



## XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

### **AVALIAÇÃO EMPÍRICO-PREDITIVA EM ESPAÇOS URBANOS: CORRELAÇÕES ENTRE SENSACÃO TÉRMICA E SONORA**

**MONTEIRO, Leonardo M.; NOVAES, Gabriel; IWAI, Danielle**

Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, 3091-4538,  
leo4mm@gmail.com

#### **RESUMO**

Esta pesquisa foca a relação entre variáveis microclimáticas urbanas (temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e radiação térmica), variáveis do ambiente sonoro (nível sonoro equivalente e máximo) e variáveis subjetivas (percepção de sensação térmica, sonora e de conforto ambiental). O objetivo foi verificar a 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. Como resultado final tem-se correlações entre sensação térmica e sonora e as condições de conforto ambiental.

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

#### **ABSTRACT**

*This research focuses on the relationship between urban microclimatic variables (air temperature, relative humidity, air velocity and thermal radiation), noise environment variables (equivalent and maximum noise level) and subjective variables (perceived thermal and acoustic sensation and environmental comfort). The objective is to verify the correlation between results of thermal and sound ratings, obtained from heterogeneous populations in real urban situations, in the city of São 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 provide the verification of correlations between thermal and acoustic sensation and comfort.*

**Keywords:** Thermal comfort, acoustic 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.

Em termos de intervenção, uma das principais consequências 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. A referida pesquisa do autor concentra-se 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, 2011), 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.

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.

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, 2004 para ambiência térmica; Kang, 2006, para ambiência sonora). No panorama brasileiro, Valques et al. (2007) levanta uma série de variáveis, mas 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. Horikoshi et al. (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 inovadores para melhoria das condições estressantes do ambiente urbano de uma grande cidade como a de São Paulo.

## **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.

### **3 MÉTODOS**

#### **3.1 Referências metodológicas**

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.

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, 2011), 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 aqui foi verificar em que medida e em que situações de ambientes sonoros têm-se sensação de conforto acústico. A análise dos resultados aponta em que medida o conforto acústico é coincidente ou não apenas com a caracterização físico-sonora.

Como método, foram realizados 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). 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). 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).

Em termos de modelagem térmica, considera-se: a predição de sensação térmica (já preditas por modelos propostos ou calibrados por Monteiro, 2008, 2011), com as sensações de conforto (segundo Humphreys, 1975, para ambientes internos; e segundo De Dear et al, 1997, para ambientes naturalmente ventilados, entre outros autores). Verifica-se que a sensação de conforto não é necessariamente coincidente com a sensação de neutralidade, conforme é adotado pela maior parte dos modelos.

Considera-se ainda 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).

### **3.2 Locais dos levantamentos de campo**

Foram 797 questionários aplicados num total de 5 dias de medições em 8 pontos diferentes e em épocas distintas do ano. Os equipamentos utilizados serão descritos no sub-item seguinte.

Em 26 de Outubro de 2011, foram escolhidos dois pontos para análise no bairro do Cambuci na cidade de São Paulo. Pela sua localização central e a presença de áreas de comércio e serviços públicos, estes trechos da cidade concentram grande fluxo de pedestres e veículos, fazendo jus ao motivo da escolha. Busca-se o contraste nas medições entre uma área na calçada em frente ao INSS e uma área localizada em meio a uma praça, porém ambas lindeiras a uma rua/avenida de grande movimento.

No dia 2 de Abril de 2012, o ponto escolhido foi a Avenida Paulista, em São Paulo, já que esta é tão representativa do centro da cidade e seu espírito e, sem dúvida, uma das mais movimentadas da Capital e mesmo do país. A colocação dos equipamentos foi feita na beirada da calçada junto à guia, o mais próximo possível do leito carroçável. As medições foram realizadas na calçada em frente ao Parque Trianon, próximo ao seu portão principal e à Base Comunitária da Polícia Militar.

No dia 29 de Setembro de 2012, foram realizadas medições empíricas na entrada principal do parque Trianon, seguindo a rua principal de entrada do parque, cerca de 30 metros adentro do mesmo em relação à calçada da Av. Paulista. As medições foram realizadas neste ponto, em local sombreado e próximo da vegetação.

No dia 10 de Outubro de 2012, as medições foram realizadas em dois pontos no bairro da Bela Vista em São Paulo. O primeiro se localizou na R. S. Carlos do Pinhal (primeira paralela à Av. Paulista) no quarteirão entre a Al. Pamplona e Al. Campinas, na calça oposta à entrada do Hotel Macksoud Plaza, de frente para o mesmo. O segundo, por sua vez, se localizou próximo à esquina da Al. Ribeirão Preto (paralela à anterior) e a Al. Campinas, imediatamente aos fundos do mesmo hotel. A colocação dos equipamentos foi feita na beirada da calçada junto à guia, sendo o primeiro em local a céu aberto, sombreado apenas em partes do dia por edifícios lindeiros, e o segundo abaixo da vegetação. Ambos a aproximadamente de 60m a 80m da esquina e do semáforo.

No dia 31 de Outubro de 2012, foram realizadas em dois pontos no bairro da República, em uma região central de São Paulo. O primeiro se localizou num triângulo de cruzamento entre a Av. São João, a R. Conselheiro Nébias e a R. Dos Timbiras, estando localizado imediatamente ao lado de uma grande avenida de várias faixas de rolamento, cruzamento de diversas linhas de ônibus e grande fluxo de veículos. O segundo, por sua vez, se localizou a cerca de 50m da esquina da R. Guaianases com a R. dos Timbiras, sendo marcado principalmente pelo uso habitacional e de serviços pequenos e a primeira pelo comércio. A colocação dos equipamentos foi feita na beirada da calçada, sendo o primeiro em local a céu aberto, sombreado apenas em partes do dia por edifícios próximos e pela vegetação lindeira, e o segundo em situação semelhante, em calçada sem vegetação, sombreada em partes do dia por edifícios lindeiros.

### 3.3 Procedimentos para realização das medições e aplicação de questionários

A Figura 1 apresenta o questionário aplicado ao longo das medições realizadas nos levantamentos de campo.

Figura 1 – Questionário aplicado

Conforto Ambiental Urbano USP - UFMG												Entrevistador: _____			Local: _____														
Controle de Dados												Data: ____/____/____			Hora: ____:____														
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	Conforto Acústico			Conforto Térmico		Dados Individuais			Observação									
Idade (20-59)	Mora em SP há mais de 1 ano?	Em qual bairro?	Ar condicionado nos últimos 30 min?	Gripe ou febre?	Gravida ou na menopausa?	Fones de ouvido nos últimos 30 min?	Problemas auditivos?	Ingeriu bebida alcoólica na última hora?	Volume do som ambiente?	Volume lhe incomoda?	Conforto acústico	Som agradável	Som incômodo	Como se sente?	Conforto Térmico	Como prefere?	Altura	Peso	Profissão	Vestimenta (do)	Sentado 105 W	Parado em pé 125 W	Andando 210 W	Correndo 605 W	Bicicleta	Sol	Sombra	Sexo	Hora final
1	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	S	P	A	C	B	☀	☂	M	F	..
2	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	S	P	A	C	B	☀	☂	M	F	..
3	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	S	P	A	C	B	☀	☂	M	F	..
4	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	S	P	A	C	B	☀	☂	M	F	..
5	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	S	P	A	C	B	☀	☂	M	F	..
6	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	S	P	A	C	B	☀	☂	M	F	..
7	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	S	P	A	C	B	☀	☂	M	F	..
8	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	S	P	A	C	B	☀	☂	M	F	..
9	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	S	P	A	C	B	☀	☂	M	F	..
10	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	S	P	A	C	B	☀	☂	M	F	..
11	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	S	P	A	C	B	☀	☂	M	F	..
12	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	S	P	A	C	B	☀	☂	M	F	..
13	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	S	P	A	C	B	☀	☂	M	F	..
14	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	S	P	A	C	B	☀	☂	M	F	..
15	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	N	S	S	P	A	C	B	☀	☂	M	F	..

**J** - Volume ambiente  
1. Muito alto 2. Pouco alto 3. Normal 4. Baixo 5. Nem tinha percebido

**K** - Volume lhe incomoda?  
1. Muito 2. Pouco 3. Mais ou menos 4. Um pouco 5. Não

**L** - Conforto Acústico  
1. Confortável 2. Pouco desconfortável 3. Desconfort. 4. Muito desconfort.

**O** - Como você se sente com relação às condições climáticas?  
1. Muito calor 2. Calor 3. Pouco calor 4. Nem calor, nem frio 5. Pouco frio 6. Frio 7. Muito frio

**P** - Conforto térmico  
1. Confort. 2. Pouco desconfort. 3. Desconfort. 4. Muito desconfort.

**Q** - Como prefere condições climáticas?  
1. Muito mais quente 2. Mais quente 3. Pouco mais quente 4. Sem mudança 5. Pouco mais frio 6. Mais frio 7. Muito mais frio

As medições foram realizadas das 6h às 18h (desconsiderando o horário de verão). Realizadas em baterias às 6h, 8h, 10h, 12h, 14h, 16h e 18h, as medições de acústica contaram, em cada horário, com 60 leituras do nível de ruído pontual ponderado pelo Filtro A, em dB(A), sendo cada uma a cada 10 segundos ao longo de 10 minutos. O equipamento utilizado para monitoramento dos valores de nível sonoro foi o decibelímetro de modelo SL-4001 da Lutron. Foram utilizadas estações meteorológicas automáticas Campbell, quantificando-se temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do ar e temperatura de globo (com posterior cálculo de temperatura radiante média). Os questionários foram aplicados simultaneamente às medições de acústica, em baterias de 30 questionários nos horários acima citados.

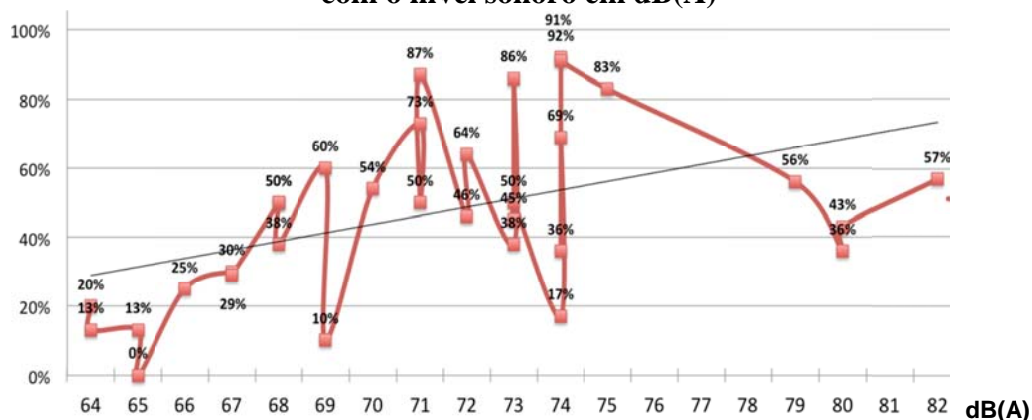
O questionário, apresentado na Figura 1, foi aplicado durante as medições e solicitava-se que o pedestre determinasse o nível de seu conforto/desconforto com as condições acústicas e com as condições térmicas do ambiente, bem como para citar os ruídos mais incômodos e os sons mais agradáveis do momento. As demais questões servem para caracterizar o pedestre entrevistado conforme idade, sexo, peso, vestimenta, se estava ou não grávida, na menopausa, doente, com problemas auditivos, usando fones de ouvido, etc.

É importante ressaltar que o questionário propõe uma diferenciação entre incômodo com o ruído e desconforto acústico, sendo que o incômodo é a simples perturbação ocasionada pelo ruído, sem necessariamente causar desconforto. Isto é, uma pessoa pode alegar estar incomodada com o ruído da via mas dizer, por exemplo, que o mesmo não chega a configurar desconforto, como, de fato, ocorreu diversas vezes. Analogamente, ocorre o mesmo em relação às condições térmicas, uma vez que diversos entrevistados mencionam que, por exemplo, o calor lhes incomoda mas não chega a ocasionar desconforto.

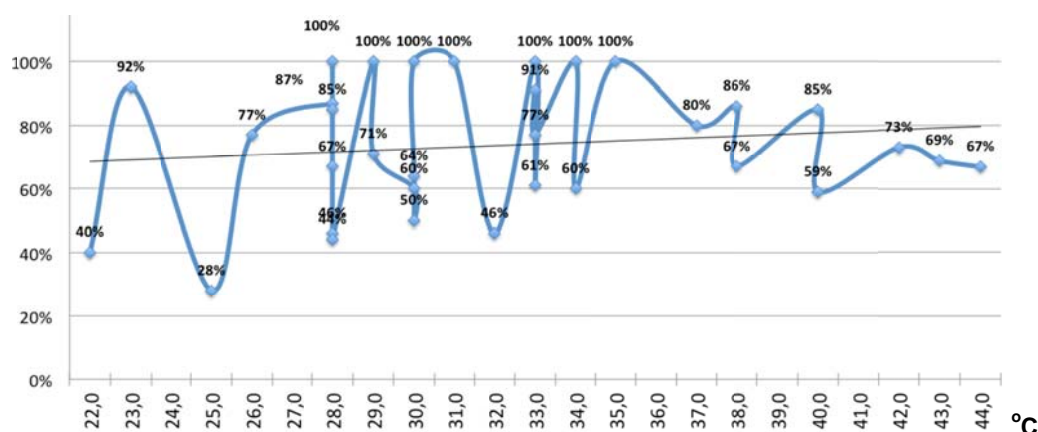
#### 4 RESULTADOS

As figuras 2, 3 e 4 apresentam, respectivamente, os resultados da correlação entre nível sonoro e porcentagem de pessoas em desconforto com o nível sonoro; da correlação entre temperatura equivalente percebida e porcentagem de pessoas em desconforto térmico; e porcentagem de pessoas confortáveis ao longo do dia em termos térmicos, acústicos e ambos.

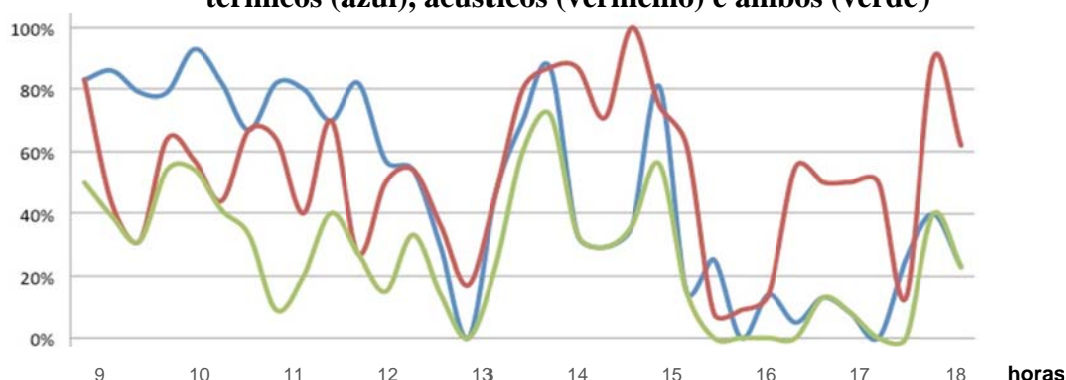
**Figura 2 – Correlação entre nível sonoro e porcentagem de pessoas em desconforto com o nível sonoro em dB(A)**



**Figura 3 – Correlação entre porcentagem de pessoas em desconforto térmico e temperatura equivalente percebida em °C**



**Figura 4 – Porcentagem de pessoas confortáveis ao longo do dia em termos térmicos (azul), acústicos (vermelho) e ambos (verde)**



Os resultados encontrados indicam que conforto térmico e conforto acústico constituem um único estado de conforto do usuário e cada um exerce influência, mais ou menos significativa, sobre a percepção do outro. Não consiste somente na questão da mudança da tolerância ao espaço ocasionada pelo aumento ou redução nível de ruído e/ou temperatura equivalente percebida. Essas variáveis se relacionam diretamente, chegando até mesmo, como em casos estudados, em que o aumento do nível de ruído provoca um aumento do desconforto térmico ao invés de um aumento do desconforto acústico.

A correlação da temperatura equivalente percebida com o desconforto térmico é bastante direta, embora apresente reta de correlação com baixo grau de inclinação indicando para uma variação na porcentagem de desconfortáveis térmicos pequena (inferior a 20% nos casos estudados). Em um valor mediano de neutralidade existe uma forte tendência a uma baixa taxa de desconforto, a partir desta faixa neutra, tanto o aumento da temperatura equivalente percebida quanto sua redução ocasionam o aumento da taxa de desconfortáveis entre os usuários, uma vez que os aproxima dos extremos. No caso de São Paulo, nas épocas em que foram realizadas as medições, é mais comum encontrar condições climáticas em que a temperatura equivalente percebida tende a se manter na faixa neutra ou acima da mesma, o inverno paulistano não é rigoroso o suficiente para ocasionar fortes quedas no valor da mesma. O nível



equivalente de ruído operou de modo semelhante, porém apenas um sentido. No caso do ambiente externo urbano, o que realmente implica em um aumento do desconforto acústico é o aumento do nível de ruído.

Os resultados das medições permitem mostrar que condições acústicas desagradáveis não influenciam significativamente na percepção da ambiência térmica, uma vez que o incômodo ocasionado pelo ruído não aparenta reduzir a tolerância pessoal às condições climáticas. Já o caminho inverso se mostra mais significativo, uma vez que a exposição a condições térmicas que ocasionam desconforto aparentam provocar uma redução mais significativa na tolerância à exposição ao ruído.

Um modo simples encontrado para entender esta constatação é a utilização dos gráficos com curvas de correlação, conforme apresentados nas Figuras 2, 3 e 4. Em uma primeira análise, espera-se que os gráficos assumam um aspecto linear de pequena inclinação, onde para cada nível de ruído exista uma única porcentagem de população em desconforto acústico, e analogamente para cada valor de temperatura equivalente percebida exista uma única porcentagem da população em desconforto térmico.

Isto, na realidade, não ocorre. Os gráficos de desconforto em função da condicionante apresentam aspecto senoidal e flutuante, ou nem mesmo seguem um padrão, havendo repetição de valores, aumentos e diminuições. Existe uma queda da quantidade de desconfortáveis mesmo com o aumento do ruído e/ou da temperatura equivalente percebida. Há também a variação dos valores de desconfortáveis para mesmos valores de nível de ruído ou temperatura equivalente percebida, o que não seria plausível considerando-se cada variável isoladamente.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerando que a sensação de conforto envolve os diversos sentidos e capacidades adaptativas e psicológicas, além de características demográficas, sociais e culturais, esta pesquisa enfocou nas relações entre conforto térmico e acústico, considerando suas especificidades, verificando de que forma suas variáveis influenciam no conforto termo-acústico, observando diferentes percepções ou preferências térmicas ou sonoras em função das diferentes conjunções de ambientes térmico e sonoro. O objetivo foi 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.

Como resultado final, pode-se observar que existe uma tendência de aumento do desconforto no ambiente urbano conforme o nível sonoro aumenta conjuntamente com a temperatura equivalente percebida. Os resultados das medições realizadas mostraram que condições sonoras de desconforto não influenciam significativamente na percepção da ambiência térmica, uma vez que o incômodo ocasionado pelo nível sonoro não indica redução na tolerância à ambiência térmica. Já a influência inversa se mostra mais evidente, uma vez que a exposição a condições térmicas que ocasionam desconforto indica uma redução mais significativa na tolerância à exposição a níveis sonoros mais elevados.

## **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).

## REFERÊNCIAS

- BROWN, Robert D.; GILLESPIE, Terry J. **Microclimatic landscape design: creating thermal comfort and energy efficiency**. New York: John Wiley & Sons, 1995.
- DE DEAR, R. **Developing an Adaptative Model of Thermal Comfort and Preference**. Final Report, 1997. Sydney, Macquarie University. Berkeley, University of California, 1997.
- 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, 2002, p. 661-665,
- HORIKOSHI, T. et al., N. **Mathematical expression of combined and seperate effect of air temperature, humidity, air velocity and thermal radiation on thermal comfort**. Archives of Complex Environmental Studies, 7, 3-4, 1995, p. 9-12.
- HUMPHREYS, Michael A. **Field studies of thermal comfort compared and applied**. BRE Current Paper, 75/76, London, 1975.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION STANDARDIZATION. **ISO 7726**. Ergonomics of the thermal environment: instruments for measuring physical quantities. Genève: ISO, 1998.
- \_\_\_\_\_. **ISO 8996**. Ergonomics: determination metabolic heat production. Genève: ISO, 1990.
- \_\_\_\_\_. **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 1996:1**. Acoustics: Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 1: Basic quantities and assessment procedures. Genève: ISO, 2003.
- \_\_\_\_\_. **ISO 1996:2**. Acoustics: Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 2: Determination of environmental noise levels. Genève: ISO, 2007.
- 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
- KANG, Jian. **Urban Sound Environment**. London: Taylor & Francis, 2006.
- 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). FAU USP, São Paulo, 2011.
- MONTEIRO, L. M. **Modelos Preditivos de Conforto Térmico**. Tese de Doutorado. São Paulo: FAU USP, São Paulo, 2008.
- 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 & Buildings, 37, 2005, 287-94.
- 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, I.; et al. **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](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, p. 211-229.
- YU, L.; KANG, J. **Factors influencing the sound preference in urban open spaces**. Applied Acoustics, Volume 71, Issue 7, July 2010, p. 622-633.