro (2011) nova base empírica em situações urbanas reais. Considerando os dados levantados em caráter laboratorial, verificou-se alta correlação entre as respostas subjetivas de percepção de sensação térmica e de percepção de sensação de conforto. Considerando os dados levantados em situações urbanas reais, as correlações também foram significativas, mas com valores menos altos. O desafio científico estabelecido passou a ser a verificação específica da percepção da sensação de conforto, observando as correlações com as diversas variáveis e estabelecendo modelos específicos para consideração conjunta da sensação térmica e de conforto. O objetivo é verificar em que medida e em que situações a sensação de conforto coincide ou não com a faixa central de neutralidade em termos de sensação térmica. A análise dos resultados mostrará em que medida o conforto térmico é coincidente ou não com a neutralidade térmica.

Ao mesmo tempo, ao longo do desenvolvimento da pesquisa de Monteiro (2011), em espaços urbanos abertos, respostas espontâneas a perguntas abertas em termos de conforto direcionavam-se prioritariamente para a questão do ruído urbano. Desta forma, considerando-se os dados da Organização Mundial de Saúde (World Health Organization, 2010), que apontam para a poluição sonora como o segundo maior problema ambiental das cidades (atrás apenas da poluição das águas), estabeleceu-se o desafio de determinar não apenas os limites toleráveis, aceitáveis ou de conforto para ruídos urbanos em espaços abertos, como também de verificação do ambiente sonoro destes espaços. O objetivo é verificar em que medida e em que situações de ambientes sonoros têm-se sensação de conforto acústico. A análise dos resultados mostrará em que medida o conforto acústico é coincidente ou não apenas com a caracterização físico-sonora.

Finalmente, considerando que a sensação de conforto envolve os diversos sentidos e capacidades adaptativas e psicológicas, além de características demográficas, sociais e culturais, esta pesquisa visa vencer o desafio específico de correlacionar o conforto térmico e acústico, considerando suas especificidades, verificando de que forma suas variáveis

influenciam no conforto termo-acústico, observando possivelmente diferentes percepções ou preferências térmicas ou sonoras em função das diferentes conjunções de ambientes térmico e sonoro. O objetivo é, enfim, verificar em que medida e em que situações os ambientes térmicos e sonoros influenciam mutuamente as respectivas sensações e, ainda, proporcionam ou não sensações de conforto como um todo, em referência à ambiência térmica e sonora.

Os dois primeiros desafios ainda não foram vencidos de forma completamente satisfatória e o terceiro apresenta-se como original na medida em que a integração de variáveis térmicas e sonoras em análise única é inovadora em pesquisas de conforto urbano em espaços abertos.

5. RESULTADOS PRELIMINARES E ESPERADOS

Os resultados preliminares da pesquisa forneceram:

(I) método para levantamentos simultâneos de variáveis microclimáticas urbanas, de ambiente sonoro urbano e de avaliações subjetivas, em situações urbanas reais. Para as variáveis microclimáticas urbanas é utilizada a norma ISO 7726 (1998), para as variáveis pessoais relacionadas ao ambiente térmico, são utilizadas as normas ISO 8996 (1990) e ISO 9920 (1995). Todas essas normas são consideradas a luz de Monteiro e Alucci (2005) e Monteiro (2008). Para as variáveis do ambiente sonoro urbano são utilizadas as normas ISO 1996:1 (2003) ISO 1996:2 (2007), com eventuais considerações a serem realizadas. Para as avaliações subjetivas, é utilizada a norma ISO 10551 (1995), considerando-se Monteiro (2008), Monteiro (2011) e o desenvolvimento das adaptações necessárias para consideração do ambiente sonoro (Kang e Zhang, 2010).

(II) quadro comparativo de resultados para situações típicas. Considerando os levantamentos realizados ao longo de dias típicos de verão e inverno, sob diferentes condições de exposição sonora e em situações morfológicas distintas com diferentes usos e atividades, sendo realizado quadro comparativo dos resultados de ambiência térmica e sonora frente às demais características levantadas, estabelecendo primeira aproximação e interpretação dos resultados.

Os resultados finais esperados da pesquisa são:

(I) proposição de modelos preditivos. Espera-se aqui a proposição sucessiva de três modelos. Determinação de modelo preditivo que correlacione as sensações térmicas (já preditas por modelos propostos ou calibrados por Monteiro, 2008, 2011), com as sensações de conforto (segundo Humphreys, 2003, para ambientes internos; e segundo De Dear et al, 1997, para ambientes naturalmente ventilados, entre outros autores, a sensação de conforto não é necessariamente coincidente com a sensação de neutralidade, conforme é adotado pela maior parte dos modelos). Determinação de modelo preditivo de conforto de acordo com o ambiente sonoro, não se limitando aos fatores físico-acústicos (Kang e Zhang, 2010), mas também aos aspectos, entre outros, sociais, demográficos, psicológicos e culturais (Kang, 2006), focando não apenas na questão convencional da “redução sonora”, mas também como os usuários percebem o ambiente, ou seja, na relação entre pessoas e sons (Zhang & Kang, 2007; Yu & Khang, 2008). Finalmente, proposição de modelo que correlacione a percepção e as possibilidades de adaptações e preferências em termos de ambiência térmica e sonora.

(II) análise e síntese dos casos em estudo e dos métodos desenvolvidos. Os casos estudados serão analisados de forma a permitir uma reflexão crítica dos métodos desenvolvidos permitindo chegar a uma síntese de todo o processo desenvolvido de forma a apontar para conclusões, considerações específicas, possibilidades de continuação de desenvolvimento da pesquisa, inserção dos resultados no estado da arte, aplicações práticas e teóricas dos resultados e perspectivas para novos estudos na área de pesquisa.

REFERÊNCIAS

- BROWN, Robert D.; GILLESPIE, Terry J. Microclimatic landscape design: creating thermal comfort and energy efficiency. New York: John Wiley & Sons, 1995.
- FERNANDES, J.C. Gestão ambiental e poluição sonora. XIII SIMPEP ° Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 de Novembro de 2006.
- HÖPPE, Peter R. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. In: Energy and Buildings, 34, 6, pp. 661-665, 2002.
- HUMPHREYS, Michael A. Field studies of thermal comfort compared and applied. BRE Current Paper, 75/76, London, 1975.
- ISO (INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION). ISO 7726. Ergonomics of the thermal environment: instruments for measuring physical quantities. Genève: ISO, 1998.
- _____. ISO 9920. Ergonomics of the thermal environment: estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble. Genève: ISO, 1995.
- _____. ISO 10551. Ergonomics of the thermal environment: assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgment scales. Genève: ISO, 1995.
- _____. ISO 7730. Ergonomics of the thermal environment: analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Genève: ISO, 2005.
- _____. ISO 8996. Ergonomics: determination of metabolic heat production. Genève: ISO, 1990.
- KANG, Jian. Urban Sound Environment. London: Taylor & Francis, 2006.
- KANG, J.; ZHANG, M. Semantic differential analysis of the soundscape in urban open public spaces. Building and Environment, Volume 45, Issue 1, January 2010, Pages 150-157
- MONTEIRO, L. M. Modelos preditivos de conforto térmico: quantificação de relações entre variáveis microclimáticas e de sensação térmica para avaliação e projeto de espaços abertos. 378p. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- MONTEIRO, L. M. Verificação comparativa da predição de sensação térmica por meio de simulações computacionais e de levantamentos empíricos em espaços urbanos da cidade de São Paulo. 498p. Relatório (Pós-Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.
- MONTEIRO, L.; ALUCCI, M. Procedimentos para quantificação de variáveis para análise termofisiológica em espaços abertos. In: VIII ENCAC/IV ELACAC, 2005, Maceió. Anais... ANTAC, 2005.
- NAGANO, K., HORIKOSHI, T. New comfort index during combined conditions of moderate low ambient temperature and traffic noise. Energy and Buildings, 37, 2005, 287-294.
- NIKOLOPOULOU, Marialena (org). Designing Open Spaces in the Urban Environment: a Bioclimatic Approach. Atenas: CRES, 2004.
- PELLERIN, Nicolas, CANDAS, Victor. Combined effects of temperature and noise on human discomfort. Physiology & Behavior, 78, 2003, 99- 106.
- VALQUES, Igor J. Botelho; LISOT, Aline; TAMANINI, Carlos Augusto de Melo; SOARES, Paulo Fernando. O estresse urbano no conforto ambiental. In: VIII ENCAC/V ELACAC, 2007, Ouro Preto. Anais... ANTAC, 2007.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. Guidelines for Community Noise. 1999. Disponível em: <<http://whqlibdoc.who.int/hq/1999/a68672.pdf>>. Acesso em: 31 mar. 2011.
- YANG, W.; KANG J. Acoustic comfort evaluation in urban open public spaces. Applied Acoustics, Volume 66, Issue 2, February 2005, Pages 211-229
- YU, Lei; KANG, Jian. Factors influencing the sound preference in urban open spaces. Applied Acoustics, Volume 71, Issue 7, July 2010, Pages 622-633

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).