UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO

SIMONE QUEIROZ DA SILVEIRA HIRASHIMA

**Percepção sonora e térmica e avaliação de conforto em
espaços urbanos abertos do município de Belo
Horizonte – MG, Brasil**

São Paulo – SP
2014

SIMONE QUEIROZ DA SILVEIRA HIRASHIMA

**Percepção sonora e térmica e avaliação de conforto em
espaços urbanos abertos do município de Belo
Horizonte – MG, Brasil**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, nível doutorado, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura.
Linha de pesquisa: Conforto, Eficiência Energética e Ergonomia.

Orientadora: Profa. Livre Docente Márcia Peinado Alucci.

Coorientadora: Profa. Dra. Eleonora Sad de Assis.

São Paulo
2014

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

E-MAIL DA AUTORA: simoneqs@gmail.com

H668p Hirashima, Simone Queiroz da Silveira.
Percepção sonora e térmica e avaliação de conforto em espaços urbanos abertos do município de Belo Horizonte – MG, Brasil / Simone Queiroz da Silveira Hirashima – São Paulo, 2014. 246 f.: il.

Tese (Doutorado – Área de Concentração: Tecnologia da Arquitetura) – FAUUSP.

Orientadora: Márcia Peinado Alucci.

Coorientadora: Eleonora Sad de Assis

1. Conforto acústico. 2. Conforto térmico. 3. Planejamento territorial urbano 4. Espaço urbano – Belo Horizonte (MG) 5. Paisagem sonora. 6. Acústica urbana 7. Clima urbano. I. Título.

CDD: 534.832

SIMONE QUEIROZ DA SILVEIRA HIRASHIMA

Percepção sonora e térmica e avaliação de conforto em espaços urbanos abertos do município de Belo Horizonte – MG, Brasil

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, nível doutorado, da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Arquitetura e Urbanismo.

Área de concentração: Tecnologia da Arquitetura.
Linha de pesquisa: Conforto, Eficiência Energética e Ergonomia.

Orientadora: Profa. Livre Docente Márcia Peinado Alucci
Coorientadora: Profa. Dra. Eleonora Sad de Assis

Aprovado em: _____

Banca Examinadora:

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura _____

Prof. Dr. _____

Instituição: _____

Julgamento: _____ Assinatura _____

Aos meus queridos
Hayato e Karen

AGRADECIMENTOS

Meus sinceros agradecimentos a todas as pessoas e a todas as instituições que contribuíram para a realização desta pesquisa:

- À profa. Livre Docente Márcia Peinado Alucci, pela orientação, confiança e constante apoio;
- À profa. Dra. Eleonora Sad de Assis, pela coorientação, amizade e incentivo;
- Ao Programa Ciências sem Fronteiras do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro durante minha permanência na Inglaterra para realização de doutorado sanduíche. Esta experiência proporcionou a troca de conhecimento entre as instituições envolvidas – USP, UFMG e *University of Kent* e possibilitou a realização de estudos referentes a esta pesquisa;
- À Profa. Dra. Marialena Nikolopoulou, da *University of Kent* – Inglaterra, pela orientação durante o doutorado sanduíche e pela valiosa contribuição para a pesquisa, disponibilização de referências e importantes direcionamentos;
- Aos professores da Universidade de São Paulo (USP), em especial Prof. Dr. Leonardo Marques Monteiro, Profa. Dra. Denise, Prof. Dr. João Gualberto Baring, pelos ensinamentos e sugestões em diversas etapas do estudo;
- Aos amigos, colegas e funcionários (em especial a Ranieri C. Higa) do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética (LABAUT) - da Universidade de São Paulo, pelos ensinamentos e colaborações constantes;
- Ao Prof. Dr. Lutz Katzschner, da Universidade de Kassel (Alemanha), pelos ensinamentos e importantes contribuições;
- À Profa. M.Sc. Grace Cristina Roel Gutierrez, do Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética em Edificações – LABCON, da Universidade Federal de Minas Gerais
- UFMG, pelos ensinamentos referentes à montagem e utilização de equipamentos de medição;
- À M.Sc. Laura Caixeta Braga, do Laboratório de Validação de Sistemas, e ao Prof. M.Sc. Hugo César Coelho Michel, do Departamento de Engenharia Eletrônica da Escola de Engenharia, ambos da Universidade Federal de Minas Gerais pelo auxílio na aferição, operação e manutenção da instrumentação;

- Ao engenheiro Lênio Sérgio Amaral, pesquisador da Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho - FUNDACENTRO, pela aferição dos decibelímetros utilizados;
- Ao 5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (5º DISME/INMET), em especial ao meteorologista Jorge Luiz Moreira e ao Geógrafo Marco Túlio Silva Araújo, pela cessão de dados climáticos e pela colaboração na aferição dos termo-higrômetros e abrigos;
- Ao Laboratório de Vação da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC-MG), em especial aos engenheiros Maria Luiza Moraes dos Santos, Ramón Zeferino, e Ricardo Santos Teixeira, do pelo apoio na calibração do anemômetro;
- Ao Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFISE) da Escola de Educação Física da UFMG, pela cessão da Câmara Climática para a aferição dos termômetros de globo;
- À Prefeitura Municipal de Belo Horizonte (PBH), pela permissão para utilização temporária de espaço público, em cada um dos dias de levantamento de campo, por meio da concessão do Documento Municipal de Licença para evento em logradouro público;
- À Polícia Militar do estado de Minas Gerais – PMMG, pela possibilidade de disponibilização de policiamento nos dias de levantamento de campo, caso fosse necessário;
- À equipe de aplicação dos questionários e de coleta de dados durante os levantamentos de campo, nomeadamente: Maria Cecília Silva Couto, Fernando Antônio Benevides, Douglas Henrique Parreiras Silva, Alexandre Silva Couto, Moisés Luciano de Souza, Leonardo Santos Marques, Victória Maria Quirino Gomes Gonçalves, Aline Helena Pereira de Assis, Márcia Adelaide Fonseca, Hamilton Ferreira Melo Filho, Marisa Amaro da Silva, Ana Júnia Matos, Marília Marques Gabaldo, Norma Sueli Pinto Melo, Antônio de Almeida Silva e Michelle Cossta Leite Praça;
- Ao graduando em Arquitetura e Urbanismo pela FAUUSP Gabriel de Alencar Novaes, pela disponibilização de planilha para cálculo do descritor sonoro utilizado;
- À Profa. M.Sc. Sandra Helena Miranda de Souza, do Núcleo de Tecnologia, Projeto e Planejamento da Universidade Federal da Bahia (UFBA), pela disponibilização de referências e pelo auxílio e direcionamentos durante a etapa de tratamento estatístico;
- À Profa. Dra. Patrícia Romeiro da Silva Jota, do Departamento Acadêmico de Engenharia Elétrica do Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais - CEFET-MG, pela contribuição durante a etapa de tratamento estatístico;

- Ao estatístico Rodrigo Silvério e à empresa de estatística ABG Consultoria Estatística, em especial ao André Gabriel F. C. da Costa, pelo auxílio no tratamento estatístico dos dados;
- À Profa. Dra. Joana Carla Soares Gonçalves, do Departamento de Tecnologia da Arquitetura, e ao Prof. Dr. Fábio Mariz Gonçalves, do Departamento Projeto, ambos da Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo – FAUUSP, pelos importantes direcionamentos durante a banca de qualificação deste trabalho;
- Ao graduando Bruno Pereira de Queiroz, do curso de Engenharia Civil, da Universidade de Viçosa - *Campus* de Rio Paranaíba, pelo auxílio na confecção de fluxogramas no AutoCAD;
- Ao Ministério Público de Minas Gerais (MPMG) - Centro de Apoio Operacional das Promotorias de Justiça de Defesa do Meio Ambiente, Patrimônio Cultural, Urbanismo e Habitação (CAOMA), em especial ao Promotor de Justiça Dr. Luciano Luz Badini Martins, pelo apoio e compreensão durante o período de curso do doutorado em São Paulo;
- Ao Centro Federal de Educação Tecnológica (CEFET-MG) e aos colegas desta instituição, pelo apoio na etapa final do doutorado;
- À Renata Shafe, pela revisão da tradução do Resumo para a língua inglesa;
- À Hilda Gonçalves, pelo auxílio na normalização e na formatação final do texto;
- À família e aos amigos pelo carinho, incentivo e apoio.

RESUMO

Em espaços urbanos abertos, particularmente nas grandes cidades de climas tropicais, os pedestres estão expostos não somente a níveis sonoros elevados como também a elevadas cargas térmicas, situação que pode gerar tanto o desconforto acústico quanto o térmico. Entretanto, na maioria das vezes, a relação entre a exposição a condições acústicas e térmicas adversas e a percepção humana dessas condições são estudadas separadamente. Neste trabalho propõe-se, portanto, uma abordagem integrada para a avaliação do conforto acústico e térmico urbano e para o estudo de seus prováveis efeitos combinados. Esta pesquisa foi realizada em Belo Horizonte - MG, Brasil, cidade localizada em região de clima tropical de altitude, com verões quentes e úmidos e invernos frios e secos. Utilizou-se o método indutivo experimental na condução dos trabalhos. Dados acústicos e climáticos foram medidos simultaneamente à aplicação de formulários em dois dias representativos do verão (março/2013) e do inverno (agosto/2013), e em duas praças contrastantes em relação ao seu ambiente acústico e térmico bem como aos seus parâmetros morfológicos como o fator de visão do céu, o altura dos edifícios, o tipo de pavimento, a presença de fontes de água e vegetação. Os índices Nível de Pressão Sonora Equivalente Contínuo, ponderado na curva A (L_{Aeq}) e Temperatura Equivalente Fisiológica (PET) foram usados para representar, respectivamente, as condições acústicas e microclimáticas. Foram coletados por meio dos formulários variáveis subjetivas (percepção do volume do ambiente sonoro, avaliação de incômodo relacionado ao ambiente sonoro, avaliação de conforto acústico, percepção de sensações térmicas, preferência de sensações térmicas e avaliação de conforto térmico), variáveis individuais (vestimenta, atividade física, idade, peso, altura, sexo) e dados-controle, relacionados aos aspectos psicológicos, sociais e culturais que podem interferir na percepção acústica e térmica do ambiente. A amostra compreendeu aproximadamente 1.700 entrevistados. O tratamento estatístico dos dados coletados abarcou análise descritiva, correlações e regressões. Modelos de regressão logística ordinal foram utilizados para prever as faixas de percepção acústica e térmica; e modelos de regressão logística, para prever as faixas de conforto e desconforto acústico e térmico. Os resultados do estudo incluem, dentre outros: 1) a calibração do índice L_{Aeq} para percepção do volume sonoro – faixas: “Baixo”, $<35\text{dB(A)}$, “Normal”, de 36 a 67dB(A) , e “Alto”, $>68\text{dB(A)}$; e para avaliação de conforto acústico – faixas: “Confortável”, $<67\text{dB(A)}$, e “Desconfortável”, $>68\text{dB(A)}$; 2) a calibração do índice PET para percepção de sensações térmicas – faixas: “Frio”, $<18,9^{\circ}\text{C}$, “Bem”, de 19 a 27°C , e “Calor”, $>27,1$; e para avaliação de conforto térmico – faixas: “Confortável”, de 23 a 31°C , e “Desconfortável”, $<22,9$ e $>31,1^{\circ}\text{C}$; 3) a definição das temperaturas neutra e preferida para verão ($27,7$ e $14,9^{\circ}\text{C}$) e inverno ($15,9^{\circ}\text{C}$ e $20,9^{\circ}\text{C}$), respectivamente, demonstrando a influência da expectativa na avaliação das condições

térmicas; e 4) a comprovação de que o aumento do desconforto acústico pode acarretar (ainda que em pequena escala) o aumento do desconforto térmico e vice-versa. Estes resultados podem nortear o esclarecimento de questões referentes à percepção e ao conforto acústico e térmico em espaços urbanos, orientando as políticas públicas em projetos urbanísticos relacionados a esses temas.

Palavras-chave: Conforto acústico. Conforto térmico. Paisagem sonora. Acústica urbana. Clima urbano. Planejamento urbano.

ABSTRACT

In urban open public spaces, particularly in big cities of tropical climate, city-users are often exposed not only to high sound levels but also to high thermal loads, a situation that can cause both acoustic and thermal discomfort. Nevertheless, in most cases, the relationship between the exposure to each of these adverse conditions and human perceptions towards each of them are studied separately. In order to address the lack of a combined analysis of these conditions, this research has adopted an integrated approach to evaluate urban acoustic and thermal comfort and their likely combined effects. This study was carried out in the Brazilian city of Belo Horizonte, in the state of Minas Gerais, a city located in a region of tropical of altitude climate, with hot wet summers and cold dry winters. Acoustic and climatic data were measured simultaneously with the administration of questionnaires in two representative days of summer (March/2013) and winter (August/2013), in two squares that noticeably differ in relation to their acoustic and thermal environment and their morphological parameters such as the sky view factor, the height of the buildings, the type of pavement, the presence of water sources and the vegetation. The $L_{Aeq,T}$ and the PET index were used to represent acoustic and microclimatic conditions respectively. Subjective variables (perceived volume of the environmental sound, assessment of annoyance caused by environmental sound, acoustic comfort evaluation, perception of thermal sensation, thermal sensation preference and evaluation of thermal comfort), personal variables (clothing, physical activity, age, weight, height, gender) and control data related to psychological, social and cultural issues that might interfere with acoustic and thermal perception of the environment were collected through the questionnaires. The sample consisted of approximately 1,700 respondents. The statistical treatment of the data collected was comprised of descriptive analysis as well as analysis using correlations and regressions. Ordinal logistic regression models were used to predict the ranges of acoustic and thermal perception and logistic regression models were used to predict the ranges of acoustic and thermal comfort and discomfort. Some of the results of this study are: 1) the calibration of the L_{Aeq} index for perceived loudness - ranges: "Low", <35dB(A), "Normal", between 36 and 67dB(A), and "High", >68dB(A); and for evaluation of acoustic comfort - ranges: "Comfortable" <67dB(A), and "Uncomfortable", >68dB(A); 2) the calibration of the PET index for perceived thermal sensations - ranges, "Cold", <18.9°C, "Well", 19-27°C, and "Hot", >27.1°C; and for evaluation of thermal comfort - ranges: "Comfortable", 23-31°C, and "Uncomfortable", <22.9 and >31.1°C; 3) the definition of neutral and preferred temperatures for Summer (27.7 and 14.9°C) and Winter (15.9°C and 20.9°C), respectively, showing the influence of expectation on evaluation of thermal conditions; and 4) the confirmation that an increase of the acoustic

discomfort may cause (albeit on a small scale) an increase in the thermal discomfort and vice versa. These results might shed light on the issues of acoustic and thermal perception and comfort in urban spaces, helping to guide public policies on urban projects related to these topics.

Key Words: Acoustic comfort. Thermal comfort. Soundscape. Urban acoustics. Urban climate. Urban planning.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Praça Sete de Setembro, município de Belo Horizonte, MG/Brasil (6º município mais populoso do país, segundo o IBGE/Censo 2010). Pedestres expostos a elevados níveis sonoros e a elevadas cargas térmicas, situação que pode gerar tanto o desconforto acústico quanto o térmico.....	26
Figuras 2 e 3 – Relações entre o nível sonoro medido e a avaliação subjetiva dos níveis sonoros (eixo à esquerda), e a avaliação do conforto acústico (eixo à direita). (a) The Peace Gardens. (b) The Barkers Pool.....	46
Figuras 4 e 5 – Comparação entre a avaliação subjetiva dos níveis sonoros (triângulo) e a avaliação do conforto acústico (quadrado). (a) The Peace Gardens; (b) The Barkers Pool.....	46
Figura 6 – Incômodo em função do L_{den}	59
Figura 7 – Porcentagem de pessoas muito incomodadas com o ruído em função do L_{den}	59
Figura 8 – Componentes do balanço energético humano. Fonte: JENDRITZKY <i>et al.</i> , (1990) <i>apud</i> BECKER <i>et al.</i> , (2003)	61
Figura 9 – Cálculo dos cursos temporais da temperatura da pele (T_{sk}) e temperatura do centro do corpo (T_{core}), no modelo IMEM, após a entrada do indivíduo (vestimenta de inverno = 1.5clo, taxa metabólica = 100W) em um ambiente com condições climáticas frias ($T_a = T_{mrt} = 0^\circ\text{C}$, $VP = 5\text{hPa}$, $v = 1\text{m/s}$), proveniente de condições térmicas neutras. As linhas horizontais representam os níveis de estado estacionário	80
Figura 10 – Cálculo dos cursos temporais da temperatura da pele (T_{sk}) e temperatura do centro do corpo (T_{core}), no modelo IMEM, após a entrada do indivíduo (vestimenta de verão = 0.5clo, taxa metabólica = 100W) em um ambiente com condições climáticas quentes ($T_a = 30^\circ\text{C}$, $T_{mrt} = 60^\circ\text{C}$, $VP = 15\text{hPa}$, $v = 0,5\text{m/s}$), proveniente de condições térmicas neutras. As linhas horizontais representam os níveis de estado estacionário	80
Figura 11 – Metodologia adotada	82
Figura 12 – Vista panorâmica do município de Belo Horizonte – MG, Brasil	84
Figura 13 – Praça da Liberdade: área menos verticalizada, com muita área verde, com maior fator de visão do céu, com solo permeável – em grande parte sem pavimentação e com muitas fontes de água	86
Figura 14 – Praça Sete de Setembro: área muito verticalizada, com poucas árvores, com menor fator de visão do céu, com solo menos permeável – quase todo pavimentado e sem fontes de água	86
Figura 15 – Divisão administrativa do município de Belo Horizonte adotada pela Prefeitura Municipal (à esquerda) e localização das duas áreas de estudo na regional Centro-Sul (à direita).....	87
Figuras 16 e 17 – Imagens da Praça da Liberdade	87
Figuras 18 e 19 – Imagens da Praça da Liberdade	88
Figuras 20 a 23 – Imagens da Praça Sete de Setembro.....	88
Figura 24 – Altura e localização dos edifícios na Praça da Liberdade	90
Figura 25 – Altura e localização dos edifícios na Praça Sete de Setembro	90
Figuras 26 e 27 – Levantamentos em campo dos edifícios das áreas, em um raio de 200m aproximadamente, sobreposto a imagens de satélite.....	91
Figuras 28 a 30 – Visões do céu na Praça da Liberdade	91
Figuras 31 a 33 – Visões do céu na Praça Sete de Setembro	91
Figura 34 – Pontos de medição 1 e 2 selecionados para a Praça da Liberdade	92
Figura 35 – Pontos de medição 3 e 4 selecionados para a Praça Sete de Setembro	92
Figura 36 – Montagem dos equipamentos em campo nos pontos previamente estabelecidos, no sol, levantamento de campo de verão	96
Figura 37 – Montagem dos equipamentos em campo nos pontos previamente estabelecidos, na sombra, levantamento de campo de verão	96
Figura 38 – Montagem dos equipamentos em campo nos pontos previamente estabelecidos, no sol, levantamento de campo de inverno.....	97

Figura 39 – Montagem dos equipamentos em campo nos pontos previamente estabelecidos, na sombra, levantamento de campo de inverno.....	97
Figura 40 – Medição realizada na Praça da Liberdade, levantamento de campo de verão, ponto no sol	106
Figura 41 – Medição realizada na Praça Sete de Setembro, levantamento de campo de inverno, ponto na sombra	106
Figura 42 – Aplicação de formulário na Praça da Liberdade, levantamento de campo de verão	107
Figura 43 – Aplicação de formulário na Praça Sete de Setembro, levantamento de campo de inverno	107
Figura 44 – Organização do cômodo para o procedimento de aferição dos seis <i>data loggers</i>	214
Figura 45 – Organização dos seis <i>data loggers</i> para o procedimento de aferição dos mesmos.....	214
Figura 46 – Localização dos <i>data loggers</i> no interior do abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET	216
Figura 47 – Abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET, com os <i>data loggers</i> em seu interior	216
Figura 48 – Localização dos abrigos com os <i>data loggers</i> em seus interiores em relação ao abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET	218
Figura 49 – Localização do <i>data logger</i> 904044 no interior do abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET	218
Figura 50 – Aferição dos termômetros de globo cinza de 40mm, em ambiente externo	221
Figura 51 – Detalhe da aferição dos termômetros de globo cinza de 40mm	221
Figura 52 – Câmara ambiental do LAFISE, utilizada na aferição dos termômetros de globo.....	222
Figuras 53 e 54 – Termômetros de globo organizados no interior da câmara ambiental do LAFISE, durante o procedimento de aferição desses equipamentos.	222
Figura 55 – Aferição dos termômetros de globo cinza de 40mm, em ambiente interno	224
Figura 56 – Detalhe da aferição dos termômetros de globo cinza de 40mm	224
Figura 57 – Posicionamento dos dois medidores de nível de pressão sonora para o procedimento de aferição dos mesmos.....	225
Figura 58 – Detalhe do posicionamento dos dois medidores de nível de pressão sonora para o procedimento de aferição dos mesmos.....	225
Figura 59 – Aferição dos termoanemômetros de fio quente no túnel de vento do CETEC – MG. A imagem mostra os dois termoanemômetros a serem aferidos, montados em suportes individuais, e o anemômetro de pás do CETEC-MG fixado no suporte giratório.....	227
Figura 60 – Posicionamento dos equipamentos durante o procedimento de aferição – eixos dos equipamentos alinhados ao centro da circunferência de saída do fluxo de ar	228
Figura 61 – Posicionamento dos equipamentos durante o procedimento de aferição – distância de 15 cm, entre os medidores e a extremidade do túnel, para velocidades do vento maiores ou iguais a 1m/s.....	228
Figura 62 – Certificado de Calibração CCM509/10	244
Figura 63 – Certificado de Calibração n. 7518/2011.....	245
Figura 64 – Certificado de Calibração n. 7519/2011.....	246

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Série temporal de dados medidos de níveis de pressão sonora equivalentes - $L_{Aeq,1min}$, levantamento de campo de verão	118
Gráfico 2 – Série temporal de dados medidos de níveis de pressão sonora equivalentes - $L_{Aeq,1min}$, levantamento de campo de inverno	118
Gráfico 3 – Série temporal de dados medidos de Temperatura do Ar (T_a) e Umidade Relativa (RH) para os levantamentos de campo de verão	120
Gráfico 4 – Série temporal de dados medidos de Temperatura do Ar (T_a) e Umidade Relativa (RH) para os levantamentos de campo de inverno	120
Gráfico 5 – Série temporal de Temperatura Média Radiante (T_{mrt}) para os levantamentos de campo de verão.....	120
Gráfico 6 – Série temporal de Temperatura Média Radiante (T_{mrt}) para os levantamentos de campo de inverno.....	120
Gráfico 7 – Série temporal de velocidade do vento para os levantamentos de campo de verão	120
Gráfico 8 – Série temporal de velocidade do vento para os levantamentos de campo de inverno....	120
Gráficos 9 e 10 – Direção do vento para os levantamentos de campo de verão	121
Gráficos 11 e 12 – Direção do vento para os levantamentos de campo de inverno	121
Gráfico 13 – Série temporal de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) para os levantamentos de campo de verão.....	125
Gráfico 14 – Série temporal de Temperatura Fisiológica Equivalente (PET) para os levantamentos de campo de inverno.....	125
Gráfico 15 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a percepção do volume sonoro – levantamento de campo de verão. Fonte: Dados coletados em campo.....	129
Gráfico 16 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a percepção do volume sonoro – levantamento de campo de inverno. Fonte: Dados coletados em campo.....	129
Gráfico 17 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre o incômodo causado pelo volume sonoro – levantamento de campo de verão.....	129
Gráfico 18 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre o incômodo causado pelo volume sonoro – levantamento de campo de inverno.....	129
Gráfico 19 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a avaliação de conforto acústico – levantamento de campo de verão.....	130
Gráfico 20 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a avaliação de conforto acústico – levantamento de campo de inverno	130
Gráfico 21 – Distribuição percentual das categorias de percepção acústica em função dos valores de L_{Aeq} , para a Praça da Liberdade, no levantamento de campo de verão.....	132
Gráfico 22 – Distribuição percentual das categorias de percepção acústica em função dos valores de L_{Aeq} , para a Praça Sete de Setembro, no levantamento de campo de verão.....	132
Gráfico 23 – Distribuição percentual das categorias de percepção acústica em função dos valores de L_{Aeq} , para a Praça da Liberdade, no levantamento de campo de inverno.....	132
Gráfico 24 – Distribuição percentual das categorias de percepção acústica em função dos valores de L_{Aeq} , para a Praça Sete de Setembro, no levantamento de campo de inverno.....	132
Gráfico 25 – Distribuição percentual das categorias de conforto acústico em função dos valores de L_{Aeq} , para a Praça da Liberdade, no levantamento de campo de verão.....	132
Gráfico 26 – Distribuição percentual das categorias de conforto acústico em função dos valores de L_{Aeq} , para a Praça Sete de Setembro, no levantamento de campo de verão.....	132
Gráfico 27 – Distribuição percentual das categorias de conforto acústico em função dos valores de L_{Aeq} , para a Praça da Liberdade, no levantamento de campo de inverno.....	133
Gráfico 28 – Distribuição percentual das categorias de conforto acústico em função dos valores de L_{Aeq} , para a Praça Sete de Setembro, no levantamento de campo de inverno.....	133
Gráfico 29 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a percepção de sensação térmica – levantamento de campo de verão.....	136

Gráfico 30 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a percepção de sensação térmica – levantamento de campo de inverno	136
Gráfico 31 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a preferência de sensação térmica – levantamento de campo de verão	136
Gráfico 32 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a preferência de sensação térmica – levantamento de campo de inverno	136
Gráfico 33 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a avaliação de conforto térmico – levantamento de campo de verão	137
Gráfico 34 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a avaliação de conforto térmico – levantamento de campo de inverno	137
Gráfico 35 – Distribuição percentual das categorias de percepção térmica em função dos valores de PET, para a Praça da Liberdade, no levantamento de campo de verão	138
Gráfico 36 – Distribuição percentual das categorias de percepção térmica em função dos valores de PET, para a Praça Sete de Setembro, no levantamento de campo de verão	138
Gráfico 37 – Distribuição percentual das categorias de percepção térmica em função dos valores de PET, para a Praça da Liberdade, no levantamento de campo de inverno	139
Gráfico 38 – Distribuição percentual das categorias de percepção térmica em função dos valores de PET, para a Praça Sete de Setembro, no levantamento de campo de inverno	139
Gráfico 39 – Distribuição percentual das categorias de conforto térmico em função dos valores de PET, para a Praça da Liberdade, no levantamento de campo de verão	139
Gráfico 40 – Distribuição percentual das categorias de conforto térmico em função dos valores de PET, para a Praça Sete de Setembro, no levantamento de campo de verão	139
Gráfico 41 – Distribuição percentual das categorias de conforto térmico em função dos valores de PET, para a Praça da Liberdade, no levantamento de campo de inverno	139
Gráfico 42 – Distribuição percentual das categorias de conforto térmico em função dos valores de PET, para a Praça Sete de Setembro, no levantamento de campo de inverno	139
Gráfico 43 – Principais sons identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de verão	141
Gráfico 44 – Principais sons identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de inverno	142
Gráfico 45 – Principais sons agradáveis identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de verão	144
Gráfico 46 – Principais sons agradáveis identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de inverno	144
Gráfico 47 – Principais sons desagradáveis identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de verão	146
Gráfico 48 – Principais sons desagradáveis identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de inverno	146
Gráfico 49 – <i>Boxplot</i> com os valores do índice L_{Aeq} e a resposta dos entrevistados com relação à percepção do volume sonoro a eles correspondente	148
Gráfico 50 – Calibração do índice L_{Aeq} para espaços urbanos abertos - Probabilidades preditas para a percepção do volume sonoro	150
Gráfico 51 – Calibração do índice L_{Aeq} para a Praça da Liberdade – Probabilidades preditas para a percepção do volume sonoro	152
Gráfico 52 – Calibração do índice L_{Aeq} para a Praça Sete de Setembro – Probabilidades preditas para a percepção do volume sonoro	152
Gráfico 53 – Calibração do índice L_{Aeq} para espaços urbanos abertos - Probabilidades preditas para a avaliação de conforto acústico	154
Gráfico 54 – Calibração do índice L_{Aeq} para a Praça da Liberdade e para a Praça Sete de Setembro – Probabilidades preditas para a avaliação de conforto acústico, sem ajuste do ponto de corte	156
Gráfico 55 – Calibração do índice L_{Aeq} para a Praça da Liberdade e para a Praça Sete de Setembro – Probabilidades preditas para a avaliação de conforto acústico, com ajuste do ponto de corte	156

Gráfico 56 – <i>Boxplot</i> com os valores do índice PET e a resposta dos entrevistados com relação à percepção de sensações térmicas a eles correspondente.....	159
Gráfico 57 – Calibração do índice PET para espaços urbanos abertos - Probabilidades preditas para a percepção de sensações térmicas.....	161
Gráfico 58 – Calibração do índice PET para o verão – Probabilidades preditas para a percepção do volume sonoro.....	163
Gráfico 59 – Calibração do índice PET para o inverno – Probabilidades preditas para a percepção do volume sonoro.....	163
Gráfico 60 – Calibração do índice PET para espaços urbanos abertos – Probabilidades preditas para a avaliação de conforto térmico.....	167
Gráfico 61 – Calibração do índice PET para o verão e para o inverno – Probabilidades preditas para a avaliação de conforto térmico, sem ajuste do ponto de corte.....	169
Gráfico 62 – Calibração do índice PET para o verão e para o inverno – Probabilidades preditas para a avaliação de conforto térmico, com ajuste do ponto de corte.....	169
Gráfico 63 – Regressão considerando a média dos votos de sensação térmica e os valores de PET (valores absolutos), no inverno e no verão.....	172
Gráfico 64 – Regressão considerando a média dos votos de sensação térmica e os valores de PET (logaritmo do PET), no inverno e no verão.....	172
Gráfico 65 – Temperatura preferida nas estações de verão e de inverno.....	173
Gráfico 66 – Diagrama de dispersão do índice L_{Aeq} e do índice PET.....	176
Gráfico 67 – Diagrama de dispersão do índice PET e do índice L_{Aeq} no verão, para a Praça da Liberdade.....	177
Gráfico 68 – Diagrama de dispersão do índice PET e do índice L_{Aeq} no verão, para a Praça Sete de Setembro.....	177
Gráfico 69 – Diagrama de dispersão do índice PET e do índice L_{Aeq} no inverno, para a Praça da Liberdade.....	178
Gráfico 70 – Diagrama de dispersão do índice PET e do índice L_{Aeq} no inverno, para a Praça Sete de Setembro.....	178
Gráfico 71 – Diagrama de dispersão do índice L_{Aeq} e do índice PET.....	179
Gráfico 72 – Diagrama de dispersão do índice L_{Aeq} e do índice PET no verão, para a Praça da Liberdade.....	180
Gráfico 73 – Diagrama de dispersão do índice L_{Aeq} e do índice PET no verão, para a Praça Sete de Setembro.....	180
Gráfico 74 – Diagrama de dispersão do índice L_{Aeq} e do índice PET no inverno, para a Praça da Liberdade.....	181
Gráfico 75 – Diagrama de dispersão do índice L_{Aeq} e do índice PET no inverno, para a Praça Sete de Setembro.....	181
Gráfico 76 – Comparação entre os valores medidos de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), pelos <i>data loggers</i> identificados pelos números de série 904039 e 904047.....	215
Gráfico 77 – Comparação entre os valores medidos de umidade relativa (%), pelos dois <i>data loggers</i> identificados pelos números de série 904039 e 904047.....	215
Gráfico 78 – Comparação entre os valores medidos de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), pelos <i>data loggers</i> identificados pelos números de série 904039 e 904044.....	215
Gráfico 79 – Comparação entre os valores medidos de umidade relativa (%), pelos dois <i>data loggers</i> identificados pelos números de série 904039 e 904044.....	215
Gráfico 80 – Série temporal dos valores medidos de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) durante a aferição dos <i>data loggers</i> no 5 ^o DISME/INMET.....	216
Gráfico 81 – Série temporal dos valores medidos de umidade relativa (%) durante a aferição dos <i>data loggers</i> no 5 ^o DISME/INMET.....	217
Gráfico 82 – Comparação entre os valores medidos de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), pelo <i>data logger</i> identificado pelo número de série 904039 e pelo termohigrógrafo do 5 ^o DISME/INMET.....	217

Gráfico 83 – Comparação entre os valores medidos de umidade relativa (%), pelo <i>data logger</i> identificado pelo número de série 904039 e pelo termohigrógrafo do 5º DISME/INMET	217
Gráfico 84 – Comparação entre os valores medidos de temperatura do ar (°C), pelo <i>data logger</i> identificado pelo número de série 904047 e pelo termohigrógrafo do 5º DISME/INMET	217
Gráfico 85 – Comparação entre os valores medidos de umidade relativa (%), pelo <i>data logger</i> identificado pelo número de série 904047 e pelo termohigrógrafo do 5º DISME/INMET	217
Gráfico 86 – Comparação entre os valores medidos de temperatura do ar (°C), pelos <i>data loggers</i> identificados pelos números de série 904039 e 904044, colocados respectivamente no interior do abrigo confeccionado e no interior do abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET	219
Gráfico 87 – Comparação entre os valores medidos de temperatura do ar (°C), pelos <i>data loggers</i> identificados pelos números de série 904047 e 904044, colocados respectivamente no interior do abrigo confeccionado e no interior do abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET	219
Gráfico 88 – Comparação entre os valores medidos de umidade relativa (%), pelos <i>data loggers</i> identificados pelos números de série 904039 e 904044, colocados respectivamente no interior do abrigo confeccionado e no interior do abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET	219
Gráfico 89 – Comparação entre os valores medidos de umidade relativa (%), pelos <i>data loggers</i> identificados pelos números de série 904047 e 904044, colocados respectivamente no interior do abrigo confeccionado e no interior do abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET	219
Gráfico 90 – Comparação entre os valores medidos de temperatura do ar (°C), pelos <i>data loggers</i> identificados pelos números de série 904039 e 904047, colocados no interior dos abrigos confeccionados	220
Gráfico 91 – Comparação entre os valores medidos de umidade relativa (%), pelos <i>data loggers</i> identificados pelos números de série 904039 e 904047, colocados no interior dos abrigos confeccionados	220
Gráfico 92 – Comparação entre os valores medidos de temperatura de globo (°C), pelos <i>data loggers</i> identificados pelos números de série 904039 e 904047, durante o procedimento de aferição dos termômetros de globo cinza de 40mm	221
Gráfico 93 – Série temporal dos valores medidos de temperatura de globo (°C), durante o procedimento de aferição dos termômetros de globo no LAFISE. O gráfico permite visualizar as seqüências medidas simultaneamente pelo termômetro de globo preto, de 15cm e pelo termômetro de globo de 40mm, também utilizando um globo preto	223
Gráfico 94 – Comparação entre os valores medidos de temperatura de globo (°C), pelo termômetro de globo preto de 40mm e pelo termômetro de globo preto de 15cm	223
Gráfico 95 – Comparação entre os valores medidos de temperatura de globo (°C), pelos <i>data loggers</i> identificados pelos números de série 904039 e 904047, durante o procedimento de aferição dos termômetros de globo cinza de 40mm	224
Gráfico 96 – Série temporal dos valores medidos de níveis de pressão sonora (L_{Aeq} , 1min), pelos medidores de níveis de pressão sonora, marca HOMIS, identificados pelos números 3116 e 3117	226
Gráfico 97 – Comparação entre os valores medidos de L_{Aeq} , 1min, pelos medidores de níveis de pressão sonora, marca HOMIS, identificados pelos números 3116 e 3117	226
Gráfico 98 – Série temporal dos valores medidos de velocidade do vento (m/s) durante a aferição dos termoanemômetros de fio quente, no CETEC – MG	229
Gráfico 99 – Comparação entre os valores medidos de velocidade do vento (m/s), pelos termoanemômetros de fio quente	229
Gráfico 100 – Comparação entre os valores medidos de velocidade do vento (m/s), por um dos termoanemômetros de fio quente e pelo anemômetro de pás do CETEC - MG	230
Gráfico 101 – Comparação entre os valores medidos de velocidade do vento (m/s), por um dos termoanemômetros de fio quente e pelo túnel de vento (placas) do CETEC - MG	230

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Intervalos do índice térmico PET para diferentes graus de percepção térmica dos seres humanos, considerando produção interna de calor de 80W e resistência térmica da vestimenta 0,9clo (de acordo com JENDRITZKY <i>et. al.</i> , 1990, <i>apud</i> MATZARAKIS; MAYER; 1997)	67
Tabela 2 – Calibração proposta para o índice PET para as cidades de Kassel e Freiburg (Alemanha) ...	68
Tabela 3 – Calibração proposta para o índice PET para a cidade de São Paulo (SP)	69
Tabela 4 – Calibração proposta para o índice PET para a cidade de Belo Horizonte (MG)	69
Tabela 5 – Calibração proposta para o índice PET para a cidade de Salvador (BA).....	70
Tabela 6 – Divisões da população, baseada no censo de 2010, na faixa etária de 20-59 anos, por sexo, para fins de amostragem	83
Tabela 7 – Resultado do levantamento preliminar de níveis de pressão sonora em três praças de Belo Horizonte, para fins de definição das áreas de estudo	85
Tabela 8 – Valores de taxas metabólicas utilizados no presente estudo	103
Tabela 9 – Variáveis individuais e dados-controle	115
Tabela 10 – Valores dos níveis de pressão sonora equivalentes -1min- ponderados na curva A (L_{Aeq} , 1min) para os levantamentos de campo de verão e de inverno.	118
Tabela 11 – Comparação do descritor L_{Aeq} (dB(A)) entre as duas estações.....	119
Tabela 12 – Comparação do descritor L_{Aeq} (dB(A)) entre as duas áreas de estudo	119
Tabela 13 – Valores de temperatura do ar e de umidade relativa para o levantamento de campo de verão	121
Tabela 14 – Valores de temperatura do ar e de umidade relativa para o levantamento de campo de inverno	122
Tabela 15 – Valores de temperatura de globo cinza, 40mm, e de temperatura radiante média para o levantamento de campo de verão	122
Tabela 16 – Valores de temperatura de globo cinza, 40mm, e de temperatura radiante média para o levantamento de campo de inverno.....	122
Tabela 17 – Valores de velocidade do vento, direção do vento e nebulosidade para o levantamento de campo de verão	123
Tabela 18 – Valores de velocidade do vento, direção do vento e nebulosidade para o levantamento de campo de inverno	123
Tabela 19 – Valores de temperatura equivalente fisiológica (PET) para os levantamentos de campo de verão e de inverno	126
Tabela 20 – Comparação do índice PET (°C) entre as duas estações	127
Tabela 21 – Comparação do índice PET (°C) entre as duas áreas de estudo.....	127
Tabela 22 – Respostas subjetivas dos entrevistados com relação às condições acústicas no momento da entrevista, para as duas estações	127
Tabela 23 – Respostas subjetivas dos entrevistados com relação às condições acústicas no momento da entrevista, para a Praça da Liberdade e para a Praça Sete de Setembro	128
Tabela 24 – Respostas subjetivas dos entrevistados com relação às condições térmicas no momento da entrevista, para as duas estações	134
Tabela 25 – Respostas subjetivas dos entrevistados com relação às condições térmicas no momento da entrevista, para a Praça da Liberdade e para a Praça Sete de Setembro	135
Tabela 26 – Efeito do L_{Aeq} sobre a percepção do volume sonoro	149
Tabela 27 – Efeito do L_{Aeq} e das áreas de estudo sobre a percepção do volume sonoro	151
Tabela 28 – Calibrações do L_{Aeq} com relação à percepção do volume sonoro – resumo dos resultados.....	152
Tabela 29 – Efeito do L_{Aeq} sobre a avaliação de conforto acústico	154
Tabela 30 – Efeito do L_{Aeq} e da área sobre a avaliação subjetiva do conforto acústico.....	155

Tabela 31 – Calibrações do L_{Aeq} com relação à avaliação do conforto acústico – resumo dos resultados	157
Tabela 32 – Efeito do PET sobre a percepção de sensações térmicas	160
Tabela 33 – Efeito do PET e da estação sobre a percepção de sensação térmica	162
Tabela 34 – Calibrações do PET com relação à percepção de sensações térmicas – resumo dos resultados	164
Tabela 35 – Comparação da faixa “Bem”/“Confortável” do índice PET calibrado por estudos prévios desenvolvidos tanto nacional quanto internacionalmente	165
Tabela 36 – Efeito do PET sobre a avaliação de conforto térmico	166
Tabela 37 – Efeito do PET e da estação sobre a avaliação de conforto térmico	168
Tabela 38 – Calibrações do PET com relação à avaliação do conforto térmico – resumo dos resultados	170
Tabela 39 – Comparação dos resultados do presente estudo com os resultados dos estudos de Lin (2009)	174
Tabela 40 – Correlações entre os índices acústico e térmico, entre as percepções sonora e térmica e entre cada índice com a respectiva resposta subjetiva, considerando todo o conjunto de dados	175
Tabela 41 – Coeficientes de correlação entre os índices PET e L_{Aeq} , em cada uma das estações e em cada uma das praças	176
Tabela 42 – Efeito do índice PET sobre o índice L_{Aeq}	176
Tabela 43 – Efeito do índice PET sobre o índice L_{Aeq} , com dados estratificados por estações e por praças	178
Tabela 44 – Efeito do índice L_{Aeq} sobre o índice PET	179
Tabela 45 – Efeito do descritor L_{Aeq} sobre o índice PET. Dados estratificados por estações e por praças	181
Tabela 46 – Comparação dos valores de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) medidos no levantamento de campo da Praça da Liberdade (verão e inverno) com os valores medidos no 5° DISME/INMET, nos mesmos dias e horários de medição	182
Tabela 47 – Comparação dos valores de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) medidos no levantamento de campo da Praça Sete de Setembro (verão e inverno) com os valores medidos no 5° DISME/INMET, nos mesmos dias e horários de medição	182
Tabela 48 – Comparação da amplitude dos valores de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) medidos na sombra no levantamento de campo da Praça da Liberdade (verão e inverno) com a amplitude dos valores medidos no 5° DISME/INMET, nos mesmos dias e horários de medição. Considerou-se, para cálculo da amplitude, a subtração entre os valores medidos às 18UTC (15h) e os medidos às 12UTC (9h)	183
Tabela 49 – Comparação da amplitude dos valores de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) medidos na sombra no levantamento de campo da Praça Sete de Setembro (verão e inverno) com a amplitude dos valores medidos no 5° DISME/INMET, nos mesmos dias e horários de medição. Considerou-se, para cálculo da amplitude, a subtração entre os valores medidos às 18UTC (15h) e os medidos às 12UTC (9h)	183
Tabela 50 – Quantitativo das respostas dos entrevistados para as variáveis subjetivas	233
Tabela 51 – Quantitativo da relação entre a percepção do volume sonoro dos entrevistados e o índice de conforto acústico L_{Aeq} , para cada uma das faixas medidas desse índice	234
Tabela 52 – Quantitativo da relação entre a avaliação de conforto acústico dos entrevistados e o índice de conforto acústico L_{Aeq} , para cada uma das faixas medidas desse índice	235
Tabela 53 – Quantitativo da relação entre a percepção térmica dos entrevistados e o índice de conforto térmico PET, para cada uma das faixas medidas desse índice	236
Tabela 54 – Quantitativo da relação entre a avaliação de conforto térmico dos entrevistados e o índice de conforto térmico PET, para cada uma das faixas medidas desse índice	237
Tabela 55 – Sons identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de verão	238
Tabela 56 – Sons identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de inverno	239
Tabela 57 – Sons agradáveis identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de verão	240

Tabela 58 – Sons agradáveis identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de inverno	241
Tabela 59 – Sons desagradáveis identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de verão	242
Tabela 60 – Sons desagradáveis identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de inverno	243

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Descrição da paisagem sonora dos espaços urbanos, abertos e públicos.....	40
Quadro 2 – Características das áreas de estudo.....	89
Quadro 3 – Variáveis utilizadas no trabalho	94
Quadro 4 – Instrumentos utilizados	94
Quadro 5 – Julgamento subjetivo de ambientes, do ponto de vista térmico: Percepção, avaliação e preferência de sensações térmicas	99
Quadro 6 – Identificação e julgamento dos sons quanto aos aspectos de agradabilidade e desagradabilidade.....	100
Quadro 7 – Identificação e julgamento dos sons quanto aos aspectos de agradabilidade e desagradabilidade.....	101
Quadro 8 – Categorização das variáveis individuais	102
Quadro 9 – Dias e horários dos levantamentos de campo, bem como número de formulários aplicados	104
Quadro 10 – Dados microclimáticos medidos pelo 5ºDISME/INMET para cada um dos dias de coleta de dados no Verão e no Inverno	105
Quadro 11 – Dados microclimáticos medidos pelo 5ºDISME/INMET para cada um dos dias de coleta de dados no Verão e no Inverno – continuação Quadro 10.....	105
Quadro 12 – Dados microclimáticos medidos pelo 5ºDISME/INMET para cada um dos meses de coleta de dados – março e julho de 2013.....	106
Quadro 13 – Dados microclimáticos medidos pelo 5ºDISME/INMET para cada um dos meses de coleta de dados – março e julho de 2013 – continuação Quadro 12	106
Quadro 14 – Número de formulários aplicados na pesquisa.....	115

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ASHRAE	American Society of Heating and Refrigerating Engineers
<i>BDMEP</i>	<i>Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa</i>
CEFET-MG	Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais
CETEC-MG	Centro Tecnológico de Minas Gerais
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
5º DISME/INMET	5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia
FAUUSP	Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo
FUNDACENTRO	Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho
IMEM	Modelo Não Estacionário de Munique
IDA	Índice de Densidade Arbórea
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
ISO	International Organization for Standardization
LABAUT	Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética
LABCON	Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética nas Edificações
LAFISE	Laboratório de Fisiologia do Exercício
MEMI	Modelo de Balanço Energético de Munique
NBR	Norma Brasileira
PBH	Prefeitura Municipal de Belo Horizonte
PET	Temperatura Fisiológica Equivalente
PMMG	Polícia Militar do Estado de Minas Gerais
PMV	Voto Médio Predito
PPD	Porcentagem Predita de Dissatisfeitos
RBC	Rede Brasileira de Calibração
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
USP	Universidade de São Paulo

LISTA DE SÍMBOLOS

$L_{Aeq,T}$	nível de pressão sonora equivalente contínuo, ponderado na curva A
L_{Amin}	nível mínimo de pressão sonora, ponderado na curva A
L_{Amax}	nível máximo de pressão sonora, ponderado na curva A
L_{10}	décimo percentil de uma distribuição estatística acumulada dos níveis de pressão sonora
L_{50}	quinquagésimo percentil de uma distribuição estatística acumulada dos níveis de pressão sonora
L_{90}	nonagésimo percentil de uma distribuição estatística acumulada dos níveis de pressão sonora
L_{den}	nível de pressão sonora equivalente períodos diurno, vespertino e noturno
$dB(A)$	decibels, ponderação na curva A
Hz	hertz
$^{\circ}C$	graus Celsius
C	fluxo de calor convectivo e condutivo
E_d	fluxo de energia latente por difusão de vapor
E_{sw}	fluxo de energia latente por evaporação do suor (perspiração)
E_{res}	fluxo de energia por respiração
Atm	radiação atmosférica de onda longa
Dir	radiação solar direta
Dif	radiação difusa
Ref	radiação refletida de onda curta
R	radiação de onda longa dos humanos
E	radiação de onda longa do entorno
H	calor interno produzido por metabolismo
I_{cl}	resistência térmica da vestimenta
M	taxa metabólica
W	atividade física
S	fluxo de calor a ser armazenado para aquecimento/resfriamento do corpo
T_{cl}	temperatura média da superfície da roupa
T_{sk}	temperatura média da pele
T_c	temperatura do centro do corpo
F_{cs}	fluxo de calor do centro do corpo para a superfície da pele
F_{sc}	fluxo de calor da superfície da pele através da roupa para a superfície externa dessa camada
V_b	fluxo sanguíneo do centro do corpo para a pele

ρ_b	densidade do sangue
c_b	calor específico do sangue
T_{mrt}	temperatura radiante média
T_a	temperatura do ar
VP	pressão de vapor
v	velocidade do ar
T_{core}	temperatura do centro do corpo
t_r	temperatura radiante média
t_g	temperatura de globo
v_a	velocidade do ar
ϵ_g	emissividade do globo
D	diâmetro do globo
f_{cl}	fator de roupa
RH	umidade relativa do ar
T_g	temperatura de globo

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	26
1.1 Considerações iniciais.....	26
1.2 Hipótese	27
1.3 Objetivos.....	27
1.4 Justificativas	29
1.5 Estrutura da tese	33
2 ESTUDOS PRECEDENTES	35
2.1 Conforto acústico urbano	35
2.1.1 <i>O ambiente sonoro urbano</i>	35
2.1.1.1 Gerenciamento do ruído urbano	36
2.1.1.2 Paisagem sonora - <i>Soundscape</i>	38
2.1.1.3 Descrição e análise do ambiente sonoro urbano.....	40
2.1.2 <i>Percepção sonora</i>	43
2.1.2.1 Percepção sonora <i>versus</i> conforto acústico	45
2.1.2.2 Fatores que influenciam no ambiente sonoro urbano, em sua percepção ou na reação de incômodo a ele relacionada	48
2.1.2.2.1 Fatores acústicos	48
2.1.2.2.2 Fatores não acústicos	51
2.1.2.2.2.1 Sensibilidade aos sons.....	52
2.1.2.2.2.2 Preferência sonora	53
2.1.2.2.2.3 A importância do contexto no qual ocorrem os sons	54
2.1.2.2.2.4 Diferentes níveis de tolerância aos sons	55
2.1.2.2.2.5 Adaptação aos níveis sonoros	57
2.2 Conforto térmico urbano.....	59
2.2.1 <i>Balanco termofisiológico do corpo humano</i>	59
2.2.2 <i>Modelagens termofisiológicas e índices de conforto térmico</i>	63
2.2.2.1 O modelo MEMI	64
2.2.2.2 O índice temperatura fisiológica equivalente - PET	66
2.2.2.3 Temperatura neutra e temperatura preferida.....	70
2.2.3 <i>Conforto térmico e fatores intervenientes</i>	71
2.2.3.1 Conceito de conforto térmico	71
2.2.3.2 Variáveis que influenciam na sensação de conforto térmico.....	73
2.2.3.3 Conforto adaptativo	76
2.2.3.4 Tempo de exposição às condições climáticas	79
3 METODOLOGIA.....	82
3.1 Etapa de planejamento	82
3.1.1 <i>Amostragem</i>	82
3.1.2 <i>Definição e caracterização das áreas de estudo</i>	83
3.1.3 <i>Definição dos pontos de medição</i>	92
3.1.4 <i>Definição do período de levantamento de campo</i>	92
3.1.5 <i>Definição das variáveis e dos dados-controle</i>	93
3.1.6 <i>Instrumentos, medidas e métodos de medição</i>	94
3.1.7 <i>Elaboração do formulário</i>	97
3.1.8 <i>Organização dos levantamentos de campo</i>	103
3.2 Etapa de coleta de dados.....	104
3.3 Etapa de tratamento dos dados coletados.....	107
3.3.1 <i>Cálculo do descritor sonoro - L_{Aeq}</i>	107
3.3.2 <i>Cálculo do índice térmico - PET</i>	108
3.3.3 <i>Tratamento estatístico</i>	109
3.3.3.1 <i>Análise descritiva</i>	109
3.3.3.2 <i>Correlações</i>	110

3.3.3.3 Modelos de regressão.....	111
3.3.4 Incertezas experimentais	114
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS	115
4.1 Descrição do perfil da amostra – variáveis individuais e dados controle	115
4.2 Descrição dos parâmetros acústicos dos dias de medição	117
4.3 Descrição dos parâmetros microclimáticos dos dias de medição	119
4.4 Descrição das respostas subjetivas referentes à percepção e ao conforto acústico	127
4.5 Descrição das respostas subjetivas referentes à percepção e ao conforto térmico.....	134
4.6 Descrição e avaliação da paisagem sonora	141
4.7. Calibrações do L_{Aeq} – determinação das faixas para percepção e conforto acústico	147
4.8 Calibrações do PET – Determinação das faixas para percepção e conforto térmico	158
4.9 Cálculo da Temperatura Neutra e da Temperatura Preferida	171
4.10 Relações entre L_{Aeq} e PET; Percepção Sonora e Percepção Térmica; e entre os índices objetivos e suas respectivas percepções subjetivas.....	175
4.11 Análise da influência do índice PET sobre o índice L_{Aeq}	176
4.12 Análise da influência do índice L_{Aeq} sobre o índice PET.....	179
4.13 Análise da eventual influência da morfologia urbana nos dados microclimáticos medidos em campo	182
5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	185
REFERÊNCIAS.....	196
APÊNDICE A – Aferição dos <i>data loggers</i> e termo-higrômetros	214
APÊNDICE B – Aferição dos abrigos meteorológicos	218
APÊNDICE C – Aferição dos termômetros de globo cinza, 40mm.....	221
APÊNDICE D – Aferição dos medidores de nível de pressão sonora.....	225
APÊNDICE E – Aferição dos Termoanemômetros.....	227
APÊNDICE F – Formulário.....	231
APÊNDICE G – Dados numéricos – variáveis subjetivas.....	233
APÊNDICE H – Dados numéricos – variáveis subjetivas x índices de conforto térmico e acústico	234
APÊNDICE I – Dados numéricos – análise da paisagem sonora.....	238
ANEXO A – Certificado de calibração do termômetro de globo preto, 15cm	244
ANEXO B – Certificados de calibração dos medidores de nível de pressão sonora	245

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações iniciais

O aumento da densidade populacional nos centros urbanos e o rápido crescimento das cidades e sua consequente urbanização e industrialização, quando associados a um inexistente ou inadequado planejamento urbano, acarretam modificações significativas nos ambientes urbanos, que podem gerar elevados custos sociais, quando interferem negativamente na saúde e na qualidade de vida humana. Dentre as modificações resultantes desse quadro estão o aumento dos níveis sonoros e as alterações climáticas locais.

Assim, em espaços urbanos abertos, particularmente nas grandes cidades de climas tropicais, os pedestres estão expostos não somente a níveis sonoros elevados como também a elevadas cargas térmicas, situação que pode gerar tanto o desconforto acústico quanto o térmico (FIGURA 1). Entretanto, na maioria das vezes, a relação entre a exposição a condições acústicas e térmicas adversas e a percepção humana dessas condições são estudadas separadamente.

Neste trabalho, propõe-se, então, uma abordagem integrada para a avaliação do conforto acústico e térmico urbano e para o estudo de seus prováveis efeitos combinados. Dessa forma, a percepção acústica e térmica dos pedestres com relação aos ambientes urbanos, e suas possíveis inter-relações serão, então, os objetos de estudo desta tese.

Figura 1 – Praça Sete de Setembro, município de Belo Horizonte, MG/Brasil (6º município mais populoso do país, segundo o IBGE/Censo 2010). Pedestres expostos a elevados níveis sonoros e a elevadas cargas térmicas, situação que pode gerar tanto o desconforto acústico quanto o térmico

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2014.

1.2 Hipótese

Parte-se da hipótese de que a exposição simultânea a condições térmicas e acústicas desfavoráveis, típicas dos ambientes urbanos, tem efeitos cumulativos. Acredita-se, antecipadamente, que a exposição a condições microclimáticas consideradas desconfortáveis possa vir a influenciar negativamente a percepção acústica dos pedestres e *vice-versa*. Assim, uma pessoa exposta a condições acústicas e térmicas desconfortáveis estará ainda mais desconfortável do que nas situações de exposição a apenas um desses fatores de degradação do ambiente urbano.

1.3 Objetivos

Objetivo geral:

Estudar a percepção sonora e térmica e o conforto acústico e térmico de usuários de espaços urbanos abertos visando à definição de critérios objetivos de avaliação do conforto acústico e do conforto térmico para esses espaços.

Objetivos específicos:

- Calibrar o descritor sonoro Nível de Pressão Sonora Equivalente Contínuo, ponderado na curva A ($L_{Aeq,T}$) a fim de fornecer faixas de percepção sonora e faixas de conforto acústico para os ambientes urbanos, com base na resposta subjetiva de usuários desses espaços. As calibrações deste descritor sonoro possibilitarão encontrar as faixas de níveis sonoros nas quais as pessoas percebem o volume do som ambiente como “Baixo”, “Normal” ou “Alto”¹ (som forte – de grande intensidade) e “Confortável” ou “Desconfortável”. Essas calibrações serão obtidas por meio de tratamento estatístico de dados, considerando as relações entre os dados objetivos de ruído urbano (medições de níveis de pressão sonora) e os dados subjetivos - percepções e avaliações subjetivas dos níveis sonoros dos ambientes urbanos pelos pedestres;
- Verificar quais fontes de ruído urbano são, prioritariamente, identificadas e classificadas pelos pedestres como sons agradáveis e desagradáveis;

¹ Devido à necessidade de aplicar questionários em campo e de, portanto, adaptar a linguagem científica à popular, utilizar-se-á, ao invés do termo “Forte” o termo “Alto”, correntemente usado pela população para se referir aos sons de grande intensidade. Salienta-se que, neste trabalho, o termo “Alto” não está relacionado à altura (frequência) dos sons, mas sim à intensidade (amplitude) destes.

- Verificar se há diferenças no ruído ambiente urbano (fontes predominantes e níveis de pressão sonora) nas diferentes épocas do ano (estação quente e úmida – verão, e estação fria e seca - inverno), verificando também se haverá diferentes percepções dos mesmos níveis sonoros nesses períodos;
- Calibrar o índice térmico Temperatura Equivalente Fisiológica (PET) a fim de fornecer faixas de percepção térmica e faixas de conforto térmico para os ambientes urbanos, com base na resposta subjetiva de usuários desses espaços. As calibrações deste índice possibilitarão encontrar as faixas de PET nas quais as pessoas percebem as condições térmicas do ambiente e reportam estar com “ Frio”, “Bem” ou com “Calor” e “Confortáveis” ou “Desconfortáveis”. Essas calibrações serão obtidas por meio de tratamento estatístico de dados, considerando as relações entre dados objetivos, referentes às condições térmicas (medições de variáveis microclimáticas), e subjetivos - percepções e avaliações subjetivas das condições térmicas dos ambientes urbanos pelos pedestres;
- Verificar se há diferenças na percepção das condições microclimáticas pelos usuários de duas áreas urbanas com características morfológicas contrastantes, bem como ambientes sonoros significativamente diferente, em termos de níveis sonoros;
- Comparar as faixas de PET obtidas neste estudo com os resultados de estudos similares anteriores, como os realizados para o município de Belo Horizonte por Hirashima (2010) e Hirashima, Assis e Ferreira (2011). Comparar também as faixas de PET obtidas neste estudo com os resultados de estudos similares realizados para outras cidades brasileiras e para outros países;
- Estudar as eventuais influências das diferentes condições microclimáticas do ambiente na percepção acústica dos pedestres; assim como as eventuais influências das diferentes condições acústicas ambientais na percepção térmica dos usuários dos ambientes urbanos. Essas inter-relações entre condições microclimáticas e acústicas dos ambientes e as percepções acústica e térmica dos pedestres serão estudadas por meio da avaliação dos efeitos do índice PET sobre o L_{Aeq} e *vice-versa*.

1.4 Justificativas

Conforme mencionado nas considerações iniciais, dentre os problemas típicos das cidades, estão aqueles relacionados ao conforto acústico e ao conforto térmico urbano, que repercutem desfavoravelmente na saúde e na qualidade de vida da população e também na realização de atividades sociais, comerciais, econômicas, laborais e recreacionais realizadas em ambiente externo, bem como no conforto acústico e térmico dos ambientes internos dos edifícios, interferindo negativamente também nas atividades realizadas nesses ambientes.

Com relação ao conforto acústico em ambiente urbano, segundo a Organização Mundial de Saúde (World Health Organization, 2010) a poluição sonora é *hoje*, depois da poluição da água, o problema ambiental que afeta o maior número de pessoas. O ruído, assim considerado o som indesejável, ou o som inútil e sem informação relevante (FUCHS, 1975), constitui-se, dessa maneira, um importante fator de degradação ambiental na escala urbana (PEREIRA, 2003). Dessa maneira, sua influência sobre a saúde humana e sobre a qualidade de vida da população o transforma em um objeto de estudo de particular interesse (MORILLAS *et al.*, 2011), como mostrado pelas inúmeras pesquisas científicas publicadas atualmente.

Tendo em vista a sua nocividade, o ruído começou a ser contemplado, recentemente, nos projetos urbanos. Inicialmente, foram estabelecidas políticas de redução da poluição sonora. Posteriormente, esse modelo de gerenciamento do ruído urbano, baseado em abordagens quantitativas e com caráter de saúde pública – tratando o ruído como algo que deve ser eliminado, passou a ser questionado. Pesquisadores começaram a julgar esta abordagem superficial, por desconsiderar os diversos aspectos humanos envolvidos na percepção do ambiente sonoro. Desde então, iniciaram-se os estudos das abordagens qualitativas, com caráter multidisciplinar, as quais consideram, na avaliação do ruído, o contexto em que este ocorre e as diversas variáveis humanas envolvidas (HOLTZ, 2012). Assim, o objetivo dos planejadores passou a ser não somente o de se obter níveis sonoros mais baixos, mas também o de se obter qualidade sonora nos ambientes urbanos.

As práticas de gestão do planejamento urbano, porém, têm mostrado que a maioria das legislações das cidades são insuficientes, no que diz respeito à melhoria do ambiente sonoro destas, uma vez que elas consideram principalmente medidas físicas dos níveis sonoros negligenciando, portanto, as experiências humanas sobre os sons. Decisões variadas e contrastantes são feitas sobre as questões que envolvem o gerenciamento do ruído urbano,

por considerá-lo apenas em termos físicos, e não em relação às suas consequências fisiológicas e psicológicas (RAIMBAULT; DUBOIS, 2005).

Por outro lado, o controle do ruído ambiental tem sido prejudicado por um conhecimento insuficiente de seus efeitos e de relações dose-resposta, bem como a falta de critérios definidos (WHO, 1999). Informações disponíveis sobre sons urbanos do cotidiano são surpreendentemente raras. Supõe-se geralmente que os ruídos são negativamente interpretados como incômodos ou como poluição inerente às cidades, mas, os critérios de conforto acústico para ambientes urbanos não foram determinados (RAIMBAULT; LAVANDIER; BÉRENGIER, 2003). Tendo em vista esta lacuna, as calibrações do descritor sonoro L_{Aeq} para espaços urbanos abertos do município de Belo Horizonte, um dos objetivos da presente pesquisa, contribuirão sobremaneira para os futuros estudos nesta área.

Em espaços abertos, os sons possuem grande variação temporal e espacial e podem ser descritos em termos quantitativos (medições ambientais) e qualitativos (voto dos usuários). Neste contexto, Kang, Yang, Zhang (2004) afirmam que, no projeto de um adequado ambiente acústico urbano, não apenas os aspectos físicos mas também os sociais, os psicológicos e os fisiológicos devem ser considerados. Isso por que, o conforto acústico não depende unicamente dos níveis sonoros observados, considerados objetivamente.

Yang e Kang (2005) afirmam ainda que a redução nos níveis de pressão sonora não leva necessariamente a um melhor conforto acústico em áreas urbanas. Zannin *et al.*, (2003) em seus estudos, identificaram que, apesar de estudos objetivos na cidade de Curitiba mostrarem uma redução nos níveis de poluição sonora urbana, análises subjetivas comprovaram um aumento na percepção dos níveis sonoros urbanos excessivos gerados, principalmente, pela vizinhança. Esta conclusão confirma a importância da análise de dados subjetivos conjuntamente à análise de dados objetivos nos estudos da poluição sonora urbana, abordagem esta que será também utilizada no presente trabalho.

Kang, Yang e Zhang (2004) ressaltam ainda que a interação entre o conforto acústico e outros fatores como o conforto visual e o térmico também precisam ser considerados na avaliação dos ambientes. Essa abordagem será utilizada na presente tese, uma vez que, o efeito cumulativo da interação entre o conforto acústico e o térmico não tem sido objeto frequente de estudos, o que salienta a importância de sua contemplação neste trabalho.

Com relação ao conforto térmico urbano, já se nota alguma preocupação na legislação brasileira sobre este aspecto, a exemplo do Estatuto da Cidade², que estabelece diretrizes gerais da política urbana, e ressalta a importância da sustentabilidade das cidades. Porém, a legislação brasileira ainda não produziu instrumentos efetivos para integrar as questões ligadas às mudanças climáticas locais na prática urbanística (HIRASHIMA, 2010). O adequado tratamento dos espaços urbanos pode reduzir o gasto energético dos edifícios do entorno e, em maior escala, melhorar o clima da cidade, atenuando os efeitos adversos da ilha de calor urbana. Portanto, avaliar e compreender as condições de conforto térmico em espaços urbanos torna-se fator fundamental para o desenvolvimento das cidades (NIKOLOPOULOU, 2004).

As cidades, por sua vez, segundo Burt, O`rourke, Terjung (1982 *apud* MAYER; HÖPPE, 1987), possuem diferentes microclimas, relacionados às diferentes estruturas urbanas edificadas, que devem ser avaliados separadamente do bioclima da cidade como um todo. Outro fator igualmente importante é o fato de que, para a consideração dos resultados da climatologia urbana como um entre os muitos fundamentos do planejamento urbano, é necessário considerar o ser humano como referência, nesse caso, avaliar os diferentes microclimas urbanos de forma termofisiologicamente relevante (MAYER; HÖPPE, 1987). Daí a importância dos estudos de percepção subjetiva das condições térmicas em diferentes microclimas, relacionados a diferentes morfologias e contextos urbanos, considerando as diversas variáveis microclimáticas, individuais e subjetivas que afetam as sensações térmicas, a exemplo do que será realizado neste estudo.

As avaliações de conforto térmico em ambientes externos são bem menos compreendidas quando comparadas às avaliações de sensação de conforto termohigrométrico em ambientes internos – as quais são bastante documentadas (ALI TOUDERT, 2005). Supôs-se, inicialmente, que a teoria convencional de conforto térmico desenvolvida para aplicações em ambientes internos poderia ser transferida, sem modificações, para aplicações também em ambientes externos (VDI, 1998, *apud* KENZ; THORSSON, 2006). No entanto, estudos conduzidos em ambientes externos referentes às respostas subjetivas das pessoas sobre as condições microclimáticas desses ambientes mostraram que as sensações térmicas reais diferem daquelas previstas e que, portanto, os limites de conforto determinados para ambientes internos não são diretamente transferíveis para os ambientes externos (KENZ;

² BRASIL. Lei n.º 10.257, de 10 jul. 2001. Regulamenta os arts. 182 e 183 da Constituição Federal, estabelece diretrizes gerais da política urbana e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/LEIS_2001/L10257.htm>. Acesso em: 31 maio 2013.

THORSSON, 2006). Consequentemente, diferentes abordagens se fazem necessárias para avaliar o conforto térmico de ambientes internos e externos (HÖPPE, 2002).

Segundo Nikolopoulou, Lykoudis e Kikira (2004), os parâmetros ambientais que afetam as condições de conforto termo-higrométrico nos ambientes externos, apesar de semelhantes aos dos ambientes internos, se encontram dentro de uma gama muito mais ampla e apresentam maior variabilidade. Devido a esta complexidade, em termos de variabilidade temporal e espacial, constata-se poucas tentativas de compreender as condições de conforto nos ambientes externos (NIKOLOPOULOU; LYKOUDIS; KIKIRA, 2004).

Recentemente, ainda, a relevância de métodos exclusivamente baseados em termofisiologia tem sido questionada e pesquisas sociais, utilizando formulários, vêm sendo desenvolvidas, com vistas a validar os índices de conforto contra os votos reais das pessoas (ALI TOUDERT, 2005). Em seus estudos, Nikolopoulou e Steemers (2003, *apud* KENZ; THORSSON, 2006) demonstraram que apenas 50% da variância na avaliação de conforto subjetivo foi explicada por meio de parâmetros físicos, indicando que os processos psicológicos podem estar envolvidos na avaliação térmica dos ambientes externos. Foi demonstrado ainda que os atuais índices de conforto térmico para exteriores não podem ser adotados em diferentes estações e zonas geográficas e climáticas sem serem calibrados (SPAGNOLO; DE DEAR, 2003, *apud* KENZ; THORSSON, 2006). Neste contexto, a calibração do índice de conforto térmico temperatura equivalente fisiológica (PET) para espaços urbanos abertos do município de Belo Horizonte, obtida por meio de correlações estatísticas de dados objetivos referentes às condições térmicas (medições de variáveis microclimáticas) com as percepções e avaliações subjetivas das condições térmicas dos ambientes urbanos pelos pedestres, será um dos objetivos da presente pesquisa.

Conforme exposto anteriormente, tanto o estudo do conforto acústico quanto o do conforto térmico lidam com a subjetividade inerente à percepção, às preferências e à avaliação humana e, medir algo subjetivo, conforme Fuchs (1975) é uma tarefa difícil. A percepção humana, que não é uma função linear com relação aos estímulos do ambiente, apresenta dimensões intra e interpessoal, resultando em uma multiplicidade de respostas ao mesmo estímulo. O contexto em que os estímulos ocorrem também desempenha um importante papel na percepção destes, razão pela qual as curvas de percepção não são universais, e sim específicas para a população para o contexto para os quais foram determinadas.

Além disso, a percepção humana é multissensorial. Este estudo sobre percepção acústica e térmica em ambiente urbano considerará uma abordagem ambiental integrada, que considera

esta multissensorialidade com que os ambientes são sempre percebidos. Multissensorialidade esta que pode influenciar a percepção e a avaliação sonora e térmica dos ambientes, pois, segundo Raimbault, Lavandier e Bérengier (2003), a avaliação de um local urbano depende da maneira como este responde às necessidades múltiplas tais como funcionalidade, estética e conforto global – acústico, lumínico e térmico, incluindo a ventilação dos ambientes (RAIMBAULT; LAVANDIER; BÉRENGIER, 2003).

Torna-se clara, portanto, a complexidade da avaliação da percepção acústica e térmica dos ambientes urbanos abertos pelos habitantes das cidades e a necessidade de melhor estudá-la a fim de entender a eventual relação entre conforto acústico e térmico e cada um dos fatores que os influenciam. Espera-se que este estudo possibilite a criação de subsídios para o estabelecimento de uma metodologia integrada de avaliação do conforto ambiental urbano.

1.5 Estrutura da tese

Esta tese foi estruturada em cinco capítulos, além das referências, apêndices e anexo. Neste primeiro capítulo introdutório, apresentou-se o contexto em que o trabalho encontra relevância e seus objetivos principais.

O capítulo 2, denominado Estudos Precedentes, apresenta a revisão bibliográfica e a fundamentação teórica que auxiliam no entendimento das questões referentes à percepção sonora e térmica, com foco nos ambientes urbanos abertos. Este segundo capítulo foi dividido em duas abordagens: Conforto acústico urbano, que abordará temas relacionados à paisagem sonora urbana e à percepção sonora; e Conforto térmico urbano, que abordará temas relacionados à percepção e à avaliação de sensações térmicas.

O capítulo 3, denominado Metodologia, detalha a metodologia utilizada para a condução do estudo, desde o planejamento da pesquisa até os procedimentos utilizados na coleta e no tratamento dos dados coletados. A metodologia empregada foi subdividida em três etapas distintas: Etapa de planejamento, Etapa de coleta de dados e Etapa de tratamento dos dados coletados.

O capítulo 4, denominado Apresentação e Análise dos Resultados, reúne os resultados obtidos na etapa de tratamento estatístico dos dados coletados e suas respectivas representações e análises, comparando-os criticamente aos resultados dos estudos precedentes.

O capítulo 5, denominado Conclusões e Considerações Finais, apresenta as conclusões do estudo e as considerações finais. Neste capítulo, os resultados obtidos são discutidos, com base nas premissas, nos objetivos e na metodologia empregada. Neste capítulo são ainda apontadas as limitações do trabalho realizado, é demonstrada a aplicabilidade dos resultados gerados e são sugeridos trabalhos futuros.

Nas Referências são listados os livros, os artigos, as obras, as leis e as normas utilizadas, bem como os programas computacionais utilizados e os *sites* consultados. Em seguida, por fim, são apresentados apêndices e anexos para elucidar os detalhes metodológicos, a fim de facilitar o entendimento das questões mencionadas neste estudo.

2 ESTUDOS PRECEDENTES

Este capítulo revisa o estado da arte referente à percepção sonora e térmica de usuários de ambientes urbanos e apresenta a fundamentação teórica que auxilia no entendimento das questões relacionadas ao objeto de estudo desta tese. Este segundo capítulo, conforme mencionado no item 1.5, foi dividido em duas partes distintas: Conforto acústico urbano, que abordará temas relacionados à paisagem sonora urbana e à percepção sonora; e Conforto térmico urbano, que abordará temas relacionados à percepção e à avaliação de sensações térmicas.

2.1 Conforto acústico urbano

2.1.1 O ambiente sonoro urbano

O ambiente sonoro urbano é um importante indicador de qualidade de vida nos assentamentos urbanos (PEREIRA, 2003; SZEREMETA; ZANNIN, 2009). Nele, os níveis de ruído urbano variam em função de um grande número de variáveis sendo, em qualquer ponto da cidade, o resultado da interação complexa de muitas fontes de ruído independentes (fixas e móveis) sob diferentes condições climáticas e atributos físicos da área que circunda o local, que podem servir para reforçar ou reduzir os níveis de ruído entre as fontes e os receptores (SAFEER, 1973).

O campo acústico urbano é, portanto, o produto final da sobreposição de sons emitidos pelos diferentes tipos de fontes sonoras encontradas em uma comunidade, resultando em um padrão de ruído complexo e imprevisível (BROWN; LAM, 1987). O ambiente sonoro urbano pode ser caracterizado por uma ampla variação nos níveis de ruído quando se move da influência de uma fonte para outra (espacialmente) e também uma ampla variação no tempo (temporalmente) (SAFEER, 1973; BROWN; LAM, 1987; GARCIA; FAUS, 1991; BJÖRK, 1994), o que leva a uma ampla heterogeneidade espacial e temporal (TORIJA; RUIZ; RAMOS-RIDAO, 2011).

O aumento do trânsito de veículos automotores tem contribuído significativamente para mudanças na paisagem sonora (RAIMBAULT; DUBOIS, 2005). O uso generalizado dos veículos tem aumentado os sons de baixa frequência nas cidades, resultando em ruído de fundo mais ou menos contínuo e permanente (RUOCCO, 1974 *apud* RAIMBAULT; DUBOIS, 2005; ATTENBOROUGH *et al.*, 1976 *apud* RAIMBAULT; DUBOIS, 2005, BJÖRKMAN, 1991) que varia de maneira irregular ao longo do tempo com a passagem individual dos veículos (ONU, 2000).

O trânsito é, portanto, considerado um importante contribuidor para o ambiente sonoro (BOTTELDOOREN; DE COENSEL; DE MUER, 2006), representando a principal fonte de ruído ambiental urbano (BJÖRKMAN, 1991; ZANNIN *et al.*, 2003) e, conseqüentemente, a principal fonte de incômodos em áreas urbanas (GARCIA; FAUS, 1991; CALIXTO; DINIZ; ZANNIN, 2003; MARTIN *et al.*, 2011). Porém, as propriedades irritantes do ruído do tráfego rodoviário estão intimamente relacionadas com a forma como percebemos o ruído, incluindo a detecção do ruído específico no ruído de fundo do ambiente (FIDELL *et al.*, 1979 *apud* GJESTLAND, 1987), conforme será mencionado no item 2.1.2.2, desta tese.

2.1.1.1 Gerenciamento do ruído urbano

O excesso de ruídos, sons indesejáveis, representa atualmente um dos problemas mais recorrentes nas cidades. A poluição sonora, que se constitui um dos principais fatores de degradação ambiental nas áreas urbanas, tem sido reconhecida mundialmente como um entrave para a qualidade de vida (PICCOLO; PLUTINO; CANNISTRARO, 2005), sendo o incômodo causado pelo ruído, considerado um dos maiores problemas de saúde pública da atualidade (PAUNOVIC; JAKOVLJEVIC; BELOJEVIC, 2009). Do ponto de vista jurídico, a poluição sonora foi tratada inicialmente, como conflito de vizinhança, tendo se destacado, apenas recentemente, enquanto questão ambiental (FARIAS, 2007).

Ao contrário de outros tipos de poluição, as características da poluição sonora não são as mesmas em todo o mundo. Elas dependem de fatores como o grau de desenvolvimento, o tipo de atividades envolvidas, a densidade populacional, e até mesmo hábitos e cultura locais. Portanto, é importante caracterizar o problema com cuidado em cada local, e ser cauteloso sobre qualquer generalização com respeito às conclusões que são tiradas (MORILLAS *et al.*, 2002).

Considerando os efeitos negativos da poluição sonora sobre a saúde e qualidade de vida da população, em 1999, foi formulado pela Organização Mundial da saúde (WHO) o documento “*Guidelines for Community Noise*” destacando a importância do gerenciamento e controle do ruído ambiental.

Até o início do século XX, o gerenciamento do ruído no planejamento urbano das cidades dos diferentes países, quando existente, era realizado de maneira isolada, com cada um dos países criando suas próprias leis e normas específicas. No início da década de 90, com a revolução das telecomunicações e o advento da internet, um processo de integração mundial começou a ocorrer. Os países europeus foram pioneiros com iniciativas legislativas e esforços multinacionais que permitiram grandes avanços na área (HOLTZ, 2012). Neste sentido, na

Europa, o Green Paper (COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES, 1996 *apud* HOLTZ, 2012) e a Diretiva Europeia 2002/49/CE (PARLAMENTO EUROPEU, 2002 *apud* HOLTZ, 2012) foram os marcos que tornaram o gerenciamento do ruído excessivo e sua mitigação obrigatórios, assim como a divulgação destes estudos (HOLTZ, 2012).

Este tipo de gerenciamento é baseado em abordagens quantitativas de ruído, que levam em conta níveis de ruído equivalentes e a perturbação dos indivíduos. Esta abordagem tem um caráter de proteção da saúde pública, tratando o ruído como um resíduo, algo que deve ser eliminado, como a poluição do ar ou da água. Pesquisadores, porém, concluíram que esta abordagem puramente energética do ruído é falha, por não considerar aspectos essenciais da percepção humana do ambiente sonoro (HOLTZ, 2012). Por esta razão, nos estudos ambientais urbanos, a abordagem do tema ambiente sonoro tem recentemente evoluído da noção de incômodo para a de controle, e desta para a da qualidade ambiental (ADOLPHE, 1988 *apud* PEREIRA, 2003).

Neste contexto da qualidade ambiental, a garantia de um ambiente saudável e confortável do ponto de vista acústico, não depende unicamente da aplicação da legislação pertinente visando à redução dos níveis de pressão sonora, a obtenção do “silêncio”, mas também conseguir espaços com qualidade sonora – agradáveis – confortáveis.

Dessa forma, o objetivo dos planejadores urbanos definitivamente não pode ser simplificado para criar, tanto quanto possível o “silêncio”. Porém, não é possível definir as propriedades desejadas universalmente para uma paisagem sonora ideal em uma área urbana pública. Idealmente, para se estabelecer um método e desenvolver ferramentas para a criação e avaliação de paisagens sonoras urbanas, os requisitos para a situação acústica em uma determinada área pública urbana devem ser claramente descritos e embasados em pesquisa sociológica avançada, refletindo as expectativas dos principais usuários da área urbana (RYCHTÁRIKOVÁ; VERMEIR, 2013).

Neste contexto, uma abordagem que considera a questão geral de conforto urbano é agora essencial para avaliar o impacto do ruído urbano e os seus efeitos sobre as pessoas. Deve-se, primeiramente, considerar a avaliação subjetiva do impacto do ruído conjuntamente com os parâmetros acústicos, e, posteriormente, considerar os efeitos negativos e positivos dos ruídos na definição da qualidade acústica de um ambiente urbano – em vez de focar exclusivamente no incômodo causado pelo ruído (RAIMBAULT; DUBOIS, 2005).

2.1.1.2 Paisagem sonora - *Soundscape*

A partir da década de 70, o modelo de gerenciamento de ruídos urbanos baseado em abordagens quantitativas começou a ser questionado, conforme mencionado no item anterior, por desconsiderar os diversos aspectos humanos envolvidos na percepção do ambiente sonoro. Iniciam-se, então, os estudos das abordagens qualitativas, com caráter multidisciplinar, considerando o contexto em que os sons/ruídos ocorrem e as diversas variáveis humanas envolvidas em sua percepção (HOLTZ, 2012).

Em 1977, foi introduzido o termo *Soundscape* (traduzido nos países latinos por “Paisagem Sonora”) pelo músico e compositor canadense R. Murray Schafer, que o definiu como “o nosso ambiente sonoro, o sempre presente conjunto de sons, agradáveis e desagradáveis, fortes e fracos, ouvidos e ignorados, com os quais convivemos” (SCHAFFER, 1977).

O conceito de paisagem sonora refere-se, então, às variações de sons, no espaço e no tempo, provocadas pela topografia do ambiente natural, pelos edifícios e por suas diferentes fontes de som (GIDLÖF-GUNNARSSON; ÖHRSTRÖM, 2007), e ao estudo desse ambiente sonoro com ênfase na maneira como é percebido e entendido pelo indivíduo ou pela sociedade (TRUAX, 1978 *apud* HOLTZ, 2012). O ambiente acústico urbano é considerado, então, como um agregado de muitos sons que podem evocar emoções específicas (BOTTELDOOREN; DE COENSEL; DE MUER, 2006).

Schafer (2001 *apud* SZEREMETA; ZANNIN, 2009) também descreve a paisagem sonora como a análise de todos os tipos de sons de uma determinada zona ou região, ressaltando a diversidade de sons que a compõem, não somente aqueles considerados desagradáveis, e ressaltando, ainda, a imprescindibilidade desses sons para a identidade de um local (SZEREMETA; ZANNIN, 2009).

Se, até então, a influência do ruído sobre a qualidade de vida urbana vinha sendo tradicionalmente estudada com foco nos efeitos negativos sobre o homem, tais como o incômodo e a perturbação do sono, recentemente, o estudo das paisagens sonoras - abordagem mais holística, que inclui aspectos positivos e negativos, bem como funções não-residenciais do ambiente urbano, ganhou interesse renovado (BOTTELDOOREN; DE COENSEL; DE MUER, 2006).

Diferentemente das pesquisas de redução de ruído convencionais, a pesquisa em paisagem sonora e conforto acústico concentra-se na forma como as pessoas percebem

conscientemente seu meio ambiente, ou seja, nas interações entre as pessoas e sons (KANG; ZHANG, 2010). Nos estudos conduzidos sobre paisagem sonora é importante notar a centralidade da percepção humana e a ênfase no modo como o ambiente acústico é percebido e compreendido pelo indivíduo, por um grupo ou por uma sociedade (YANG; KANG, 2005 *apud* BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011; TRUAX, 1999 *apud* BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011; RAIMBAULT; DUBOIS, 2005 *apud* BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011; FINEGOLD; HIRAMATSU, 2003 *apud* BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011; KANG, 2006 *apud* BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011; BROWN; MUHAR, 2004 *apud* BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011; DUBOIS; GUASTAVINO; RAIMBAULT, 2006 *apud* BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011; PORTEOUS; MASTIN, 1985 *apud* BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011). Assim, uma paisagem sonora existe através da percepção humana do ambiente acústico de um lugar (BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011).

Segundo Schafer (1977), a paisagem sonora é dinâmica, transformável e, assim, possível de ser aperfeiçoada. Não se trata, porém, apenas da quantificação e atenuação de níveis sonoros, mas sim da descrição dos sons existentes e da valoração sonora destes, como positivos e negativos, por meio de avaliação subjetiva dos ouvintes, usuários dos espaços públicos. Assim, a avaliação da qualidade da paisagem sonora em ambientes abertos deve ser vista não apenas como uma questão de presença ou ausência de sons incômodos, mas considerando os aspectos positivos de ambientes sonoros como percebidos pelas pessoas (BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011).

As intervenções na paisagem sonora valorizarão os sons característicos de um local, como os marcos sonoros, atenuará os sons considerados indesejáveis e acentuará e criará sons considerados desejáveis e agradáveis pelos usuários do local. Segundo Botteldooren, De Coensel e De Muer (2006), a paisagem sonora é considerada parte integrante do ambiente urbano, não devendo ser estudada isoladamente, mas em conjunto com todo um contexto, que inclui o ambiente visual (*landscape*), sentimento de segurança, percepção da qualidade do ar etc. Da mesma forma, qualquer incompatibilidade entre os diferentes componentes do ambiente, incluindo a paisagem sonora, pode ser, pelo menos em parte, responsável por uma avaliação negativa da sua qualidade (BOTTELDOOREN; DE COENSEL; DE MUER, 2006).

O termo paisagem sonora, portanto, refere-se ao estudo sistemático do ambiente acústico, em uma abordagem integrada e multidisciplinar, considerando os fenômenos perceptivos humanos dos estímulos sonoros e o contexto em que esses estímulos estão inseridos.

2.1.1.3 Descrição e análise do ambiente sonoro urbano

Em espaços urbanos abertos, conforme mencionado no item 2.1.1, os sons possuem grande variação temporal e espacial e podem ser descritos em termos quantitativos (medições ambientais) e qualitativos (voto dos usuários). Neste contexto, Kang, Yang e Zhang (2004), afirmam que, no projeto de um adequado ambiente acústico urbano, não apenas os aspectos físicos mas também os sociais (pessoais), os psicológicos e os fisiológicos devem ser considerados, conforme mencionado no item 1.4. Esses autores apresentam então um modelo para descrição dos ambientes sonoros urbanos (QUADRO 1), que considera os seguintes fatores influentes nos níveis de ruído percebidos:

Quadro 1 – Descrição da paisagem sonora dos espaços urbanos, abertos e públicos

1) Características das fontes sonoras	2) Efeito do espaço	3) Aspectos sociais	4) Outros aspectos
1.1 – Nível de pressão sonora, em dB(A) 1.2 – Spectrum 1.3 – Condições temporais 1.3.1 – Variação (horária, diária etc) 1.3.2 – Duração 1.3.3 – Características impulsivas 1.4 – Localização/distância dos usuários 1.5 – Movimentação da fonte 1.6 – Características psicológicas e sociais 1.6.1 – Sons naturais/artificiais 1.6.2 – Relação com atividades 1.6.3 – Significado 1.6.4 – Descritivo ou holístico 1.6.5 – Marco Sonoro	2.1 – Reverberação 2.2 – Sons notáveis no entorno 2.3 – Ruído de fundo 2.4 – Padrões de reflexão	3.1 – Características sociais dos usuários 3.2 – Condições acústicas na residência dos usuários e em seu trabalho, experiências acústicas	4.1 – Temperatura, iluminação, umidade etc 4.2 – Aspectos visuais, paisagem e características arquitetônicas 4.3 – Atividades desenvolvidas na praça

Fonte: Adaptado de Kang, Yang, Zhang (2004).

A análise quantitativa do ambiente sonoro urbano pode ser realizada por meio do uso de descritores sonoros. Há uma diversidade de índices criados para avaliação do ruído ambiental em comunidades, entretanto, o Nível de Pressão Sonora Equivalente Contínuo, ponderado na curva A ($L_{Aeq,T}$) tem sido muito adotado (EGAN, 1988 *apud* KANG; YANG; ZHANG, 2004). Este índice é definido pela ISO 1996 e se correlaciona bem com a percepção acústica e com o incômodo a ela relacionado (BOTTELDOOREN; DE COENSEL; DE MUER, 2006; SATO *et al.*, 1999 *apud* BANGJUN; LILI; GUOQUING, 2003). Este também é o descritor utilizado na legislação brasileira (NBR10.151), e é facilmente obtido mediante medições *in loco*.

Neste estudo, além do $L_{Aeq,T}$ serão utilizados outros índices para descrição do ambiente sonoro como o nível mínimo de pressão sonora (L_{Amin}), o nível máximo de pressão sonora

(L_{Amax}) e os níveis estatísticos L_{10} , L_{50} e L_{90} , conforme mencionado no Quadro 3 – do Capítulo 3 – Metodologia. Todos os descritores serão obtidos considerando a curva de ponderação A, que melhor representa a resposta do ouvido humano ao estímulo sonoro.

Os valores do nonagésimo percentil de uma distribuição estatística acumulada dos níveis de pressão sonora (L_{90}) podem ser considerados o nível médio de ruído de fundo, ou seja, o ruído ambiente na ausência da atuação de fontes específicas. Os valores do décimo percentil de uma distribuição estatística acumulada dos níveis de pressão sonora (L_{10}) podem ser considerados o nível médio dos picos dos níveis de pressão sonora do ambiente acústico. O L_{10} e o L_{50} (quinquagésimo percentil de uma distribuição estatística acumulada dos níveis de pressão sonora), segundo Bradley e Jonah (1979), assim como o $L_{Aeq,T}$, são preditores de respostas igualmente precisos. O L_{10} , segundo Langdon (1976 *apud* CALIXTO, 2002), representa o maior coeficiente de correlação entre incômodo e nível sonoro.

As normas internacionais ISO 1996:1 (2003) e ISO 1996:2 (2007) estabelecem procedimentos para descrição, medição e avaliação de ruídos ambientais, os quais incluem os ruídos em ambientes urbanos. Também a norma brasileira NBR 10.151 (2000) estabelece método para avaliação do ruído em áreas habitadas, visando ao conforto da comunidade. Essas normas, bem como as diretrizes da Organização Mundial de Saúde (1999) e as legislações estaduais e municipais de cada local devem ser observadas nas medições e na avaliação de ruído em determinado local.

A Diretiva Européia 2002/49/CE estabelece que os planos de ação, visando a atingir os objetivos da qualidade acústica e a redução dos conflitos relacionados aos elevados níveis de ruído ambiental, devem ser baseados tanto em mapas de ruído quanto em pesquisas psicossociais existentes (MARTIN *et al.*, 2011).

A confecção dos mapas de ruído auxilia na localização das áreas urbanas expostas a níveis de ruído inaceitáveis e na determinação da porcentagem da população que é afetada por níveis de ruído excessivos (MARTIN *et al.*, 2011). Os mapas acústicos podem ser elaborados a partir de medições, modelos matemáticos preditivos ou de uma combinação de ambos (HOLTZ, 2012), sendo seu objetivo principal criar uma representação visual do ruído ambiental de uma determinada área geográfica, em que os níveis de ruído são plotados de forma semelhante às linhas de contornos de um mapa topográfico convencional (SOMMERHOFF; RECUERO; SUAREZ, 2004). A ISO 1996-2 recomenda a identificação das áreas através de cores padronizadas, e a confecção de isolinhas em intervalos de 5dB(A).

Já as pesquisas psicossociais mostram o incômodo causado pelo ruído à população, que pode ser avaliado por meio das relações dose-efeito (MARTIN *et al.*, 2011). Esse método de avaliação dos efeitos nocivos do ruído ambiental recomendado pela Diretiva Européia 2002/49/CE geralmente mostra a relação entre incômodo, avaliado por meio de questionários, e nível de ruído de trânsito, utilizando o descritor Lden (JAKOVLJEVIC; PAUNOVIC; BELOJEVIC, 2009). O padrão utilizado para a medida de resposta da população ao ruído é, muitas vezes, expressa como a porcentagem de pessoas que relatam estar “muito incomodadas” (BJORKMAN, 1991).

Job (1996) salienta que não existe nenhum limite claro para o nível de ruído que produz reação em comunidades, possivelmente devido à influência de várias características do próprio ruído, fatores situacionais e ampla variação individual na sensibilidade ao ruído, conforme será visto no item 2.1.2.2, desta tese. No entanto, há certa concordância entre os estudos no que diz respeito à relação dose-efeito. Uma abordagem que utiliza limites para a emissão de ruído que podem vir a causar reação é frequentemente adotada com base em critérios como a definição de excesso de ruído, como o ponto em que 10% da população é seriamente afetada ou altamente irritado com o barulho (BULLEN; HEDE, 1982 *apud* JOB, 1996; BULLEN *et al.*, 1991 *apud* JOB, 1996; SCHULTZ, 1978 *apud* JOB, 1996). O problema da ampla dispersão dos dados referentes às pessoas incomodadas é então resolvido por meio da introdução do conceito de “% *highly annoyed*”, que corresponde à porcentagem dos respondentes que se consideram muito incomodados (IZUMI; YANO, 1991). Segundo Bjorkman (1991), a validade de qualquer norma criada para o controle ambiental depende da precisão da relação dose-resposta.

Já a análise e a descrição das paisagens sonoras são temas ainda bem recentes, que vem sendo tratados nos estudos para elaboração da norma internacional ISO 12913, cujo projeto começou a ser discutido em 2009 e foi aceito como “*committee draft*” em março de 2011 (AXELSSON, 2011 *apud* HOLTZ, 2012).

A norma internacional ISO 12913 consistirá de duas partes: Parte 1: Definição e enquadramento conceitual, a qual foi publicada em 2014, e a Parte 2: Métodos e medições, a qual ainda está em processo de elaboração.

A norma propõe a seguinte definição de paisagem sonora: “*Soundscape* denota o ambiente acústico como percebido e entendido, por pessoas, em um contexto” (AXELSSON, 2011 *apud* HOLTZ, 2012). Nota-se, na definição do termo, a ênfase dada ao contexto – que influencia na percepção humana – considerado por Axelsson (2011 *apud* HOLTZ, 2012) a parte central do

arcabouço conceitual da percepção das paisagens sonoras. Além do contexto, a audição e a interpretação do sinal também afetam o processo perceptivo (HOLTZ, 2012), conforme será explicado no item 2.1.2.2, desta tese.

A norma ISO 12913 estabelecerá procedimentos e critérios comuns de atuação, tornando possível a comparação dos resultados das pesquisas. Serão apresentados métodos para medir a qualidade da “*Soundscape*” (inclusive para identificação e classificação de fontes sonoras), métodos para monitoramento da variação ao longo do tempo e métodos de modelagem, mapeamento e simulação (AXELSSON, 2011 *apud* HOLTZ, 2012).

2.1.2 Percepção sonora

Algumas definições do termo som salientam a percepção da onda sonora pelo sistema auditivo, considerando som as variações de pressão que possam ser detectadas pelo ouvido humano, ou seja, segundo Bell *et al.* (1990 *apud* DINIZ; SILVEIRA, 2006), o resultado audível de uma vibração ou fenômeno ondulatório. Nem todas as variações de pressão são capazes de sensibilizar o ouvido humano. Nos seres humanos, a sensação auditiva causada pelos estímulos sonoros ocorre somente quando a magnitude e a frequência destes estiverem dentro de determinados valores, quais sejam, aproximadamente 0 e 140 dB(A) e 20-20.000Hz, respectivamente.

A mensuração do som é baseada inicialmente em sua componente física, embora a interpretação cerebral do som seja também crucial para a estrutura de uma escala de mensuração. Fisicamente a sensação auditiva consiste na ativação do sistema nervoso pelo estímulo sonoro: o som é criado por mudanças rápidas de pressão no ar, que causam vibrações no tímpano; o tímpano transmite essas vibrações por meio das estruturas do ouvido médio e interno para a membrana basilar na cóclea; nessa membrana, existem finas células ciliares que são ativadas e passam o estímulo sonoro ao nervo auditivo, que finalmente o conduz até o lóbulo temporal do cérebro (GARDNER, 1975 *apud* DINIZ; SILVEIRA, 2006). Porém, além do aspecto fisiológico da percepção do som, aspectos psicológicos e sociais influenciam na avaliação e descrição dos sons ambientais, conforme será mencionado a seguir.

A definição de ruído, como o som indesejável, deixa claro que não é possível classificar os sons como ruído unicamente com base em suas características físicas (MUZET, 2007), uma vez que o conceito de ruído é subjetivo, sendo seu equivalente físico o som. O termo ruído traz em si uma conotação imediata de incômodo ou desconforto (PEREIRA, 2003). Dessa

forma, o que transforma o som em ruído é a atitude mental do ouvinte e o ambiente (contexto) no qual ele é ouvido (FUCHS, 1975).

Assim, a percepção do ambiente sonoro é também subjetiva, variando intra e inter pessoalmente. Há variação tanto com relação ao conceito de ruído (o que é considerado ruído em uma ocasião para um sujeito pode não o ser em outra situação, e o que é considerado ruído para um indivíduo pode não ser para outro), quanto com relação ao conceito de incômodo causado pelo ruído, que depende de diversos fatores.

A percepção humana do ambiente sonoro é, por natureza, multissensorial, não ocorrendo isoladamente, mas sim dentro de um contexto global, que inclui, além da informação auditiva, informações de outras modalidades sensoriais, como a visão e o tato. Em conjunto, estas várias fontes de informação dão origem a uma representação mental do ambiente percebido e qualquer julgamento será baseado nesta representação multissensorial (VIOLLON; LAVANDIER; DRAKE, 2002). Da mesma forma, como a pessoa exposta ao som também está exposta a outros fatores presentes no ambiente, como as condições climáticas, a paisagem visual, a morfologia do ambiente, as práticas nele desenvolvidas, entre outros, a maneira como ela percebe e interpreta essas sensações está ainda diretamente ligada às representações individuais e coletivas relacionadas a todos esses fatores. Assim, múltiplas condições ocorrem simultaneamente, resultando na situação de interssensorialidade que caracteriza a relação entre usuário e ambiente (THIBAUD *et al.*, 1998 *apud* PEREIRA, 2003). Essas condições são chamadas de “não acústicas” nos estudos envolvendo percepção e incômodo sonoro (VIOLLON *et al.*, 2002), conforme mencionado no item 2.1.2.2.2, desta tese.

Uma característica comum dos numerosos estudos da resposta subjetiva ao ruído ambiental é a ampla variabilidade manifestada por respostas individuais para as condições de ruído similares (GRIFFITHS, LANGDON, 1968 *apud* LANGDON; GRIFFITHS, 1982; LANGDON; BULLER, 1977 *apud* LANGDON; GRIFFITHS, 1982; MILRESEARCHLIMITED, 1971 *apud* LANGDON; GRIFFITHS, 1982). Embora as correlações entre os níveis de ruído e as respostas agrupadas são elevadas, as derivadas de respostas individuais têm sido invariavelmente baixas (LANGDON; GRIFFITHS, 1982), devido principalmente às circunstâncias em que os sons são ouvidos (LANGDON; GRIFFITHS, 1982).

Porém Job (1996) salienta que consideráveis diferenças individuais existem com relação à reação ao ruído e que as baixas correlações entre nível de ruído e a reação dos usuários não reflete a falta de uma verdadeira relação subjacente entre as duas variáveis. A relação subjacente é evidenciada por claras linhas de regressão de inclinação positiva relativos a

ruído e reação. Pelo contrário, este efeito reflete a importância da consideração de outras variáveis na determinação da reação ao ruído.

O conceito de desconforto com relação aos sons ambientes, por exemplo, depende da circunstância, da atividade que está sendo desempenhada e do objeto de atenção e interesse das pessoas (PEREIRA, 2003), dentre outros fatores que serão mencionados no item 2.1.2.2, desta tese.

Por sua vez, segundo Onuu (2000), “um ambiente confortável é aquele em que há pouco ou nenhum incômodo e/ou pouca ou nenhuma distração, de forma que as tarefas de trabalho ou de lazer possam ser realizadas sem impedimentos, seja física ou mentalmente”. Assim sendo, o conforto acústico representa um importante componente do conforto físico geral (KANG; YANG, 2002 *apud* KANG; ZHANG, 2010).

2.1.2.1 Percepção sonora *versus* conforto acústico

Pesquisas recentes mostram que a redução do nível de ruído não necessariamente leva a um melhor conforto acústico em áreas urbanas (YANG; KANG, 2005; DE RUITER, 2004 *apud* KANG; ZHANG, 2010), ao mesmo tempo que uma simples diminuição do nível de ruído ou a eliminação de ruídos é insuficiente para explicar a melhoria do ambiente urbano (RAIMBAULT; DUBOIS, 2005). Yang e Kang (2005) apresentam os seguintes gráficos (FIGURAS 2 e 3) correlacionando a avaliação subjetiva dos níveis sonoros com a avaliação subjetiva do conforto acústico. As figuras mostram que a regressão da avaliação dos níveis sonoros é quase linear, enquanto a da avaliação do conforto acústico é curva. Quando o nível sonoro é inferior a um certo valor, 70dB(A), com o aumento do L_{Aeq} não há mudanças significativas na avaliação de conforto acústico, enquanto a avaliação dos níveis sonoros muda continuamente.

Figuras 2 e 3 – Relações entre o nível sonoro medido e a avaliação subjetiva dos níveis sonoros (eixo à esquerda), e a avaliação do conforto acústico (eixo à direita). (a) The Peace Gardens. (b) The Barkers Pool

Legenda: *Quadrado e linha grossa*, avaliação subjetiva dos níveis sonoros. 1, muito silencioso; 2, silencioso; 3, nem silencioso nem barulhento; 4, barulhento; 5, muito barulhento.

Triângulo e linha fina, avaliação do conforto acústico. 1, muito confortável; 2, confortável; 3, nem confortável e nem desconfortável; 4, desconfortável; 5, muito desconfortável.

Fonte: YANG, KANG, 2005.

Yang e Kang (2005) também apresentam uma comparação entre a porcentagem de pessoas em cada uma das categorias das avaliações de nível sonoro e conforto acústico (FIGURAS 4 e 5). Os autores ressaltam em seu estudo que nos espaços abertos públicos urbanos, a avaliação das pessoas com relação às mudanças nos níveis sonoros correspondem às mudanças nos níveis sonoros medidos, enquanto a avaliação do conforto acústico é muito mais complexa. As pessoas tendem a ser mais tolerantes com relação à avaliação do conforto acústico, talvez porque esse é determinado por muitos outros fatores além dos níveis sonoros (YANG; KANG, 2005).

Figuras 4 e 5 – Comparação entre a avaliação subjetiva dos níveis sonoros (triângulo) e a avaliação do conforto acústico (quadrado). (a) The Peace Gardens; (b) The Barkers Pool

Legenda: Avaliação subjetiva dos níveis sonoros. 1, muito silencioso; 2, silencioso; 3, nem silencioso nem barulhento; 4, barulhento; 5, muito barulhento.

Avaliação do conforto acústico. 1, muito confortável; 2, confortável; 3, nem confortável e nem desconfortável; 4, desconfortável; 5, muito desconfortável.

Fonte: YANG, KANG, 2005.

Zannin, Calixto, Diniz e Ferreira (2003) em seus estudos, identificaram que, apesar de estudos objetivos na cidade de Curitiba mostrarem uma redução nos níveis de poluição sonora urbana, análises subjetivas comprovaram um aumento na percepção dos níveis sonoros urbanos excessivos gerados, principalmente, pela vizinhança. Esta conclusão confirma a importância da análise de dados subjetivos conjuntamente à análise de dados objetivos nos estudos da poluição sonora urbana.

As dificuldades e incertezas que cercam a interpretação de estudos fisiológicos têm levado muitos pesquisadores a considerar a pesquisa social como uma abordagem mais realista e útil. Tais pesquisas tornam-se ainda mais necessárias pelo fato de que o incômodo não depende apenas do nível de exposição, mas também de outros fatores (LAMURE, 1975), mencionados no item 2.1.2.2, desta tese.

A tendência atual é a de que o ambiente sonoro deve ser estudado em um contexto mais amplo, considerando outras condições que interferem na percepção das pessoas em relação ao ambiente em que estão inseridas, tais como parâmetros sensíveis como a percepção e representação individuais e coletivas desse ambiente e de outros fatores nele presentes, e não somente os estímulos mensuráveis (PEREIRA, 2003).

Dessa forma, uma vez que envolvem a percepção humana, estudos sobre paisagens sonoras não devem ser restritos a determinantes acústicos, ou baseados exclusivamente em dados acusticamente mensuráveis, uma vez que o nível de desconforto ou conforto de uma população não está necessariamente ligado apenas a níveis de som, mas inclui outros fatores (acústicos e não acústicos) no meio ambiente e no próprio receptor (ZANNIN *et al.*, 2003; SZEREMETA; ZANNIN, 2009).

Na avaliação do ruído urbano, a avaliação subjetiva é importante e deve ser realizada em conjunto com a avaliação objetiva. Portanto, é relevante associar e correlacionar medições acústicas com outros parâmetros de avaliação, como por exemplo, entrevistas conduzidas com a população. A opinião da população em conjunto com a análise dos parâmetros quantitativos é efetiva e pode ser muito importante para o entendimento e a identificação das qualidades que conferem conforto ambiental para fornecer subsídios para projetos urbanos (ZANNIN *et al.*, 2003; SZEREMETA; ZANNIN, 2009).

2.1.2.2 Fatores que influenciam no ambiente sonoro urbano, em sua percepção ou na reação de incômodo a ele relacionada

O incômodo causado pelo ruído pode ser explicado por fatores acústicos, relacionados com as características do som e por fatores não acústicos, como por exemplo, fatores pessoais (fisiológicos e psicológicos), culturais e sociais que influenciam a percepção e a atitude dos indivíduos em relação ao ruído (GUSKI, 1999; OUIS, 2001 *apud* PAUNOVIC; JAKOVLJEVIC; BELOJEVIC, 2009; BJÖRKMAN, 1991).

A seguir serão apresentados alguns fatores acústicos e não acústicos, categorizados por esta autora, os quais podem contribuir para determinar a variação na percepção humana ou que podem contribuir para desencadear incômodo e/ou outros efeitos adversos do ruído. Alguns dos estudos citados foram realizados em laboratório, outros, em campo.

2.1.2.2.1 Fatores acústicos

- a) níveis sonoros, conforme Bangjun *et al.* (2003), Jakovljevic *et al.* (2009) e Paunovic *et al.* (2009). Franken e Jones (1996) ressaltam em seus estudos que não só acreditam que as reações aversivas ao ruído são relativamente independentes de baixos níveis de pressão sonora, e mais positivamente relacionados a altos níveis sonoros, mas também especulam que as variações nas reações são muito amplas em níveis sonoros mais baixos e tendem a diminuir drasticamente à medida que os níveis de pressão sonora aumentam.
- b) Frequência, conforme Paunovic *et al.* (2009) e Bangjun *et al.* (2003). Job (1996) afirma que ruídos de baixa frequência produzem mais reações, sendo mais incômodos do que os de média e altas frequências (JAKOVLJEVIC *et al.*, 2009; PERSSON, BJÖRKMAN, 1988). Persson e Björkman (1988) salientam ainda que a unidade dB(A) não reflete o real potencial de incômodo dos ruídos de baixa frequência. Já Ishiyama e Hashimoto (2000) afirmam que, sob os mesmos níveis de exposição sonora (L_{Aeq}), a reação de incômodo aumenta com o aumento dos componentes de alta frequência.
- c) Espectro sonoro, conforme Paunovic *et al.* (2009). Com relação ao estudo do espectro sonoro, Eldred (1975) afirma que a curva de ponderação A não descreve perfeitamente a percepção humana das características sonoras relacionadas às frequências e que muitas outras escalas tem sido desenvolvidas na tentativa de melhor quantificar o *loudness* e/ou *noisiness*. Uma delas é a *tone-corrected perceived*

noise level, que melhor representa a resposta do ouvido humano às diferentes frequências e também diferencia entre ruídos aleatórios de banda larga e aqueles que contêm tons puros de altas frequências, penalizando os últimos. Essas novas escalas, portanto, requerem instrumentos de medição específicos e análises de dados complexas para a definição do som, o que as torna pouco aplicáveis às análises de ruído ambiental em comunidades. Nessas análises, possivelmente, os níveis sonoros ponderados em A atendem adequadamente, considerando tanto o espectro quanto o nível sonoro total.

- d) Tipo de fonte sonora, conforme Paunovic *et al.* (2009); Bangjun *et al.* (2003). Yang e Kang (2005) ressaltam que as análises de elementos sonoros individuais mostram que a avaliação do conforto acústico é muito afetado pelo tipo de fonte de som, e que a introdução de um som agradável pode melhorar consideravelmente o conforto acústico, mesmo quando seu nível de som é bastante elevado. Em seus estudos, Szeremeta e Zannin (2009) reportam que o ruído de trânsito foi o segundo dos tipos de sons mais frequentemente identificados e foi considerado incômodo pela maioria. No entanto, em termos de nível sonoro, este tipo de som não teve o mesmo impacto na percepção das pessoas, as quais consideraram o nível sonoro ambiente normal e não cansativo. Os estudos de Arana e Garcia (1998) mostraram que o número de reclamantes com relação ao ruído foi menor em um distrito cuja principal fonte de ruído era o trânsito, considerado como inevitável e anônimo. Por outro lado, as reclamações foram maiores em outro distrito onde as principais fontes de ruído (restaurantes, pubs etc) são facilmente identificáveis pelos moradores. As motocicletas foram apontadas, por pessoas de todas as faixas etárias, como o tipo de veículo que mais incomoda. Pesquisas indicam que os sons de origem mecânica, como tráfego urbano, aeronaves e máquinas em geral, são vistos pela população como desagradáveis (AXELSSON; NILSSON; BERGLUND, 2010 *apud* HOLTZ, 2012) e, portanto, são potenciais causadores de estresse (HOTLZ, 2012).
- e) Visibilidade da fonte sonora. Bangjun, Lili e Guoqing (2003) demonstraram, em seus estudos que, considerando o mesmo o mesmo ambiente acústico, o incômodo causado pelo ruído é maior quando a fonte sonora pode ser visualizada.
- f) Nível máximo, conforme Jakovljevic *et al.* (2009). Björkman (1991) salienta ainda que, o nível máximo de ruído influencia o grau de incômodo, independentemente do número de eventos e que, um aumento no nível sonoro do evento com o mais elevado nível de pressão sonora conduzirá a um aumento do grau de incômodo.

- g) Número de eventos, conforme Paunovic *et al.* (2009); Jakovljevic *et al.* (2009) e Bangjun *et al.* (2003). Björkman (1991) conclui em seus estudos que um aumento no número de eventos sonoros acima de um nível limiar determinado conduz a um aumento do grau de incômodo até um determinado ponto depois do qual um aumento no número de eventos não tem mais efeito sobre a reação de incômodo das pessoas. Esse autor ressalta ainda que para o ruído de trânsito, o número de veículos pesados é um bom descritor do número de eventos sonoros. Esses resultados reafirmam que os índices baseados no princípio de igual energia não descrevem de maneira satisfatória a relação entre o ruído e o grau de incômodo de uma população a ele exposta.
- h) Duração do evento, conforme Eldred (1975).
- i) Ruído de fundo, conforme Phan *et al.* (2010). O nível do ruído de fundo tem sido apontado como um importante índice para avaliação da paisagem sonora em espaços abertos públicos, uma vez que um baixo ruído de fundo faz as pessoas se sentirem mais tranquilas, mesmo com sons de pico mais altos (KANG; YANG; ZHANG, 2004; YANG; KANG, 2005).
- j) Amplitude (diferença evento e fundo). Griffiths e Langdon (1968 *apud* FRANKEN; JONES, 1969) encontrou boa correlação entre uma medida de satisfação e uma medida física que é quase inteiramente independente do nível absoluto de ruído de tráfego e fortemente dependente da diferença entre o nível de ruído de eventos sonoros discretos de trânsito e o ruído de fundo de trânsito. Já Phan *et al.*, (2010) analisaram o efeito do ruído de fundo e da variabilidade dos níveis sonoros (L_5 - L_{95}) no incômodo e viram que o ruído de fundo teve um efeito significativo no incômodo em ambas as cidades, porém, a variabilidade dos níveis sonoros (L_5 - L_{95}) não teve efeito significativo.
- k) Tipo de ruído e coexistência de sons contínuos e não contínuos. Alguns autores defendem que ruídos impulsivos causam mais reação do que os ruídos não impulsivos de mesmo nível de energia (BULLEN *et al.*, 1991 *apud* JOB, 1996; JOB 1988 *apud* JOB, 1996). Na análise subjetiva realizada em Curitiba, por Zannin *et al.*, 2003, a percepção da população era de que o ruído urbano havia crescido, mas, outro estudo objetivo (medições de níveis sonoros) mostrou que houve um decréscimo nos níveis de pressão sonora do ruído urbano. A coexistência de sons contínuos e não-contínuos

foi uma possível explicação para o fato de que, apesar de as pessoas perceberem o som como pouco intenso, a maioria se sentiu incomodada por ele.

- l) Mudanças instantâneas. Björkman (1991) conclui em seus estudos que seus resultados também estão de acordo com os princípios da percepção humana: o conceito básico para o funcionamento do sistema sensorial do corpo é de que eles registram mudanças instantâneas nos estímulos ambientais mais que o nível médio ou a soma de uma exposição contínua.
- m) Tempo de exposição sonora, conforme Bangjun *et al.* (2003). Períodos curtos de exposição a altos níveis sonoros parecem ser mais incômodos do que relativamente longos períodos a baixos níveis sonoros (GJESTLAND; OFTEDAL, 1980).

2.1.2.2.2 Fatores não acústicos

O incômodo causado pelo ruído é também determinado por fatores pessoais, fisiológicos e psicológicos, que determinam a variação na percepção humana dos sons (BJÖRKMAN, 1991). Da mesma forma fatores sociais afetam a percepção e a atitude dos ouvintes com relação às fontes sonoras (PAUNOVIC *et al.*, 2009), assim como os fatores culturais. Em seus estudos, Paunovic *et al.*, (2009) mostraram que as características relacionadas ao ruído representam preditores menos significantes de incômodo ao ruído do que características pessoais e sociais, dentre outras.

Os seguintes fatores são citados em estudos anteriores como fatores que podem influenciar na percepção dos sons: as preferências pessoais, a história da exposição sonora, o significado emocional atribuído ao som, a personalidade do ouvinte e sua susceptibilidade aos sons e outras variáveis demográficas como idade, escolaridade, sexo, profissão, estado civil e status residencial e socioeconômico. A exposição ao ruído no ambiente de trabalho, segundo Jakovljevic *et al.* (2009) constitui-se um importante preditor de incômodo ao ruído. Outros fatores, como a razão para estar no local e a frequência de frequência do local, também podem ter certa influência na avaliação do ruído.

Além desses fatores são também citados em estudos realizados: o grau de controle que o reclamante tem sobre o som, a habilidade de a pessoa ignorar o som, a percepção do reclamante da atitude do possuidor da fonte sonora, o julgamento de que o som é uma ameaça a sua saúde ou segurança, a consideração do som como desnecessário ou

desnecessariamente alto e a crença de que o som pode trazer efeitos negativos sobre o valor da propriedade.

Também as atividades desempenhadas que são prejudicadas pelos ruídos excessivos como a comunicação, a concentração, o sono, o lazer ou o descanso, devem ser consideradas na avaliação do ruído (JAKOVLJEVIC *et al.*, 2009), uma vez que a noção de incômodo sonoro depende fundamentalmente das circunstâncias, do objeto de atenção e interesse de determinada pessoa ou grupo, ou da atividade praticada (SZEREMETA *et al.*, 2009). Assim, a consideração dos fatores não acústicos que influenciam o sentimento de incômodo ao ruído são de grande importância nas pesquisas. O ruído incomoda uma vez que mascara outros sons, dificulta atividades intelectuais, atrapalha atenção e concentração e leva a reações fisiológicas adversas dentre outros (JAKOVLJEVIC *et al.*, 2009)

Da mesma maneira, o conteúdo do som, com ou sem significado, é também muito importante no processo de avaliação do conforto acústico (KANG; YANG; ZHANG, 2004). Segundo Schafer (1976 *apud* KANG; YANG; ZHANG, 2004), os sons urbanos podem ser classificados como *keynotes* (tom fundamental, em torno do qual a música é modulada), *signals/foreground sounds* (sinais, destinados a chamar a atenção), e *soundmarks* (marcos sonoros, sons característicos de uma comunidade). Assim, *keynotes*, *signals* e *soundmarks* possuem diferentes significados para as pessoas e isso também deve ser considerado na avaliação do conforto acústico.

2.1.2.2.2.1 Sensibilidade aos sons

Sensibilidade ao ruído pode ser definida como um traço de personalidade que faz com que certos indivíduos reportem mais incômodo que outros quando expostos a um dado nível sonoro (GRIFFITHS; LANGDON, 1968 *apud* FYHRI; KLAEBOE, 2009). A sensibilidade ao ruído é um forte preditor de incômodo e também atua como moderador dos efeitos da exposição sonora no sentimento de incômodo (STANSFELD, 1992 *apud* FYHRI; KLAEBOE, 2009).

Moreira e Bryan (1972) apresentam uma proposta de perfil de personalidade de indivíduos sensíveis ao ruído, sugerindo que indivíduos com sensibilidade ao ruído são indivíduos que mostram grande interesse pelos demais e simpatia para com esses, têm grande consciência do meio no qual estão inseridos e são inteligentes e criativos.

Jakovljevic *et al.* (2009) concluíram em seu estudo que a sensibilidade subjetiva ao ruído e fatores relacionados ao estresse foram significantes para a extensão do incômodo. De forma

semelhante, os autores Paunovic *et al.* (2009) concluíram que a sensibilidade subjetiva ao ruído é o traço pessoal mais relevante a ser tratado nos futuros estudos sobre incômodos em áreas ruidosas. Os traços da personalidade dos entrevistados também constituem importantes variáveis na análise do ruído, sendo fortemente relacionados à sensibilidade ao incômodo – ainda mais que os fatores pessoais, segundo Moreira e Bryan (1972). Por estas razões, perguntas sobre as características pessoais relacionadas à sensibilidade individual aos sons/ruídos e à personalidade dos entrevistados também devem ser consideradas nos questionários das pesquisas sociais.

2.1.2.2.2.2 Preferência sonora

Segundo Yang e Kang (2003 *apud* KANG; YANG; ZHANG, 2004), também a preferência sonora parece relacionar-se com muitos outros fatores além do nível de pressão sonora, como por exemplo, o tipo de ruído (se natural ou artificial), características culturais e de exposição ao ruído ambiente, idade, sexo, dentre outros fatores.

Há três níveis distintos de preferência com relação aos sons (YANG; KANG, 2003 *apud* KANG; YANG; ZHANG, 2004):

- Preferência essencial (*essential preference*): Geralmente as pessoas têm uma opinião comum preferindo os sons naturais e os relacionados a cultura do que os sons artificiais. Sons relacionados ao trânsito e às construções são considerados os menos populares, enquanto sons provenientes das atividades humanas são considerados neutros.
- Macro-preferência (*macro-preference*): pessoas que compartilham a mesma cultura e as mesmas experiências ambientais de longa data apresentam uma tendência similar em suas preferências com relação aos sons.
- Micro-preferência (*micro-preference*): diferenças pessoais, como idade e sexo, influenciam da mesma forma a preferência sonora dos indivíduos.

Yu e Kang (2010) realizaram um estudo cujos resultados sugeriram que a idade e o nível educacional são fatores que influenciam fortemente a preferência sonora: com o aumento da idade e do nível educacional, as pessoas tendem a preferir sons naturais e se sentem incomodadas com sons mecânicos. O sexo, ocupação e local da residência não influenciam significativamente na preferência sonora. Já os fatores físicos (estações, períodos do dia),

fatores comportamentais (frequência de uso do local, razões para sua utilização) e fatores psicológicos (preferências com relação ao local), assim como a influência do ambiente sonoro na residência, têm influência insignificante na preferência sonora.

2.1.2.2.3 A importância do contexto no qual ocorrem os sons

Raimbault e Dubois (2005) atentam para o fato de que a qualidade do som parece não poder ser determinada somente por medições objetivas simples, tais como as do habitual nível equivalente de pressão sonora. A percepção humana de ruído, em contraste com um instrumento físico, tal como um medidor de nível sonoro, não é absoluta e se baseia principalmente no significado dos sons, que é em relação à fonte emissora do ruído e as pessoas que estão expostas a ele. Assim, a avaliação de um ambiente sonoro depende do conteúdo de informação do som e do contexto no qual é percebido (SOUTHWORTH, 1969 *apud* RAIMBAULT; DUBOIS, 2005).

Em locais diferentes e em diferentes contextos, o resultado da preferência individual em relação ao ambiente acústico pode variar muito, podendo ser, inclusive, multidimensional (BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011). Por exemplo, a paisagem sonora de um lugar pode ser preferida em função de que é pacífico, ou tranquilo, ou promove o bem-estar. Igualmente, em um lugar ou contexto diferente, uma paisagem sonora pode ser preferida porque é animada, ou alterado, ou cria uma sensação de excitação. Ou a preferência pode ser para uma paisagem sonora que proporcione clareza, informação e transmite segurança. Ainda em outro lugar ou contexto, a preferência por uma paisagem sonora pode estar relacionada com suas características únicas culturais ou naturais (um lugar com *soundmarks* (SCHAFER, 1977 *apud* BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011) (BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011).

Vários autores têm traçado analogia entre a paisagem sonora como a equivalente auditiva da paisagem (visual) (MAHER, 2004 *apud* BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011; RAIMBAULT; DUBOIS, 2005 *apud* BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011; DUBOIS; GUASTAVINO; RAIMBAULT, 2006 *apud* BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011; GE; HOKAO, 2003 *apud* BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011). A paisagem por sua vez pode ser, como pode a paisagem sonora, tanto uma construção perceptiva quanto um fenômeno físico (BENSON; ROE, 2000 *apud* BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011; APPLETON, 1996 *apud* BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011). É também reconhecido que os componentes acústicos e os visuais (dentre outros) interagem na percepção humana desses componentes (CARLES; BARRIO; LUCIO, 1999 *apud* BROWN; KANG; GJESTLAND, 2011).

Assim, Kang, Yang, Zhang (2004) ressaltam ainda que a interação entre o conforto acústico e outros fatores como o conforto visual e o térmico também precisam ser considerados na avaliação dos ambientes. Os efeitos visuais, por exemplo, segundo esses autores, reduzem a impressão negativa da qualidade do som resultando em uma percepção quantitativa deste equivalente a uma redução de menos 10dB(A) no nível de pressão sonora.

Outros fatores do contexto temporal e espacial que podem modificar a paisagem sonora e, conseqüentemente, influenciar na percepção do ruído são: a estação do ano, a hora do dia, a paisagem visual do local (fatores visuais e estéticos do local), as condições ambientais, a disponibilidade percebida de área verde na cidade, o tamanho da cidade e as características da vizinhança.

Björk (1994) avaliou fontes de ruído em meio urbano nas diferentes estações, em Kuopio - Finlândia, e encontrou diferenças tanto nos níveis de ruído quanto nos eventos sonoros de pico nas diferentes estações. Segundo o autor, no inverno, há menos eventos sonoros de pico causados pelo trânsito, pois a mobilidade das pessoas nesta estação é menor e os hábitos de direção são mais conservadores, devido às pistas escorregadias. Nesta época do ano, a absorção do ruído pela neve também é significativa. Com relação aos dias da semana, em geral, pouca diferença foi encontrada entre os padrões de níveis sonoros medidos de segunda a sexta (BJÖRK, 1994).

Já Sommerhoff *et al.*, (2004) concluíram que o nível de ruído não muda significativamente durante as estações (inverno) ou durante os dias da semana (fim de semana), em Valdivia (Chile).

2.1.2.2.2.4 Diferentes níveis de tolerância aos sons

Uma questão importante que deve ser levada em consideração nas avaliações das diferentes paisagens sonoras são os diferentes níveis de tolerância com relação aos sons e ruídos, devido a fatores pessoais e culturais.

No Brasil, os resultados dos estudos de Pereira (2003) também demonstram claramente o alto nível de tolerância dos entrevistados com relação aos níveis de ruído ambiente. Mesmo 33,3% dos entrevistados considerando o volume sonoro ambiente ($L_{Aeq,10h}=69,6dB(A)$, níveis máximos de ruído (em L_{Aeq}) variando entre 74 e 89dB(A)) um pouco ou muito alto, apenas 14,2% se declaram bastante ou muito incomodados por esse volume. Os 66,7% de atribuições normal, baixo ou não percebido, para o volume sonoro, assim como os 62,8% de

declarações de não incômodo para esse volume demonstram igualmente esse nível de tolerância. Também o baixo índice de evocação espontânea do ambiente sonoro nas respostas às três primeiras questões do questionário (1. O que você acha desta praça? Que palavras que lhe vêm à mente para descrevê-la? 2. Na sua opinião, quais são os aspectos agradáveis deste lugar? 3. E quais os aspectos que você considera desagradáveis?) assim como a maior distribuição de frequência nas categorias de sons agradáveis (5. Quais sons você considera agradáveis?) do que na de sons desagradáveis (6. E quais são os desagradáveis?) reforçam a noção de tolerância por parte dos entrevistados. As menções a nenhum som agradável (26,6%) chegam a ser ligeiramente inferiores a nenhum som desagradável (29,4%). E entre estas, 11 entrevistados (45,2%) declaram que o ruído de tráfego é normal para o tipo de local.

Da mesma forma, os resultados dos estudos de Yang e Kang (2005), já mencionados anteriormente, sugerem que a avaliação subjetiva dos níveis sonoros geralmente se relaciona bem com o L_{Aeq} médio, especialmente quando o nível sonoro é inferior a um determinado valor, o qual é de 73dB(A), com base nesse estudo. No entanto, diferenças consideráveis foram encontradas entre a avaliação subjetiva do nível sonoro e a avaliação do conforto acústico: as pessoas tendem a mostrar mais tolerância em termos de avaliação do conforto acústico.

As respostas aos mesmos níveis sonoros também diferem entre as diferentes populações, com diferentes contextos culturais. Phan *et al.* (2010) levanta a hipótese de que a curva de Miedema (WG_HSEA, 2002 *apud* PHAN *et al.*, 2010) não se aplica à população do Vietnã. Em seus estudos constataram que uma das cidades analisadas era mais tolerante ao ruído que a outra quando expostas ao mesmo nível de som, diferença esta que poderia ser devida ao ruído de fundo (maior na cidade mais tolerante). Comparado com a resposta ao incômodo das pessoas européias, pessoas do Vietnã são menos incomodadas pelo ruído de tráfego que os Europeus aproximadamente 5dB (PHAN *et al.*, 2010)

Também nos estudos de Jonsson *et al.* (1969 *apud* LAMURE, 1975) as diferenças culturais desempenharam um importante papel, sendo os italianos menos incomodados do que os suecos, embora sujeitos a níveis mais elevados de ruído. Da mesma forma, segundo Saadu *et al.* (1996), em geral, o ruído interfere com o mesmo tipo de atividades humanas na Nigéria como na Europa ou nos EUA, mas comparativamente mais baixos percentuais de pessoas são perturbados na Nigéria.

Os estudos de Yano *et al.*, (1998 *apud* PHAN *et al.*, 2010), conduzidos no Japão, demonstraram que, embora a curva dose-resposta japonesa para ruído do tráfego rodoviário era algo consistente com a curva de Miedema, a curva para o ruído ferroviário diferiu desta, sendo a japonesa mais elevada. Em outro estudo que comparava a resposta da comunidade ao ruído do tráfego rodoviário entre o Japão e a Suécia (YANO *et al.*, 2002 *apud* PHAN *et al.*, 2010). SATO *et al.* (2000 *apud* PHAN *et al.*, 2010) encontrou diferença na resposta ao ruído entre japoneses e suecos e descobriu que a principal diferença na resposta da comunidade ao ruído do tráfego rodoviário entre o Japão e a Suécia foi devida à diferença de estilos de vida dos dois países.

Em uma pesquisa psicoacústica transcultural, sobre os efeitos da buzina no incômodo realizada no Vietnã e no Japão, uma diferença sistemática foi encontrada entre a resposta dos indivíduos vietnamitas e japoneses. Os japoneses ficavam muito mais incomodados pelo ruído do tráfego rodoviário do que os indivíduos vietnamitas. Os autores especulam que a principal diferença foi causada por diferenças culturais em termos de condições sociais e adaptações ao ruído do tráfego rodoviário em cada país. Esta descoberta enfatiza a necessidade de desenvolver as curvas de dose-resposta em separado para cada região com base em suas condições reais e estados (PHAN *et al.*, 2009 *apud* PHAN *et al.*, 2010).

2.1.2.2.2.5 Adaptação aos níveis sonoros

Bryan e Tempest (1973) atentam para o fato de que parece haver pelo menos 2 tipos de pessoas: aquelas que aprendem a conviver com o ruído e gradualmente se adaptam a ele e aquelas que se tornam progressivamente mais incomodadas pelo ruído ou são sensíveis ao ruído (*noise-insensitive person and noise-sensitive person*).

Conforme Jonsson e Sörensen (1973), a adaptação ao ruído, ou habituação, pode ser avaliada através do estudo de uma população, após o início da exposição a um agente e em uma ou mais ocasiões posteriores. Se nenhuma redução da intensidade e da incidência das reações ocorrer, isso indica que não ocorreu a habituação. Se, por outro lado, uma redução das reações for encontrada, isto pode ser devido a uma real habituação que ocorreu ou porque o nível de aceitabilidade dos indivíduos mudou.

Jonsson e Sörensen (1973) conduziram uma pesquisa exploratória (com limitações citadas pelos autores e que, portanto, não pode ser generalizada) em que estudaram a reação da população a mudanças no nível sonoro devido à abertura de uma rodovia nas redondezas de uma área residencial, na Suécia. Medições de ruído foram feitas 6 meses após a abertura da rodovia e então, um ano após, e os níveis sonoros provenientes do trânsito de veículos era

praticamente o mesmo, então a exposição foi considerada a mesma nas duas situações. As mesmas pessoas foram entrevistadas em ambas as situações. O resultado mostrou que não houve redução na incidência de desconfortos entre as duas situações avaliadas: nem adaptação ao ruído e nem uma mudança no nível de aceitabilidade individual. O problema da adaptação ao ruído não foi totalmente esclarecido, porém, a tendência dos resultados indica que parece não existir redução na experiência de desconforto.

Raw e Griffiths (1990) expõem em seu artigo sobre a resposta subjetiva às mudanças na exposição ao ruído de tráfego que, quando ocorre uma diminuição (ou aumento) da exposição ao ruído, a insatisfação dos moradores com esta diminuição (ou aumento) é maior do que a prevista para condições estáveis. Estes efeitos são ainda persistentes ao longo do tempo, não havendo evidência de adaptação durante os próximos 17-22 meses e evidência de apenas adaptação limitada após 7-9 anos (WEINSTEIN, 1982 *apud* RAW, GRIFFITHS, 1990; GRIFFITHS; RAW, 1989 *apud* RAW; GRIFFITHS, 1990). Estudos de adaptação durante períodos muito mais longos seriam difíceis de serem realizados, porque muito poucos residentes originais estariam presentes (RAW, GRIFFITHS, 1990).

Porém, em seu estudo, Onuu (2000) aponta a existência de uma forte evidência de adaptação subjetiva ao ruído do tráfego rodoviário por alguns dos residentes nas cidades barulhentas no Sudeste da Nigéria (ONU, 2000). Também Kang, Yang e Zhang (2004) afirmam que o conforto acústico não é necessariamente correlacionado aos níveis sonoros subjetivos tendo em vista a adaptação psicológica que ocorre quando da percepção do ambiente sonoro (YANG; KANG, 2003 *apud* KANG; YANG; ZHANG, 2004), conforme gráficos apresentados no item 2.1.2.1, desta tese. Assim, pessoas que vivem em ambientes com altos níveis de pressão sonora tendem a se adaptarem melhor aos espaços urbanos mais ruidosos (KANG; YANG; ZHANG, 2004).

Em seus estudos, Martin *et al.* (2011) apresentam curvas que representam o incômodo da população e a porcentagem de pessoas muito incomodadas com relação ao ruído em função do L_{den} (nível de pressão sonora equivalente períodos diurno, vespertino e noturno) (FIGURAS 6 e 7). Ambas as curvas têm tendência positiva embora oscilem. A tendência positiva é esperada neste tipo de estudo embora o padrão de oscilação não tenha sido relatada anteriormente. O fato de, em alguns momentos, o incômodo diminuir com o aumento do L_{den} pode ser explicado, segundo os autores, pela ocorrência de fatores não acústicos ou mesmo pela eventual adaptação ao ambiente sonoro. Assim, um aumento sutil no L_{den} não produziria um aumento imediato no incômodo (MARTIN *et al.*, 2011).

Figura 6 – Incômodo em função do L_{den} Fonte: MARTIN *et al.*, 2011.Figura 7 – Porcentagem de pessoas muito incomodadas com o ruído em função do L_{den} Fonte: MARTIN *et al.*, 2011.

Com relação ao tipo de ruído, Lamure (1975), a partir de uma série de estudos de laboratório, concluiu que a habituação a ruídos breves e intermitente é mais difícil de alcançar quando o intervalo de tempo entre os picos varia de 1-3 min, intervalo que corresponde aos dos sinais luminosos de trânsito ou passagem de veículos pesados. O autor salienta, porém, que tais resultados devem ser verificadas por meio de estudos de campo.

Por fim, Ouis (2001) atenta para o fato de que, embora as pessoas pareçam ajustar-se ao ruído, ignorando-o, o ouvido, está, na verdade, sempre em operação, transmitindo sinais para o nosso sistema nervoso, que estimula as reações dos nossos corpos (OUIS, 2001).

2.2 Conforto térmico urbano

2.2.1 Balanço termofisiológico do corpo humano

A manutenção da temperatura interna do organismo humano relativamente constante, por volta dos 37°, característica denominada homeotermia, depende de um balanço entre a termogênese e a termólise.

A termogênese, comumente regular e contínua, é um fenômeno essencialmente químico, em que as transformações metabólicas resultam em produção de calor (MONTEIRO, 2008). A produção total de calor metabólico pode ser dividida em metabolismo basal, ou seja, a produção de calor devido aos processos vegetativos e automáticos que são contínuos, e o metabolismo muscular, ou seja, a produção de calor pelos músculos devido à realização de trabalho controlado de maneira consciente (KOENIGSBERGER *et al.*, 1977).

A termólise, diferentemente da termogênese, é um fenômeno essencialmente físico (MONTEIRO, 2008), em que o organismo perde de calor para o ambiente. Essa perda de calor pode ocorrer sob duas formas distintas: o calor sensível e o calor latente. O calor sensível é perdido para o ambiente por meio das trocas secas – condução, convecção e radiação, e é função das diferenças de temperatura entre o corpo e o ambiente. Já o calor latente é perdido para o ambiente através das trocas úmidas – evapotranspiração, envolvendo mudança de estado de agregação da água (FROTA; SHIFFER, 1995).

A sensação térmica está intrinsecamente relacionada às trocas de calor entre o corpo e o ambiente, sendo que nas ocasiões em que essas trocas acontecem sem maior esforço, o indivíduo sente conforto térmico³. Porém, quando as condições microclimáticas causam sensação de frio ou de calor, é porque o corpo está perdendo mais calor ou menos calor, respectivamente, que o necessário para a manutenção da homeotermia.

No organismo humano, o aparelho termorregulador comanda as trocas de calor por meio de alguns mecanismos de controle (FROTA; SHIFFER, 1995). Assim, quando o organismo se encontra em situações de desconforto ou de estresse, por calor ou por frio, são ativados, inconscientemente, os mecanismos de controle, com vistas a desencadear determinadas respostas fisiológicas que auxiliam na manutenção da homeotermia.

Como mecanismos termorreguladores, automáticos e inconscientes, desencadeados devido à sensação de frio e que, portanto, buscam reduzir as perdas de calor e aumentar a sua produção interna, podem ser citados: a vasoconstrição periférica, o arrepio e o aumento do metabolismo, devido ao aumento da atividade muscular (calafrios) e da estimulação da fome (FROTA; SHIFFER, 1995, LAMBERTS *et al.*, 1997, MONTEIRO, 2008). Conscientemente, o homem utiliza mecanismos instintivos, como adotar uma postura de encolhimento, para diminuir a área de exposição da pele às condições climáticas adversas, ou culturais, como esfregar as mãos, ingerir alimentos ou bebidas quentes e realizar atividades físicas mais intensas, com vistas a aumentar a produção interna de calor. Para melhor se adaptar ao meio, o ser humano também faz uso de suas habilidades, como a confecção e a utilização de vestimentas adequadas e a construção de ambientes termicamente mais confortáveis. (LAMBERTS *et al.*, 1997).

Como mecanismos termorreguladores desencadeados devido à sensação de calor e que, portanto, buscam aumentar as perdas de calor e diminuir a sua produção interna, podem ser

³ Conceito de conforto térmico segundo a definição do termo baseada na abordagem do equilíbrio térmico do corpo humano. Outras abordagens são discutidas no item 2.2.3.1 Conceito de conforto térmico, desta tese.

citados: a vasodilatação periférica, a exsudação/sudorese, a estimulação da sede (FROTA; SHIFFER, 1995), a menor atividade metabólica, o menor tônus muscular e a inibição da fome (MONTEIRO, 2008). Conscientemente, tende-se a realização de menor atividade física, adoção de posturas mais expansivas e uso de menos agasalhos (MONTEIRO, 2008). Podem ser elencados também os mecanismos instintivos, como nadar ou buscar locais sombreados e ventilados, e culturais, como abanar, ou ainda a utilização das habilidades como o uso de ventiladores (LAMBERTS *et al.*, 1997).

Portanto, no balanço termofisiológico do corpo humano, o calor produzido continuamente deve ser dissipado e regulado para evitar mudanças na temperatura corpórea. As trocas de calor com o meio ocorrem por meio da pele, principal órgão termorregulador do organismo humano (FROTA; SHIFFER, 1995), e do trato respiratório, por meio dos mecanismos termolíticos já mencionados anteriormente. O calor que não for dissipado será acumulado no corpo, conforme Figura 8.

Figura 8 – Componentes do balanço energético humano. Fonte: JENDRITZKY *et al.*, (1990) *apud* BECKER *et al.*, (2003)

Legenda: C: fluxo de calor convectivo e condutivo; Ed: fluxo de energia latente por difusão de vapor; Esw: fluxo de energia latente por evaporação do suor (perspiração); Eres: fluxo de energia por respiração; Atm: radiação atmosférica de onda longa; Dir: radiação solar direta; Dif: radiação difusa; Ref: radiação refletida de onda curta; R: radiação de onda longa dos humanos; E: radiação de onda longa do entorno; H: calor interno produzido por metabolismo; Icl: fator de isolamento pela vestimenta.

A equação do balanço de energia (EQUAÇÃO 1), uma aplicação da primeira lei da termodinâmica, descreve as trocas de calor realizadas entre o corpo humano e o ambiente

térmico (JENDRITZKY; HAVENITH, [entre 2000 e 2010]⁴). Nesta equação, todos os parâmetros meteorológicos relevantes, as características comportamentais (atividade física e vestimenta) e as medidas corporais são consideradas (HÖPPE, 1993). O balanço termofisiológico do corpo humano pode ser representado, segundo Höppe (1999):

$$M+W+R+C+ED+E_{Re}+E_{Sw}+S=0 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

- M Taxa metabólica (produção interna de energia por meio da oxidação de alimentos), em Watt.
- W Atividade física, em Watt.
- R “Saldo” devido às trocas por radiação, em Watt.
- C Fluxo de calor convectivo, em Watt.
- ED Fluxo de calor latente para evaporação da água em vapor de água difuso através da pele (transpiração imperceptível), em Watt.
- E_{Re} Soma dos fluxos de calor para aquecimento e umidificação do ar inspirado, em Watt.
- E_{Sw} Fluxo de calor devido à evaporação do suor, em Watt.
- S Fluxo de calor a ser armazenado para aquecimento ou resfriamento da massa corporal, em Watt.

Höppe (1999) salienta que os termos individuais da equação têm sinal positivo se eles resultam em ganho de energia para o corpo e sinal negativo nos casos de perda de energia. M é sempre positivo, W, E_D e E_{Sw} são sempre negativos. Os fluxos de calor individuais dessa equação são afetados diretamente pelos seguintes parâmetros meteorológicos:

- Temperatura do ar: C, E_{Re}
- Umidade do ar: E_D, E_{Re}, E_{Sw}
- Velocidade do ar: C, E_{Sw}
- Temperatura radiante média: R

Segundo Höppe (1999), o corpo humano não possui sensores seletivos para a percepção dos parâmetros climáticos individualmente, mas pode registrar, por meio dos termoreceptores, as temperaturas da pele, e suas alterações, e o fluxo de sangue que passa pelo hipotálamo, proporcionando uma resposta termorregulatória. Essas temperaturas, entretanto, são

⁴ Fonte: Disponível em: www.utci.org/cost/publications/ICB05%20The%20Thermal%20Environment.doc>. Acesso em: 14 fev. 2009.

influenciadas pelo efeito integrado de todos os parâmetros climáticos, que estão inter-relacionados, afetando-se mutuamente. Em situações climáticas com ventos fracos, por exemplo, a temperatura radiante média tem aproximadamente a mesma importância para o equilíbrio térmico do corpo humano que a temperatura do ar. Em dias com maiores velocidades do ar, a temperatura do ar é muito mais importante que a temperatura radiante média, porque nesta situação atuam as trocas de calor por convecção. Essas complexas interações somente são quantificáveis de uma maneira realística, por meio da utilização dos modelos de balanço térmico (HÖPPE, 1999), como será visto no item a seguir.

2.2.2 Modelagens termofisiológicas e índices de conforto térmico

Inicialmente, além da utilização somente da temperatura do ar para descrever as complexas condições de trocas de calor entre o corpo humano e seu ambiente, muitos índices, a maioria deles de dois parâmetros, foram desenvolvidos. Para os climas quentes, estes índices consistiam normalmente na combinação das variáveis temperatura e umidade do ar. Para os climas frios, a combinação consistia, normalmente na consideração da temperatura e da velocidade do ar (JENDRITZKY; HAVENITH, [entre 2000 e 2010]⁵).

Porém, os índices empíricos, utilizados inicialmente como indicadores do ambiente térmico, não consideram todos os parâmetros meteorológicos relevantes, a atividade, a vestimenta e os parâmetros pessoais como a altura, o peso, a idade e o sexo dos indivíduos. Da mesma forma, não quantificam termofisiologicamente os parâmetros importantes do corpo humano. Assim, valores iguais de um índice empírico, não indicam necessariamente, estados térmicos iguais do corpo humano. Tais deficiências podem ser superadas pelo cálculo do balanço térmico do corpo humano, que permite uma avaliação, genericamente aplicável, do ambiente térmico (HÖPPE, 1993).

Um dos primeiros a publicar um modelo de cálculo do balanço térmico do corpo humano foi Büttner, em 1932 (*apud* HÖPPE, 1993). Esse primeiro modelo de balanço térmico, entretanto, permaneceu carente de um conhecimento termofisiológico abrangente (HÖPPE, 1993).

A modelagem do balanço térmico do corpo humano não é um problema meramente físico e, portanto, não pode ser feita somente por meio da consideração dos processos físicos de transferência de calor (HÖPPE, 1993). Os processos fisiológicos regulatórios, conforme visto no item 2.2.1, podem afetar a importância relativa dos parâmetros meteorológicos,

⁵ Fonte: Disponível em: <www.utci.org/cost/publications/ICB05%20The%20Thermal%20Environment.doc>. Acesso em: 14 fev. 2009.

como, por exemplo, a velocidade do ar torna-se mais importante quando o corpo está transpirando (HÖPPE, 1999). Dessa forma, como os mecanismos termofisiológicos interferem ativamente, e podem, então, alterar as condições de troca de calor, eles também devem ser considerados nos modelos de balanço térmico do corpo humano (STOLWIJK, 1980, *apud* HÖPPE, 1993).

No final dos anos sessenta, iniciou-se a era da modelagem do balanço térmico na biometeorologia humana⁶ com o trabalho de Fanger, em 1972 (*apud* HÖPPE, 1993). Este trabalho foi seguido por um grande número de publicações de outros autores abordando modelos de balanço de calor do corpo humano (HÖPPE, 1993). A seguir será apresentado o Modelo de Balanço Energético de Munique para Indivíduos - Munich Energy-balance Model for Individuals (MEMI), base para o cálculo do índice Temperatura Equivalente Fisiológica (PET).

2.2.2.1 O modelo MEMI

Um dos primeiros e ainda muito utilizado modelo de balanço térmico é a equação de conforto definida por Fanger (FANGER, 1972, *apud* HÖPPE, 1999). Este modelo foi desenvolvido para o cálculo dos índices Voto Médio Predito - Predicted Mean Vote (PMV) e Porcentagem Predita de Insatisfeitos – Predicted Percentage Dissatisfied (PPD), os quais foram idealizados principalmente para ajudar engenheiros que atuam com sistemas de condicionamento de ambientes a criar ambientes internos termicamente confortáveis (HÖPPE, 1999). Posteriormente, as muito mais complexas condições de radiação típicas dos ambientes externos foram consideradas e os parâmetros apropriados foram determinados por Jendritzky *et al.*, na abordagem conhecida como Modelo Climático de Michel – Klima Michel Model (JENDRITZKY, 1979, 1990, *apud* HÖPPE, 1999).

Porém, mais universalmente aplicáveis que esses modelos, são aqueles que possibilitam ao pesquisador prever valores reais de variáveis térmicas do corpo, como por exemplo, a temperatura da pele, a temperatura do interior do corpo, a taxa de suor ou a umidade da pele. Com esta finalidade é necessário considerar todos os processos termorregulatórios básicos, como a constrição e a dilatação dos vasos sanguíneos periféricos e a taxa de suor fisiológico (HÖPPE, 1993, *apud* HÖPPE, 1999). Isto é possível com a utilização do modelo de balanço termofisiológico denominado Modelo de Balanço Energético de Munique para Indivíduos - Munich Energy-balance Model for Individuals (MEMI) (HÖPPE, 1984, 1994, *apud* HÖPPE,

⁶ A biometeorologia humana urbana lida com os efeitos do tempo, do clima e da poluição atmosférica no organismo humano (MAYER, 1993 *apud* MAYER; MATZARAKIS, 1998).

1999), que é a base para o cálculo da temperatura fisiológica equivalente (do inglês: Physiological Equivalent Temperature) – PET (HÖPPE, 1999).

O MEMI é um modelo de estado estacionário (MAYER; HÖPPE, 1987) que considera os mecanismos humanos de termorregulação como a dilatação e a contração dos vasos sanguíneos periféricos, a sudorese e a produção de calor pelo tremor muscular. Ele também considera distintamente as camadas do centro do corpo, da pele e da vestimenta, de maneira que o fluxo de calor das partes cobertas e descobertas pela vestimenta são calculadas separadamente (ALI TOUDERT, 2005). O modelo de balanço térmico MEMI é baseado na equação de balanço de energia do corpo humano já apresentada anteriormente no item 2.2.1, e em alguns parâmetros do modelo de dois nós de Gagge⁷ (GAGGE *et al.*, 1971, *apud* HÖPPE, 1999).

Porém, segundo Höppe (1999), com vistas a resolver a equação de balanço, três variáveis desconhecidas devem primeiro ser determinadas, são elas, a temperatura média da superfície da roupa (T_{cl}), a temperatura média da pele (T_{sk}) e a temperatura do centro do corpo (T_c). Para a quantificação destas variáveis desconhecidas, duas outras equações são necessárias em complemento à Equação 1 já apresentada no item 2.2.1. Essas são as equações que descrevem, respectivamente, o fluxo de calor do centro do corpo para a superfície da pele (F_{cs}), (EQUAÇÃO 2), e o fluxo de calor da superfície da pele através da camada de roupa para a superfície externa desta camada (F_{sc}), (EQUAÇÃO 3), e que são introduzidas nos estudos de Höppe (1999), devendo ser utilizadas em conjunto com a equação de balanço de energia do corpo humano.

$$F_{cs} = V_b \times \rho_b \times c_b \times (T_c - T_{sk}) \quad (\text{Eq. 2})$$

Onde:

V_b – fluxo sanguíneo do centro do corpo para a pele (em $1\text{s}^{-1}\text{m}^{-2}$, dependendo do nível da temperatura da pele e do centro do corpo)

ρ_b – densidade do sangue (Kg/l)

c_b – calor específico do sangue ($\text{WsK}^{-1}\text{kg}^{-1}$)

$$F_{sc} = (1/l_{cl}) \times (T_c - T_{sk}) \quad (\text{Eq. 3})$$

⁷ O modelo de dois nós considera separadamente o calor acumulado na pele e o calor acumulado na parte central do corpo (core), diferentemente da modelagem corporal de apenas um nó, que considera o cálculo do calor acumulado no corpo como um todo. (GAGGE *et.al.*, 1967 *apud* MONTEIRO, 2008).

Onde:

I_{cl} – resistência térmica da vestimenta (em $Km^2 W^{-1}$)

T_c – temperatura do centro do corpo ($^{\circ}C$)

T_{sk} – temperatura média da pele ($^{\circ}C$)

Por meio da solução deste sistema de três equações e de algumas considerações termofisiológicas é possível calcular, para qualquer combinação de parâmetros climáticos, atividade física e tipo de vestimenta, o estado térmico resultante do corpo, caracterizado pelo fluxo de calor, temperaturas corporais e taxa de suor. O modelo MEMI, portanto, apresenta a base para uma avaliação termofisiologicamente relevante do componente térmico do clima (HÖPPE, 1999).

2.2.2.2 O índice temperatura fisiológica equivalente - PET

O índice PET, baseado no MEMI, foi introduzido por Höppe e Mayer, em 1987 (MAYER; HÖPPE, 1987, apud HÖPPE, 1999). Höppe (1999) define o índice PET como a temperatura equivalente fisiológica em qualquer lugar considerado, ambientes externos ou internos, que é equivalente à temperatura do ar na qual, em um típico cenário de ambiente interno, o balanço térmico do corpo humano (metabolismo de 80W devido a atividade física leve adicionado ao metabolismo basal, resistência térmica da roupa 0,9clo) é mantido com as temperaturas do centro do corpo e da pele iguais àsquelas existentes sob as condições que estão sendo avaliadas.

As seguintes suposições são feitas para o ambiente interno de referência:

- Temperatura radiante média igual à temperatura do ar ($T_{mrt} = T_a$)
- Velocidade do ar igual a 0,1 m/s
- Pressão de vapor igual a 12hPa (aproximadamente equivalente a uma umidade relativa de 50% a uma temperatura do ar de 20 $^{\circ}C$)

O procedimento para cálculo do PET, segundo Höppe (1999) consiste na realização das seguintes etapas:

- Cálculo das condições térmicas do corpo com o MEMI para uma dada combinação de parâmetros meteorológicos;

- Inserção dos valores calculados para temperatura da pele e para temperatura do centro do corpo no modelo MEMI e resolução do sistema de equações para encontrar a respectiva temperatura do ar (T_a), com $v=0,1\text{m/s}$, $VP=12\text{hPa}$ e $T_{mrt}=T_a$;
- A temperatura do ar resultante corresponde à temperatura equivalente fisiológica (PET), em °C.

Para o cálculo do PET é necessário determinar todos os parâmetros meteorológicos importantes para o balanço energético do corpo humano a uma altura biometeorologicamente significativa para os humanos, por exemplo, 1,1 m acima do solo (altura média do centro de gravidade de uma pessoa de pé na Europa). Os principais parâmetros meteorológicos que influenciam o balanço energético humano incluem a temperatura do ar, a pressão de vapor, a velocidade do ar e a temperatura radiante média do ambiente (MATZARAKIS *et al.*, 1999).

Originalmente o PET não apresenta faixas de referência para a sua interpretação, uma vez que a proposta deste índice é que a avaliação seja feita em relação ao ambiente de referência (PRATA *et al.*, 2008). Em 1996, Matzarakis e Mayer (*apud* MATZARAKIS; MAYER; IZIOMON, 1999) relacionaram intervalos do PMV, para percepção térmica, e o grau de estresse fisiológico para os seres humanos (FANGER, 1972; MAYER, 1993 *apud* MATZARAKIS *et al.*, 1999) aos intervalos de PET correspondentes (TABELA 1) que somente são válidos para os valores adotados de produção interna de calor e resistência térmica da vestimenta (MATZARAKIS *et al.*, 1999).

Tabela 1 – Intervalos do índice térmico PET para diferentes graus de percepção térmica dos seres humanos, considerando produção interna de calor de 80W e resistência térmica da vestimenta 0,9clo (de acordo com JENDRITZKY *et al.*, 1990, *apud* MATZARAKIS; MAYER; 1997)

PMV	PET (°C)	Percepção térmica	Grau de estresse fisiológico
Abaixo de -3.5	Abaixo de 4	Muito frio	Extremo estresse de frio
-3.5 a -2.5	4 - 8	Frio	Forte estresse de frio
-2.5 a -1.5	8 - 13	Pouco frio	Moderado estresse de frio
-1.5 a -0.5	13 - 18	Ligeiramente frio	Leve estresse de frio
-0.5 a 0.5	18 - 23	Confortável	Não há estresse térmico
0.5 a 1.5	23 - 29	Ligeiramente calor	Leve estresse de calor
1.5 a 2.5	29 - 35	Pouco calor	Moderado estresse de calor
2.5 a 3.5	35 - 41	Calor	Forte estresse de calor
Acima de 3.5	Acima de 41	Muito calor	Extremo estresse de calor

Fonte: Adaptada pela autora a partir da tabela 1, apresentada na referência MATZARAKIS; MAYER; IZIOMON, 1999.

Porém, Matzarakis *et al.* (1999) apresentam uma dúvida com relação à validade desses intervalos de PMV ou PET para utilização universal, ressaltando a hipótese de que esses intervalos possam ser distintos de acordo com as diferentes percepções do ambiente térmico ou devido às

alterações fisiológicas que ocorrem nos processos de aclimação. Daí a necessidade de pesquisas para calibração deste índice às condições climáticas peculiares de cada região.

Objetivando calibrar o índice PET para as cidades de Kassel e Freiburg, na Alemanha, Lutz Katzschner, Antje Katzschner e outros pesquisadores da equipe realizaram levantamentos de campo em espaços urbanos, durante os anos de 2009 e 2010, para medição de variáveis microclimáticas e para coleta de respostas subjetivas de sensação térmica por meio da aplicação de questionários. O resultado da calibração do PET para estas cidades pode ser visualizado na Tabela 2:

Tabela 2 – Calibração proposta para o índice PET para as cidades de Kassel e Freiburg (Alemanha)

Sensação térmica	PET (°C)
Muito frio	Abaixo de 8
Frio	8 - 12
Pouco frio	13 – 17
Confortável	18 – 28
Pouco calor	29 - 34
Calor	35 – 38
Muito calor	Acima de 38

Fonte: HIRASHIMA *et al.*, 2015 (aguardando aceite).

LIN (2009) conduziu um estudo em Taiwan, região de clima quente e úmido, realizado por meio de levantamentos em campo em área urbana, o qual resultou na determinação da faixa de conforto térmico de 21,3 - 28,5°C PET. A determinação desta faixa baseou-se na definição da norma ASHRAE 55 a qual especifica que as condições térmicas aceitáveis devem ser consideradas aceitáveis para, no mínimo, 90% dos ocupantes de um espaço, quando um alto padrão é aplicado (80% de aceitação, em aplicações típicas); isto é, 10% dos ocupantes considerarem as condições térmicas inaceitáveis. De Dear e Fountain (1994 *apud* LIN, 2009) sugeriram que um voto fora das três categorias centrais da escala de sensação térmica é um voto que considera as condições térmicas inaceitáveis. Em comparação com a faixa térmica aceitável para a região oeste e central da Europa, ou seja, 18-23°C PET, a faixa térmica aceitável em Taiwan é muito maior, o que indica que as pessoas em diferentes regiões têm diferentes exigências térmicas.

No Brasil, há estudos sobre a calibração do PET realizados para São Paulo (MONTEIRO, 2008), Belo Horizonte (HIRASHIMA; ASSIS; FERREIRA, 2011) e Salvador.

A Tabela 3 a seguir apresenta uma calibração proposta por Monteiro (2008) para o PET, visando à verificação da possibilidade de seu uso para análise da adequação térmica de

espaços abertos na cidade de São Paulo, SP. Esta calibração foi realizada por meio de método iterativo, através da variação dos limites de cada faixa interpretativa visando a maximizar a correlação entre os valores fornecidos por essas e os valores das respostas subjetivas de sensação térmica.

Tabela 3 – Calibração proposta para o índice PET para a cidade de São Paulo (SP)

Sensação térmica	PET (°C)
Muito frio	Abaixo de 4
Frio	4 - 12
Pouco frio	12 - 18
Confortável	18 - 26
Pouco calor	26 - 31
Calor	31 - 43
Muito calor	Acima de 43

Fonte: MONTEIRO, 2008.

A Tabela 4 apresenta o resultado da calibração do índice PET para espaços abertos urbanos do município de Belo Horizonte, MG (HIRASHIMA, 2010; HIRASHIMA; ASSIS; FERREIRA, 2011), obtido por meio da utilização de regressão logística ordinal, conforme detalhado no estudo de Hirashima (2010).

Tabela 4 – Calibração proposta para o índice PET para a cidade de Belo Horizonte (MG)

Sensação térmica	PET (°C)
Muito frio	-
Frio	Abaixo de 12
Pouco frio	12 – 15,5
Confortável	15,5 – 30,5
Pouco calor	30,5 - 31
Calor	31 – 35,5
Muito calor	Acima de 35,5

Fonte: HIRASHIMA, 2010; HIRAHIMA, ASSIS, FERREIRA, 2011.

A Tabela 5 apresenta o resultado da calibração do índice PET para espaços abertos urbanos do município de Salvador, BA (SOUZA, 2010), obtido também por meio da utilização de regressão logística ordinal.

Tabela 5 – Calibração proposta para o índice PET para a cidade de Salvador (BA)

Sensação térmica	PET (°C)
Muito frio	-
Frio	-
Pouco frio	Abaixo de 22
Confortável	22 - 31
Pouco calor	28 - 31
Calor	28 - 31
Muito calor	Acima de 31

Fonte: SOUZA, 2010.

Estes foram os três estudos pioneiros no Brasil que abordaram a calibração do índice PET. No presente estudo optou-se pela utilização do índice PET uma vez que este tem sido amplamente adotado pelos pesquisadores nas avaliações referentes ao conforto térmico em ambientes externos, sendo, inclusive indicado na norma alemã VDI 3787 (2008)⁸ para a caracterização do estresse térmico em áreas urbanas.

Para o urbanismo, o PET mostra-se um índice muito conveniente à avaliação e ao monitoramento do componente térmico de diferentes microclimas urbanos, em diferentes domínios climáticos. Sua unidade (°C) torna-o facilmente inteligível como um indicador de estresse térmico proporcionando resultados mais compreensíveis para os planejadores urbanos e regionais (MATZARAKIS *et al.*, 1999). Os resultados do PET podem ser apresentados graficamente, mostrando principalmente o comportamento temporal do PET, ou como mapas bioclimáticos, mostrando a distribuição espacial de seus valores, o que é muito útil e conveniente para as demandas do planejamento urbano (MATZARAKIS *et al.*, 1999).

2.2.2.3 Temperatura neutra e temperatura preferida

De acordo com a definição do termo “conforto térmico” segundo a abordagem baseada no equilíbrio térmico do corpo humano, mencionada no item 2.2.1 e melhor elucidada no item 2.2.3.1 a seguir, o conforto térmico é alcançado quando há uma “neutralidade térmica”, ou, em outras palavras, a manutenção do equilíbrio energético do corpo.

Neste contexto, a temperatura neutra é definida como a temperatura na qual as pessoas se sentem confortáveis (nem com frio e nem com calor), em neutralidade térmica (LIN, 2009).

⁸ Verein Deutscher Ingenieure – VDI 3787: Environmental meteorology methods for the human biometeorological evaluation of climate and air quality for urban and regional planning at regional level – Part I: Climate.

O conforto térmico também pode ser definido como a situação na qual os indivíduos preferem as condições térmicas exatamente como estão, nem mais quentes e nem mais frias (FANGER, 1973 *apud* LIN, 2009). Esta é a temperatura preferida (LIN, 2009), definida como a temperatura que os indivíduos preferem.

Enquanto a temperatura neutra é a temperatura na qual as pessoas se sentem confortáveis, a temperatura preferida é a temperatura que os indivíduos desejam (LIN, 2009).

LIN (2009) em seus estudos conduzidos em Taiwan, determinou as temperaturas neutra e preferida para as estações de inverno e verão, com base em levantamentos de campo (medições e aplicação de questionários) realizados em área urbana. Seus resultados mostram que as temperaturas neutras calculadas foram 23,7°C para o inverno e 25,6°C para o verão. As temperaturas preferidas para o inverno e para o verão foram 23°C e 24,5°C, respectivamente, as quais são mais baixas que as temperaturas neutras em 0,7°C e 1,1°C. Dessa maneira, durante o verão, as pessoas sentem-se confortáveis a 25,6°C, mas gostariam que a temperatura diminuísse para 24,5°C. A diferença entre o que as pessoas sentem e o que elas preferem, em termos de conforto térmico, é 1,1°C. Esse resultado comparativo demonstra o impacto da expectativa no conforto térmico dos respondentes, indicando que a expectativa por uma temperatura mais baixa no verão é mais forte que no inverno. Esses resultados também provam que as pessoas anseiam por condições mais frescas (frias) em climas quentes, coerentemente com os achados de McIntyre (1980 *apud* LIN, 2009).

2.2.3 Conforto térmico e fatores intervenientes

2.2.3.1 Conceito de conforto térmico

Segundo Höppe (2002), existem três abordagens distintas para a definição do termo “conforto térmico”: a psicológica, a termofisiológica e outra baseada no equilíbrio térmico do corpo humano.

A ASHRAE (2001a, *apud* ALI TOUDERT, 2005) destaca a dimensão subjetiva e psicológica do conforto térmico, descrevendo-o como um estado de espírito que exprime contentamento com as condições térmicas dos ambientes. Essa definição diz também que o conforto é a ausência de desconforto térmico, e uma condição na qual 80% das pessoas não expressam insatisfação (ASHRAE 1992, *apud* STEANE; STEEMERS, 2004). Porém, a definição psicológica, “uma condição da mente que expressa satisfação com o ambiente térmico”

(ASHRAE, 1997, *apud* HÖPPE, 2002), reflete uma grande variação interindividual, devido ao seu caráter subjetivo, constituindo-se uma abordagem com a qual é muito difícil de se lidar. No entanto, os aspectos psicológicos são fatores importantes a serem considerados especialmente em ambientes externos (HÖPPE, 2002).

Já a definição termofisiológica de conforto se baseia no estímulo dos receptores térmicos na pele e no hipotálamo. Nesta abordagem, define-se conforto como a taxa mínima de sinais nervosos provenientes desses receptores (MAYER, 1993, *apud* HÖPPE, 2002).

Por fim, segundo a definição energética, a qual relaciona conforto aos ganhos e perdas de energia, o estado de conforto térmico é atingido quando os fluxos de calor do corpo humano para o ambiente e do ambiente para o corpo humano estão equilibrados, estando a temperatura da pele e a taxa de transpiração dentro de uma determinada faixa de conforto, que depende somente do metabolismo (FANGER, 1972, *apud* HÖPPE, 2002). Dentro dessa abordagem, também o Instituto Internacional de Normalização International Standards Office (ISO, 1994, *apud* STEANE; STEEMERS, 2004) define conforto em termos puramente técnicos, e sugere que o conforto é alcançado quando há uma "neutralidade térmica", ou, em outras palavras, a manutenção do equilíbrio energético do corpo (STEANE; STEEMERS, 2004).

Sobre as definições de conforto térmico, Steane e Steemers (2004) consideram ainda que, embora ambas as instituições ASHRAE e ISO estabeleçam padrões relativamente estreitos para o conforto térmico, é importante notar a referência ao "estado de espírito" na definição da ASHRAE. Segundo esses autores, isto sugere que, apesar da estreita definição fisiológica, o conforto térmico é, pelo menos em parte, um fenômeno psicológico aberto à influência de outras variáveis que não só as térmicas. Os autores afirmam ainda que pesquisas recentes identificaram algumas das razões para as discrepâncias entre os estudos de conforto em laboratório, que formam a base de ambas as normas ASHRAE e ISO, e pesquisas baseadas em levantamentos de campo, que reconhecem a importância do comportamento, contexto e cultura. Neste âmbito, Steane e Steemers (2004) consideram surpreendente que tais normas sejam aplicadas em todos os climas e para todos os tipos de construção.

Frota e Shiffer (1995) ressaltam também que as condições ambientais capazes de proporcionar sensação de conforto térmico em habitantes de clima quente e úmido não são as mesmas que proporcionam sensação de conforto em habitantes de clima quente e seco e, muito menos, em habitantes de regiões de clima temperado ou frio (FROTA; SHIFFER, 1995).

Pessoas com diferentes culturas e adaptadas a diferentes climas podem reagir diferentemente às mesmas condições térmicas (KÁNTOR *et al.*, 2007).

Ainda segundo Steane e Steemers (2004), outra deficiência na definição técnica de conforto é a referência à "falta de desconforto", que pressupõe que a falta de estímulo é boa. Os autores afirmam que a ausência de desconforto é uma "utilidade e conveniência"⁹ que pode ser prescrita, mas que omite o "prazer e encanto"¹⁰ potenciais que podem estar presentes com algum grau de estímulo e de contraste.

Além disso, é preciso esclarecer também que um ambiente termicamente confortável não significa necessariamente um ambiente excelente em termos de condições de saúde. Schuh (1993 *apud* HÖPPE, 2002) mostrou que a exposição repetida a condições térmicas avaliadas como um pouco frias para o conforto, pode melhorar a aptidão do corpo e a capacidade de resistência. Assim, o resultado de uma avaliação do ambiente térmico pode ser diferente, se o conforto térmico ou se a saúde está em foco (HÖPPE, 2002).

2.2.3.2 Variáveis que influenciam na sensação de conforto térmico

Do ponto de vista físico, a percepção do componente térmico do clima, conforme mencionado no item 2.2.1, resulta do efeito integral de todos os parâmetros meteorológicos relevantes para a troca de calor entre o corpo e o ambiente em que o mesmo está inserido (HÖPPE, 1999). Portanto, o ambiente térmico e seu impacto sobre o corpo humano não podem ser descritos como função de uma única variável, como por exemplo a temperatura do ar, uma vez que o corpo humano não possui sensores individuais para cada variável e, consequentemente, sente o ambiente térmico como um todo (ALI TOUDERT, 2005). Dessa forma, as condições de conforto térmico são função de uma série de variáveis às quais devem ser consideradas na avaliação da sensação térmica dos indivíduos em determinado ambiente.

Independentemente do índice de conforto usado, a consideração da temperatura radiante média é uma questão decisiva na avaliação do conforto humano em ambientes externos e ensolarados (MAYER; HÖPPE, 1987 *apud* ALI TOUDERT, 2005; JENDRITZKY *et al.*, 1990 *apud* ALI TOUDERT, 2005; MAYER, 1993 *apud* ALI TOUDERT, 2005; SPAGNOLO; DEAR, 2003 *apud* ALI TOUDERT, 2005). Isso porque os fluxos de radiação são um dos

⁹ Os autores utilizam o termo do inglês "commodity".

¹⁰ Os autores utilizam o termo do inglês "delight". Ambos os termos citados referenciam os termos utilizados por Vitruvius no Sec.I AC, na tríade vitruviana: "commodity, firmness and delight".

componentes mais importantes no balanço energético humano, uma vez que a carga de calor recebida por um ser humano em pleno sol é provavelmente maior do que as taxas metabólicas de repouso (MATZARAKIS, *et al.*, 2007 *apud* KENNY *et.al.*, 2008; NIELSEN, 1990 *apud* KENNY *et.al.*, 2008). Com o índice PET ocorre o mesmo. Segundo Mayer e Matzarakis (1998 *apud* MATZARAKIS *et al.*, 1999), em dias de verão com ventos de baixa velocidade, o fator meteorológico que influencia mais significativamente o valor do PET é a temperatura radiante média.

Além dos parâmetros meteorológicos, ou variáveis microclimáticas, e também das variáveis individuais (taxa metabólica, resistência térmica da roupa, idade, sexo, forma do corpo etc), que constituem dados de entrada nas modelagens termofisiológicas, variáveis sociais, culturais e psicológicas devem ser consideradas nos estudos sobre o conforto térmico, pois também o influenciam.

Kenz e Thorsson (2006) realizaram um estudo com o objetivo de analisar a influência da cultura (Suecos versus Japoneses) e atitude ambiental (pessoas que gostam de ambientes urbanos versus pessoas que gostam de ambientes naturais) na avaliação térmica, emocional e perceptiva de uma praça pelos participantes, dentro do intervalo do índice PET considerado como confortável, ou seja, de 18 - 23°C. A hipótese era a de que pessoas que vivem em culturas diferentes, com diferentes atitudes ambientais, avaliariam psicologicamente uma praça diferentemente, apesar das condições térmicas semelhantes. Coerente com essa previsão, participantes japoneses avaliaram o clima como mais quente, e se sentiram menos termicamente confortáveis no local, embora os participantes de ambos os países tenham percebido condições similares de conforto térmico no ambiente externo de acordo com o índice de PET. Tudo isso indica que a avaliação térmica, emocional e perceptiva de um lugar físico pode ser influenciada por processos psicológicos baseados em processos socioculturais, ao invés de ser representada por índices térmicos gerais desenvolvidos de acordo com modelos fisiológicos de balanço de calor. Isto implica que os índices de conforto térmico não podem ser aplicáveis a diferentes zonas culturais e a diferentes climas sem adaptações, e que não são apropriados se não consideram os processos psicológicos envolvidos na avaliação ambiental (KENZ; THORSSON, 2006).

Além dos aspectos socioculturais, os aspectos psicológicos de conforto térmico também desempenham um papel importante, tanto em ambientes internos como nos externos. Rohles (1980 *apud* HÖPPE, 2002) relata em seu artigo chamado: "*Temperature or temperament: a psychologist looks at thermal comfort*" (Temperatura ou temperamento: um psicólogo observa o conforto térmico) que, em seus estudos, apenas o fato de se adicionar painéis, tapetes e

mobiliário confortável, sem qualquer alteração de energia térmica no interior de uma câmara, fez com que seus ocupantes sentissem mais calor, quando em comparação com os testes sem as adições. Apenas o fato de dizer aos ocupantes da câmara que a temperatura no interior desta era mais elevada do que realmente era, já os fez sentir mais calor. Com relação às estações do ano, no inverno as pessoas tendem a preferir temperaturas altas às baixas, enquanto no verão ocorre exatamente o oposto (HÖPPE, 2002).

Em ambientes externos, a história térmica e também a expectativa psicológica podem influenciar ainda mais a avaliação subjetiva. Em um dos estudos de Kotz (1984 *apud* HÖPPE, 2002), cerca de 250 transeuntes foram entrevistados em um dia quente de verão. Se avaliadas as condições térmicas pelo índice PMV (FANGER, 1972 *apud* HÖPPE, 2002), os valores encontrados seriam superiores a +3 (muito quente). Paradoxalmente, a maioria dos entrevistados afirmou que se sentiam muito confortáveis. Duas razões foram apontadas para a percepção de um ambiente muito quente como confortável: a primeira foi que, nos dias anteriores às entrevistas, o tempo estava atipicamente muito frio, para a estação em que se encontravam, e no momento da entrevista eles estavam contentes que o sol havia aparecido novamente; e a segunda foi que, eles estavam de folga, descansando, e queriam tomar um pouco de sol (HÖPPE, 2002).

Em outro estudo, desenvolvido em uma praia italiana (HÖPPE; SEIDL, 1991 *apud* HÖPPE, 2002) também foram observados muitos veranistas que se expunham voluntariamente a condições objetivamente muito adversas, com valores do PET superiores a 40°C. O fato de as praias serem lugares muito especiais em termos de expectativas térmicas foi documentado em um estudo de De Freitas (1997 *apud* HÖPPE, 2002) realizado em na praia Queensland, na Austrália. Os autores também encontraram diferenças consideráveis entre a sensação térmica avaliada por modelos de balanço de calor e as preferências térmicas dos veranistas entrevistados, sendo que as preferências térmicas tendiam para a zona quente. Segundo o autor, isto significa que as pessoas que permanecem na praia, têm uma preferência térmica variando no intervalo de “um pouco quente” e “quente” (HÖPPE, 2002).

Com relação ao uso dos espaços externos, Nikolopoulou *et al.* (2001 *apud* ALI TOUDERT, 2005) realizaram uma pesquisa em Cambridge, no Reino Unido, em diferentes estações. Os autores constataram que o ambiente térmico é de primordial importância para influenciar o uso dos espaços abertos pelas pessoas, e que a resposta subjetiva ao microclima é subconsciente, levando a padrões sazonais de frequência dos espaços externos. Neste contexto, os autores alegaram que uma abordagem puramente fisiológica é insuficiente para caracterizar as condições de conforto nos ambientes externos, uma vez que a adaptação

psicológica também é considerada de grande importância. As escolhas disponíveis, a estimulação ambiental, a história térmica da pessoa, o efeito de memória das condições climáticas recentes e as expectativas foram todos considerados fatores decisivos, conforme será explicado nos itens a seguir.

2.2.3.3 Conforto adaptativo

O termo adaptação pode ser definido como

a diminuição gradual da resposta do organismo à exposição repetida a um estímulo, envolvendo todas as ações que os tornam mais adequados para sobreviver em tal ambiente. No contexto de conforto térmico isso pode envolver todos os processos que as pessoas realizam para melhorar o ajuste entre o ambiente e as suas necessidades (NIKOLOPOULOU *et al.*, 1999 *apud* NIKOLOPOULOU, 2004).

As pesquisas sobre “oportunidade adaptativa” explicam o porquê os níveis fisiológicos são tão diferentes da resposta real, ou seja, o porquê de a maioria das pessoas dizerem que estão confortáveis quando tecnicamente seria esperado que elas estivessem com frio ou com calor (STEEMERS *et al.*, 2004).

A oportunidade adaptativa pode ser dividida em três diferentes categorias: a adaptação física, fisiológica e psicológica, segundo Nikolopoulou *et al.* (1999 *apud* NIKOLOPOULOU, 2004).

As adaptações físicas envolvem todas as mudanças que uma pessoa faz, a fim de se ajustar ao ambiente, ou alterar o ambiente para suas necessidades. Podem-se identificar dois tipos diferentes de adaptação: a reativa e a interativa (NIKOLOPOULOU, 2004).

Na adaptação reativa, as únicas mudanças que ocorrem são pessoais, como alterar a vestimenta, a postura, ou mesmo a posição (NIKOLOPOULOU, 2004). Outras formas de adaptação reativa que podem ser citadas são o consumo de bebida fria ou quente e a escolha entre permanecer no sol ou na sombra.

Na adaptação interativa, no entanto, as pessoas fazem mudanças no ambiente a fim de melhorar suas condições de conforto. Como exemplos de adaptações interativas podem ser citadas ações como: abrir uma janela, girar um termostato, abrir um guarda-sol etc (NIKOLOPOULOU, 2004). Ao contrário da situação em ambientes fechados, a adaptação interativa nos ambientes externos não é freqüente. Isso ocorre porque, primeiramente, não há muitos elementos que permitem essa interação com o ambiente. Em segundo lugar, mesmo em lugares onde recursos são disponibilizados, a interação do público não é observada

devido ao fato de que as pessoas não sentem que têm a autoridade para impor mudanças na área, sobretudo porque tal ação afetaria os demais usuários, e as pessoas não desejam impor suas vontades aos outros (HEERWAGEN; DIAMOND, 1992, *apud* NIKOLOPOULOU, 2004).

As adaptações fisiológicas, segundo Heerwagen e Diamond (1992 *apud* NIKOLOPOULOU, 2004),

implicam alterações nas respostas fisiológicas decorrentes da exposição repetida a um estímulo, levando a uma diminuição progressiva do estresse causado por essa exposição. No contexto do ambiente térmico isso é chamado de aclimação fisiológica, um mecanismo crucial em ambientes de climas extremos, mas não de importância central na utilização dos espaços externos (NIKOLOPOULOU, 2004).

As adaptações psicológicas podem ser categorizadas conforme os itens a seguir:

- Naturalidade: em ambientes livres de artificialismos as pessoas parecem tolerar grandes mudanças do ambiente físico, desde que haja uma ligação direta e uma associação com as condições naturais (NIKOLOPOULOU, 2004);
- Expectativa: a maneira como se espera que o ambiente seja influencia sobremaneira as percepções das pessoas. Nos ambientes externos, freqüentemente as pessoas respondem que as condições climáticas "estão boas para esta época do ano" ou que, "para esta época do ano", elas prefeririam que estivesse mais quente, ou mais frio. Também quando as condições térmicas divergem do vivenciado pelas pessoas durante os dias anteriores, há diferenças nos votos das pessoas com relação à sensação térmica, uma vez que suas expectativas mudam (NIKOLOPOULOU, 2004);
- Experiências: as experiências afetam diretamente as expectativas das pessoas e podem ser diferenciadas em curto e longo prazos. As experiências de curto prazo estão relacionadas com a memória e parecem ser responsáveis pelas mudanças nas expectativas das pessoas de um dia para o outro. Já as experiências de longo prazo referem-se aos esquemas mentais pessoais que determinam as escolhas de ações sobre diferentes circunstâncias, como por exemplo, modificar a vestimenta, escolher um local ao sol ou à sombra ou consumir bebidas e/ou alimentos, para melhor se adaptar às condições climáticas (NIKOLOPOULOU, 2004);
- Tempo de exposição: a exposição ao desconforto não é vista negativamente se o indivíduo antecipa que essa exposição é de curta duração. Este é um fator crítico

para ambientes externos, os quais são utilizados principalmente para atividades de recreação e no qual as pessoas podem modificar seu tempo de permanência de acordo com suas necessidades (NIKOLOPOULOU, 2004);

- Percepção de controle: as pessoas que têm um alto grau de controle sobre seu ambiente toleram grandes variações nas condições climáticas e, conseqüentemente, reduzem as respostas emocionais negativas. Portanto, as pessoas que estão em determinado ambiente, por diversas razões, conscientes de que esta foi a sua própria escolha de se expor a determinadas condições e de que, quando quiserem, podem deixar o local, tornam-se mais tolerantes ao ambiente térmico. No entanto, as pessoas que estão no ambiente e que precisam esperar por alguém ou por transportes públicos, por exemplo, tornam-se menos tolerantes em relação às condições ambientais. Assim, a liberdade de escolha torna-se de primordial importância no espaço exterior e o controle percebido, nos locais e nas situações em que o controle real sobre o microclima é mínimo, tem o maior peso nas respostas sobre percepção e sensação térmica (NIKOLOPOULOU, 2004). Steemers, Ramos e Sinou (2004) salientam o fato de que, curiosamente, se as escolhas são exercidas, não é uma questão decisiva, e que o simples conhecimento da existência das opções de escolha cria um senso de controle e, portanto, uma maior tolerância. Neste contexto, os autores atentam para o fato de que, para que as escolhas sejam percebidas e potencialmente exercidas, deve haver uma suficiente diversidade de ambientes disponíveis (STEEMERS *et al.*, 2004), tema este que será tratado no item 2.3.6 deste trabalho;
- Estimulação do ambiente: Em algumas definições de conforto térmico, conforme visto anteriormente, as condições confortáveis são consideradas como aquelas em que os ocupantes não sentem nem calor nem frio, onde as condições ambientais são neutras. No entanto, acredita-se crescentemente que um ambiente com características variáveis, ao invés de fixas, é preferível, e que um ambiente com características estáticas se torna intolerável. Pesquisas revelam que a estimulação é realmente a principal razão para a maioria das pessoas para se assentarem ao ar livre, para visitar áreas externas, e é o que as pessoas descrevem como agradável sobre os locais analisados. Dessa forma, o estímulo ambiental é um recurso importante em espaços externos, onde o ambiente apresenta poucas restrições térmicas (NIKOLOPOULOU, 2004).

Nikolopoulou (2004) ressalta que a compreensão desses fatores é essencial para a adequada avaliação das condições de conforto e para a tomada de decisões em planejamento urbano. A autora esclarece ainda que as adaptações físicas e psicológicas são complementares e não contraditórias, e que a consideração dessa dualidade pode ajudar no projeto de diversas condições que incentivem e aumentem o uso dos espaços externos da cidade, fortalecendo a interação social entre os cidadãos. Essa abordagem, enfatiza a autora, pode ser útil a urbanistas, não para limitar as possíveis soluções, mas sim para enriquecer as considerações de projeto. Propiciar um ambiente termicamente agradável e confortável, segundo Steane e Steemers (2004), não é uma questão de proporcionar um ambiente térmico ótimo e constante, mas de oferecer oportunidades de adaptação através de projetos que criem diversidade térmica.

2.2.3.4 Tempo de exposição às condições climáticas

Há inúmeras diferenças com relação à maneira como utilizamos os ambientes internos e os externos, e aos motivos para os quais os utilizamos. Além das diferentes vestimentas utilizadas nestes ambientes e das diferentes atividades físicas praticadas, a principal divergência entre a exposição aos ambientes térmicos internos e externos relaciona-se ao tempo de permanência em cada um desses ambientes. O tempo de exposição às condições climáticas externas, muitas vezes, está na faixa de minutos, enquanto o tempo de exposição às condições climáticas de ambientes internos está no intervalo de algumas horas (HÖPPE, 1999).

O tempo de exposição às diferentes condições climáticas é um importante fator no balanço termofisiológico, conforme será visto a seguir, e se relaciona com a história térmica, que registra esses diferentes tempos de exposição às diferentes condições climáticas. A história da exposição às condições termohigrométricas pode afetar a sensibilidade térmica dos indivíduos, conforme demonstram os estudos de Nagara *et al.* (1996 *apud* ALI TOUDERT, 2005). Os resultados desses estudos revelaram que uma desconfortável sensação térmica de calor é registrada quando as pessoas se movem de espaços com ar condicionado para espaços externos ensolarados (ALI TOUDERT, 2005).

A influência da história térmica dos indivíduos em sua percepção de conforto chama a atenção para a questão da relevância dos modelos estacionários versus não estacionários na avaliação conforto térmico em ambientes externos. A história de exposição pode ser tratada estatisticamente por meio de modelos não estacionários (por exemplo, IMEM ou o modelo de dois nós de Gagge) (ALI TOUDERT, 2005), uma vez que esses modelos são capazes de avaliar

a evolução das sensações térmicas humana durante um período de tempo por considerar o calor armazenado no corpo (HÖPPE, 2002, *apud* ALI TOUDERT, 2005).

Höppe (2002) realizou diferentes análises para demonstrar as influências do tempo de exposição às condições climáticas e da história térmica no balanço termofisiológico do corpo humano, utilizando nos cálculos o modelo não estacionário de Munique – Munique Instationary Energy Balance-Model (IMEM) (HÖPPE, 1989 *apud* HÖPPE, 2002). Após os estudos, Höppe (2002) conclui que é preciso um longo tempo em condições de frio para se aproximar dos níveis do estado estacionário (estabilidade térmica). Nas condições simuladas para o ambiente frio (FIGURA 9), o estado térmico teórico de equilíbrio é alcançado após 43h de exposição a essas condições térmicas. Isto significa que, nas condições de vida real, o estado estacionário térmico nunca é atingido em ambientes de frio intenso, mesmo quando as pessoas passam várias horas ao ar livre. Os modelos de conforto de estado estacionário, portanto, não podem fornecer avaliações realistas nestas condições. As mudanças lentas do estado térmico do corpo quando exposto às condições climáticas de frio se deve a uma redução do fluxo do sangue periférico como consequência da vasoconstrição. Em clima quente, porém, o fluxo do sangue entre o centro do corpo e a pele é aumentado por vasodilatação, conforme já mencionado. A adaptação térmica do corpo quando exposto ao calor, portanto, é muito mais rápida quando comparada à adaptação térmica do corpo exposto ao frio. Os resultados dos cálculos para estresse por calor em estado estacionário (FIGURA 10) permitem concluir que os modelos de conforto térmico podem fornecer informações suficientes para as pessoas que permanecem em ambiente externo por mais de meia hora (HÖPPE, 2002).

Figura 9 – Cálculo dos cursos temporais da temperatura da pele (T_{sk}) e temperatura do centro do corpo (T_{core}), no modelo IMEM, após a entrada do indivíduo (vestimenta de inverno = 1.5clo, taxa metabólica = 100W) em um ambiente com condições climáticas frias ($T_a = T_{mrt} = 0^\circ\text{C}$, $VP = 5\text{hPa}$, $v = 1\text{m/s}$), proveniente de condições térmicas neutras. As linhas horizontais representam os níveis de estado estacionário

Fonte: HÖPPE, 2002.

Figura 10 – Cálculo dos cursos temporais da temperatura da pele (T_{sk}) e temperatura do centro do corpo (T_{core}), no modelo IMEM, após a entrada do indivíduo (vestimenta de verão = 0.5clo, taxa metabólica = 100W) em um ambiente com condições climáticas quentes ($T_a = 30^\circ\text{C}$, $T_{mrt} = 60^\circ\text{C}$, $VP = 15\text{hPa}$, $v = 0.5\text{m/s}$), proveniente de condições térmicas neutras. As linhas horizontais representam os níveis de estado estacionário

Fonte: HÖPPE, 2002.

Höppe (2002) conclui então que, geralmente, para a avaliação do conforto térmico em ambiente externo, nem sempre todas as três definições de conforto térmico descritas no item 2.2.3.1 podem ser usadas. A definição de Fanger (1972, apud HÖPPE, 2002), com base no balanço equilibrado de calor entre o corpo e o ambiente e na permanência dos valores de temperatura da pele e de taxa de suor dentro de certos intervalos de conforto térmico, pode ser usada apenas em condições estáveis. O mesmo, certamente, é válido para índices de conforto térmico, dentre eles o PET, baseados em modelos de estado de equilíbrio do balanço de energia do corpo humano. Sua utilização é limitada a situações em que as pessoas ficam ao ar livre por um longo tempo (HÖPPE, 2002). Por meio do IMEM, Höppe (2002) também mostrou que, supostamente, uma avaliação estacionária de conforto humano é uma boa aproximação para as condições de verão enquanto que uma abordagem não estacionária é mais adequada para as condições de inverno (ALI TOUDERT, 2005).

Neste estudo, considerando que no Brasil, e especificamente, em Belo Horizonte, não há condições climáticas de inverno tão rigorosas, trabalhou-se com a abordagem estacionária, tendo em vista que o PET baseia-se no modelo MEMI, conforme explicado no item 2.2.2.1. O estudo dessa referência foi, portanto, essencial para a definição do tempo mínimo de 30 minutos em ambiente aberto considerado neste estudo, para a aclimação local.

3 METODOLOGIA

O método geral utilizado para o desenvolvimento deste estudo foi o método indutivo experimental. A metodologia empregada divide-se em três etapas principais: etapa de planejamento, etapa de coleta de dados e etapa de tratamento e análise dos dados. Apresenta-se na Figura 11, uma representação esquemática da metodologia adotada.

Figura 11 – Metodologia adotada

Fonte: Elaborada pela autora.

3.1 Etapa de planejamento

Neste item serão apresentados os estudos que constituirão a etapa preparatória da pesquisa.

3.1.1 Amostragem

A população-alvo estudada no presente estudo constitui-se de adultos (20-59 anos), residentes no município há mais de um ano, que não apresentam problemas auditivos ou situações que interfiram na sensação térmica, como gripe, resfriado, gravidez, embriaguez, dentre outros.

O formulário foi descartado e, portanto, excluído da amostra nos casos em que a idade dos entrevistados não estava dentro da faixa etária do estudo, ou em que os entrevistados reportaram que não moram há mais de um ano no município. Também nos casos em que o entrevistador constatou problemas auditivos ou as situações anteriormente mencionadas, que interferem na sensação térmica. Evitou-se abordar, para a entrevista, pessoas que usavam fones de ouvido.

A definição da amostra considerou a população adulta, residente no município de Belo Horizonte, dividida por faixa etária e por sexo. A contagem da população em 2010 para o município de Belo Horizonte acusou um número total de 2.375.151 habitantes¹¹. Para o cálculo da amostra, foram consideradas as divisões, por faixa etária e sexo, da população do município, segundo o censo de 2010, conforme Tabela 6 a seguir.

Tabela 6 – Divisões da população, baseada no censo de 2010, na faixa etária de 20-59 anos, por sexo, para fins de amostragem

Faixa Etária	Total de habitantes	Mulheres	Homens
Pessoas residentes (de 20 a 59 anos de idade)	1.443.299	767.499	675.800
Pessoas residentes (de 20 a 29 anos de idade)	449.540	232.593	216.947
Pessoas residentes (de 30 a 39 anos de idade)	392.643	206.008	186.635
Pessoas residentes (de 40 a 49 anos de idade)	334.249	180.419	153.830
Pessoas residentes (de 50 a 59 anos de idade)	266.867	148.479	118.388

Fonte: Produzida pela autora, 2013, com base nos dados do censo de 2010 do IBGE.

Dessa forma, o total de habitantes na faixa etária de interesse do estudo foi calculado como sendo 1.443.299 habitantes, sendo este, portanto, o número de indivíduos total que constitui a população-alvo.

O tamanho da amostra para o município de Belo Horizonte foi definido utilizando amostragem aleatória simples e considerando um erro amostral aproximado de 7%, resultando em uma amostra de, aproximadamente, 1.630 entrevistados.

3.1.2 Definição e caracterização das áreas de estudo

Ambas as áreas de estudo localizam-se no município de Belo Horizonte (19°55'S, 43°56'O)¹², que possui uma área de 331Km² e é a capital do estado de Minas Gerais, situado na região sudeste do Brasil (FIGURA 12). A divisão administrativa do município o divide em nove regionais e 148 bairros.

¹¹ Fonte: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censos Demográficos 2000 e 2010*. Disponível em: <<http://www.pbh.gov.br>>. Acesso em: 05 jun. 2013.

¹² Fonte: BELO HORIZONTE. Prefeitura municipal. *Belo Horizonte – Informações gerais*. Disponível em: <<http://www.pbh.gov.br>>. Acesso em: 04 jul. 2010.

Figura 12 – Vista panorâmica do município de Belo Horizonte – MG, Brasil

Fonte: www.pbh.gov.br

Belo Horizonte situa-se no domínio do clima tropical de altitude. O vento predominante é de direção leste, com velocidade média de, aproximadamente 1,4m/s. Segundo as Normais Climatológicas (BRASIL, 1992), a temperatura média anual é em torno de 21,1°C, a média anual de precipitação total é de 1.491,3mm, a média anual da umidade relativa é de 72,2%, a insolação total é de 2.566,0 horas e a nebulosidade média anual é 5,2, para dados obtidos no período de 1961 a 1990.

Considerando a Classificação Climática de Köppen., o clima de Belo Horizonte pode ser classificado como Aw, que corresponde ao clima tropical chuvoso com temperatura média do mês mais frio acima de 18°C e distinta estação seca no período de inverno (ASSIS, 1990). Porém, salienta-se que antigamente o clima de Belo Horizonte era considerado Cwa, em que a temperatura média do mês mais frio é inferior a 18°C (RODRIGUES, 1966 *apud* RIBEIRO; MOL, 1985 *apud* ASSIS, 1990), o que indica uma suposta influência da urbanização sobre o clima local (ASSIS, 1990).

Na definição das áreas de estudo buscou-se escolher ambientes urbanos que supostamente apresentassem uma ampla variação das condições acústicas e microclimáticas, tanto temporalmente (ao longo do dia e das estações do ano), quanto espacialmente (entre os dois pontos de medição), objetivando-se quantificar condições variadas de conforto acústico e térmico. Dessa forma, foram obtidos dados representativos da amplitude que o descritor acústico ou o índice de conforto térmico considerados neste estudo podem atingir nas áreas urbanas consideradas, tornando os resultados deste estudo mais fidedignos. Tais condições variadas de conforto acústico e térmico podem ser eventualmente encontradas em diferentes estruturas urbanas, com características morfológicas variadas e contrastantes entre si.

Os seguintes critérios foram considerados na definição das áreas de estudo:

- a) Apresentarem grande variação/amplitude das condições acústicas e microclimáticas tanto temporalmente (ao longo do dia e das estações do ano) quanto espacialmente (entre os dois pontos de medição);

- b) Estarem localizadas na regional centro-sul, a mais ruidosa do município, conforme mostram os estudos de Diniz e Silveira (2006), visando à medição de elevados níveis de pressão sonora;
- c) Apresentarem elevado fluxo de pedestres, com a maior diversidade possível, com relação a diferentes idades, sexos, níveis de escolaridade, perfis socioeconômico, dentre outras características, e que fossem moradores de diferentes regionais do município;
- d) Apresentarem diferentes características morfológicas, as quais supostamente pudessem influenciar na ocorrência e/ou na percepção das condições acústicas e microclimáticas;
- e) Apresentarem o ruído de trânsito e/ou das atividades humanas como as principais fontes de ruído, evitando-se ruídos temporários como os de construção civil, shows e outros eventos.

Alguns espaços públicos no centro de Belo Horizonte foram considerados para a realização dos trabalhos de campo, a saber: o Parque Municipal, a Praça da Estação, a Praça Raul Soares e a Praça da Rodoviária. Todos, porém, foram descartados na primeira ida a campo, tendo em vista o número insuficiente de pedestres para responder aos formulários, o que inviabilizaria a aplicação desses.

Dos espaços considerados, em três deles – Praça da Assembléia, Praça da Liberdade e Praça Sete de Setembro – foram realizados levantamentos preliminares de níveis de pressão sonora a fim de se obter dados objetivos para a definição das áreas a serem estudadas. Os levantamentos foram realizados em agosto de 2012, no período da tarde, nos dias 08/08/2012 e 22/08/2012, ambos em uma quarta-feira. Neste levantamento, foi utilizado o descritor sonoro $L_{Aeq, 6min}$, com anotações dos níveis de pressão sonora de 5 em 5 segundos, durante 6 minutos, em cada um dos pontos de medição. Os resultados dos levantamentos são mostrados na Tabela 7:

Tabela 7 – Resultado do levantamento preliminar de níveis de pressão sonora em três praças de Belo Horizonte, para fins de definição das áreas de estudo

Área	Número de Pontos	Maior $L_{Aeq, 6min}$ dB(A)	Menor $L_{Aeq, 6min}$ dB(A)	Amplitude dB(A)
Praça da Assembléia	8	68	54	14
Praça da Liberdade	10	68	57	11
Praça Sete de Setembro	8	75	67	8

Fonte: Produzida pela autora, 2012.

Tendo em vista que a Praça da Assembléia apresenta menos pedestres ao longo do dia, sendo o maior movimento em torno do meio dia, e considerando que o ponto onde foi

registrado o menor $L_{Aeq,6min}$ localizava-se no centro da praça, pouco frequentado, optou-se pela escolha das Praças da Liberdade e Sete de Setembro para a realização dos trabalhos, pois o elevado número de pedestres era condição essencial à aplicação do grande número de formulários calculado na amostragem.

Adicionalmente, as praças da Liberdade e Sete de Setembro apresentam morfologias urbanas variadas e contrastantes, com diferenças significativas no que diz respeito à arborização, ao fator de visão do céu, à altura dos edifícios, ao tipo de cobertura do solo predominante e à presença/ausência de fontes de água (FIGURAS 13 e 14).

Figura 13 – Praça da Liberdade: área menos verticalizada, com muita área verde, com maior fator de visão do céu, com solo permeável – em grande parte sem pavimentação e com muitas fontes de água

Fonte: HIRASHIMA, 2010.

Figura 14 – Praça Sete de Setembro: área muito verticalizada, com poucas árvores, com menor fator de visão do céu, com solo menos permeável – quase todo pavimentado e sem fontes de água

Fonte: HIRASHIMA, 2010.

Considerando os resultados desse levantamento preliminar de níveis de pressão sonora, determinou-se a possível faixa de níveis sonoros que poderiam ser obtidos na pesquisa em ambas as áreas e ao longo do dia, a qual foi de, aproximadamente, 50 a 80dB(A), apresentando uma amplitude de, aproximadamente, 30dB(A). Com relação às condições microclimáticas, esperava-se uma amplitude do índice de conforto térmico PET de, aproximadamente 20°C, ao longo do ano, variando na faixa aproximada de 20-40°C. Esta expectativa foi embasada nos resultados dos estudos de HIRASHIMA (2010), conduzidos previamente nessas mesmas áreas de estudo.

A Praça da Liberdade e a Praça Sete de Setembro (FIGURA 15) situam-se na regional centro-sul do município de Belo Horizonte.

Figura 15 – Divisão administrativa do município de Belo Horizonte adotada pela Prefeitura Municipal (à esquerda) e localização das duas áreas de estudo na regional Centro-Sul (à direita)

Fonte das imagens: BELO HORIZONTE. Prefeitura municipal. Disponível em :<<http://www.pbh.gov.br>>. Acesso em: 04 jul. 2010; GOOGLE EARTH, [200-]. Imagens adaptadas pela autora para composição da figura, 2010 *apud* HIRASHIMA, 2010.

A Praça da Liberdade (FIGURAS 16 a 19), inicialmente projetada para ser a sede do governo do Estado, localiza-se na região da Savassi, no cruzamento das avenidas Cristóvão Colombo, João Pinheiro, Brasil e Bias Fortes.

Figuras 16 e 17 – Imagens da Praça da Liberdade

Fonte: Arquivo pessoal da autora (2009).

Figuras 18 e 19 – Imagens da Praça da Liberdade

Fonte: Arquivo pessoal da autora (2009).

Já a Praça Sete de Setembro (FIGURAS 20 a 23), considerada o centro, marco zero da capital, está localizada na região do hipercentro, no cruzamento das avenidas Afonso Pena e Amazonas e das ruas Rio de Janeiro e Carijós.

Figuras 20 a 23 – Imagens da Praça Sete de Setembro

Fonte: Arquivo pessoal da autora (2009).

Ambas as praças são utilizadas por pessoas de diversas faixas etárias, de diversos perfis socioeconômicos e residentes nas várias regionais do município, e não apenas por moradores locais. As características principais de cada uma das praças estão descritas no Quadro 2, a seguir.

Quadro 2 – Características das áreas de estudo

Características	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro
Área total (aproximada)	22.230m ²	7.356m ²
Altitude média	895m	855m
Infraestrutura local	Coreto, fontes de água, bancos para descanso, pista para caminhada	Alguns bancos para descanso, mesas para jogos
Uso predominante do espaço	Espaço de permanência (lazer)	Espaço de passagem (Deslocamento)
Uso predominante no entorno	Residencial, serviços	Comercial, serviços
Fontes sonoras existentes	Trânsito, fontes de água, pássaros, movimento de pessoas e outras atividades humanas.	Trânsito, funcionamento de lojas, movimento de pessoas e outras atividades humanas.
Área permeável	9.337m ² (42%)	15m ² (0,2%)
Índice de Densidade Arbórea	1.15	0,8
Área coberta por fontes e espelhos d' água	511 m ² (2,3%)	Inexistente

Fonte: Produzida pela autora, 2013.

O Índice utilizado para quantificar a vegetação – Índice de Densidade Arbórea (IDA) – representa o número de árvores existentes por 100m², e pode ser calculado por meio da Equação 4 (OLIVEIRA *et al.*, 2011):

$$IDA = (\text{número de árvores} / \text{área total, em m}^2) \times 100 \quad (\text{Eq. 4})$$

A altura dos edifícios no entorno de cada uma das praças é bastante diferente, sendo que os edifícios do entorno da praça da Liberdade são, em geral, mais baixos que os edifícios da praça Sete de Setembro. Nota-se, na praça Sete de Setembro uma maior verticalização e um maior adensamento da área, conforme demonstram os levantamentos de campo realizados (FIGURAS 24 e 25; FIGURAS 26 e 27).

Figura 24 – Altura e localização dos edifícios na Praça da Liberdade

Fonte: Arquivo pessoal da autora (2009).

Figura 25 – Altura e localização dos edifícios na Praça Sete de Setembro

Fonte: Arquivo pessoal da autora (2009).

Figuras 26 e 27 – Levantamentos em campo dos edifícios das áreas, em um raio de 200m aproximadamente, sobreposto a imagens de satélite

Fonte da imagem: GOOGLE EARTH, [200-]. Acesso em: 2009.

Fotografias tiradas com uma lente olho-de-peixe, Figuras 28 a 30 e 31 a 33, ilustram as edificações com diferentes altimetrias encontradas nas duas áreas de estudo, resultando em diferentes fatores de visão do céu, em cada uma das áreas consideradas.

Figuras 28 a 30 – Visões do céu na Praça da Liberdade

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2009.

Figuras 31 a 33 – Visões do céu na Praça Sete de Setembro

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2009.

3.1.3 Definição dos pontos de medição

Na definição dos pontos específicos para a medição das variáveis acústicas e microclimáticas em cada uma das áreas selecionadas, foram considerados os levantamentos preliminares de níveis de pressão sonora (descrito no item 3.1.2, desta tese) e estudos sobre a geometria solar.

Segundo Safeer (1973), o número de pontos de medição necessários para uma avaliação precisa dos níveis sonoros em uma área é função direta da homogeneidade da área com relação às fontes sonoras. Nessa pesquisa, buscou-se avaliar as condições extremas, tanto acústicas quanto térmicas. Dessa forma, em cada uma das áreas, foram selecionados dois pontos de medição distintos: o primeiro, que ficará sempre ao sol, no local que apresenta o maior nível de pressão sonora; e o segundo, que ficará sempre à sombra, no local que apresenta o menor nível de pressão sonora. Na Praça da Liberdade, estes pontos serão designados Ponto 1 e Ponto 2, respectivamente, e na Praça Sete de Setembro, estes pontos serão designados Ponto 3 e Ponto 4, respectivamente (FIGURAS 34 e 35).

Figura 34 – Pontos de medição 1 e 2 selecionados para a Praça da Liberdade

Fonte da imagem: GOOGLE EARTH, [200-].
Imagem adaptada pela autora para composição da figura, 2012.

Figura 35 – Pontos de medição 3 e 4 selecionados para a Praça Sete de Setembro

Fonte da imagem: GOOGLE EARTH, [200-].
Imagem adaptada pela autora para composição da figura, 2012.

3.1.4 Definição do período de levantamento de campo

Na definição dos períodos de levantamento de campo também se objetivou a abrangência da maior amplitude dos níveis sonoros e da maior amplitude de condições microclimáticas.

A variabilidade nos níveis sonoros pode ser obtida por meio da realização dos levantamentos de campo em horários do dia que possibilitem a medição dos níveis mais baixos aos mais altos de sons e ruídos. Já a variabilidade nas condições microclimáticas pode ser obtida por meio da realização dos levantamentos de campo em duas épocas distintas do ano: no verão (estação quente e úmida) e no inverno (estação fria e seca), para abarcar a maior amplitude térmica anual e então, verificar se há mudanças na percepção do ambiente sonoro urbano associadas às modificações climáticas.

Os levantamentos de campo foram então realizados em dias úteis, durante todo o dia, das 7h às 17h, nos meses de março de 2013 (período quente e úmido) e julho 2013 (período frio e seco).

3.1.5 Definição das variáveis e dos dados-controle

As variáveis que foram coletadas nos levantamentos de campo são aquelas necessárias ao estudo da percepção e avaliação do ambiente sonoro urbano e do conforto acústico relacionado a este ambiente, bem como, aquelas necessárias ao estudo da percepção das condições microclimáticas urbanas e do conforto térmico relacionado a estas condições.

Sendo assim, as variáveis estudadas são aquelas que influenciam, direta ou indiretamente, na percepção, avaliação e preferência de sensações acústicas ou térmicas (como as que influenciam no balanço térmico do corpo humano) ou as que são necessárias para o cálculo dos descritores sonoros ou do índice de conforto térmico a serem utilizados.

As variáveis utilizadas podem ser divididas em quatro tipos: variáveis acústicas, variáveis microclimáticas, variáveis individuais e variáveis subjetivas. Além das variáveis, alguns dados-controle, relacionados aos aspectos psicológicos, sociais e culturais que podem interferir na percepção acústica e térmica do ambiente foram coletados. As variáveis e dados-controle utilizados neste estudo estão sintetizados no Quadro 3.

Quadro 3 – Variáveis utilizadas no trabalho

Variáveis Acústicas	Variáveis Microclimáticas	Variáveis Individuais	Variáveis Subjetivas	Dados-controle
Identificação de sons	<u>Temperatura do ar – Ta (°C)</u>	<i>Altura (m)</i>	Percepção do volume do ambiente sonoro	Ser residente de Belo Horizonte há mais de 1 (um) ano
Sons agradáveis	<u>Temperatura de globo – Tg (°C)</u>	<i>Peso (Kg)</i>	Avaliação do incômodo relacionado ao ambiente sonoro	Bairro de residência
Sons desagradáveis	<u>Umidade relativa – UR (%)</u>	<i>Idade (anos)</i>	Avaliação do conforto acústico	Profissão/Ocupação
<u>LAeq, 1min</u> <u>LAeq, 10h</u>	<u>Velocidade do vento – VV (m/s)</u>	<i>Sexo (f/m)</i>	Percepção de sensações térmicas	<i>Localização dos entrevistados durante a entrevista: se ao sol ou à sombra</i>
<u>L_{máx}, 10h</u> <u>L_{min}, 10h</u> <u>Amplitude</u>	Temperatura radiante média - T _{mrt} (°C)	<i>Atividade física - Taxa metabólica (W)</i>	Avaliação do conforto térmico	Sensibilidade aos sons
<u>L₁₀, 10h</u> <u>L₅₀, 10h</u> <u>L₉₀, 10h</u>	<u>PET</u>	<i>Isolamento térmico da vestimenta (clo)</i>	Preferência de sensações térmicas	Sensibilidade às condições climáticas

Legenda: Letras sem alterações: variáveis coletadas via aplicação de formulário; Letras sublinhadas: variáveis medidas; Letras com itálico: variáveis coletadas por meio de observação; e Letras com itálico e sublinhadas: variáveis calculadas.

Fonte: Produzido pela autora, 2013.

As variáveis calculadas foram obtidas por meio da utilização das equações apresentadas nos itens 3.3.1 e 3.3.2 desta tese. As categorias e escalas das demais variáveis, bem como as normas utilizadas para a sua formulação, são apresentadas no item 3.1.7 desta tese.

3.1.6 Instrumentos, medidas e métodos de medição

Os instrumentos utilizados para a medição das variáveis acústicas e microclimáticas estão especificados no Quadro 4.

Quadro 4 – Instrumentos utilizados

Variável medida	Instrumento utilizado
LAeq, 1m	Medidor de nível de pressão sonora marca HOMIS, modelo SL-401 e calibrador acústico
Temperatura do ar – Ta (°C)	Termo-higrômetro marca HOBO, modelo U12
Temperatura de globo – Tg (°C)	Termo-higrômetro marca HOBO, modelo U12 (uso do canal externo) e sensor de temperatura LM35DT/NOPB, faixa de precisão: ± 0,4 °C, fabricante National Semiconductor
Umidade relativa – UR (%)	Termo-higrômetro marca HOBO, modelo U12
Velocidade do vento – VV (m/s)	Anemômetro marca ALNOR, modelo CF8586
Registro de imagem/sons	Filmadora/Câmera para gravar com fidelidade o som e a imagem do ambiente marca SONY, modelo Handycam DCR-SR21.
Registro de sons	Gravador IC Recorder MARCA SONY, MODELO ICD-PX312.

Fonte: Produzido pela autora (2013).

Todos os instrumentos utilizados foram previamente calibrados e/ou aferidos, conforme procedimentos constantes nos Apêndices A, B, C, D e E e certificados de calibração constantes nos Anexos A e B.

As medições dos níveis de pressão sonora foram realizadas de acordo com o método especificado na NBR 10.151, da ABNT. Anteriormente aos trabalhos de campo, os medidores de pressão sonora foram devidamente calibrados e ajustados com o calibrador acústico. O mesmo procedimento foi realizado após a coleta dos dados.

No ambiente urbano, as medições foram efetuadas com o medidor posicionado a uma altura de aproximadamente 1,2m do piso e de pelo menos 2m de quaisquer superfícies refletoras, como muros, paredes etc. Não foram realizadas medições na ocorrência de chuvas, trovoadas ou quaisquer outros fenômenos da natureza que pudessem causar interferências audíveis durante os registros.

Para a medição das variáveis microclimáticas, os termo-higrômetros foram instalados no interior de um abrigo idealizado e aferido por Hirashima (2010). O abrigo consiste em peças de PVC acopladas e fixadas no tripé, conforme detalhado nos estudos de Hirashima (2010). Os tripés foram posicionados a 1,1m de altura, conforme estabelecido pela norma ISO 7726 (1998) e de acordo com Matzarakis *et al.* (1999).

A montagem dos tripés no local e a instalação dos instrumentos de medição nos pontos pré-definidos foram realizadas com 30 minutos de antecedência, tempo necessário para a estabilização das medidas dos termômetros de globo.

Optou-se pela utilização dos globos de 40mm, uma vez que os globos de menor diâmetro são mais adequados às medições em ambientes externos, onde há rápida mudança nas condições de radiação. Isto porque apresentam uma resposta mais rápida – menor que 5 minutos – quando comparado ao globo padrão (NIKOLOPOULOU *et al.*, 1999). Com relação ao material do globo, Nikolopoulou *et al.* (1999) afirmam que as finas bolas de tênis-de-mesa de acrílico, devido à sua disponibilidade, à sua relativa robustez, e também devido à necessidade de se evitar uma superfície metálica pintada, são uma boa opção para termômetros de globo utilizados em situações em que tempos de resposta menores que 4min são necessários. Especificamente com relação à cor da pintura do globo, a norma internacional ISO 7726 (1998) recomenda a utilização da cor cinza médio quando o globo for exposto ao sol, devido à sua absorção de radiação térmica de onda curta ser semelhante à das pessoas normalmente vestidas. Os globos utilizados foram previamente

utilizados por Hirashima (2010) e feitos com o apoio do Laboratório de Controle de Processos Industriais, Departamento de Engenharia Eletrônica, Escola de Engenharia, da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), que desenvolveu o sistema de integração ao canal externo do *data logger* HOBO. Seu processo de montagem está detalhado nos estudos de Hirashima (2010).

Em cada um dos pontos de medição, foram instalados um termo-higrômetro no interior de um abrigo meteorológico, sendo a ele conectado um termômetro de globo cinza, o medidor de nível de pressão sonora e o gravador de sons. Nos pontos localizados na sombra, além dos instrumentos mencionados, foi também utilizado um termoanemômetro de fio quente e um instrumento confeccionado com palitos de madeira e fios de lã, para verificação da velocidade e da direção dos ventos, respectivamente (FIGURAS 36 a 39).

Figura 36 – Montagem dos equipamentos em campo nos pontos previamente estabelecidos, no sol, levantamento de campo de verão

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2013.

Figura 37 – Montagem dos equipamentos em campo nos pontos previamente estabelecidos, na sombra, levantamento de campo de verão

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2013.

Figura 38 – Montagem dos equipamentos em campo nos pontos previamente estabelecidos, no sol, levantamento de campo de inverno

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2013.

Figura 39 – Montagem dos equipamentos em campo nos pontos previamente estabelecidos, na sombra, levantamento de campo de inverno

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2013.

Todas as variáveis medidas em campo foram registradas de 5 em 5 min. O tempo de medição das variáveis acústicas e microclimáticas e da aquisição dos descritores acústicos e índices térmicos de 5 em 5 minutos objetivou a aquisição de um conjunto de dados durante a aplicação de cada um dos formulários, cujo tempo aproximado de aplicação foi também de, aproximadamente, 5 minutos, conforme item 3.1.7 a seguir.

3.1.7 Elaboração do formulário

No formulário constam questões relacionadas à percepção e à avaliação acústica dos níveis sonoros pelos pedestres assim como à percepção e à avaliação térmica das condições microclimáticas, além de itens para coleta dos dados-controle e das variáveis necessárias para a aquisição do índice PET.

O formulário é anônimo e possui ao todo 23 campos para serem preenchidos, dos quais 15 exigem a contribuição dos entrevistados, e dos quais 8 devem ser preenchidos pelo próprio entrevistador por meio de observação, considerando que o formulário não deve ser muito longo devido à disponibilidade das pessoas para respondê-lo. Em conformidade com Pereira, (2003), na elaboração do formulário, optou-se pela utilização do termo som (neutro), ao invés do termo ruído (conotação negativa), com o intuito de não-indução (PEREIRA, 2003).

Estruturado para ser aplicado por apenas um aplicador treinado, de forma prática e rápida, o formulário único (APÊNDICE F), com questões abertas e fechadas, foi dividido em 7 (sete) partes distintas: Eliminatórias, Dados Gerais, Conforto Térmico, Conforto Acústico, *Soundscape*, Sensibilidade Individual e Observação.

Na parte primeira parte, as duas primeiras questões são eliminatórias (Questões A e B), e realizam uma triagem inicial na amostra. A questão A se refere ao tempo de aclimação local mínimo de 30 minutos em ambiente aberto, conforme mencionado no item 2.2.3.4 desta tese. Já a questão B se refere ao tempo de moradia do pedestre na capital – se há mais de um ano ou não. A questão A é eliminatória para o caso de a pessoa estar há menos de 30 minutos em ambiente aberto, sendo proveniente de ambiente climatizado com ar condicionado. A questão B é eliminatória para o caso de não residentes no município.

Na parte destinada aos Dados Gerais, constam questões referentes ao bairro de moradia (QUESTÃO C) e à profissão (QUESTÃO D) dos entrevistados. As questões C e D fornecem dados controle que indicam, grosso modo, a exposição diária do pedestre aos níveis sonoros. Diniz e Silveira (2006) indicam, de forma superficial, os níveis sonoros encontrados por regional, em Belo Horizonte, sendo possível prever, de acordo com o local da moradia dos entrevistados, de forma não muito precisa, a sua exposição aos níveis sonoros. Conforme mencionado no item 3.1.2 desta tese, as áreas selecionadas encontram-se na regional Centro Sul, a que apresenta os maiores níveis sonoros do município. Porém, esses são locais muito frequentados por pessoas residentes em diferentes regionais, conforme mencionado nos resultados de Hirashima (2010). Com relação às profissões/ocupações também é possível prever, de maneira bem superficial, a provável exposição diária dos entrevistados aos diferentes níveis de pressão sonora.

A parte destinada ao conforto térmico contém perguntas referentes à percepção, à avaliação e à preferência de sensações térmicas (QUESTÕES E, F e G). A obtenção dessas variáveis foi norteadas pelos princípios estabelecidos pela norma ISO 10551 (1995), que especifica três escalas de julgamento subjetivo de ambientes, do ponto de vista térmico: a escala de percepção, a escala de avaliação e a escala de preferência. Esta norma propõe também a avaliação da aceitação pessoal e da tolerância com relação às condições térmicas percebidas, itens que não foram abordados no presente estudo. Portanto, das cinco perguntas-padrão apresentadas na norma ISO 10551 (1995), neste estudo foram utilizadas somente as três primeiras. As respostas a estas questões são estruturadas em escalas de intensidades positivas e negativas (dois pólos), com um ponto central de indiferença, com exceção da escala relativa à avaliação das sensações térmicas, que é estruturada com apenas um polo e um ponto de origem. Neste estudo, nas escalas de percepção e de preferência, foram utilizados sete pontos, enquanto na escala de avaliação foram utilizados apenas quatro pontos (QUADRO 5).

Quadro 5 – Julgamento subjetivo de ambientes, do ponto de vista térmico: Percepção, avaliação e preferência de sensações térmicas

	Questões	Escalas
Percepção	E. Com relação às condições climáticas, como você se sente neste momento?	[1] Com muito frio [2] Com frio [3] Com pouco de frio [4] Bem, nem com frio e nem com calor [5] Com um pouco de calor [6] Com calor [7] Com muito calor
Avaliação	F. Com relação às condições climáticas, agora você está:	[1] Confortável [2] Um pouco desconfortável [3] Desconfortável [4] Muito desconfortável
Preferência	G. Com relação às condições climáticas, como você gostaria de estar se sentindo agora:	[1] Com muito mais frio [2] Com mais frio [3] Com pouco mais de frio [4] Sem mudanças [5] Com um pouco mais de calor [6] Com mais calor [7] Com muito mais calor

Fonte: Produzido pela autora, 2012.

Optou-se por inserir as questões de conforto térmico no início do formulário para que a interrupção da atividade física em curso para a realização da entrevista não interferisse significativamente nas respostas dos entrevistados.

Na parte destinada ao Conforto Acústico, as questões H, I, e J relacionam-se à percepção do volume do ambiente sonoro (QUESTÃO H), à avaliação subjetiva do incômodo relacionado ao ambiente sonoro (QUESTÃO I) e à avaliação do conforto acústico (QUESTÃO J) (QUADRO 6). Essas questões foram elaboradas considerando os estudos da *The International Commission on the Biological Effects of Noise* (FIELDS *et al.*, 2001), a ISO/TS 15666 (2003), que especifica um método para medir o incômodo causado pelo ruído em residências por meio de pesquisas socioacústicas, e os estudos de Pereira (2003).

Na questão I, optou-se pelo uso da escala de cinco-pontos, utilizada nessas referências e em grande parte dos estudos que analisam o incômodo causado pelo ruído, como Martin *et al.*, (2011); Paunovic, Jakovljevic, belojevic (2009), dentre outros. Com relação à terminologia empregada neta questão, utilizou-se a mesma empregada por Pereira (2003), apesar de outras existentes, como a apresentada por Günther, Iglesias e Sousa (2007). Esses autores desenvolveram uma versão brasileira da escala de incômodo apresentada na norma ISO 15666 (2003), e sugeriram o uso dos termos: nada, algo, medianamente, muito e extremamente incomodados, para uma escala de cinco pontos (GÜNTHER; IGLESIAS; SOUSA, 2007). Gonçalves Filho e Moraes (2004) utilizaram os termos nada, levemente,

moderadamente, muito e extremamente, também para a escala de cinco pontos (GONÇALVES FILHO; MORAES, 2004). Porém, acredita-se que os termos utilizados por Pereira (2003) são mais facilmente compreendidos pela população, resultando em informações mais fidedignas.

A questão J, que se refere à avaliação do conforto acústico, foi elaborada pela autora com base nos estudos de Kang, Zhang (2010). Porém, a escala utilizada por Kang e Zhang (2010), que possui cinco pontos, sendo constituída por dois pólos – um de intensidade positiva e outro, negativa – e um ponto central de indiferença, a saber: muito confortável, confortável, nem confortável e nem desconfortável, desconfortável e muito desconfortável, foi modificada para utilização neste estudo. Optou-se pela utilização de uma escala semelhante à estabelecida pela norma ISO 10551 (1995) para a avaliação do conforto térmico, tendo em vista a inexistência de normas referentes à avaliação do conforto acústicos nestes termos. Assim, a escala, de quatro pontos, apresenta apenas um ponto de origem e um pólo, a saber, confortável, um pouco desconfortável, desconfortável e muito desconfortável.

Quadro 6 – Identificação e julgamento dos sons quanto aos aspectos de agradabilidade e desagradabilidade

	Questões	Escalas
Percepção do volume do ambiente sonoro	H. O que você acha do volume do som ambiente neste momento?	[1] Nem tinha percebido [2] Baixo [3] Normal [4] Um pouco alto [5] Muito alto
Avaliação subjetiva do incômodo relacionado ao ambiente sonoro	I. Este volume o incomoda?	[1] Não [2] Um pouquinho [3] Mais ou menos [4] Bastante [5] Muito
Avaliação do conforto acústico	J. Com relação ao ambiente sonoro neste momento, agora você está:	[1] Confortável [2] Um pouco desconfortável [3] Desconfortável [4] Muito desconfortável

Fonte: Produzido pela autora, 2012.

Na parte destinada à avaliação da paisagem sonora – *Soundscape*, as questões K, L e M foram embasadas em Pereira (2003), que utilizou uma metodologia testada e validada pelo Groupe de Recherche Environnement et Conception – GRECO para o projeto *SagaCités*. Nessas questões, solicita-se aos entrevistados que identifiquem sons presentes no ambiente sonoro (QUESTÃO K) e que indiquem sons agradáveis (QUESTÃO L) e desagradáveis (QUESTÃO M). As respostas a essas questões foram codificadas em 10 (dez) categorias das fontes sonoras citadas (QUADRO 7), com base na primeira evocação, como na metodologia

utilizada por Pereira (2003). As categorias foram estabelecidas tendo como base os estudos de Schafer (2001 *apud* SZEREMETA, ZANNIN, 2009).

Quadro 7 – Identificação e julgamento dos sons quanto aos aspectos de agradabilidade e desagradabilidade

	Questões	Categorias de resposta
Identificação de sons	K. Com relação aos sons que você está ouvindo, quais deles você consegue identificar?	[1] Nenhum/Não [2] Silêncio [3] Trânsito
Julgamento de sons quanto a sua agradabilidade	L. Há algum som específico no momento que você considera agradável?	[4] Sons Humanos [5] Sons Naturais [6] Sons de Animais [7] Sons Mecânicos [8] Sons Musicais
Julgamento de sons quanto a sua desagradabilidade	M. Há algum som específico no momento que você considera desagradável?	[9] Sinalização/comunicação [10] Outros

Fonte: Produzido pela autora, 2012.

Há também uma parte destinada à avaliação da sensibilidade individual dos entrevistados com relação às condições climáticas e aos sons. A questão N é referente à sensibilidade dos entrevistados com relação às condições climáticas, na qual o entrevistado indica, por meio de uma autoavaliação, se ele se julga friorento (muito sensível ao frio), calorento (muito sensível ao calor) ou nem um nem outro. A formulação desta pergunta baseou-se no estudo de Hirashima (2010), porém os termos friorento e calorento foram substituídos para utilização no presente estudo, uma vez que se percebeu que esses termos eram mal compreendidos pela população. Dessa forma, a pergunta foi assim estruturada: “Você é uma pessoa que, geralmente, sente muito frio, muito calor ou nem um, nem outro?” (QUESTÃO N) e a escala de três pontos utilizada na resposta foi: [1] muito frio, [2] muito calor e [3] nem um, nem outro.

A Questão L, relativa à avaliação da sensibilidade individual aos sons, foi formulada com base nos estudos de Klæboe *et al.* (2004) e Fyhri e Klæboe (2009), que também utilizaram uma escala de três pontos para mensuração desta variável. Em um estudo semelhante, Gidlöf-Gunnarsson e Óhrström (2007) também analisaram a sensibilidade individual dos entrevistados com a aplicação de uma pergunta cuja resposta foi graduada em uma escala de quatro pontos. Porém, neste estudo optou-se pelo uso da escala de três pontos, como nos estudos já mencionados, pela simplicidade e facilidade de compreensão por parte dos entrevistados. A escala de três pontos utilizada neste estudo para a resposta à pergunta (QUESTÃO O): “Você diria que você é muito, mais ou menos ou nada sensível aos sons?” foi [1] muito, [2] mais ou menos ou [3] nada.

Na parte do formulário destinada aos dados coletados por meio de observação há campos específicos para registro da altura (CAMPO P), do peso (CAMPO Q), da idade (CAMPO R),

da vestimenta (CAMPO S), da atividade física (CAMPO T), da localização do entrevistado – se ao sol ou à sombra (CAMPO U) e do sexo do entrevistado (CAMPO V), além de um campo para registro da hora final da entrevista (CAMPO X). O Quadro 8 especifica a categorização de cada uma destas variáveis, utilizada no presente estudo.

Quadro 8 – Categorização das variáveis individuais

Variável	Categorias
Altura (m)	[1] < 1,50 [2] 1,5 - 1,59 [3] 1,6 - 1,69 [4] 1,7 - 1,79 [5] > 1,80
Peso (Kg)	[1] < 50 [2] 50 - 59 [3] 60 - 69 [4] 70 - 79 [5] > 80
Idade (anos)	[1] 20 - 29 [2] 30 - 39 [3] 40 - 49 [4] 50 - 59
Vestimenta (clo)	0,3 0,5 0,7 1,0 1,5
Atividade física	[S] Sentado [P] Parado em pé [A] Andando [C] Correndo [B] Bicicleta
Localização do entrevistado	Sol Sombra
Sexo	[M] Masculino [F] Feminino

Fonte: Produzido pela autora, 2012.

As variáveis atividade física e vestimenta foram coletadas com vistas à obtenção de dados referentes à taxa metabólica e ao isolamento térmico da vestimenta, respectivamente, cujas mensurações são norteadas pela observância de normas internacionais.

A norma ISO 8996 (2004) trata exclusivamente da determinação da taxa metabólica referente a atividades específicas. Também o anexo B da norma ISO 7730 apresenta uma tabela com valores para a taxa metabólica de diversas atividades. Essas tabelas utilizam a unidade W/m^2 . Os valores utilizados neste estudo para a taxa metabólica, em W/m^2 e em W, referente a atividades específicas exercidas pelos entrevistados no momento exato da entrevista encontram-se na Tabela 8.

Tabela 8 – Valores de taxas metabólicas utilizados no presente estudo

Atividade	Taxa metabólica (W/m ²)	Taxa metabólica (W)
Sentado	58	105
Parado em pé	70	125
Andando	116	210
Correndo	337	605

Fonte: HIRASHIMA, 2010.

A norma internacional ISO 9920 (1995) aborda exclusivamente a estimativa do isolamento térmico e da resistência evaporativa do conjunto de roupas. Também a norma ISO 7730 (1995) apresenta, na Tabela C.1. do seu anexo 3, estimativas de isolamento térmico para combinações típicas de vestuário e na Tabela C.2, do mesmo anexo, valores de isolamento térmico para vestuários específicos. O isolamento térmico da vestimenta, ou resistência à troca de calor sensível, é usualmente expresso na unidade clo, sendo que 1clo equivale a 0,155W/m² (MONTEIRO, 2008). No presente estudo, para determinação do isolamento térmico das roupas usadas pelos entrevistados no momento da entrevista, foram estipuladas cinco categorias de vestimentas, representadas por imagens geradas a partir do CD-ROM interativo que acompanha o livro de Lamberts *et. al.* (1997). Tais imagens aparecem nos formulários aplicados durante os levantamentos de campo para facilitar e agilizar a determinação do isolamento térmico da vestimenta pelos entrevistadores no momento da entrevista.

Por fim, o campo X é destinado ao registro da hora final da aplicação do formulário. No cabeçalho há espaço para registro do nome do entrevistador; da data, da hora e do local e ponto da coleta. Cada folha do formulário pode ser preenchida com até 10 (dez) entrevistas.

Em fevereiro de 2013, foi realizada um teste prévio do formulário, no turno da manhã, na Praça da Liberdade, com a aplicação de 10 formulários, para verificar o entendimento das questões pelos entrevistados e para estimar o tempo aproximado de aplicação, que foi de cerca de 4 minutos.

3.1.8 Organização dos levantamentos de campo

Anteriormente aos levantamentos de campo, com vistas a garantir o sucesso da coleta de dados, alguns procedimentos foram realizados, a saber:

- Dimensionamento e treinamento da equipe;
- Solicitação das permissões para utilização temporária de espaço público na Prefeitura Municipal de Belo Horizonte, uma vez que este Órgão exige o licenciamento de eventos em logradouro público;
- Comunicação à Polícia Militar do Estado de Minas Gerais – PMMG, solicitando a disponibilidade de policiamento;
- Consultas periódicas ao 5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (5º DISME/INMET), para obtenção de informações relativas à previsão de ocorrência de condições meteorológicas estáveis, com vistas ao agendamento dos dias de levantamento de campo. Consultas também serão realizadas para verificação da previsão do tempo para os dias marcados, uma vez que a coleta de dados não deve ser realizada durante a ocorrência de chuvas ou na existência de interferências audíveis advindas de fenômenos da natureza, como trovões etc (NBR 10.151 da ABNT).

3.2 Etapa de coleta de dados

Os levantamentos de campo para coleta de dados foram realizados nos dias e nos horários constantes no Quadro 9.

Quadro 9 – Dias e horários dos levantamentos de campo, bem como número de formulários aplicados

	Coleta de dados de verão		Coleta de dados de inverno	
	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro
Dia de coleta de dados	11/03/2013	13/03/2013	08/07/2013	09/07/2013
Horário da coleta	7h – 17h	7h – 17h	7h – 17h	7h – 17h

Fonte: Produzida pela autora, 2013.

A coleta de verão aconteceu na semana em que ocorreram dias muito quentes, com probabilidades de chuvas a qualquer hora. Já a coleta de inverno ocorreu em dias considerados frios. Os valores dos dados microclimáticos medidos pelo 5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), em uma estação localizada em área urbana, próxima às áreas de estudo – Estação Belo Horizonte – MG (OMM: 83587), são apresentados nos Quadros 10 e 11, para cada um dos dias de coleta de dados.

Quadro 10 – Dados microclimáticos medidos pelo 5ºDISME/INMET para cada um dos dias de coleta de dados no Verão e no Inverno

	UTC	Temperatura do ar (°C)	Umidade Relativa (%)	Pressão (hPa)	Velocidade dos Ventos (m/s)	Direção dos Ventos (°)
11/03/2013	00	25,1	65	910,6	1	23
11/03/2013	12	26,1	55	910,3	1,6	23
11/03/2013	18	30,9	42	907	0,5	23
13/03/2013	00	27,5	59	908,6	0	0
13/03/2013	12	27,9	54	910,4	0,7	14
13/03/2013	18	32,3	39	907,1	1,8	23
08/07/2013	00	19,1	51	915,3	0,3	27
08/07/2013	12	21,3	59	918,7	0	0
08/07/2013	18	26,3	38	915,6	1,1	23
09/07/2013	00	19,7	52	915,3	1,3	14
09/07/2013	12	19,8	51	920,4	1,3	9
09/07/2013	18	22,4	46	919,1	0,7	9

Fonte: Produzida pela autora, 2014, a partir de valores de nebulosidade adquiridos no site: www.inmet.gov.br (BDMEP – INMET), acesso em: jul. 2014.

Quadro 11 – Dados microclimáticos medidos pelo 5ºDISME/INMET para cada um dos dias de coleta de dados no Verão e no Inverno – continuação Quadro 10

	UTC	Nebulosidade (Décimos de céu)	Temp. Máxima (°C)	Temp. Mínima (°C)	Precipitação (mm)	Insolação (h)
11/03/2013	00	6	32			5,5
11/03/2013	12	7		21	0	
11/03/2013	18	4				
13/03/2013	00	1	32,9			6,1
13/03/2013	12	4		21,9	0	
13/03/2013	18	0				8,8
08/07/2013	00	0	27,1			
08/07/2013	12	3		14,8	0	
08/07/2013	18	0				5,7
09/07/2013	00	0	24,3			
09/07/2013	12	10		15,1	0	
09/07/2013	18	0				8,8

Fonte: Produzida pela autora, 2014, a partir de valores de nebulosidade adquiridos no site: www.inmet.gov.br (BDMEP – INMET), acesso em: jul. 2014.

Os valores médios mensais dos dados microclimáticos medidos pelo 5º Distrito de Meteorologia do INMET, na estação Belo Horizonte - MG (OMM: 83587), são apresentados nos Quadros 12 e 13, para cada um dos meses de coleta de dados, março e julho.

Quadro 12 – Dados microclimáticos medidos pelo 5°DISME/INMET para cada um dos meses de coleta de dados – março e julho de 2013

	UTC	Umidade Relativa Média (%)	Pressão Média (hPa)	Velocidade dos Ventos Média (m/s)	Velocidade dos Ventos Máxima Média (m/s)	Direção dos Ventos (°)
Março/2013	0	68,88	912,09	1,13	3	9
Julho/2013	0	58,59	916,17	1,17	3,3	9

Fonte: Produzida pela autora, 2014, a partir de valores de nebulosidade adquiridos no site: <www.inmet.gov.br> (BDMEP – INMET), acesso em: jul. 2014.

Quadro 13 – Dados microclimáticos medidos pelo 5°DISME/INMET para cada um dos meses de coleta de dados – março e julho de 2013 – continuação Quadro 12

	Nebulosidade Média (Décimos de céu)	Temp. Máxima Média (°C)	Temp. Mínima Média (°C)	Número de dias de precipitação	Precipitação total (mm)	Insolação Total (h)
Março/2013	6,91	28,09	19,79	18	127,9	144,5
Julho/2013	2,86	25,82	15,62	-	0	233,2

Fonte: Produzida pela autora, 2014, a partir de valores de nebulosidade adquiridos no site: <www.inmet.gov.br> (BDMEP – INMET), acesso em: jul. 2014

Observa-se, pela análise das informações dos Quadros 9 a 12, que a temperatura máxima medida no 5° DISME/INMET nos dias 11 e 13/03/2013 (32 e 32,9°C, respectivamente) estão acima da temperatura máxima média mensal para o mês de março de 2013 (28,09°C). Já a temperatura mínima medida no 5° DISME/INMET nos dias 08 e 09/07/2013 (14,8 e 15,1°C, respectivamente) estão abaixo da temperatura mínima média mensal para o mês de julho de 2013 (15,62°C). Observa-se ainda que, em nenhum dos dias de coleta, ocorreu precipitações.

Simultaneamente à medição dos níveis sonoros e dos parâmetros microclimáticos, houve a aplicação dos questionários aos pedestres. As FIGURAS 40 a 43 retratam momentos dos dias de coleta de dados.

Figura 40 – Medição realizada na Praça da Liberdade, levantamento de campo de verão, ponto no sol

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2013.

Figura 41 – Medição realizada na Praça Sete de Setembro, levantamento de campo de inverno, ponto na sombra

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2013.

Figura 42 – Aplicação de formulário na Praça da Liberdade, levantamento de campo de verão

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2013

Figura 43 – Aplicação de formulário na Praça Se de Setembro, levantamento de campo de inverno

Fonte: Arquivo pessoal da autora, 2013.

3.3 Etapa de tratamento dos dados coletados

O tratamento dos dados coletados iniciou-se com a digitalização e tabulação dos formulários. Após a conferência do correto preenchimento, numeração e identificação dos questionários, os dados foram digitalizados e organizados em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel®. Após a organização das planilhas, procedeu-se ao cálculo dos valores de L_{Aeq} e de PET, e então, ao tratamento estatístico dos dados. Os resultados serão apresentados e discutidos no capítulo 4, desta tese.

3.3.1 Cálculo do descritor sonoro - L_{Aeq}

Para o cálculo do L_{Aeq} , com base nos valores registrados em campo, utilizou-se a equação estabelecida pela NBR 10.151, da ABNT (EQUAÇÃO 5):

$$L_{Aeq} = 10 \log \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

L_i é o nível de pressão sonora, em dB(A), lido em resposta rápida (fast) a cada 5s, durante o tempo de medição do ruído;
 n é o número total de leituras

O $L_{\max}$ e o $L_{\min}$, bem como os níveis estatísticos L_{10} e L_{90} , foram obtidos por meio do tratamento de dados em planilhas eletrônicas do Microsoft Excel®. Os níveis estatísticos representam os níveis de pressão sonora que são ultrapassados durante uma determinada fração do tempo total de medição. Assim, o L_{10} e o L_{90} indicam, respectivamente, os níveis excedidos durante, 10% e 90% do tempo de medição podendo ser considerados, respectivamente, como valores aproximados para o ruído de pico e para o ruído de fundo. A amplitude é obtida pela subtração entre o $L_{\max}$ e o $L_{\min}$.

3.3.2 Cálculo do índice térmico – PET

Em ambientes abertos, a temperatura radiante média é um dos parâmetros meteorológicos mais importantes para o conforto térmico humano (THORSSON *et al.*, 2007) e uma variável essencial para o cálculo do PET, conforme mencionado no item 2.2.3.2. A temperatura de globo, juntamente com a temperatura do ar e a velocidade do ar, permite o cálculo dos valores de temperatura radiante média, também indicada em graus Celsius. Para o cálculo da temperatura radiante média, com base nos valores de temperatura de globo cinza, de 40mm, utilizou-se a equação estabelecida pela ISO 7726 (1998), para convecção forçada (EQUAÇÃO 6), uma vez que as medições foram realizadas em ambientes abertos:

$$\bar{t}_r = \left[(t_g + 273)^4 + \frac{1,1 \times 10^8 \times v_a^{0,6}}{\epsilon_g \times D^{0,4}} (t_g - t_a) \right]^{1/4} - 273 \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde:

$\bar{t}_r$ = temperatura radiante média, em °C.

t_g = temperatura de globo, em °C.

v_a = velocidade do ar, em m/s.

t_a = temperatura do ar, em °C.

ϵ_g = emissividade do globo, adimensional.

D = diâmetro do globo, em m.

Considerou-se o valor da emissividade do tom de cinza igual a 0,9, valor este que foi retirado da tabela *Valores de emissividade e absorvância para várias superfícies*, da ASHRAE Handbook Fundamentals, 1997.

O cálculo do PET foi feito por meio da utilização do programa computacional desenvolvido por Holst (2007)¹³, usando valores de temperatura do ar, umidade relativa, velocidade do vento, direção do vento e temperatura radiante média. Os dados pessoais padrões considerados para o cálculo do PET no programa desenvolvido por Holst (2007) são: sexo masculino, idade de 35 anos, massa corporal de 75kg, altura de 1,75m, taxa metabólica de 80W, isolamento térmico da vestimenta (Icl) de 0,9 clo. e fator de roupa¹⁴ (fcl) de 1,15.

3.3.3 Tratamento estatístico

3.3.3.1 Análise descritiva

Para a apresentação das variáveis acústicas e microclimáticas, medidas e calculadas, a análise descritiva foi realizada para cada um dos dias de medição, para o ponto de medição ao sol e para o ponto de medição na sombra. Para estas variáveis foram gerados gráficos com as séries temporais e tabelas com os cálculos das estatísticas como média, mediana, desvio padrão, mínimo, máximo e amplitude.

A análise descritiva possibilitou gerar gráficos e tabelas, com as frequências de ocorrência das respostas, para as variáveis individuais, subjetivas e para alguns dados-controle, considerando cada uma das estações de coletas de dados (verão e inverno), cada uma das praças, e uma combinação de período de coleta (verão/inverno) e área de coleta (Praça da Liberdade e Praça Sete de Setembro).

Para caracterizar e comparar as variáveis do estudo entre as estações e praças foi realizado o teste Qui-Quadrado e o teste Exato de Fisher (AGRESTI, 2002) para as variáveis nominais e o teste de Associação Linear (AGRESTI, 2002) para as variáveis ordinais. O Teste de Mann-Whitney (HOLLANDER; WOLFE, 1999) foi utilizado para comparar os índices PET e L_{Aeq} entre as estações e praças.

¹³ Physiological Equivalent Temperature (cálculo baseado no MEMI): software. Versão desenvolvida por HOLST, J. Freiburg: Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 2007.

¹⁴ O fator de roupa (fcl) é definido como a razão entre a área do corpo vestido (incluindo-se as partes não vestidas) sobre a área do corpo nu (MONTEIRO, 2008).

Os resultado das variáveis acústicas e microclimáticas foram também apresentados por meio de *boxplot*, considerando todo o conjunto de dados. O *boxplot* (diagrama de caixa) é uma análise estatística que permite a visualização gráfica simultânea de várias características importantes de um conjunto de dados, tais como centro, dispersão, desvio da simetria e identificação das observações atípicas (*outliers*). Montgomery e Runger (2003) assim descrevem o diagrama de caixas:

Um diagrama de caixa apresenta três quartis, o mínimo e o máximo dos dados em uma caixa retangular, alinhados tanto horizontal como verticalmente. A caixa inclui a amplitude interquartil, com o canto esquerdo (ou inferior) no primeiro quartil, q_1 , e o canto direito (ou superior) no terceiro quartil, q_3 . Uma linha é desenhada, através da caixa, no segundo quartil (que é o percentil 50 ou a mediana), $q_2 = x$. Uma linha estende-se de cada extremidade da caixa. A linha inferior começa no primeiro quartil indo até o menor valor do conjunto de pontos dentro das faixas de 1,5 interquartil a partir do primeiro quartil. A linha superior começa no terceiro quartil indo até o maior valor do conjunto de pontos dentro das faixas de 1,5 interquartil do terceiro quartil. Dados mais afastados do que os bigodes são graficados como pontos individuais. Um ponto além da linha, porém, a menos de 3 amplitudes interquartis da extremidade da caixa, é chamado de *outlier*. Um ponto a mais de 3 faixas interquartis da extremidade da caixa é chamado de *outlier* extremo. (...) (MONTGOMERY; RUNGER, 2003).

3.3.3.2 Correlações

Com o objetivo de avaliar a existência de relações entre as diversas variáveis quantitativas e ordinais utilizadas nesta pesquisa, procedeu-se à realização de correlações.

A utilização do Coeficiente de Correlação de *Pearson* tem a função de avaliar a existência de relação entre duas variáveis, com as premissas de serem variáveis quantitativas e de apresentarem distribuição normal. Nessa situação podem ser enquadradas as variáveis Nível de Pressão Sonora Equivalente (L_{Aeq}) e Temperatura Equivalente Fisiológica (PET).

A avaliação da relação entre uma variável quantitativa e outra ordinal é realizada por meio da utilização do Coeficiente de correlação de *Spearman*. Essa situação ocorre no estudo das seguintes relações: entre o índice Temperatura Equivalente Fisiológica (PET) e as respostas da questão sobre a Percepção Térmica e também entre o índice Nível de Pressão Sonora Equivalente (L_{Aeq}) e as resposta da questão sobre a Percepção Sonora.

Já a relação entre duas variáveis ordinais é analisada por meio da utilização do Coeficiente de Correlação de *Kendall*. Essa técnica foi utilizada para comparar as respostas da questão sobre a Percepção Sonora com as respostas da questão sobre Percepção Térmica.

A interpretação dos resultados para os três tipos de coeficientes de correlação apresentados é a mesma: o resultado obtido é um índice que varia entre -1 e 1, sendo valores próximos a -1

indicação de forte correlação negativa, ou seja, para o aumento dos valores de uma das variáveis a outra apresentará queda. Para valores próximos de 1 a interpretação é de existência de forte correlação positiva, ou seja, para o aumento nos valores de uma variável tem-se o aumento também na outra variável. Por fim, os valores próximos à zero indicam a ausência de correlação, ou seja, os dados apresentam distribuições aleatórias. Para saber se os valores são ou não significativos, deve-se realizar o teste (cálculo do valor-p), pois isso depende do tamanho da amostra, dessa forma, se o valor- $p < 0,05$ a correlação é significativa.

3.3.3.3 Modelos de regressão

Visando verificar o efeito do índice L_{Aeq} sobre a percepção do volume sonoro, foi ajustada uma regressão logística ordinal considerando as chances proporcionais parciais (*partial proportional odds model*) (PETERSON; HANRREL, 1990). Com vistas a um melhor ajuste do modelo de regressão, a escala da percepção do volume sonoro foi reclassificada para três categorias: “Baixo”, “Normal” e “Alto”. A categoria “Baixo” inclui “Nem tinha percebido” e “Baixo”, a categoria “Normal” inclui “Normal”, enquanto que a categoria “Alto” inclui “Um pouco alto” e “Muito alto”. Para verificar a qualidade do ajuste foi calculado o pseudo R^2 de Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

Com vistas a verificar o efeito do índice L_{Aeq} sobre a percepção de volume sonoro em cada uma das áreas, foi ajustada uma regressão logística ordinal considerando as chances proporcionais parciais (*partial proportional odds model*) (PETERSON; HANRREL, 1990). Semelhantemente ao realizado na utilização do modelo de regressão para avaliar o efeito do índice L_{Aeq} sobre a percepção do volume sonoro considerando todo o conjunto de dados, a escala da percepção do volume sonoro foi reclassificada para três categorias: “Baixo”, “Normal” e “Alto”. A categoria “Baixo” inclui as categorias “Nem tinha percebido” e “Baixo”, a categoria “Normal” inclui apenas a categoria “Normal”, enquanto que a categoria “Alto” inclui as categorias “Um pouco alto” e “Muito alto”. Para verificar a qualidade do ajuste foi calculado o pseudo R^2 de Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

Objetivando verificar o efeito do índice L_{Aeq} sobre a avaliação subjetiva de conforto acústico, foi ajustada uma regressão logística (AGRESTI, 2002). Visando a um melhor ajuste do modelo de regressão, a avaliação subjetiva do conforto acústico foi reclassificada para duas categorias: “Confortável” e “Desconfortável”. A categoria “Confortável” inclui apenas a categoria “Confortável”. A categoria “Desconfortável” inclui as categorias “Um pouco desconfortável”, “Desconfortável” e “Muito desconfortável”. Para testar a adequabilidade do

modelo, foi realizado o teste de Hosmer-Lemeshow (HOSMER; LEMESHOW, 2000), calculado o pseudo R^2 de Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

Para verificar o efeito do índice L_{Aeq} sobre a avaliação subjetiva do conforto acústico para cada uma das áreas de estudo, foi ajustada uma regressão logística (AGRESTI, 2002). Semelhantemente ao realizado na utilização do modelo de regressão para avaliar o efeito do índice L_{Aeq} sobre a avaliação do conforto acústico considerando todo o conjunto de dados, a escala da avaliação de conforto acústico foi reclassificada para duas categorias: “Confortável” e “Desconfortável”. A categoria “Confortável” inclui apenas a categoria “Confortável”. A categoria “Desconfortável” inclui a categoria “Um pouco desconfortável”, “Desconfortável” e “Muito desconfortável”. Para testar a adequabilidade do modelo, foi realizado o teste de Hosmer-Lemeshow (HOSMER; LEMESHOW, 2000), e foram calculados o pseudo R^2 de Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

Visando calibrar o índice PET e encontrar as faixas de percepção térmica, foi ajustada uma regressão logística ordinal considerando as chances proporcionais parciais (*partial proportional odds model*) (PETERSON; HANRREL, 1990). Visando a um melhor ajuste do modelo de regressão, a avaliação subjetiva da temperatura foi reclassificada para três categorias: “Frio”, “Bem” e “Calor”. A categoria “Frio” inclui as categorias “Com muito frio”, “Com frio” e “Com um pouco de frio”; a categoria “Bem” inclui “Bem, nem com frio e nem com calor”; enquanto a categoria “Calor” inclui “Com um pouco de calor”, “Com calor” e “Com muito calor”. Para testar a suposição das chances proporcionais, foi ajustado o modelo das chances proporcionais parciais e realizado uma Análise de Desvio. Para verificar a qualidade do ajuste foram calculados o pseudo R^2 de Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

Com vistas a verificar o efeito do índice PET sobre a percepção de sensação térmica em cada uma das estações, foi ajustada uma regressão logística ordinal considerando as chances proporcionais (*proportional-odds model*) (AGRESTI, 2002). Visando a um melhor ajuste do modelo de regressão, a escala de percepção de sensações térmicas foi reclassificada para três categorias: “Frio”, “Bem” e “Calor”. A categoria “Frio” inclui as categorias “Com muito frio”, “Com frio” e “Com um pouco de frio”; a categoria “Bem” inclui a categoria “Bem, nem com frio e nem com calor”; e a “Calor” inclui “Com um pouco de calor” “Com calor” e “Com muito calor”. Para testar a suposição das chances proporcionais, foi ajustado o modelo das chances proporcionais parciais e realizada uma Análise de Desvio. Para verificar a qualidade do ajuste foram calculados o pseudo R^2 de Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

Objetivando verificar o efeito do índice PET sobre a avaliação subjetiva de conforto térmico, foi ajustada uma regressão logística (AGRESTI, 2002). Visando a um melhor ajuste do modelo de regressão, a avaliação subjetiva do conforto acústico foi reclassificada para duas categorias: “Confortável” e “Desconfortável”. A categoria “Confortável” inclui apenas a categoria “Confortável”. A categoria “Desconfortável” inclui as categorias “Um pouco desconfortável”, “Desconfortável” e “Muito desconfortável”. Para testar a adequabilidade do modelo, foi realizado o teste de Hosmer-Lemeshow (HOSER; LEMESHOW, 2000) e calculados os pseudo R^2 de Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

Para verificar o efeito do índice PET sobre a avaliação subjetiva do conforto térmico, foi ajustada uma regressão logística (AGRESTI, 2002). Semelhantemente ao realizado na utilização do modelo de regressão para avaliar o efeito do índice PET sobre a avaliação do conforto térmico considerando todo o conjunto de dados, a escala da avaliação de conforto térmico foi reclassificada para duas categorias: “Confortável” e “Desconfortável”. A categoria “Confortável” inclui apenas a categoria “Confortável”. A categoria “Desconfortável” inclui a categoria “Um pouco desconfortável”, “Desconfortável” e “Muito desconfortável”. Para testar a adequabilidade do modelo, foi realizado o teste de Hosmer-Lemeshow (HOSMER; LEMESHOW, 2000) e calculados o pseudo R^2 de Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

A fim de verificar a influência do índice PET sobre o índice LAeq e vice-versa, foi ajustada uma regressão linear usando o método de Quase-verossimilhança (WEDDERBURN, 1974). O método de Quase-verossimilhança é muito utilizado pela sua ausência de suposições distribucionais, sendo necessário apenas especificar a estrutura da média e variância.

Para o cálculo da temperatura neutra, as respostas médias de percepção de sensações térmicas (*mean thermal sensation votes* – MTSVs) dos entrevistados em cada intervalo de 1 °C PET são calculados e plotados em um gráfico, para as estações de inverno e de verão. Gera-se, então, a linha de regressão correspondente, com a respectiva equação. A temperatura neutra pode ser calculada utilizando a equação gerada quando a sensação térmica dos entrevistados é igual a zero (MTSVs=0) (LIN, 2009).

Neste trabalho, para encontrar a temperatura neutra foram ajustados modelos de regressão considerando o efeito do PET sobre a média dos votos de sensação térmica com o PET para cada uma das estações, sendo que as raízes das equações são as temperaturas neutras.

Objetivando o cálculo da temperatura preferida, baseado nas respostas de preferência térmica, utiliza-se análise *probit* (BALLANTYNE *et al.*, 1977 *apud* LIN, 2009). As respostas

sobre preferência térmica são inicialmente agrupadas em categorias (prefere frio no inverno, prefere calor no inverno, prefere frio no verão, prefere calor no verão). Essas categorias de preferências são separadas em intervalos de 2°C PET e a porcentagem de cada uma é calculada. Essa porcentagem é inserida separadamente, para cada uma das categorias, no modelo *probit* para a geração do gráfico. O ponto no qual os dois modelos se interceptam representa a temperatura na qual os indivíduos não preferem que as condições térmicas estejam nem mais quente e nem mais frias, ou seja, preferem as condições térmicas como estão – sem mudanças. Esse ponto representa a temperatura preferida (DE DEAR; FOUNTAIN, 1994 *apud* LIN, 2009).

Neste trabalho, visando calcular a temperatura preferida em ambas as estações foram ajustadas regressões para “preferir frio” e para “preferir calor” na estação do verão e para “preferir frio” e “preferir calor” na estação do inverno. Para cada estação, o ponto em que ambos os modelos se interceptam é considerado a temperatura preferida, na qual, os indivíduos não preferem nem mais calor nem mais frio, preferem as condições térmicas como elas estão no momento, sem mudanças. As regressões foram ajustadas considerando as quatro funções de ligações mais conhecidas para respostas binárias, *Logit*, *Probit*, *Cauchit* e Complemento *log-log* (McCULLAGH; NELDER, 1989). Considerando a estatística AIC para seleção de modelos, foi verificado que a regressão *Cauchit* foi a que melhor se ajustou aos dados. O modelo *Cauchit* é atrativo quando existe a presença de valores atípicos, quando o valor do preditor linear é grande em valor absoluto, indicando que a resposta está praticamente certa e ocorrem erros. Esses valores atípicos surgiram, uma vez que ocorreram casos de indivíduos que mesmo com baixos valores de PET preferiam mais frio, ou mesmo com altos valores de PET preferiam mais calor.

3.3.4 Incertezas experimentais

Em estudos experimentais a existência de incertezas nos resultados apresentados deve ser considerada uma vez que se pode admitir a possibilidade de eventuais imprecisões nas diversas etapas da pesquisa e, principalmente, durante o procedimento de obtenção de dados em campo, digitalização e tratamento desses.

Ressalta-se, portanto, que, durante o planejamento e execução da pesquisa, todas as precauções foram tomadas para assegurar o rigor necessário a uma pesquisa científica e para evitar que pequenos erros inerentes ao processo experimental, eventualmente existentes, interferissem na validade, utilidade, confiabilidade e fidedignidade dos resultados apresentados.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS DADOS

A seguir serão apresentados e analisados os resultados obtidos na pesquisa, durante a qual foi aplicado um total de 1.693 formulários válidos, que corresponde a um erro amostral de, aproximadamente 7%. O Quadro 14 apresenta o número de formulários aplicados em cada um dos levantamentos de campo realizados.

Quadro 14 – Número de formulários aplicados na pesquisa

	Coleta de dados de verão		Coleta de dados de inverno	
	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro
Número de formulários aplicados por dia de coleta	359	476	389	469
Número de formulários aplicados por estação	835		858	
Total de formulários aplicados na pesquisa	1.693			

Fonte: Produzida pela autora, 2014.

4.1 Descrição do perfil da amostra – variáveis individuais e dados controle

A Tabela 9 apresenta a análise quantitativa das variáveis individuais e dos dados-controle, coletados durante os levantamentos de campo de verão e de inverno.

Tabela 9 – Variáveis individuais e dados-controle

(continua)

	Verão		Inverno	
	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro
Sexo				
Masculino	185 (51,5%)	247 (52,6%)	174 (45,08%)	285 (61,16%)
Feminino	174 (48,5%)	221 (47,4%)	212 (54,92%)	181 (38,84%)
Idade (anos)				
20-29	143 (40,6%)	161 (34,6%)	137 (36,3%)	139 (29,7%)
30-39	84 (23,9%)	127 (27,7%)	104 (27,6%)	118 (25,2%)
40-49	71 (20,2%)	123 (26,5%)	67 (17,8%)	110 (23,5%)
50-59	54 (15,3%)	54 (11,2%)	69 (18,3%)	101 (21,6%)
Altura (m)				
<1,50	3 (0,8%)	5 (1,1%)	18 (4,6%)	10 (2,1%)
1,5-1,59	51 (14,2%)	52 (11,4%)	78 (20,1%)	82 (17,5%)
1,6 – 1,69	154 (42,9%)	169 (35,8%)	158 (40,6%)	197 (42,1%)
>1,7	149 (42,1%)	242 (51,7%)	135 (34,7%)	146 (38,3%)
Peso (Kg)				
<50	25 (7%)	36 (7,6%)	39 (10,0%)	16 (3,4%)
50-59	68 (18,9%)	49 (10,4%)	88 (22,6%)	79 (16,9%)
60-69	91 (25,3%)	133 (28,1%)	134 (34,5%)	157 (33,6%)
70-79	117 (32,6%)	143 (30,7%)	197 (24,9%)	134 (28,6%)
>80	58 (16,2%)	110 (23,3%)	31 (8,0%)	82 (17,5%)

Tabela 9 – Variáveis individuais e dados-controle

(conclusão)

	Verão		Inverno	
	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro
Vestimenta (clo)				
0,3	76 (21,2%)	86 (18,1%)	26 (6,7%)	29 (6,3%)
0,5	207 (57,7%)	281 (59,2%)	167 (43,2%)	147 (31,4%)
0,7	70 (19,5%)	101 (21,7%)	153 (39,5%)	222 (47,4%)
1	5 (1,4%)	4 (0,8%)	41 (10,6%)	61 (13,0%)
1,5	1 (0,3%)	1 (0,2%)	2 (0%)	9 (1,9%)
Localização durante a entrevista				
Sol	143 (40,3%)	100 (21,1%)	113 (29,0%)	99 (21,1%)
Sombra	212 (59,7%)	372 (78,9%)	276 (71,0%)	370 (78,9%)
Atividade física				
Sentado	125 (35,3%)	141 (31,6%)	208 (54%)	73 (15,7%)
Parado em pé	49 (13,8%)	199 (46,9%)	99 (25,7%)	232 (49,9%)
Andando	178 (50,3%)	95 (21,5%)	77 (20%)	159 (34,2%)
Correndo	2 (0,0%)	0	0	0
Bicicleta	0	0	1 (0,3%)	1 (0,2%)
Sensibilidade às condições climáticas				
Friorento	78 (21,7%)	83 (17,7%)	164 (42,9%)	163 (34,9%)
Calorento	195 (54,3%)	289 (61,9%)	135 (35,3%)	176 (37,7%)
Nem um nem outro	74 (20,6%)	92 (19,6%)	77 (20,2%)	124 (26,6%)
Não sabe dizer	12 (3,4%)	4 (0,8%)	6 (1,6%)	4 (0,9%)
Sensibilidade aos sons				
Muito sensível aos sons	95 (26,5%)	129 (27,5%)	129 (33,9%)	163 (34,9%)
Mais ou menos sensível aos sons	175 (48,7%)	212 (45,6%)	173 (45,4%)	191 (40,9%)
Nada sensível aos sons	67 (18,7%)	112 (23,9%)	72 (18,9%)	101 (21,6%)
Não sabe dizer	22 (6,1%)	14 (3,0%)	7 (1,8%)	12 (2,6%)
Local de Moradia				
Municípios da Região Metropolitana				
Barreiro	47 (13,1%)	120 (25,3%)	53 (13,6%)	114 (24,3%)
Centro-Sul	8 (2,3%)	9 (1,9%)	25 (6,4%)	22 (4,6%)
Leste	81 (22,6%)	36 (7,6%)	124 (31,8%)	38 (8,1%)
Oeste	27 (7,5%)	27 (5,7%)	37 (9,5%)	55 (11,7%)
Nordeste	33 (9,2%)	19 (4,0%)	21 (5,3%)	45 (9,5%)
Noroeste	17 (4,7%)	19 (4,0%)	24 (6,1%)	62 (13,2%)
Norte	26 (7,2%)	28 (5,9%)	40 (10,2%)	49 (10,4%)
Pampulha	9 (2,5%)	41 (8,6%)	18 (4,6%)	22 (4,6%)
Venda Nova	17 (4,7%)	17 (3,6%)	29 (7,4%)	29 (6,1%)
Sem resposta	8 (2,3%)	24 (5,1%)	15 (3,8%)	28 (5,9%)
Profissão				
3º grau completo	83 (24,0%)	134 (28,27%)	3 (0,7%)	5 (1%)
Professores, estudantes e funcionários públicos	46 (12,8%)	22 (4,6%)	49 (12,5%)	26 (5,5%)
Outras ocupações	93 (25,9%)	47 (9,9%)	113 (29%)	44 (9,3%)
Sem resposta	216 (60,2%)	396 (83,5%)	227 (58,3%)	397 (84,6%)
	4 (1,1%)	9 (1,9%)	0	2 (0,4%)

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Considerando os dados apresentados na Tabela 9, observa-se que, com relação ao sexo dos entrevistados, há uma ligeira predominância de entrevistados do sexo masculino na amostra. Com relação à idade, predominam os entrevistados na faixa etária de 20 a 29 anos. No verão, a vestimenta mais frequentemente utilizada pelos pedestres apresenta um isolamento térmico de 0,5clo. No inverno, a vestimenta mais frequentemente utilizada pelos pedestres apresenta um isolamento térmico de 0,7clo (predomina na Praça da Sete de Setembro), com uma ocorrência muito elevada de vestimentas com o isolamento térmico de 0,5clo (predomina na Praça da Liberdade). Nota-se que, no inverno, há uma maior variedade na utilização das vestimentas (distribuição de frequências mais equilibrada). A localização dos entrevistados na sombra predomina em ambas as praças e em ambas as estações.

Com relação à sensibilidade dos entrevistados com relação às condições climáticas, no verão, a maioria das pessoas se autodefinem calorentas. Já no inverno, ocorre o contrário: a maioria das pessoas se autodefinem friorentas. Porém, no inverno, há também uma grande ocorrência de pessoas que se autodefinem calorentas. Possivelmente essa diferença encontrada entre as estações pode ser explicada por fatores psicológicos. No contexto das teorias sobre conforto adaptativo, abordadas no Capítulo 2 desta tese, essa diferença pode estar relacionada às adaptações psicológicas que podem ocorrer, principalmente aquelas relativas à expectativa.

Com relação à sensibilidade aos sons, a maioria dos entrevistados se autodefinem mais ou menos sensíveis aos sons.

De um modo geral, a maioria dos entrevistados residem na regional centro-sul, porém, as demais regionais também atingiram uma representação significativa e bastante equilibrada. Com relação à profissão/ocupação dos entrevistados, predominam outras ocupações diferentes daquelas exercidas por profissionais que possuem o 3º grau completo, ou que são professores, estudantes ou funcionários públicos.

4.2 Descrição dos parâmetros acústicos dos dias de medição

Os Gráficos 1 e 2 apresentam a série de dados medidos do índice L_{Aeq} , para ambos os levantamentos de campo e para ambas as praças.

Gráfico 1 – Série temporal de dados medidos de níveis de pressão sonora equivalentes - $L_{Aeq,1min}$, levantamento de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Gráfico 2 – Série temporal de dados medidos de níveis de pressão sonora equivalentes - $L_{Aeq,1min}$, levantamento de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Os valores de mínimo, média ($L_{Aeq,10h}$), máximo, amplitude, desvio padrão e coeficientes de variação são apresentados na Tabela 10 para os níveis de pressão sonora equivalentes – 1 min – ponderados na curva A, tanto para os pontos localizados no local onde foram medidos os mais baixos níveis de pressão sonora durante os pré-testes realizados, quanto para os pontos localizados no local onde os maiores níveis de pressão sonora foram medidos nos pré-testes, tanto para o levantamento de campo de inverno, quanto para o levantamento de campo de verão. Esta tabela apresenta ainda os valores dos níveis estatísticos (L_{10} , L_{50} e L_{90}), considerando todo o tempo de medição (10h), e o valor da diferença $L_{10} - L_{90}$.

Tabela 10 – Valores dos níveis de pressão sonora equivalentes -1min- ponderados na curva A ($L_{Aeq,1min}$) para os levantamentos de campo de verão e de inverno.

	Verão				Inverno			
	Praça da Liberdade		Praça Sete de Setembro		Praça da Liberdade		Praça Sete de Setembro	
	$L_{Aeq,1min}$ dB(A) (menor NPS)	$L_{Aeq,1min}$ dB(A) (maior NPS)	$L_{Aeq,1min}$ dB(A) (menor NPS)	$L_{Aeq,1min}$ dB(A) (maior NPS)	$L_{Aeq,1min}$ dB(A) (menor NPS)	$L_{Aeq,1min}$ dB(A) (maior NPS)	$L_{Aeq,1min}$ dB(A) (menor NPS)	$L_{Aeq,1min}$ dB(A) (maior NPS)
Mínimo	57,3	59,6	66,7	70,4	57,0	59,3	65,1	69,8
$L_{Aeq,10h}$	60,6	62,2	71,3	76,0	62,2	63,8	71,1	73,7
Máximo	64,7	66,7	80,2	95	68,6	68,9	78,0	79,8
Amplitude	7,4	7,1	13,5	24,6	11,6	9,6	12,9	10,0
DP	1,4	1,5	2,4	3,5	2,2	1,9	2,9	1,9
CV (%)	2,3	2,4	3,4	4,5	3,5	3,0	4,1	2,5
$L_{10,10h}$	62,2	64,2	74,2	78,7	64,9	65,9	74,8	76,1
$L_{50,10h}$	60,5	62,2	71,1	75,4	62,1	63,9	71,3	73,7
$L_{90,10h}$	58,9	60,3	68,2	72,8	59,6	61,3	67,0	71,5
$L_{10}-L_{90}$	3,3	3,9	6,2	5,9	5,3	4,6	7,8	4,6

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Com relação aos valores do L_{Aeq} medidos, em ambos os levantamentos de campo, de verão e de inverno, os valores mais elevados foram registrados na Praça Sete de Setembro. Nota-se

que, na Praça da Liberdade, além de os valores de $L_{Aeq,10h}$ serem mais baixos para ambos os pontos de medição, a menor amplitude dos valores medidos mostra que o nível sonoro não é tão variável quanto na Praça Sete de Setembro, na qual a amplitude dos valores medidos foi maior, indicando uma maior variabilidade dos níveis sonoros, e na qual também os valores de $L_{Aeq,10h}$ foram bastante elevados. Tanto os valores de $L_{90,10h}$ quanto os valores da diferença $L_{10}-L_{90}$, ambos bastante relacionados à sensação de incômodo na literatura, o primeiro por representar a condição mais característica do ruído medido e o segundo por representar as variações bruscas dos níveis sonoros, foram iguais ou mais elevados nos registros realizados para a Praça Sete de Setembro.

A Tabela 11 mostra a comparação do descritor sonoro L_{Aeq} entre as estações (verão e inverno) e a Tabela 12 mostra a comparação do descritor sonoro L_{Aeq} entre as praças (Praça da Liberdade e Praça Sete de Setembro).

Tabela 11 – Comparação do descritor L_{Aeq} (dB(A)) entre as duas estações

Índice	Estação	N	Média	E.P.	1º Q	2º Q	3º Q	Valor-p ¹
Índice L_{Aeq}	Verão	833	68,6	0,2	62,0	70,0	74,0	0,427
	Inverno	858	68,1	0,2	63,0	68,0	73,0	

¹ Teste de Mann-Whitney. Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Tabela 12 – Comparação do descritor L_{Aeq} (dB(A)) entre as duas áreas de estudo

Índice	Praça	N	Média	E.P.	1º Q	2º Q	3º Q	Valor-p ¹
Índice L_{Aeq}	Liberdade	748	62,3	0,1	61,0	62,0	64,0	0,000
	Sete de Setembro	943	73,2	0,1	71,0	73,0	75,0	

¹ Teste de Mann-Whitney. Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Pela análise da Tabela 11 pode-se verificar que, no verão, a média do índice L_{Aeq} foi de 68,6dB(A), enquanto que, no inverno, a média do índice L_{Aeq} foi de 68,1 dB(A), sendo essa diferença não significativa (valor-p=0,427). Já a Tabela 12, mostra que, na Praça da Liberdade, a média do índice L_{Aeq} foi de 62,3dB(A), enquanto que, na Praça Sete de Setembro, a média do índice L_{Aeq} foi de 73,2dB(A), sendo essa diferença significativa (valor-p=0,000).

4.3 Descrição dos parâmetros microclimáticos dos dias de medição

Os Gráficos 3 a 6 apresentam, para ambos os levantamentos de campo e para ambas as praças analisadas, as séries de dados microclimáticos medidos (temperatura do ar e umidade relativa) e calculados (temperatura radiante média).

Gráfico 3 – Série temporal de dados medidos de Temperatura do Ar (Ta) e Umidade Relativa (RH) para os levantamentos de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Gráfico 4 – Série temporal de dados medidos de Temperatura do Ar (Ta) e Umidade Relativa (RH) para os levantamentos de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Gráfico 5 – Série temporal de Temperatura Média Radiante (Tmrt) para os levantamentos de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Gráfico 6 – Série temporal de Temperatura Média Radiante (Tmrt) para os levantamentos de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Os Gráficos 7 a 12 apresentam, para ambos os levantamentos de campo e para ambas as praças analisadas, as séries de dados microclimáticos medidos de velocidade do vento e os gráficos com as frequências de direção dos ventos.

Gráfico 7 – Série temporal de velocidade do vento para os levantamentos de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo, 2013

Gráfico 8 – Série temporal de velocidade do vento para os levantamentos de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo, 2013

Gráficos 9 e 10 – Direção do vento para os levantamentos de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Gráficos 11 e 12 – Direção do vento para os levantamentos de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Os valores de mínimo, média, mediana, máximo, amplitude, desvio padrão e coeficientes de variação para a temperatura do ar, umidade relativa, temperatura de globo e temperatura radiante média, tanto para os pontos localizados no sol, quanto para os localizados na sombra, em ambas as praças e em ambos os levantamentos de campo são apresentados nas Tabelas 13 a 16. Os valores de mínimo, máximo e média para velocidade do vento, de moda para direção do vento e de nebulosidade são apresentados nas Tabelas 17 e 18. Quanto à nebulosidade, os dados referem-se aos registros da estação meteorológica principal de Belo Horizonte, operada pelo 5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (5º DISME/INMET). Os registros foram realizados às 9h (12 UTC) e às 15h (18 UTC), considerando o horário local sem correção para o horário de verão.

Tabela 13 – Valores de temperatura do ar e de umidade relativa para o levantamento de campo de verão

	Praça da Liberdade				Praça Sete de Setembro			
	Ta (°C) (sombra)	Ta (°C) (sol)	UR (%) (sombra)	UR (%) (sol)	Ta (°C) (sombra)	Ta (°C) (sol)	UR (%) (sombra)	UR (%) (sol)
Mínimo	23,7	24,2	49,5	45,8	25,2	25,2	42,1	39,3
Média	28,3	29,8	57,1	54,4	30,2	31,7	50,1	47,0
Mediana	28,8	30,2	54,5	52,1	30,1	31,8	48,8	45,1
Máximo	31,0	33,6	76,4	74,2	33,5	35,3	66,9	67,2
Amplitude	7,3	9,4	26,9	28,5	8,3	10,0	24,8	27,8
DP	2,2	2,8	7,6	8,0	2,4	2,7	6,7	7,0
CV (%)	7,8	9,3	13,3	14,7	8,0	8,4	13,4	14,9

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Tabela 14 – Valores de temperatura do ar e de umidade relativa para o levantamento de campo de inverno

	Praça da Liberdade				Praça Sete de Setembro			
	Ta (°C) (sombra)	Ta (°C) (sol)	UR (%) (sombra)	UR (%) (sol)	Ta (°C) (sombra)	Ta (°C) (sol)	UR (%) (sombra)	UR (%) (sol)
Mínimo	16,7	15,5	42,3	38,8	17,4	17,5	48,5	42,8
Média	22,6	23,5	56,0	53,8	21,1	22,4	55,9	52,5
Mediana	23,8	24,8	55,1	50,8	21,8	22,8	56,1	52,7
Máximo	25,8	27,7	77,0	81,0	23,5	25,8	62,1	61,5
Amplitude	9,1	12,2	34,7	42,2	6,1	8,3	13,6	18,7
DP	2,7	3,7	9,9	11,9	1,9	2,2	4,3	5,1
CV (%)	11,8	15,8	17,7	22,1	9,0	10,0	7,6	9,7

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Tabela 15 – Valores de temperatura de globo cinza, 40mm, e de temperatura radiante média para o levantamento de campo de verão

	Praça da Liberdade				Praça Sete de Setembro			
	Tg (°C) (sombra)	Tg (°C) (sol)	Tmrt (°C) (sombra)	Tmrt (°C) (sol)	Tg (°C) (sombra)	Tg (°C) (sol)	Tmrt (°C) (sombra)	Tmrt (°C) (sol)
Mínimo	24,3	24,9	25,0	25,4	25,4	25,9	25,4	26,9
Média	28,9	31,9	30,8	40,5	30,8	33,3	31,8	40,1
Mediana	29,5	32,5	31,8	39,4	31,1	33,6	32,1	39,6
Máximo	31,6	36,6	35,6	64,8	37,2	38,0	45,2	59,4
Amplitude	7,3	11,8	10,6	39,4	11,8	12,1	19,9	32,5
DP	2,2	3,3	2,4	9,3	2,5	2,9	3,2	6,4
CV (%)	7,6	10,4	7,7	23,0	8,0	8,8	10,0	15,9

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Tabela 16 – Valores de temperatura de globo cinza, 40mm, e de temperatura radiante média para o levantamento de campo de inverno

	Praça da Liberdade				Praça Sete de Setembro			
	Tg (°C) (sombra)	Tg (°C) (sol)	Tmrt (°C) (sombra)	Tmrt (°C) (sol)	Tg (°C) (sombra)	Tg (°C) (sol)	Tmrt (°C) (sombra)	Tmrt (°C) (sol)
Mínimo	17,1	17,8	16,9	17,9	17,6	18,0	17,9	19,6
Média	23,6	25,7	27,1	32,5	21,5	24,1	22,2	30,9
Mediana	24,5	26,3	26,7	34,1	22,2	24,3	22,6	27,8
Máximo	28,2	30,6	43,7	53,3	24,6	29,2	26,8	52,3
Amplitude	11,1	12,8	26,8	35,4	7,0	11,2	8,9	32,7
DP	2,8	4,0	5,0	9,6	2,0	2,6	2,1	8,1
CV (%)	12,0	15,6	18,4	29,5	9,2	10,7	9,4	26,1

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Tabela 17 – Valores de velocidade do vento, direção do vento e nebulosidade para o levantamento de campo de verão

	Praça da Liberdade							Praça Sete de Setembro						
	Velocidade do vento (m/s)			dv (°)	Nebulosidade (décimos de céu)			Velocidade do vento (m/s)			dv (°)	Nebulosidade (décimos de céu)		
	Min	Med	Max	Moda	9h	15h		Min	Med	Max	Moda	9h	15h	
Sombra	0	0,7	2,5	315				0	0,3	1,5	0			
Sol	0,2	1,3	4,7	315	8	4		0,1	1,4	5,3	315	4	4	

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Tabela 18 – Valores de velocidade do vento, direção do vento e nebulosidade para o levantamento de campo de inverno

	Praça da Liberdade							Praça Sete de Setembro						
	Velocidade do vento (m/s)			dv (°)	Nebulosidade (décimos de céu)			Velocidade do vento (m/s)			dv (°)	Nebulosidade (décimos de céu)		
	Min	Med	Max	Moda	9h	15h		Min	Med	Max	Moda	9h	15h	
Sombra	0,3	0,8	2,4	90				0,1	0,2	0,9	135			
Sol	0	0,7	3,9	0	0	3		0,1	1,1	3,43	180	0	10	

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Com relação aos dados microclimáticos medidos no levantamento de campo de verão, nota-se que, em ambas as praças, os registros de temperatura do ar foram bastante elevados. Em alguns momentos do dia, os valores de temperatura do ar medidos ultrapassaram os valores da média anual de temperatura máxima, 27,1 °C e também os valores de temperatura máxima registrada para o mês de fevereiro nas Normais Climatológicas, que é o mês que apresenta o valor mais elevado do ano: 28,8 °C. As condições térmicas registradas neste levantamento de campo representam, portanto, uma situação calor para o município de Belo Horizonte, cuja temperatura média anual é de 21,1 °C.

Com relação aos valores de umidade relativa, os menores registros ocorreram no sol. Os valores registrados permaneceram, em grande parte do período de medição, abaixo da média anual para o município de Belo Horizonte, que é de 72,2%.

Os valores calculados de temperatura radiante média para os pontos localizados na sombra apresentam menor variabilidade e menor dispersão que os valores dessa variável estimados para o ponto do sol. Essa grande variabilidade e dispersão dos dados calculados para o ponto do sol são previsíveis, uma vez que os parâmetros temperatura do ar, temperatura de globo e velocidade do ar, utilizados no cálculo da temperatura radiante média, foram também mais variáveis e mais dispersos quando medidos no sol.

Os maiores valores de velocidade do vento foram registrados nos pontos localizados no sol, visto que, estes pontos estavam situados em locais mais abertos, sem obstáculos ao fluxo do vento. A direção do vento predominante na Praça da Liberdade foi noroeste, em ambos os pontos, e na Praça Sete de Setembro, norte, para o ponto localizado na sombra e noroeste para o ponto localizado no sol.

Durante os levantamentos de campo de verão, o céu estava parcialmente nublado (por volta de 12h) a aberto (à tarde), condição esta bem típica do verão.

Como as medições foram realizadas em dias diferentes, não é possível comparar diretamente os valores das variáveis microclimáticas medidas na Praça da Liberdade com os valores medidos na Praça Sete de Setembro, com vistas a analisar a influência da morfologia urbana. Observa-se que, de um modo geral, os valores de temperatura do ar registrados pelo 5º DISME/INMET foram um pouco mais altos no dia do levantamento de campo realizado na Praça Sete de Setembro (QUADRO 10, item 3.2, desta tese), o que também ocorre nos dados referentes ao dia de levantamento de campo na Praça Sete de Setembro (TABELA 13). Nota-se ainda que os valores de amplitude térmica foram maiores na Praça Sete de Setembro (TABELA 13). Uma análise da eventual influência da morfologia urbana nos dados microclimáticos medidos em campo é realizada no item 4.13 desta tese.

Com relação aos dados microclimáticos medidos no levantamento de campo de inverno, nota-se que, em ambas as praças, os registros de temperatura do ar corresponderam ao de um dia considerado frio para Belo Horizonte. Em alguns momentos do dia, os valores de temperatura do ar medidos aproximam-se dos valores da média anual de temperatura mínima, 16,7°C e também dos valores de temperatura mínima registrada para o mês de julho nas Normais Climatológicas, que é o mês que apresenta o valor mais baixo do ano: 13,1°C. As condições térmicas registradas neste levantamento de campo representam, portanto, uma situação de frio para o município de Belo Horizonte.

Com relação aos valores de umidade relativa, os menores registros ocorreram no sol. Os valores registrados permaneceram, em grande parte do período de medição, abaixo da média anual para o município de Belo Horizonte, que é de 72,2% e abaixo da média mensal para o mês de julho, que é de 68,7%.

Da mesma forma que nos levantamos de campo de verão, os valores calculados de temperatura radiante média para os pontos localizados na sombra apresentam menor variabilidade e menor dispersão que os valores dessa variável estimados para o ponto do sol.

Também os maiores valores de velocidade do vento foram registrados nos pontos localizados no sol, visto que, estes pontos estavam situados em locais mais abertos, sem obstáculos ao fluxo do vento. A direção do vento predominante durante o levantamento de campo de inverno na Praça da Liberdade foi leste, para o ponto localizado na sombra e norte, para o ponto localizado ao sol; na Praça Sete de Setembro, sudeste, para o ponto localizado na sombra e sul para o ponto localizado no sol.

Durante os levantamentos de campo de inverno, o céu estava aberto, apresentando pouca nebulosidade, no dia do levantamento de campo da Praça da Liberdade. A nebulosidade variou bastante no levantamento de campo da Praça Sete de Setembro, durante o qual o céu passou de aberto a encoberto.

É importante ressaltar novamente que, como as medições foram realizadas em dias diferentes, não é possível comparar diretamente os valores das variáveis microclimáticas medidas na Praça da Liberdade com os valores medidos na Praça Sete de Setembro, com vistas a analisar a influência da morfologia urbana. Observa-se que, de um modo geral, os valores de temperatura do ar registrados pelo 5° DISME/INMET (QUADRO 10, item 3.2, desta tese) foram um pouco mais baixos no dia do levantamento de campo realizado na Praça Sete de Setembro, o que também se reflete nos dados medidos em campo (TABELA 14). Porém, nota-se ainda que os valores de amplitude térmica foram também menores na Praça Sete de Setembro (TABELA 14). Uma análise da eventual influência da morfologia urbana nos dados microclimáticos medidos em campo é realizada no item 4.13 desta tese.

Os Gráficos 13 e 14 apresentam as séries de dados calculados para o índice PET, para ambos os levantamentos de campo e para ambas as praças.

Os valores de mínimo, média, mediana, máximo, amplitude, desvio padrão e coeficientes de variação para a temperatura equivalente fisiológica, tanto para os pontos localizados ao sol, quanto para os localizados na sombra, em ambas as praças, e para ambos os levantamentos de campo, são apresentados na Tabela 19.

Tabela 19 – Valores de temperatura equivalente fisiológica (PET) para os levantamentos de campo de verão e de inverno

	Verão				Inverno			
	Praça da Liberdade		Praça Sete de Setembro		Praça da Liberdade		Praça Sete de Setembro	
	PET (°C) (sombra)	PET (°C) (sol)	PET (°C) (sombra)	PET (°C) (sol)	PET (°C) (sombra)	PET (°C) (sol)	PET (°C) (sombra)	PET (°C) (sol)
Mínimo	23,3	23,1	25,4	24,0	16,6	17,7	16,2	14,3
Média	28,7	33,4	31,2	34,5	22,6	26,1	21,1	23,1
Máximo	32,0	41,4	38,6	42,4	29,5	32,1	25,6	31,4
Amplitude	8,7	18,4	13,2	18,3	12,9	14,4	9,5	17,1
DP	2,5	4,7	2,6	4,0	3,0	4,6	2,5	3,8
CV (%)	8,6	14,0	8,2	11,5	13,3	17,6	11,8	16,5

Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Com relação ao índice PET, os valores mais elevados de PET referem-se aos registros realizados no sol. Esse resultado é coerente com os apresentados para as variáveis climáticas, uma vez que, nas situações em que as medições foram realizadas no sol, os valores medidos ao sol (principalmente de temperatura de globo) eram superiores aos medidos na sombra, repercutindo também em valores mais elevados do índice PET. Porém, nem sempre os valores medidos no sol resultavam em valores mais altos de PET para esses pontos, uma vez que, muitas vezes, nos pontos localizados no sol foram também medidos os mais elevados valores de velocidade do vento. Apesar de não podermos comparar diretamente os valores medidos na Praça da Liberdade com os valores medidos na Praça Sete de Setembro, uma vez que as medições foram realizadas em dias diferentes, no levantamentos de campo de verão, os valores médios de PET foram superiores para os registros feitos na Praça Sete de Setembro. Já no levantamento de campo de inverno, os valores médios de PET foram superiores para os registros feitos na Praça da Liberdade. Este resultado está coerente com os registros médios de temperatura do ar nas duas praças.

A Tabela 20 mostra a comparação do índice PET entre as estações (verão e inverno), e a Tabela 21 mostra a comparação do índice PET entre as praças (Praça da Liberdade e Praça Sete de Setembro).

Tabela 20 – Comparação do índice PET (°C) entre as duas estações

Índice	Estação	N	Média	E.P.	1º Q	2º Q	3º Q	Valor-p ¹
Índice PET	Verão	833	31,3	0,1	29,3	31,1	33,2	0,000
	Inverno	858	22,7	0,1	20,0	22,9	24,8	

¹ Teste de Mann-Whitney. Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Tabela 21 – Comparação do índice PET (°C) entre as duas áreas de estudo

Índice	Praça	N	Média	E.P.	1º Q	2º Q	3º Q	Valor-p ¹
Índice PET	Liberdade	748	27,0	0,2	23,5	26,8	30,7	0,968
	Sete de Setembro	943	26,9	0,2	22,2	26,6	32,4	

¹ Teste de Mann-Whitney. Fonte: Dados coletados em campo, 2013.

Pela análise da Tabela 20 pode-se verificar que, no verão, a média do índice PET foi de 31,3°C enquanto que, no inverno, a média do índice PET foi de 22,7°C, sendo essa diferença significativa (valor-p=0,000). Já a Tabela 21, mostra que, na Praça da Liberdade, a média do índice PET foi de 27,0°C, enquanto que, na Praça Sete de Setembro, a média do índice PET foi de 26,9°C, sendo essa diferença não significativa (valor-p=0,968).

4.4 Descrição das respostas subjetivas referentes à percepção e ao conforto acústico

A Tabela 22 abaixo apresenta as respostas subjetivas dos entrevistados com relação às condições acústicas no momento da entrevista, para as duas estações.

Tabela 22 – Respostas subjetivas dos entrevistados com relação às condições acústicas no momento da entrevista, para as duas estações

(continua)						
Variáveis		Inverno		Verão		Valor-p ¹
Percepção sonora (N=1691)	1-Nem tinha percebido	26	3,0%	40	4,8%	0,867
	2-Baixo	47	5,5%	32	3,8%	
	3-Normal	379	44,2%	353	42,4%	
	4-Um pouco alto	245	28,6%	243	29,2%	
	5-Muito alto	161	18,8%	165	19,8%	
	Média [I.C. – 95%]	3,55	[3,48; 3,61]	3,55	[3,48; 3,62]	
Incômodo relacionado ao volume sonoro (N=1691)	1-Não	440	51,3%	389	46,7%	0,038
	2-Um pouquinho	199	23,2%	194	23,3%	
	3-Mais ou menos	69	8,0%	73	8,8%	
	4-Bastante	83	9,7%	108	13,0%	
	5-Muito	67	7,8%	69	8,3%	
	Média [I.C. – 95%]	2,00	[1,91; 2,08]	2,13	[2,04; 2,22]	
Avaliação Conforto acústico (N=1685)	1-Confortável	437	51,3%	390	46,8%	0,067
	2-Um pouco desconfortável	265	31,1%	256	30,7%	
	3-Desconfortável	83	9,7%	130	15,6%	
	4-Muito desconfortável	67	7,9%	57	6,8%	
	Média [I.C. – 95%]	1,74	[1,68; 1,8]	1,83	[1,76; 1,89]	

Tabela 22 – Respostas subjetivas dos entrevistados com relação às condições acústicas no momento da entrevista, para as duas estações

		(conclusão)			
Variáveis		Inverno		Verão	
Sensibilidade ao som (N=1618)	1-Muito sensível aos sons	292	35,3%	224	28,4%
	2-Mais ou menos sensível aos sons	364	44,0%	387	49,0%
	3-Nada sensível aos sons	172	20,8%	179	22,7%
	Média [I.C. – 95%]	1,86	[1,81; 1,9]	1,94	[1,89; 1,99]

¹ Teste de Associação Linear. Fonte: Dados coletados em campo.

Considerando as informações da Tabela 22 acima é importante destacar que não houve diferença significativa na percepção sonora e nem na avaliação do conforto acústico entre as estações de inverno e verão (valor-p=0,867; valor-p=0,067). No inverno houve uma tendência de os indivíduos se incomodarem menos com o volume sonoro do que no verão. No inverno houve uma tendência dos indivíduos se sentirem mais sensíveis aos sons do que no verão.

A Tabela 23 abaixo apresenta as respostas subjetivas dos entrevistados com relação às condições acústicas no momento da entrevista, para as duas áreas de estudo – Praça da Liberdade e Praça Sete de Setembro.

Tabela 23 – Respostas subjetivas dos entrevistados com relação às condições acústicas no momento da entrevista, para a Praça da Liberdade e para a Praça Sete de Setembro

Variáveis		Praça da Liberdade		Praça Sete de Setembro		Valor-p ¹
Percepção sonora (N=1691)	1- Nem tinha percebido	36	4,8%	30	3,2%	0,000
	2- Baixo	55	7,4%	24	2,5%	
	3- Normal	437	58,4%	295	31,3%	
	4- Um pouco alto	179	23,9%	309	32,8%	
	5- Muito alto	41	5,5%	285	30,2%	
	Média [I.C. – 95%]	3,18	[3,12; 3,24]	3,84	[3,78; 3,91]	
Incômodo relacionado ao volume sonoro (N=1691)	1- Não	476	63,6%	353	37,4%	0,000
	2- Um pouquinho	158	21,1%	235	24,9%	
	3- Mais ou menos	54	7,2%	88	9,3%	
	4- Bastante	48	6,4%	143	15,2%	
	5- Muito	12	1,6%	124	13,1%	
	Média [I.C. – 95%]	1,61	[1,55; 1,68]	2,42	[2,32; 2,51]	
Avaliação Conforto acústico (N=1685)	1- Confortável	484	64,8%	343	36,6%	0,000
	2- Um pouco desconfortável	202	27,0%	319	34,0%	
	3- Desconfortável	47	6,3%	166	17,7%	
	4- Muito desconfortável	14	1,9%	110	11,7%	
	Média [I.C. – 95%]	1,45	[1,4; 1,51]	2,05	[1,98; 2,11]	
Sensibilidade ao som (N=1618)	1- Muito sensível aos sons	223	31,4%	293	32,3%	0,423
	2- Mais ou menos sensível aos sons	348	49,0%	403	44,4%	
	3- Nada sensível aos sons	139	19,6%	212	23,3%	
	Média [I.C. – 95%]	1,88	[1,83; 1,93]	1,91	[1,86; 1,96]	

¹ Teste de Associação Linear. Fonte: Dados coletados em campo.

Considerando as informações da Tabela 23 acima é importante destacar que na Praça Sete de Setembro houve uma tendência de os indivíduos perceberem o volume do ambiente sonoro como “Alto”; enquanto que, na Praça da Liberdade, houve uma tendência de os indivíduos perceberem o volume sonoro como “Normal”. Na Praça da Liberdade, houve uma tendência de os indivíduos se incomodarem menos com o volume sonoro; enquanto que, na Praça Sete de Setembro, houve uma tendência de os indivíduos se incomodarem mais com o volume dos sons. Similarmente, na Praça da Liberdade, houve uma tendência dos indivíduos se sentirem mais confortáveis com relação ao som; enquanto que, na Praça Sete de Setembro, houve uma tendência de os indivíduos se sentirem mais desconfortáveis com respeito ao som. Não houve diferença significativa de sensibilidade ao som dos pedestres entrevistados na Praça da Liberdade e na Praça Sete de Setembro (valor- $p=0,421$).

A seguir são apresentados os gráficos referentes à resposta dos usuários, para ambos os levantamentos de campo, para ambas as praças analisadas, com relação à percepção do volume sonoro (GRÁFICOS 15 e 16), ao incômodo causado pelo volume sonoro (GRÁFICOS 17 e 18) e à avaliação de conforto acústico (GRÁFICOS 19 e 20).

Gráfico 15 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a percepção do volume sonoro – levantamento de campo de verão. Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 16 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a percepção do volume sonoro – levantamento de campo de inverno. Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 17 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre o incômodo causado pelo volume sonoro – levantamento de campo de verão. Fonte: Dados coletados em campo

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 18 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre o incômodo causado pelo volume sonoro – levantamento de campo de inverno. Fonte: Dados coletados em campo

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 19 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a avaliação de conforto acústico – levantamento de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 20 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a avaliação de conforto acústico – levantamento de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo

Nas condições acústicas apresentadas no item 4.2, para o levantamento de campo de verão, na Praça da Liberdade, a maioria dos entrevistados consideraram o volume sonoro existente no momento das entrevistas como “Normal”, afirmando que este volume sonoro “não os incomoda”, e que, portanto, estavam “Confortáveis”. Já na Praça Sete de Setembro, 65% dos entrevistados consideraram o volume sonoro do momento da entrevista “Alto” em algum grau, sendo que, 29,6% o consideraram “Muito alto”. Nesta praça, 66,4% dos entrevistados reportaram que o volume sonoro existente no momento da entrevista causava “algum grau de incômodo”, e que estavam, portanto, “Desconfortáveis”. Apenas 32,4% dos entrevistados afirmaram estar “Confortáveis”. Ao analisar a série temporal do índice $L_{Aeq,1min}$ apresentada no Gráfico 1, pode-se notar que, na Praça da Liberdade, os valores medidos em campo oscilaram em torno dos 60dB(A), estando, em grande parte do período considerado, um pouco acima deste valor, que é o limite diurno estabelecido para conforto acústico em ambientes externos pela NBR 10.151, da ABNT, para área mista, com vocação comercial e administrativa. Era de se esperar, portanto, que uma maior parte das pessoas reportassem desconforto também nesta situação. Isso demonstra certo grau de tolerância por parte dos usuários urbanos com relação aos elevados níveis sonoros existentes na Praça da Liberdade. Já a série temporal do $L_{Aeq,1min}$ referente aos dados medidos para a Praça Sete de Setembro oscila na faixa de 65 a 80dB(A), representando níveis sonoros bem acima do limite estabelecido pela NBR 10.151, da ABNT, o que pode explicar o alto percentual de pessoas que consideraram o volume sonoro desta praça no dia da entrevista como “Muito alto” e “Desconfortável”.

Nas condições acústicas apresentadas no item 4.2 desta tese, para o levantamento de campo de inverno, em ambas as praças, a maioria dos entrevistados consideraram o volume sonoro existente no momento das entrevistas como “Normal”, afirmando que este volume sonoro “não os incomoda”, e que, portanto, estavam “Confortáveis”. Ao analisar a série temporal do

índice $L_{Aeq,1min}$ apresentada no Gráfico 2, pode-se notar que, na Praça da Liberdade, os valores medidos em campo oscilaram em torno dos 60dB(A), estando, em grande parte do período considerado, um pouco acima deste valor, que é o limite diurno estabelecido para conforto acústico em ambientes externos pela NBR 10.151, da ABNT, para área mista, com vocação comercial e administrativa. Da mesma maneira que ocorreu no levantamento de campo de verão, mais de 60% dos entrevistados disseram estar “Confortáveis” nas condições acústicas existentes no momento da entrevista. Isso demonstra igualmente certo grau de tolerância por parte dos usuários urbanos com relação aos níveis sonoros existentes na Praça da Liberdade. Já a série temporal do $L_{Aeq,1min}$ referente aos dados medidos para a Praça Sete de Setembro oscila na faixa de 65 a 80dB(A), representando níveis sonoros bem acima do limite estabelecido pela NBR 10.151, da ABNT. Em dissonância com os resultados apresentados para os levantamentos de campo de verão, nos quais as condições acústicas existentes no momento das entrevistas eram bastante semelhantes às existentes no levantamento de campo de inverno, a maioria dos entrevistados consideraram o volume sonoro existente no momento das entrevistas como “Normal”, afirmando que este volume sonoro “não os incomoda”, e que, portanto, estavam “Confortáveis”. Esta avaliação pode ser explicada pelo fato de que, no levantamento de campo de verão, foram mais altos os valores obtidos para a amplitude do $L_{Aeq,1min}$, para a diferença entre L_{10} e L_{90} (exceto para o ponto de menor níveis de pressão sonora - NPS) e para o L_{90} . Diferenças na paisagem sonora entre as estações também podem explicar essa diferença nas respostas subjetivas às condições acústicas. Adicionalmente, tendo em vista que no levantamento de campo de verão as condições térmicas eram mais adversas (zona de desconforto em grande parte do dia), uma outra possível explicação para esta avaliação (percepção das condições acústicas também como desconfortáveis) seriam os fatos de o conforto global influenciar na avaliação isolada de conforto acústico, conforme estudos de Raimbault *et al.* (2003), e de a percepção ser multissensorial, conforme estudos de Viollon *et al.* (2002) e Pereira (2003), dentre outros, todos mencionados no Capítulo 2, desta tese.

Os dados numéricos utilizados para a confecção dos Gráficos 15 a 20, podem ser visualizados nas Tabela 50, constantes no Apêndice G, desta tese.

Os Gráficos 21 – 24 a seguir, apresentam, para cada um dos levantamentos de campo e para cada uma das áreas analisadas, a relação entre a percepção acústica dos entrevistados e o índice de conforto acústico L_{Aeq} , para cada uma das faixas medidas desse índice. Similarmente, os Gráficos 25 – 28 apresentam, para cada um dos levantamentos de campo e para cada uma das áreas analisadas, a relação entre a avaliação de conforto acústico dos entrevistados e o índice de conforto acústico L_{Aeq} , para cada uma das faixas medidas desse índice.

Gráfico 21 – Distribuição percentual das categorias de percepção acústica em função dos valores de L_{Aeq} para a Praça da Liberdade, no levantamento de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 22 – Distribuição percentual das categorias de percepção acústica em função dos valores de L_{Aeq} para a Praça Sete de Setembro, no levantamento de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 23 – Distribuição percentual das categorias de percepção acústica em função dos valores de L_{Aeq} para a Praça da Liberdade, no levantamento de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 24 – Distribuição percentual das categorias de percepção acústica em função dos valores de L_{Aeq} para a Praça Sete de Setembro, no levantamento de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 25 – Distribuição percentual das categorias de conforto acústico em função dos valores de L_{Aeq} para a Praça da Liberdade, no levantamento de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 26 – Distribuição percentual das categorias de conforto acústico em função dos valores de L_{Aeq} para a Praça Sete de Setembro, no levantamento de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 27 – Distribuição percentual das categorias de conforto acústico em função dos valores de L_{Aeq} , para a Praça da Liberdade, no levantamento de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 28 – Distribuição percentual das categorias de conforto acústico em função dos valores de L_{Aeq} , para a Praça Sete de Setembro, no levantamento de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo

Tanto no levantamento de campo de verão quanto no de inverno, na faixa de 65 a 69dB(A), o percentual de pessoas que perceberam o som ambiente como “Normal”, é maior na Praça da Liberdade do que na Praça Sete de Setembro (GRÁFICOS 21 a 24). Da mesma forma, o percentual de pessoas que se sentem “Confortáveis” também é maior na Praça da Liberdade (GRÁFICOS 25 a 28), ao se considerar as mesmas condições acústicas.

Esse fato pode ser novamente explicado pela interação entre o conforto acústico e os outros fatores do ambiente – como o conforto visual e o térmico, conforme estudos de Kang *et al.* (2004); Raimbault *et al.* (2003), Pereira (2003), Viollon *et al.* (2002), dentre outros, todos mencionados no Capítulo 2, desta tese.

No levantamento de campo da Praça Sete de Setembro, o percentual de indivíduos que perceberam o som ambiente como “Normal” é maior no inverno do que no verão, para todas as faixas analisadas (GRÁFICOS 22 e 24). Da mesma forma, o percentual de pessoas que se sentem “Confortáveis” também é maior no inverno do que no verão, para todas as faixas analisadas (GRÁFICOS 26 e 28). Na Praça da Liberdade, o mesmo parece ocorrer, apesar de menos evidente (GRÁFICOS 21, 23, 25, 27).

Os dados numéricos utilizados para a confecção dos Gráficos 21 a 28, podem ser visualizados nas Tabelas 51 e 52, constantes no Apêndice H, desta tese.

De um modo geral, a análise dos gráficos apresentados (Gráficos 21 a 28) mostra que, sob as mesmas condições acústicas, tanto no que diz respeito à percepção sonora quanto à avaliação de conforto acústico, os indivíduos tendem a ser mais tolerantes na Praça da

Liberdade do que na Praça Sete de Setembro e tendem também a ser mais tolerantes no inverno do que no verão.

4.5 Descrição das respostas subjetivas referentes à percepção e ao conforto térmico

A Tabela 24 abaixo apresenta as respostas subjetivas dos entrevistados com relação às condições térmicas no momento da entrevista, para as duas estações.

Tabela 24 – Respostas subjetivas dos entrevistados com relação às condições térmicas no momento da entrevista, para as duas estações

Variáveis		Inverno		Verão		Valor-p ¹
Percepção térmica (N=1691)	1-Com muito frio	41	4,8%	1	0,1%	0,000
	2-Com frio	116	13,5%	0	0,0%	
	3-Com um pouco de frio	108	12,6%	5	0,6%	
	4-Nem com frio e nem com calor	493	57,5%	124	14,9%	
	5-Com um pouco de calor	47	5,5%	89	10,7%	
	6-Com calor	43	5,0%	146	17,5%	
	7-Com muito calor	10	1,2%	468	56,2%	
	Média [I.C. – 95%]	3,65	[3,57; 3,73]	6,13	[6,06; 6,21]	
Avaliação Conforto térmico (N=1690)	1-Confortável	629	73,4%	216	25,9%	0,000
	2-Um pouco desconfortável	163	19,0%	260	31,2%	
	3-Desconfortável	42	4,9%	217	26,1%	
	4-Muito desconfortável	23	2,7%	140	16,8%	
	Média [I.C. – 95%]	1,37	[1,32; 1,42]	2,34	[2,27; 2,41]	
Preferência sensações térmicas (N=1691)	1-Com muito mais frio	47	5,5%	87	10,4%	0,000
	2-Com mais frio	64	7,5%	221	26,5%	
	3-Com um pouco mais de frio	89	10,4%	348	41,8%	
	4-Sem mudanças	486	56,6%	167	20,0%	
	5-Com um pouco mais de calor	119	13,9%	5	0,6%	
	6-Com mais calor	43	5,0%	3	0,4%	
	7-Com muito mais calor	10	1,2%	2	0,2%	
	Média [I.C. – 95%]	3,86	[3,78; 3,94]	2,76	[2,69; 2,82]	
Sensibilidade Condições Climáticas (N=1649)	1-Friorento	327	39,0%	161	19,9%	0,000
	2-Nem um nem outro	201	24,0%	166	20,5%	
	3-Calorento	310	37,0%	484	59,7%	
	Média [I.C. – 95%]	1,98	[1,92; 2,04]	2,40	[2,34; 2,45]	

¹ Teste de Associação Linear. Fonte: Dados coletados em campo.

Considerando as informações da Tabela 24 acima é importante destacar que no inverno houve uma tendência de os indivíduos se sentirem “Bem, nem com frio e nem com calor” ou sentirem um pouco de frio ou frio, enquanto que no verão houve uma tendência dos indivíduos sentirem calor ou muito calor. No inverno houve uma tendência de os indivíduos se sentirem mais confortáveis com relação às condições térmicas, enquanto que no verão houve

uma tendência de os indivíduos se sentirem mais desconfortáveis com relação às condições térmicas. No verão houve uma tendência de os indivíduos preferirem se sentir com um pouco mais de frio ou com mais frio, enquanto que, no inverno, houve uma tendência de os indivíduos preferirem que as condições térmicas como estavam, sem mudanças, ou preferirem se sentir com um pouco mais de calor ou com mais calor. No inverno houve uma tendência de os indivíduos se julgarem mais friorentos, enquanto que no verão houve uma tendência de os indivíduos se julgarem mais calorentos.

A Tabela 25 abaixo apresenta as respostas subjetivas dos entrevistados com relação às condições térmicas no momento da entrevista, para as duas áreas de estudo – Praça da Liberdade e Praça Sete de Setembro.

Tabela 25 – Respostas subjetivas dos entrevistados com relação às condições térmicas no momento da entrevista, para a Praça da Liberdade e para a Praça Sete de Setembro

Variáveis		Praça da Liberdade		Praça Sete de Setembro		Valor-p ¹
Percepção térmica (N=1691)	1- Com muito frio	18	2,4%	24	2,5%	0,138
	2- Com frio	28	3,7%	88	9,3%	
	3- Com um pouco de frio	39	5,2%	74	7,8%	
	4- Nem com frio e nem com calor	330	44,1%	287	30,4%	
	5- Com um pouco de calor	78	10,4%	58	6,2%	
	6- Com calor	92	12,3%	97	10,3%	
	7- Com muito calor	163	21,8%	315	33,4%	
	Média [I.C. – 95%]	4,81	[4,7; 4,92]	4,93	[4,81; 5,05]	
Avaliação Conforto térmico (N=1690)	1- Confortável	429	57,4%	416	44,2%	0,000
	2- Um pouco desconfortável	195	26,1%	228	24,2%	
	3- Desconfortável	85	11,4%	174	18,5%	
	4- Muito desconfortável	39	5,2%	124	13,2%	
	Média [I.C. – 95%]	1,64	[1,59; 1,71]	2,01	[1,94; 2,08]	
Preferência sensações térmicas (N=1691)	1- Com muito mais frio	72	9,6%	62	6,6%	0,215
	2- Com mais frio	113	15,1%	172	18,2%	
	3- Com um pouco mais de frio	195	26,1%	242	25,7%	
	4- Sem mudanças	304	40,6%	349	37,0%	
	5- Com um pouco mais de calor	39	5,2%	85	9,0%	
	6- Com mais calor	19	2,5%	27	2,9%	
	7- Com muito mais calor	6	0,8%	6	0,6%	
	Média [I.C. – 95%]	3,28	[3,19; 3,36]	3,35	[3,27; 3,42]	
Sensibilidade Condições Climáticas (N=1649)	1- Friorento	241	33,4%	247	26,6%	0,010
	2- Nem um nem outro	151	20,9%	216	23,3%	
	3- Calorento	330	45,7%	464	50,1%	
	Média [I.C. – 95%]	2,12	[2,06; 2,18]	2,23	[2,18; 2,29]	

¹ Teste de Associação Linear. Fonte: Dados coletados em campo.

Considerando as informações da Tabela 25 acima é importante destacar que não houve diferença significativa na percepção térmica e na preferencia de sensações térmicas entre a Praça da Liberdade e a Praça Sete de Setembro (valor- $p=0,138$; valor- $p=0,215$). Na Praça da Liberdade houve uma tendência de os indivíduos se sentirem mais confortáveis com relação às condições térmicas, enquanto que na Praça Sete de Setembro houve uma tendência de os indivíduos se sentirem mais desconfortáveis com relação às condições térmicas. Na Praça da Liberdade houve uma tendência de os indivíduos se julgarem mais friorentos, enquanto que na Praça Sete de Setembro houve uma tendência de os indivíduos se julgarem mais calorentos.

A seguir são apresentados os gráficos referentes à resposta dos usuários, para ambos os levantamentos de campo, para ambas as praças analisadas, com relação à percepção de sensações térmicas (GRÁFICOS 29 e 30), à preferênci de sensações térmicas (GRÁFICOS 31 e 32), à avaliação de conforto térmico (GRÁFICOS 33 e 34).

Gráfico 29 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a percepção de sensação térmica – levantamento de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 30 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a percepção de sensação térmica – levantamento de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo.

Gráfico 31 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a preferência de sensação térmica – levantamento de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 32 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a preferência de sensação térmica – levantamento de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 33 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a avaliação de conforto térmico – levantamento de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 34 – Porcentagem de resposta dos entrevistados sobre a avaliação de conforto térmico – levantamento de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo

A partir da análise de dados, pode-se observar que, nas condições térmicas apresentadas no item 4.3 desta tese, no levantamento de campo de verão, com relação à percepção de sensação térmica (GRÁFICO 29) e à avaliação do conforto térmico (GRÁFICO 33), em ambas as praças, a maioria dos entrevistados reportaram que estavam com algum grau de “Calor” e, portanto, “Desconfortáveis”. Uma pequena porcentagem reportou que estava “Bem”, “Confortável”. Este resultado está em conformidade com a calibração deste índice para ambientes externos, realizada por Hirashima, Assis e Ferreira (2011). Analisando a série temporal do PET apresentada no Gráfico 13, pode-se observar que, para a maior parte do tempo estudado, os valores de PET ficaram acima do limite superior do intervalo de conforto definido por Hirashima, Assis e Ferreira (2011), que é de 30,5°C. Da mesma forma, durante um grande período do tempo estudado, os valores de PET ficaram acima de 35,5°C, limite acima do qual as pessoas estão com muito calor, segundo a calibração realizada por Hirashima, Assis e Ferreira (2011). Coerentemente com este resultado, com relação à preferência de sensações térmicas (GRÁFICO 31), também em ambas as praças, a maioria dos entrevistados afirmaram que prefeririam estar sentindo “mais frio” em algum grau no momento da entrevista, e apenas uma pequena parcela deles prefeririam as condições térmicas como estavam no momento (“sem mudanças”).

Nas condições térmicas apresentadas no item 4.3 desta tese, no levantamento de campo de inverno, com relação à percepção de sensação térmica (GRÁFICO 30) e à avaliação do conforto térmico (GRÁFICO 34), em ambas as praças, a grande maioria dos entrevistados reportaram que estavam “Bem”, nem com frio e nem com calor, e, portanto, “Confortáveis”. Uma pequena porcentagem reportou que estava com algum grau de desconforto. Este resultado está em conformidade com a calibração deste índice para ambientes externos, realizada por Hirashima, Assis e Ferreira (2011). Analisando a série temporal do PET apresentada no GRÁFICO 14, pode-se observar que, para a maior parte do tempo estudado,

os valores de PET ficaram dentro do intervalo de conforto definido por Hirashima, Assis e Ferreira (2011), que é de 15,5 a 30,5°C. Durante um pequeno período do tempo estudado, na Praça Sete de Setembro, os valores de PET ficaram abaixo de 15,5°C, limite abaixo do qual as pessoas estão com “um pouco de frio”, segundo a calibração realizada por Hirashima, Assis e Ferreira (2011). Da mesma forma, durante um pequeno período estudado, em ambas as praças, nos pontos de medição localizados ao sol, os valores de PET ficaram acima de 30,5°C, limite acima do qual as pessoas estão com “um pouco de calor” (de 30,5°C - 31°C) ou “com calor” (de 31°C – 35,5°C), segundo a calibração realizada por Hirashima, Assis e Ferreira (2011). Coerentemente com este resultado, com relação à preferência de sensações térmicas (GRÁFICO 32), também em ambas as praças, a maioria dos entrevistados afirmaram que prefeririam as condições térmicas como estavam no momento – “sem mudanças”.

Os GRÁFICOS 35 a 38 a seguir, apresentam, para cada um dos levantamentos de campo e para cada uma das áreas analisadas, a relação entre a percepção de sensação térmica dos entrevistados e o índice de conforto térmico PET, para cada uma das faixas medidas desse índice. Similarmente, os GRÁFICOS 39 a 42 apresentam, para cada um dos levantamentos de campo e para cada uma das áreas analisadas, a relação entre a avaliação de conforto térmico dos entrevistados e o índice de conforto térmico PET, para cada uma das faixas medidas desse índice.

Gráfico 35 – Distribuição percentual das categorias de percepção térmica em função dos valores de PET, para a Praça da Liberdade, no levantamento de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 36 – Distribuição percentual das categorias de percepção térmica em função dos valores de PET, para a Praça Sete de Setembro, no levantamento de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 37 – Distribuição percentual das categorias de percepção térmica em função dos valores de PET, para a Praça da Liberdade, no levantamento de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo.

Gráfico 38 – Distribuição percentual das categorias de percepção térmica em função dos valores de PET, para a Praça Sete de Setembro, no levantamento de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo.

Gráfico 39 – Distribuição percentual das categorias de conforto térmico em função dos valores de PET, para a Praça da Liberdade, no levantamento de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 40 – Distribuição percentual das categorias de conforto térmico em função dos valores de PET, para a Praça Sete de Setembro, no levantamento de campo de verão

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 41 – Distribuição percentual das categorias de conforto térmico em função dos valores de PET, para a Praça da Liberdade, no levantamento de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 42 – Distribuição percentual das categorias de conforto térmico em função dos valores de PET, para a Praça Sete de Setembro, no levantamento de campo de inverno

Fonte: Dados coletados em campo

Tanto no levantamento de campo de verão quanto no de inverno, para todas as faixas de PET analisadas, ao se considerar as mesmas condições térmicas, o percentual de pessoas que se sentiram “Bem”, é maior na Praça da Liberdade do que na Praça Sete de Setembro (GRÁFICOS 35 a 38). Da mesma forma, o percentual de pessoas que se sentem “Confortáveis” também é maior na Praça da Liberdade (GRÁFICOS 39 a 42), ao se considerar as mesmas faixas do índice de conforto térmico.

Tanto no levantamento de campo da Praça da Liberdade (GRÁFICOS 35, 37, 39 e 41), quanto no levantamento de campo da Praça Sete de Setembro (GRÁFICOS 36, 38, 40 e 42), para todas as faixas de PET analisadas, ao se considerar as mesmas condições térmicas, o percentual de pessoas que se sentiram “Bem”, é maior no inverno do que no verão; assim como o percentual de pessoas que se sentiram “Confortáveis”, é também maior no inverno do que no verão.

No levantamento de campo de verão, com relação à percepção de sensações térmicas em função das faixas do PET (GRÁFICOS 35 e 36), nota-se que, em ambas as praças, nas faixas que representam valores de PET menores que 25°C, há maior porcentagem de pessoas que reportaram estar “Bem”, nem com frio e nem com calor. Similarmente, com relação à avaliação de conforto térmico (GRÁFICOS 39 e 40), nessa mesma faixa de valores de PET menores que 25°C, em ambas as praças, há também maior porcentagem de pessoas que se dizem “Confortáveis” com relação às condições térmicas.

Já no levantamento de campo de inverno, com relação à percepção de sensações térmicas em função das faixas do PET (GRÁFICOS 37 e 38), nota-se que, em ambas as praças, nas faixas que representam valores de PET maiores que 25°C (principalmente na faixa entre 30 e 35°C), há maior porcentagem de pessoas que reportaram estar “Bem”, nem com frio e nem com calor. Similarmente, com relação à avaliação de conforto térmico (GRÁFICOS 41 e 42), nessa mesma faixa de valores de PET maiores que 25°C (principalmente na faixa entre 30 e 35°C), em ambas as praças, há também maior porcentagem de pessoas que se dizem “Confortáveis” com relação às condições térmicas.

Essa diferença na percepção de sensações térmicas e na avaliação de conforto térmico entre as estações pode ser explicada por fatores psicológicos. Novamente, no contexto das teorias sobre conforto adaptativo, abordadas no capítulo 2 desta tese, essa diferença pode estar relacionada às adaptações psicológicas que podem ocorrer, principalmente aquelas relativas à expectativa. Em seu artigo, Höppe (2002) também afirma que, com relação às estações do ano, no inverno as pessoas tendem a preferir temperaturas altas às baixas, enquanto no verão ocorre exatamente o oposto (HÖPPE, 2002).

Por esta razão as faixas de percepção térmica e de avaliação de conforto térmico e, conseqüentemente, a zona de conforto, para a mesma localidade, pode ser diferente entre as estações, fato este que ocorre no município de Belo Horizonte para a avaliação de conforto térmico, conforme será mencionado no item 4.7. Este trabalho apresenta também evidências de que esse fato possa ocorrer no município de Belo Horizonte também para a percepção térmica embora não tenha sido possível comprová-las com base na amostra obtida no presente estudo, conforme mencionado no item 4.7 desta Tese.

Os dados numéricos utilizados para a confecção dos Gráficos 35 a 38, podem ser visualizados nas Tabelas 53 e 54, constantes no Apêndice H, desta tese.

De um modo geral, a análise dos gráficos apresentados (GRÁFICOS 35 – 42) mostra que, sob as mesmas condições térmicas, tanto no que diz respeito à percepção de sensações térmicas quanto à avaliação de conforto térmico, os indivíduos tendem a ser mais tolerantes na Praça da Liberdade do que na Praça Sete de Setembro e tendem ainda a serem mais tolerantes no inverno do que no verão.

4.6 Descrição e avaliação da paisagem sonora

Na avaliação da paisagem sonora, durante os registros das respostas dos usuários com relação à identificação dos sons e à classificação destes como agradáveis ou desagradáveis foi considerada apenas a primeira evocação espontânea dos sons pelos pedestres.

A seguir são apresentados os gráficos referentes à resposta dos usuários, para cada um dos levantamentos de campo e para ambas as praças analisadas, com relação à identificação dos sons (GRÁFICOS 43 e 44).

Gráfico 43 – Principais sons identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de verão

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 44 – Principais sons identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de inverno

Fonte: Dados coletados em campo

Com relação à identificação dos sons nos levantamentos de campo de verão, na Praça da Liberdade, os sons mais citados foram de carros, do trânsito e de ônibus, nesta ordem; na Praça Sete de Setembro, os sons mais citados foram de carros, do trânsito e de música de rua, nesta ordem. Ao se considerar carros e ônibus na mesma categoria de trânsito, o trânsito responde por 84,4%, na Praça da Liberdade, e por 62%, na Praça Sete de Setembro, das evocações espontâneas referentes à identificação dos sons no momento da entrevista. Após o trânsito, os sons citados mais frequentemente foram de pássaros (4,2%) e de conversas (2,5%), na Praça da Liberdade, e de música de rua (16%) e de conversas (8%), na Praça Sete de Setembro. Além desses sons, na Praça da Liberdade, foram identificados sons de fonte de água e de obras, dentre outros, e, na Praça Sete de Setembro, foram identificados sons de fala ao microfone, carro de som, musica de lojas, obra, dentre outros. Ressalta-se que pouquíssimos sons naturais, como o de pássaros, vento, folhas foram identificados na Praça Sete de Setembro.

No levantamento de campo de inverno, com relação à identificação dos sons, na Praça da Liberdade, os sons mais frequentemente citados foram de carros, de ônibus e de trânsito, nesta ordem; na Praça Sete de Setembro, os sons mais frequentemente citados foram de carros, de conversas e de ônibus, nesta ordem. Ao se considerar carros, ônibus e buzina na mesma categoria de trânsito, o trânsito responde por 75%, na Praça da Liberdade, e por 53,9%, na Praça Sete de Setembro, das evocações espontâneas referentes à identificação dos sons no momento da entrevista. Após o trânsito, os sons citados mais frequentemente foram de fonte de água (7,2%), de pássaros (4,6%), e de conversas (3,34%), na Praça da Liberdade; e de conversas (16,6%) e de fala ao microfone (7,7%), na Praça Sete de Setembro. Ressalta-se que, assim como no levantamento de campo de verão, pouquíssimos sons naturais, como o de pássaros, vento, folhas foram identificados na Praça Sete de Setembro.

Com relação à paisagem sonora em cada uma das diferentes estações, nota-se que houve uma diferença significativa nas distribuições de frequência da identificação de sons no verão e no inverno. Observa-se que, no verão, foram identificados mais sons provenientes do trânsito de veículos e mais sons musicais (música de rua) do que no inverno; enquanto que, no inverno, foram identificados mais sons humanos (conversas e fala ao microfone) e naturais (pássaros, fontes de água) do que no verão.

Com relação à paisagem sonora em cada uma das diferentes praças, nota-se que houve uma diferença significativa nas distribuições de frequência da identificação de sons. Observa-se que, na Praça da Liberdade, foram identificados mais sons provenientes do trânsito de veículos e mais sons naturais (pássaros, fontes de água), enquanto que, na Praça Sete de Setembro, foram identificados mais sons humanos (conversas e fala ao microfone) e música de rua do que na Praça da Liberdade.

Considerando a resposta dos usuários com relação à identificação dos sons (em ambas as praças e em ambas as estações), e em conformidade com os estudos mencionados no Capítulo 2 desta tese, nota-se que realmente o aumento do trânsito de veículos automotores tem contribuído significativamente para mudanças na paisagem sonora e na percepção desta pelos pedestres. Apesar de os sons provenientes do trânsito de veículos terem sido mencionados com mais frequência no verão (do que no inverno) e na Praça da Liberdade (do que na Praça Sete de Setembro), o trânsito de veículos automotores é a principal fonte de ruído ambiental identificada em ambas as praças analisadas, e em ambas as estações, sendo, portanto, um importante contribuidor para o ambiente sonoro urbano.

A seguir são apresentados os gráficos referentes à resposta dos usuários, para ambos os levantamentos de campo, para ambas as praças analisadas, com relação à classificação dos sons percebidos como agradáveis (GRÁFICOS 45 e 46).

Gráfico 45 – Principais sons agradáveis identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de verão

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 46 – Principais sons agradáveis identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de inverno

Fonte: Dados coletados em campo

No levantamento de campo de verão, com relação aos sons considerados agradáveis, na Praça da Liberdade foram citados, nesta ordem: pássaros (38,4%), nenhum (30,9%), fonte de água (11,4%) e vento (5%). Na Praça Sete de Setembro foram citados, nesta ordem: nenhum (77,1%) e música de rua (12,1%), dentre outros. As respostas dos entrevistados com relação aos sons agradáveis chamam muita atenção, uma vez que a maioria deles não identificou nenhum som agradável na Praça Sete de Setembro e, da mesma forma, quase 1/3 deles não identificou nenhum som agradável na Praça da Liberdade. Em primeiro lugar na Praça da Liberdade o som dos pássaros foi apontado como agradável por 38,4% dos entrevistados, enquanto na Praça Sete de Setembro esse som foi apontado por apenas 0,8% dos entrevistados.

No levantamento de campo de inverno, com relação aos sons considerados agradáveis, na Praça da Liberdade foram citados, nesta ordem: pássaros (46%), fonte de água (23,4%) e

nenhum (15,9%), dentre outros. Na Praça Sete de Setembro foram citados, nesta ordem: nenhum (93,4%) e conversas (2,8%), dentre outros. Novamente a maioria dos entrevistados (93,4%) não identificou nenhum som agradável na Praça Sete de Setembro e, da mesma forma, na Praça da Liberdade, quase 16% dos entrevistados não identificou nenhum som agradável. Outra vez também, assim como no levantamento de campo de verão, em primeiro lugar na Praça da Liberdade o som dos pássaros foi apontado como agradável por 46% dos entrevistados, enquanto na Praça Sete de Setembro esse som foi apontado por apenas 0,6% dos entrevistados.

Com relação à classificação dos sons como agradáveis em cada uma das diferentes estações, nota-se que houve diferença significativa em suas distribuições de frequência no verão e no inverno. Pode-se perceber que, no verão, houve uma proporção maior de indivíduos que citaram como sons agradáveis os musicais (música de rua), enquanto que, no inverno, houve uma proporção maior de indivíduos que mencionaram como sons agradáveis a opção “nenhum” e os sons naturais (pássaros, fontes de água e outros).

Com relação à classificação dos sons como agradáveis em cada uma das diferentes praças, observa-se que, na Praça da Liberdade houve uma proporção maior de indivíduos que mencionaram os sons naturais (pássaros, fontes de água e outros sons naturais) Já na Praça Sete de Setembro, houve uma proporção maior de indivíduos que mencionaram como sons agradáveis a opção “nenhum”, seguida dos sons humanos (música de rua e conversas).

Ressalta-se que a opção “nenhum/não”, apesar de ter sido a resposta mais frequente em ambas as estações (com maior número de citações no inverno do que no verão), não foi a resposta mais frequente em ambas as praças. Na Praça Sete de Setembro, a opção “nenhum/não” foi a mais frequentemente mencionada. Porém, na Praça da Liberdade, as respostas referentes aos sons naturais (pássaros, fontes de água etc) preponderaram, o que pode explicar uma maior tolerância com relação ao ambiente sonoro nesta praça.

A seguir são apresentados os gráficos referentes à resposta dos usuários, para ambos os levantamentos de campo, para ambas as praças analisadas, com relação à classificação dos sons percebidos como desagradáveis (GRÁFICOS 47 e 48).

Gráfico 47 – Principais sons desagradáveis identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de verão

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 48 – Principais sons desagradáveis identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de inverno

Fonte: Dados coletados em campo

Ao serem questionados sobre os sons considerados desagradáveis, no levantamento de campo de verão, os entrevistados das duas praças concordaram com relação ao principal som desagradável: o som do trânsito que, de uma maneira geral, foi apontado por 74,7% dos entrevistados na Praça da Liberdade e por 53,8% dos entrevistados na Praça Sete de Setembro. A opção nenhum foi citada por 20,3% dos entrevistados na Praça da Liberdade e por 18,9%, na Praça Sete de Setembro. Na Praça Sete de Setembro, foram também apontados como sons desagradáveis aqueles provenientes de conversas, música de rua e de lojas, sons mecânicos, gritos, fala ao microfone, dentre outros.

No levantamento de campo de inverno, ao serem questionados sobre os sons considerados desagradáveis, os entrevistados das duas praças concordaram com relação ao principal som desagradável: o som do trânsito que, de uma maneira geral, foi apontado por 58% dos entrevistados na Praça da Liberdade e por 42% dos entrevistados na Praça Sete de

Setembro. A opção nenhum foi citada por 14% dos entrevistados na Praça da Liberdade e por 13%, na Praça Sete de Setembro. Em ambas as praças, foram também apontados como sons desagradáveis aqueles provenientes de conversas e gritos, dentre outros.

Com relação à classificação dos sons como desagradáveis em cada uma das diferentes estações, nota-se que houve diferença significativa nas distribuições de frequência da identificação de sons desagradáveis no inverno e no verão. Pode-se perceber que, no verão, houve uma proporção maior de indivíduos que julgaram que os sons desagradáveis foram os de trânsito, enquanto que, no inverno, houve uma proporção maior de indivíduos que julgaram que os sons desagradáveis foram os humanos. A opção “nenhum” foi mais frequente no verão do que no inverno.

Com relação à classificação dos sons como desagradáveis em cada uma das diferentes praças, observa-se que, na Praça da Liberdade houve uma proporção maior de indivíduos que mencionaram os sons de trânsito e a opção “nenhum”. Já na Praça Sete de Setembro, houve uma proporção maior de indivíduos que mencionaram como sons desagradáveis os sons humanos (conversas, música de rua e gritos).

Considerando a resposta dos usuários com relação à classificação dos sons como desagradáveis (em ambas as praças e em ambas as estações), nota-se que, apesar de os sons provenientes do trânsito de veículos terem sido mencionados com mais frequência no verão (do que no inverno) - o que pode explicar uma maior tolerância com relação ao ambiente sonoro nesta estação - e na Praça da Liberdade (do que na Praça Sete de Setembro), o trânsito de veículos automotores é o som mais frequentemente citado como desagradável em ambas as praças analisadas, e em ambas as estações.

Os dados numéricos utilizados para a confecção dos gráficos apresentados (GRÁFICOS 43 a 48), podem ser visualizados nas Tabelas 55 a 60, constantes no Apêndice I, desta tese.

4.7. Calibrações do L_{Aeq} – determinação das faixas para percepção e conforto acústico

O Gráfico 49 a seguir apresenta um *boxplot* com os valores obtidos de L_{Aeq} e a resposta dos entrevistados com relação à percepção do volume sonoro a eles correspondente. O *boxplot* foi construído para todo o conjunto de dados.

Gráfico 49 – *Boxplot* com os valores do índice L_{Aeq} e a resposta dos entrevistados com relação à percepção do volume sonoro a eles correspondente

Fonte: Dados coletados em campo

No *boxplot* que representa os valores obtidos do índice L_{Aeq} por percepção acústica, para todo o conjunto de dados (GRÁFICO 49), observa-se o crescimento do valor da mediana referente aos dados do L_{Aeq} para respostas de percepção sonora que representam categorias de percepção do volume sonoro como “mais altos” (com exceção da categoria “Nem tinha percebido”, cujo valor da mediana apresenta-se acima do valor da mediana da categoria “Baixo”). Esse crescimento do valor da mediana não é acentuado, ou seja, não apresenta grandes diferenças entre as categorias de percepção acústica. Observa-se que todas as medianas se encontram no intervalo interquartílico dos demais *boxplots*. Nota-se que, quanto à extensão da caixa, as categorias “Baixo” e “Muito alto” apresentam as menores dispersões dos dados, mostrando assim mais precisão e confiabilidade para os valores do L_{Aeq} nessa opção de resposta dos entrevistados. Em outras categorias de respostas da percepção acústica tem-se caixas mais alongadas que representam maior variabilidade dos valores de L_{Aeq} .

Apresenta-se a seguir a calibração do L_{Aeq} com relação à percepção do volume sonoro, considerando todo o conjunto de dados. Conforme mencionado anteriormente no item 3.3.3.3, para verificar o efeito do índice L_{Aeq} sobre a percepção do volume sonoro, foi ajustada uma regressão logística ordinal considerando as chances proporcionais parciais (*partial proportional odds model*) (PETERSON; HANRREL, 1990), uma vez que a suposição das

chances proporcionais foi violada (valor-p = 0,009). Com vistas a um melhor ajuste do modelo de regressão, a escala da percepção do volume sonoro foi reclassificada para três categorias: “Baixo”, “Normal” e “Alto”. A categoria “Baixo” inclui “Nem tinha percebido” e “Baixo”, a categoria “Normal” inclui “Normal”, enquanto que a categoria “Alto” inclui “Um pouco alto” e “Muito alto”. Para verificar a qualidade do ajuste foi calculado o pseudo R^2 de Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

A Tabela 26 apresenta o ajuste da regressão logística ordinal com as chances proporcionais parciais, com vistas a analisar as relações entre o L_{Aeq} e a percepção do volume sonoro.

Tabela 26 – Efeito do L_{Aeq} sobre a percepção do volume sonoro

Modelo	β	E.P.(β)	Valor-p	O.R.	I.C. - 95%
L_{Aeq} : (Prob[Y > Baixo])	0,073	0,015	0,000	1,08	[1,04; 1,11]
L_{Aeq} : (Prob[Y > Normal])	0,112	0,008	0,000	1,12	[1,10; 1,14]

Valor-p = 0,009 (Proporcionalidade das chances); $R^2 = 10,4\%$; Acurácia = 60,9%.

Fonte: Dados coletados em campo.

Avaliando o ajuste da regressão logística ordinal com as chances proporcionais parciais, elaborada para avaliar as relações entre o L_{Aeq} e a percepção do volume sonoro (TABELA 26), pode-se verificar que a cada unidade que se aumenta no índice L_{Aeq} a chance de a percepção sonora dos entrevistados ser classificada nas categorias “Normal” ou “Alto” aumenta 1,08 [1,04; 1,11] vezes, se comparada à chance de esta percepção ser classificada na categoria “Baixo”. Da mesma forma, a cada unidade que se aumenta no índice L_{Aeq} a chance de a percepção sonora dos entrevistados ser classificada na categoria “Alto” aumenta 1,12 [1,10; 1,14] vezes, se comparada a chance de esta percepção ser classificada nas categorias “Normal” ou “Baixa”. O índice L_{Aeq} foi capaz de explicar 10,4% das ocorrências da percepção do volume sonoro, sendo capaz de predizer 60,9% de respostas corretas.

O Gráfico 50 apresenta a calibração do índice L_{Aeq} para espaços urbanos abertos, apresentando as probabilidades preditas para a percepção do volume sonoro com relação aos valores do índice L_{Aeq} .

Gráfico 50 – Calibração do índice L_{Aeq} para espaços urbanos abertos - Probabilidades previstas para a percepção do volume sonoro

Fonte: Dados coletados em campo

No Gráfico 50 pode-se verificar que, quando o valor do índice L_{Aeq} for menor que 35,4dB(A), o volume sonoro será percebido como “Baixo”. Se o valor do índice L_{Aeq} estiver entre 35,4 e 67,6dB(A), o volume sonoro será percebido como “Normal” e acima de 67,6dB(A), como “Alto”.

Será apresentada a seguir uma calibração do índice L_{Aeq} , com relação à percepção do volume sonoro, para cada uma das áreas de estudo, tendo em vista que, conforme mencionado nos itens 4.2 e 4.4 desta tese,

- houve uma diferença significativa entre a média dos valores de L_{Aeq} medidos em cada uma das áreas de estudo (item 4.2) e que
- não houve diferença significativa na resposta dos usuários com relação à percepção do volume sonoro e nem com relação à avaliação de conforto acústico quando considerada as estações, mas sim quando consideradas as praças escolhidas como casos de estudo (item 4.4).

Portanto, com vistas a verificar o efeito do índice L_{Aeq} sobre a percepção de volume sonoro em cada uma das áreas, foi ajustada uma regressão logística ordinal considerando as chances proporcionais parciais (*partial proportional odds model*) (PETERSON; HANRREL, 1990), uma vez que a suposição das chances proporcionais foi violada (valor-p = 0,007). Semelhantemente ao realizado na utilização do modelo de regressão para avaliar o efeito

do índice L_{Aeq} sobre a percepção do volume sonoro considerando todo o conjunto de dados, a escala da percepção do volume sonoro foi reclassificada para três categorias: “Baixo”, “Normal” e “Alto”. A categoria “Baixo” inclui as categorias “Nem tinha percebido” e “Baixo”, a categoria “Normal” inclui apenas a categoria “Normal”, enquanto que a categoria “Alto” inclui as categorias “Um pouco alto” e “Muito alto”. Para verificar a qualidade do ajuste foi calculado o pseudo R^2 de Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

A Tabela 27 apresenta o ajuste da regressão logística ordinal com as chances proporcionais parciais, com vistas a analisar as relações entre o L_{Aeq} e a percepção do volume sonoro em cada uma das áreas de estudo.

Tabela 27 – Efeito do L_{Aeq} e das áreas de estudo sobre a percepção do volume sonoro

Modelo	β	E.P.(β)	Valor-p	O.R.	I.C. - 95%
L_{Aeq} : (Prob[Y > Baixo])	0,052	0,033	0,115	1,05	[0,99; 1,12]
L_{Aeq} : (Prob[Y > Normal])	0,050	0,017	0,004	1,05	[1,02; 1,09]
Área = Praça Sete: (Prob[Y > Baixo])	0,272	0,390	0,486	1,31	[0,61; 2,82]
Área = Praça Sete: (Prob[Y > Normal])	0,870	0,212	0,000	2,39	[1,58; 3,62]

$R^2 = 12,3\%$; Acurácia = 50,8%. Fonte: Dados coletados em campo.

Avaliando o ajuste da regressão logística ordinal com as chances proporcionais parciais, elaborada para avaliar as relações entre o L_{Aeq} e a percepção do volume sonoro em cada uma das áreas de estudo (TABELA 26), pode-se verificar que a cada unidade que se aumenta no índice L_{Aeq} a chance de a percepção sonora dos entrevistados ser classificada na categoria “Alta” aumenta 1,05 [1,02; 1,09] vezes, se comparada à chance de esta percepção ser classificada nas categorias “Normal” ou “Baixo”. Na Praça Sete de Setembro, a chance de a percepção sonora dos entrevistados ser classificada na categoria “Alto” ao invés de na categoria “Normal” ou “Baixo” foi 2,39 vezes maior que esta chance na Praça da Liberdade. Porém, a análise dos dados revela que não houve uma interação significativa entre o índice L_{Aeq} e a área (valor-p=0,371). Também a variação do índice L_{Aeq} ou da área não foi considerada como um fator significativo (valor-p=0,115, valor-p=0,486) para explicar a ocorrência de percepções sonoras nas categorias “Normal” ou “Alto” ao invés de na categoria “Baixo”. A consideração conjunta do índice L_{Aeq} e da área foi capaz de explicar 12,3 % da ocorrência da percepção do volume sonoro, sendo capazes de predizer 50,8% de respostas corretas.

Os Gráficos 51 e 52 apresentam a calibração do índice L_{Aeq} para cada uma das áreas de estudo, Praça da Liberdade e Praça Sete de Setembro, respectivamente, apresentando as probabilidades preditas para a percepção do volume sonoro com relação aos valores do índice L_{Aeq} .

Gráfico 51 – Calibração do índice L_{Aeq} para a Praça da Liberdade – Probabilidades previstas para a percepção do volume sonoro

Fonte: Dados coletados em campo

Gráfico 52 – Calibração do índice L_{Aeq} para a Praça Sete de Setembro – Probabilidades previstas para a percepção do volume sonoro

Fonte: Dados coletados em campo

Nos Gráficos 51 e 52, pode-se verificar que, na Praça da Liberdade, quando o índice L_{Aeq} for menor que 26,5dB(A) o volume sonoro será percebido como “Baixo”; se o valor do índice L_{Aeq} estiver entre 26,5 e 77,5dB(A), o volume sonoro será percebido como “Normal”; e, se o valor do índice L_{Aeq} estiver acima de 77,5dB(A), o volume sonoro será percebido como “Alto”. Na Praça Sete de Setembro, quando o índice L_{Aeq} for menor que 24dB(A), o volume sonoro será percebido como “Baixo”; quando o valor do índice L_{Aeq} estiver entre 24 e 58dB(A), o volume sonoro será percebido como “Normal”; e, quando o valor do índice L_{Aeq} estiver acima de 58dB(A), o volume sonoro será percebido como “Alto”. Nota-se que a faixa de percepção do volume sonoro como “Normal” teve um intervalo consideravelmente maior na Praça da Liberdade do que na Praça Sete de Setembro, confirmando uma provável maior tolerância dos entrevistados com relação ao volume sonoro na Praça da Liberdade.

A Tabela 28 apresenta um resumo dos resultados referentes às calibrações do L_{Aeq} com relação à percepção do volume sonoro.

Tabela 28 – Calibrações do L_{Aeq} com relação à percepção do volume sonoro – resumo dos resultados

Percepção do volume sonoro	Todo o conjunto de dados (L_{Aeq} , em dB(A))	Praça da Liberdade (L_{Aeq} , em dB(A))	Praça Sete de Setembro (L_{Aeq} , em dB(A))
Baixo	<35	<27	<24
Normal	36 a 67	28 a 77	25 a 57
Alto	>68	>78	>58

Fonte: Dados coletados em campo.

Conforme mencionado anteriormente, foi apresentada uma calibração do índice L_{Aeq} , com relação à percepção do volume sonoro, para cada uma das áreas de estudo, tendo em vista que, conforme mencionado nos itens 4.2 e 4.4 desta tese,

- a) houve uma diferença significativa entre a média dos valores de L_{Aeq} medidos em cada uma das áreas de estudo (item 4.2) e que
- b) não houve diferença significativa na resposta dos usuários com relação à percepção do volume sonoro e nem com relação à avaliação de conforto acústico quando considerada as estações, mas sim quando consideradas as praças escolhidas como casos de estudo (item 4.4).

Porém, nesta parte da análise, o estudo dos dados estratificados por praças revelou que não houve uma interação significativa entre o índice L_{Aeq} e a área (valor- $p=0,371$). Dessa forma, os resultados aqui apresentados necessitam investigações mais aprofundadas no sentido de determinar precisamente se há ou não uma influência determinante do recinto urbano na percepção sonora dos usuários destes espaços e, caso positivo, proceder à delimitação das faixas de percepção do volume sonoro para cada um dos diferentes ambientes urbanos. Sugere-se, portanto, pelo presente momento, a utilização das faixas delimitadas por todo o conjunto de dados para utilização em projetos destinados a todos os recintos urbanos do município de Belo Horizonte.

Apresenta-se a seguir a calibração L_{Aeq} com relação à avaliação de conforto acústico, considerando todo o conjunto de dados. Conforme mencionado no item 3.3.3.3, desta tese, para verificar o efeito do índice L_{Aeq} sobre a avaliação subjetiva de conforto acústico, foi ajustada uma regressão logística (AGRESTI, 2002). Visando a um melhor ajuste do modelo de regressão, a avaliação subjetiva do conforto acústico foi reclassificada para duas categorias: “Confortável” e “Desconfortável”. A categoria “Confortável” inclui apenas a categoria “Confortável”. A categoria “Desconfortável” inclui as categorias “Um pouco desconfortável”, “Desconfortável” e “Muito desconfortável”. Para testar a adequabilidade do modelo, foi realizado o teste de Hosmer-Lemeshow (HOSMER; LEMESHOW, 2000), calculado o pseudo R^2 de Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

A Tabela 29 apresenta o ajuste da regressão logística, com vistas a analisar as relações entre o L_{Aeq} e a avaliação do conforto acústico.

Tabela 29 – Efeito do L_{Aeq} sobre a avaliação de conforto acústico

Modelo	β	E.P.(β)	valor-p	O.R.	I.C. - 95%
L_{Aeq}	-0,088	0,008	0,000	0,92	[0,90; 0,93]

Valor-p = 0,108 (Hosmer-Lemeshow); $R^2 = 8,83\%$; Acurácia = 63,7%.

Fonte: Dados coletados em campo.

Avaliando o ajuste da regressão logística na Tabela 29, pode-se verificar que a cada unidade que se aumenta no índice L_{Aeq} a chance de a avaliação do conforto acústico por parte dos pedestres ser classificada na categoria “Normal” diminui em 0,92 [0,90; 0,93] vezes. O índice L_{Aeq} foi capaz de explicar 8,83% das ocorrências de avaliação subjetiva do conforto acústico, sendo capaz de prever 63,7% de respostas corretas. Pelo teste de Hosmer-Lemeshow o modelo está adequado (valor-p=0,108).

O Gráfico 53 apresenta a calibração do índice L_{Aeq} para espaços urbanos abertos, apresentando as probabilidades previstas para a avaliação de conforto acústico com relação aos valores do índice L_{Aeq} .

Gráfico 53 – Calibração do índice L_{Aeq} para espaços urbanos abertos - Probabilidades previstas para a avaliação de conforto acústico

Fonte: Dados coletados em campo

No Gráfico 53 pode-se verificar que, considerando como ponto de corte a probabilidade de 0,5 (50%), quando o valor do índice L_{Aeq} for menor que 68dB(A), o conforto acústico será avaliado como “Confortável”. Se o valor do índice L_{Aeq} for maior que 68dB(A), o conforto acústico será avaliado pelos pedestres como “Desconfortável”.

Será apresentada a seguir uma calibração do índice L_{Aeq} , com relação à avaliação de conforto acústico, para cada uma das áreas de estudo, tendo em vista que, conforme mencionado nos itens 4.2 e 4.4 desta tese,

- a) houve uma diferença significativa entre a média dos valores de L_{Aeq} medidos em cada uma das áreas de estudo (item 4.2) e que
- b) não houve diferença significativa na resposta dos usuários com relação à percepção do volume sonoro e nem com relação à avaliação de conforto acústico quando considerada as estações, mas sim quando consideradas as praças escolhidas como casos de estudo (item 4.4).

Para verificar o efeito do índice L_{Aeq} sobre a avaliação subjetiva do conforto acústico para cada uma das áreas de estudo, foi ajustada uma regressão logística (AGRESTI, 2002). Semelhantemente ao realizado na utilização do modelo de regressão para avaliar o efeito do índice L_{Aeq} sobre a avaliação do conforto acústico considerando todo o conjunto de dados, a escala da avaliação de conforto acústico foi reclassificada para duas categorias: “Confortável” e “Desconfortável”. A categoria “Confortável” inclui apenas a categoria “Confortável”. A categoria “Desconfortável” inclui a categoria “Um pouco desconfortável”, “Desconfortável” e “Muito desconfortável”. Para testar a adequabilidade do modelo, foi realizado o teste de Hosmer-Lemeshow (HOSMER; LEMESHOW, 2000), e foram calculados o pseudo R^2 de Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

A Tabela 30 apresenta o ajuste da regressão logística, com vistas a analisar as relações entre o L_{Aeq} e a avaliação do conforto acústico, em cada uma das áreas de estudo.

Tabela 30 – Efeito do L_{Aeq} e da área sobre a avaliação subjetiva do conforto acústico

Modelo	β	E.P.(β)	valor-p	O.R.	I.C. - 95%
L_{Aeq}	-0,020	0,017	0,232	0,98	[0,95; 1,01]
Área = Praça Sete	-0,943	0,209	0,000	0,39	[0,26; 0,59]

Valor-p = 0,419 (Hosmer-Lemeshow); $R^2 = 10,3\%$; Acurácia = 64,0%.

Fonte: Dados coletados em campo.

Avaliando o ajuste da regressão logística, na Tabela 30, pode-se verificar que a cada unidade que se aumenta no índice L_{Aeq} a chance de a avaliação do conforto acústico por parte dos pedestres ser classificada na categoria “Confortável” diminui em 0,98 [0,95; 1,01] vezes. Porém, o efeito observado do índice L_{Aeq} na chance de a avaliação do conforto acústico por parte dos pedestres ser classificada na categoria “Confortável” não foi significativo (valor-p=0,232). Verifica-se também que a chance de encontrar alguém confortável acusticamente

na Praça Sete de Setembro foi 0,39 vezes a chance de encontrar alguém confortável acusticamente na Praça da Liberdade. Nota-se ainda que não houve uma interação significativa (valor- $p=0,174$) entre a área e o índice L_{Aeq} . O índice L_{Aeq} e a área foram capazes de explicar 10,3% da ocorrência de respostas sobre a avaliação subjetiva do conforto acústico, sendo capaz de prever 64,0% de respostas corretas. Pelo teste de Hosmer-Lemeshow o modelo está adequado (valor- $p=0,419$).

Os Gráficos 54 e 55 apresentam a calibração do índice L_{Aeq} para a Praça da Liberdade e para a Praça Sete de Setembro, apresentando as probabilidades previstas para a avaliação de conforto acústico com relação aos valores do índice L_{Aeq} , sem ajuste do ponto de corte e com ajuste do ponto de corte, respectivamente.

Gráfico 54 – Calibração do índice L_{Aeq} para a Praça da Liberdade e para a Praça Sete de Setembro – Probabilidades previstas para a avaliação de conforto acústico, sem ajuste do ponto de corte

Gráfico 55 – Calibração do índice L_{Aeq} para a Praça da Liberdade e para a Praça Sete de Setembro – Probabilidades previstas para a avaliação de conforto acústico, com ajuste do ponto de corte

Considerando como ponto de corte a probabilidade de 0,5 (50%), na Praça Sete de Setembro, quando o índice L_{Aeq} estiver abaixo de 45dB(A), a avaliação de conforto acústico será classificada como “Confortável”; enquanto que, na Praça da Liberdade, se o índice L_{Aeq} estiver abaixo de 92dB(A), a avaliação subjetiva de conforto acústico será classificada como “Confortável”. Considerando os ajustes dos pontos de corte, para 0,648 (64,8%) na Praça da Liberdade e para 0,365 (36,5%) na Praça Sete de Setembro, ou seja, ajustando os pontos de cortes para a prevalência de avaliação de conforto acústico em cada uma das praça, tem-se que: na Praça Sete de Setembro, quando o índice L_{Aeq} estiver abaixo de 73,5dB(A), avaliação de conforto acústico será classificada como “Confortável”; enquanto que, na Praça da

Liberdade, se o índice L_{Aeq} estiver abaixo de 62dB(A), avaliação de conforto acústico será classificada como “Confortável”.

A Tabela 31 apresenta um resumo dos resultados referentes às calibrações do L_{Aeq} com relação à avaliação do conforto acústico.

Tabela 31 – Calibrações do L_{Aeq} com relação à avaliação do conforto acústico – resumo dos resultados

Avaliação do Conforto Acústico	Todo o conjunto de dados (L_{Aeq} , em dB(A))	Praça da Liberdade (L_{Aeq} , em dB(A))	Praça Sete de Setembro (L_{Aeq} , em dB(A))
Confortável	<67	<61	<73
Desconfortável	>68	>62	>74

Fonte: Dados coletados em campo.

Nota-se, pela análise da Tabela 31 que houve bastante semelhança entre o limite a partir do qual os entrevistados percebem o volume sonoro como “Alto” e o limite a partir do qual os entrevistados se sentem “Desconfortáveis”, o que demonstra a coerência entre as respostas dos entrevistados. Dessa maneira, quando o valor do índice L_{Aeq} é menor que 67dB(A), os indivíduos percebem o volume sonoro como “Normal” e se sentem “Confortáveis”, a partir deste limite, os indivíduos percebem o volume sonoro como “Alto” e se sentem “Desconfortáveis” com relação ao ambiente sonoro.

Ressalta-se que este valor de 67dB(A) representa níveis sonoros superiores ao limite diurno estabelecido para conforto acústico em ambientes externos pela NBR 10.151, da ABNT, para área mista, com vocação comercial e administrativa, que é de 60dB(A). Entretanto, o objetivo deste estudo não é a comparação das faixas delimitadas com os limites estabelecidos pela legislação existente. A legislação existente embasa-se em outros parâmetros além das questões subjetivas de percepção sonora e de conforto acústico. O objetivo do presente estudo é fornecer subsídios para o planejamento e para o projeto urbanos, uma vez que o conhecimento das faixas de percepção sonora e de conforto acústico, juntamente com o entendimento da avaliação subjetiva da paisagem sonora, são fatores que podem ser utilizados com o objetivo de proporcionar uma maior sensação de conforto acústico. A identificação das condições precisas em que a população é mais tolerante às condições acústicas existentes se mostra um importante instrumento para o projeto e planejamento urbanos. Portanto, os resultados do presente estudo podem ser de grande importância para a tomada de decisão em projetos urbanísticos, principalmente em situações urbanas em que não há possibilidades de grandes reduções nos níveis de pressão sonora, ou possibilidades de controle do ruído nas fontes.

Semelhantemente ao realizado para a análise da percepção do volume sonoro, conforme mencionado anteriormente, foi apresentada uma calibração do índice L_{Aeq} , com relação à avaliação de conforto acústico, para cada uma das áreas de estudo, tendo em vista que, conforme mencionado nos itens 4.2 e 4.4 desta tese,

- a) houve uma diferença significativa entre a média dos valores de L_{Aeq} medidos em cada uma das áreas de estudo (item 4.2) e que
- b) não houve diferença significativa na resposta dos usuários com relação à percepção do volume sonoro e nem com relação à avaliação de conforto acústico quando considerada as estações, mas sim quando consideradas as praças escolhidas como casos de estudo (item 4.4).

Porém, assim como ocorreu na análise da percepção do volume sonoro, a análise dos dados estratificados por praças revelou que não houve uma interação significativa (valor- $p=0,174$) entre a área e o índice L_{Aeq} . Dessa forma, os resultados aqui apresentados necessitam investigações mais aprofundadas no sentido de determinar precisamente se há ou não uma influência determinante do recinto urbano na avaliação do conforto acústico dos usuários destes espaços e, caso positivo, proceder à delimitação das faixas de avaliação do conforto acústico para cada um dos diferentes ambientes urbanos. Sugere-se, portanto, pelo presente momento, a utilização das faixas delimitadas por todo o conjunto de dados para utilização em projetos destinados a todos os recintos urbanos do município de Belo Horizonte.

4.8 Calibrações do PET – Determinação das faixas para percepção e conforto térmico

A seguir é apresentado um *boxplot* que representa os valores obtidos de PET e a resposta dos entrevistados com relação à percepção de sensação térmica a eles correspondente. Esse *boxplot* foi elaborado utilizando todo o conjunto de dados (GRÁFICO 56).

Gráfico 56 – *Boxplot* com os valores do índice PET e a resposta dos entrevistados com relação à percepção de sensações térmicas a eles correspondente

Fonte: Dados coletados em campo

No *boxplot* que representa os valores obtidos do índice PET por percepção térmica, para todo o conjunto de dados (FIGURA 56), observa-se o crescimento do valor da mediana referente aos dados do PET para respostas de percepção térmica que representam categorias de mais calor (com exceção da categoria “Com um pouco de frio”, cujo valor da mediana apresenta-se ligeiramente inferior ao valor da mediana da categoria “Com frio”). Esse crescimento do valor da mediana não é acentuado, ou seja, não apresenta grandes diferenças entre as categorias de percepção térmica. Observa-se que a única mediana que não se encontra no intervalo interquartil dos demais *boxplots* é a que representa a categoria “Com um pouco de calor”. Não se nota uma categoria que se diferencie muito das demais quanto à extensão da caixa, ou seja, as dispersões dos valores do PET são similares.

Apresenta-se a seguir a calibração do PET com relação à percepção de sensações térmicas, considerando todo o conjunto de dados. Conforme mencionado anteriormente no item 3.3.3.3, para calibrar o índice PET e encontrar as faixas de percepção térmica, foi ajustada uma regressão logística ordinal considerando as chances proporcionais parciais (*partial proportional odds model*) (PETERSON; HANRREL, 1990), uma vez que a suposição das chances proporcionais foi violada. Visando a um melhor ajuste do modelo de regressão, a avaliação subjetiva da temperatura foi reclassificada para três categorias: “Frio”, “Bem” e “Calor”. A categoria “Frio” inclui as categorias “Com muito frio”, “Com frio” e “Com um pouco de frio”; a categoria “Bem” inclui “Bem, nem com frio e nem com calor”; enquanto a categoria “Calor” inclui “Com um pouco de calor”, “Com calor” e “Com muito calor”. Para testar a

suposição das chances proporcionais, foi ajustado o modelo das chances proporcionais parciais e realizado uma Análise de Desvio. Para verificar a qualidade do ajuste foram calculados o pseudo R² de Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

A Tabela 32 apresenta o ajuste da regressão logística ordinal com as chances proporcionais parciais, com vistas a analisar as relações entre o PET e a percepção de sensações térmicas.

Tabela 32 – Efeito do PET sobre a percepção de sensações térmicas

Modelo	β	E.P.(β)	Valor-p	O.R.	I.C. - 95%
PET: (Prob[Y>Frio])	0,281	0,018	0,000	1,32	[1,27; 1,37]
PET: (Prob[Y>Bem])	0,351	0,015	0,000	1,42	[1,37; 1,47]

Valor-p = 0,001 (Proporcionalidade das chances); R² = 42,87%; Acurácia = 68,1%

Fonte: Dados coletados em campo

Avaliando o ajuste da regressão logística ordinal com as chances proporcionais parciais, na Tabela 32, pode-se verificar que a cada unidade que se aumenta no índice PET a chance de a percepção sonora dos entrevistados ser classificada na categoria “Calor” ou “Bem” aumenta em 1,32 [1,27; 1,37] vezes com relação à chance de a percepção sonora dos entrevistados ser classificada na categoria “Frio”. A cada unidade que se aumenta no índice PET a chance de a percepção sonora dos entrevistados ser classificada na categoria “Calor” aumenta em 1,42 [1,37; 1,47] vezes a chance de a percepção sonora dos entrevistados ser classificada na categoria “Frio” ou “Bem”. O PET foi capaz de explicar 42,87% da ocorrência da avaliação subjetiva, sendo capaz de prever 68,1% de respostas corretas. O modelo de chances proporcionais parciais foi utilizado, uma vez que a suposição de chances proporcionais não foi válida (valor-p=0,001).

O Gráfico 57 apresenta a calibração do índice PET para espaços urbanos abertos, apresentando as probabilidades preditas para a percepção de sensações térmicas com relação aos valores do índice PET.

Gráfico 57 – Calibração do índice PET para espaços urbanos abertos - Probabilidades previstas para a percepção de sensações térmicas

Fonte: Dados coletados em campo

Ao analisar o Gráfico 57, pode-se verificar que, quando o valor do índice PET for menor que 19°C, a sensação térmica é de “Frio”; se o valor do índice PET estiver entre 19°C e 27°C, os indivíduos sentem-se “Bem” com relação às condições térmicas; e, quando o valor do índice PET for maior do que 27°C, a sensação térmica é de “Calor”.

Será apresentada a seguir uma calibração do índice PET, com relação à percepção das sensações térmicas para cada uma das estações, tendo em vista que, conforme mencionado nos itens 4.3 e 4.5 desta tese,

- houve uma diferença significativa entre a média dos valores de PET medidos em cada uma das estações (item 4.3) e que
- não houve diferença significativa na resposta dos usuários com relação à percepção das sensações térmicas e nem com relação à avaliação de conforto térmico quando consideradas as duas áreas de estudo, mas sim quando consideradas as estações (item 4.5).

Portanto, com vistas a verificar o efeito do índice PET sobre a percepção de sensação térmica em cada uma das estações, foi ajustada uma regressão logística ordinal considerando as chances proporcionais (*proportional-odds model*) (AGRESTI, 2002). Visando a um melhor ajuste do modelo de regressão, a escala de percepção de sensações térmicas foi reclassificada para três categorias: “Frio”, “Bem” e “Calor”. A categoria “Frio” inclui as

categorias “Com muito frio”, “Com frio” e “Com um pouco de frio”; a categoria “Bem” inclui a categoria “Bem, nem com frio e nem com calor”; e a “Calor” inclui “Com um pouco de calor” “Com calor” e “Com muito calor”. Para testar a suposição das chances proporcionais, foi ajustado o modelo das chances proporcionais parciais e realizada uma Análise de Desvio. Para verificar a qualidade do ajuste foram calculados o pseudo R² de Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

A Tabela 33 apresenta o ajuste da regressão logística ordinal com as chances proporcionais, com vistas a analisar as relações entre o PET e a percepção de sensações térmicas em cada uma das estações.

Tabela 33 – Efeito do PET e da estação sobre a percepção de sensação térmica

Modelo	β	E.P.(β)	Valor-p	O.R.	I.C. - 95%
PET - 27	0,159	0,019	0,000	1,17	[1,12; 1,21]
Estação = Verão	2,466	0,174	0,000	11,77	[8,37; 16,56]
(PET - 27): Estação = Verão	0,051	0,035	0,152	1,05	[0,98; 1,13]

Valor-p = 0,728 (Proporcionalidade das chances); R² = 50,05%; Acurácia = 71,7%.

Fonte: Dados coletados em campo.

Avaliando o ajuste da regressão logística ordinal com as chances proporcionais, elaborada para avaliar as relações entre o PET e a percepção de sensações térmicas em cada uma das estações (TABELA 33), pode-se verificar que não houve uma interação significativa (valor-p=0,152) entre o índice PET e a estação. Portanto o efeito do PET sobre a avaliação subjetiva da temperatura não depende significativamente da estação, assim como o efeito da estação sobre a avaliação subjetiva não depende do PET. Para facilitar a interpretação do modelo, o índice do PET foi centralizado na média geral (27°C). Na estação do Inverno, a cada unidade que se aumenta no índice PET a chance de a percepção sonora dos entrevistados ser classificada na categoria “Calor” ou “Bem” aumenta em 1,17 [1,15; 1,19] vezes. Já na estação do verão a cada unidade que se aumenta no índice PET a chance de a percepção sonora dos entrevistados ser classificada na categoria “Calor” ou “Bem” aumenta em 1,23¹⁵ [1,11; 1,37] vezes.

Verifica-se ainda que, considerando o índice PET na média geral 27°C, a chance de a percepção sonora dos entrevistados ser classificada na categoria “Calor” ou “Bem” no verão, aumenta em 11,77 vezes, se comparada à chance de a percepção sonora dos entrevistados ser classificada na categoria “Calor” ou “Bem” no inverno. O PET e a estação foram capazes de explicar 50,05% da ocorrência da avaliação subjetiva, sendo capaz de predizer 71,7% de

¹⁵ Para encontrar 1,23 foi realizado o seguinte cálculo $\exp(0,159+0,051)$.

respostas corretas. O modelo de chances proporcionais está válido, uma vez que a suposição de proporcionalidade das chances não foi violada (valor- $p=0,0728$).

Os Gráficos 58 e 59 apresentam a calibração do índice PET para cada uma das estações, verão e inverno, respectivamente, apresentando as probabilidades previstas para a percepção de sensações térmicas com relação aos valores do índice PET.

Gráfico 58 – Calibração do índice PET para o verão – Probabilidades previstas para a percepção do volume sonoro

Fonte: Dados coletados em campo.

Gráfico 59 – Calibração do índice PET para o inverno – Probabilidades previstas para a percepção do volume sonoro

Fonte: Dados coletados em campo.

Ao analisar os Gráficos 58 e 59, pode-se verificar que, no verão quando o valor do índice PET for menor que 8,3 °C, a sensação térmica é de “Frio”; se o valor do PET estiver entre 8,3 e 22,0°C, os indivíduos sentem-se “Bem”; e, quando o valor do índice PET for maior do que 22,0°C, a sensação térmica é de “Calor”. No inverno quando o valor do índice PET for menor que 17,9 °C, a sensação térmica é de “Frio”; se o valor do PET estiver entre 17,9 e 35,9°C, os indivíduos sentem-se “Bem”; e, quando o valor do índice PET for maior do que 35,9°C, a sensação térmica é de “Calor”. Nota-se que o intervalo de se sentir “Bem” com relação às condições térmicas foi consideravelmente maior no inverno, confirmando uma provável maior tolerância dos entrevistados com relação às condições térmicas no inverno.

A Tabela 34 apresenta um resumo dos resultados referentes às calibrações do PET com relação à percepção de sensações térmicas.

Tabela 34 – Calibrações do PET com relação à percepção de sensações térmicas – resumo dos resultados

Percepção de Sensações Térmicas	Todo o conjunto de dados (PET, em °C)	Verão (PET, em °C)	Inverno (PET, em °C)
Frio	<18,9	<8,2	<17,8
Bem	19 a 27	8,3 a 22	17,9 a 35,9
Calor	>27,1	>22,1	>36

Fonte: Dados coletados em campo.

Conforme mencionado anteriormente, foi apresentada uma calibração do índice PET, com relação à percepção das sensações térmicas para cada uma das estações, tendo em vista que, conforme mencionado nos itens 4.3 e 4.5 desta tese,

- a) houve uma diferença significativa entre a média dos valores de PET medidos em cada uma das estações (item 4.3) e que
- b) não houve diferença significativa na resposta dos usuários com relação à percepção das sensações térmicas e nem com relação à avaliação de conforto térmico quando consideradas as duas áreas de estudo, mas sim quando consideradas as estações (item 4.5).

Porém, avaliando o ajuste da regressão logística ordinal com as chances proporcionais, elaborada para avaliar as relações entre o PET e a percepção de sensações térmicas em cada uma das estações (TABELA 33), pode-se verificar que não houve uma interação significativa (valor- $p=0,152$) entre o índice PET e a estação. Portanto, o efeito do PET sobre a avaliação subjetiva da temperatura não depende significativamente da estação, assim como o efeito da estação sobre a avaliação subjetiva não depende do PET.

Dessa forma, os resultados aqui apresentados necessitam investigações mais aprofundadas no sentido de determinar precisamente se há ou não uma influência determinante da estação na percepção de sensações térmicas ao longo do ano, caso positivo, proceder à delimitação das faixas de percepção de sensações térmicas para cada uma das diferentes estações. Sugere-se, portanto, pelo presente momento, a utilização das faixas delimitadas por todo o conjunto de dados para utilização em projeto e planejamento urbanos no município de Belo Horizonte.

Apesar de não ter havido uma interação significativa entre o PET e a estação, na calibração do PET em função da percepção de sensações térmicas, o resultado sugere evidências de que há influências da estação na percepção de sensações térmicas (assim como ocorre com a avaliação de conforto térmico, conforme será mencionado a seguir) e de que a faixa de

percepção “Bem”, bem como a faixa de conforto térmico, sejam mais amplas no inverno do que no verão. Estudos futuros (com uma maior amostra) poderão comprovar ou não essas hipóteses. Entretanto, na análise descritiva deste trabalho (item 4.5), demonstrou-se:

- a) que os indivíduos são mais tolerantes com relação às condições térmicas no inverno do que no verão;
- b) que os entrevistados preferem condições térmicas um pouco mais frias; e
- c) que no inverno, há uma maior variação da vestimenta utilizada pelos pedestres – o que pode aumentar as situações de conforto térmico. Essas três razões confirmam a possibilidade de a faixa “Bem”, e/ou de a faixa de conforto térmico, serem mais amplas na estação de inverno.

A Tabela 35 apresenta uma comparação da faixa “Bem” e/ou “Confortável” do índice PET calibrado, a qual representa uma situação de conforto com relação às condições térmicas, estabelecidas por estudos prévios desenvolvidos tanto nacional quanto internacionalmente.

Tabela 35 – Comparação da faixa “Bem”/“Confortável” do índice PET calibrado por estudos prévios desenvolvidos tanto nacional quanto internacionalmente

Referências	Faixas “Bem” e/ou “Confortável” de percepção de sensações térmicas, em °C (PET)	Cidade e/ ou região para a qual foi estabelecida
MATZARAKIS, MAYER, IZIMON (1999)	18 a 23	Europa Central / Ocidental
MONTEIRO (2008)	18 a 26	São Paulo
LIN (2009)	21,3 a 28,5	Taiwan
KATZSCHNER <i>et al.</i> (2009 - 2010)	18 - 28	Kassel e Freiburg
SOUZA (2010)	22 a 31	Salvador
HIRASHIMA, ASSIS, FERREIRA (2011)	15,5 a 30,5	Belo Horizonte
HIRASHIMA (2014)	19 a 27	Belo Horizonte

Fontes: Citadas na coluna referências.

Pela análise da Tabela 35, nota-se que a faixa “Bem” estabelecida no presente estudo apresenta uma amplitude maior do que a faixa determinada por Matzarakis, Mayer e Izimon (1999) para a Europa Central, e apresenta-se levemente deslocada para condições térmicas mais quentes. Ao se comparar a faixa “Bem” estabelecida no presente estudo com as faixas estabelecidas para cidades de clima quente e úmido (Taiwan e Salvador) verifica-se que, apesar de as faixas determinadas por Lin (2009) e Souza (2010), respectivamente, apresentarem amplitudes parecidas com a amplitude da faixa determinada no presente estudo, essas faixas apresentam-se deslocadas para condições térmicas mais quentes. Com relação à calibração prévia realizada por Hirashima, Assis e Ferreira (2011) para Belo Horizonte, a faixa “Bem” estabelecida no presente estudo foi

resultante de uma amostra maior em termos numéricos (1.182 e 1.693 entrevistados, respectivamente), o que pode ter resultado no estreitamento da faixa encontrada no presente estudo.

A faixa “Bem” estabelecida no presente estudo assemelha-se muito com a faixa determinada por Katzschner *et al.* (2009 - 2010) e por Monteiro (2008). Porém, ressalta-se que a faixa “Bem” estabelecida no presente estudo apresenta as maiores similaridades com a faixa estabelecida por Monteiro (2008), apresentando a mesma amplitude e limites bastante parecidos. Salienta-se que, segundo a Norma NBR 15.220 – Desempenho térmico de edificações, Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social, da ABNT, São Paulo e Belo Horizonte encontram-se na mesma zona bioclimática, Zona 3, por apresentarem climas com características similares, o que pode explicar a similaridade entre suas faixas de conforto térmico.

Apresenta-se a seguir a calibração do índice PET com relação à avaliação de conforto térmico, considerando todo o conjunto de dados. Conforme mencionado no item 3.3.3.3, desta tese, para verificar o efeito do índice PET sobre a avaliação subjetiva de conforto térmico, foi ajustada uma regressão logística (AGRESTI, 2002). Visando a um melhor ajuste do modelo de regressão, a avaliação subjetiva do conforto acústico foi reclassificada para duas categorias: “Confortável” e “Desconfortável”. A categoria “Confortável” inclui apenas a categoria “Confortável”. A categoria “Desconfortável” inclui as categorias “Um pouco desconfortável”, “Desconfortável” e “Muito desconfortável”. Para testar a adequabilidade do modelo, foi realizado o teste de Hosmer-Lemeshow (HOSER; LEMESHOW, 2000) e calculados os pseudo R^2 de Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

A Tabela 36 apresenta o ajuste da regressão logística, com vistas a analisar as relações entre o L_{Aeq} e a avaliação do conforto acústico.

Tabela 36 – Efeito do PET sobre a avaliação de conforto térmico

Modelo	β	E.P.(β)	Valor-p
PET	0,414	0,105	0,000
PET ²	-0,011	0,002	0,000

Valor-p = 0,001 (Hosmer-Lemeshow); R^2 = 22,2%; Acurácia = 71,3%.

Avaliando o ajuste da regressão logística na Tabela 36, pode-se verificar que houve um efeito significativo do termo quadrático¹⁶, indicando que o aumento do PET aumenta a probabilidade de se sentir confortável até certo valor (no GRÁFICO 60 pode-se verificar que o ponto máximo está em torno de 20 °C) após o qual esta probabilidade começa a diminuir. O PET foi capaz de explicar 22,2% da ocorrência de respostas referentes à avaliação subjetiva do conforto térmico, sendo capaz de prever 71,3% de respostas corretas, porém pelo teste de Hosmer-Lemeshow o modelo não está adequado.

Sobre a não adequabilidade do modelo, cabe destacar que, a falta de adequabilidade se deve a não consideração da variável “estação” (verão e inverno) no modelo, uma vez que o comportamento do índice PET sobre a probabilidade de se sentir confortável termicamente muda consideravelmente dependendo da estação. No caso da avaliação de conforto térmico, a interação com as estações é essencial.

O Gráfico 60 apresenta a calibração do índice PET para espaços urbanos abertos, apresentando as probabilidades previstas para a avaliação de conforto térmico com relação aos valores do índice PET.

Gráfico 60 – Calibração do índice PET para espaços urbanos abertos – Probabilidades previstas para a avaliação de conforto térmico

Fonte: Dados coletados em campo.

Pela análise do Gráfico 60, pode-se verificar que, considerando como ponto de corte a probabilidade de 0,5 (50%), quando o valor do índice PET estiver entre 9,0 e 28,5°C os

¹⁶ Tendo em vista que o efeito quadrático foi significativo, não foram apresentadas as razões de chances na Tabela 35, uma vez que não podem ser interpretadas diretamente.

indivíduos se sentirão termicamente confortáveis. Quando o valor do índice PET for menor que 9°C ou maior que 28,5°C, os indivíduos se sentirão termicamente desconfortáveis.

Será apresentada a seguir uma calibração do índice PET, com relação à avaliação de conforto térmico, para cada uma das estações, tendo em vista que, conforme mencionado nos itens 4.3 e 4.5 desta tese,

- a) houve uma diferença significativa entre a média dos valores de PET medidos em cada uma das estações (item 4.3); que
- b) não houve diferença significativa na resposta dos usuários com relação à percepção do volume sonoro e nem com relação à avaliação de conforto acústico quando considerada as praças, mas sim quando consideradas as estações (item 4.5); e que, por fim,
- c) conforme foi anteriormente mencionado, no caso da avaliação de conforto térmico, a interação com as estações é fundamental.

Para verificar o efeito do índice PET sobre a avaliação subjetiva do conforto térmico, foi ajustada uma regressão logística (AGRESTI, 2002). Semelhantemente ao realizado na utilização do modelo de regressão para avaliar o efeito do índice PET sobre a avaliação do conforto térmico considerando todo o conjunto de dados, a escala da avaliação de conforto térmico foi reclassificada para duas categorias: “Confortável” e “Desconfortável”. A categoria “Confortável” inclui apenas a categoria “Confortável”. A categoria “Desconfortável” inclui a categoria “Um pouco desconfortável”, “Desconfortável” e “Muito desconfortável”. Para testar a adequabilidade do modelo, foi realizado o teste de Hosmer-Lemeshow (HOSMER; LEMESHOW, 2000) e calculados o pseudo R² de Nagelkerke (NAGELKERKE, 1991) e a acurácia nas predições.

A Tabela 37 apresenta o ajuste da regressão logística, com vistas a analisar as relações entre o PET e a avaliação do conforto térmico, em cada uma das estações.

Tabela 37 – Efeito do PET e da estação sobre a avaliação de conforto térmico

Modelo	β	E.P.(β)	Valor-p	O.R.	I.C. - 95%
PET - 27	0,045	0,021	0,033	1,05	[1,00; 1,09]
Estação = Verão	-1,565	0,170	0,000	0,21	[0,15;0,29]
(PET - 27): Estação = Verão	-0,230	0,032	0,000	0,79	[0,74; 0,85]

Valor-p = 0,283 (Hosmer-Lemeshow); R² = 31,9%; Acurácia = 74,1%.

Fonte: Dados coletados em campo.

Avaliando o ajuste da regressão logística na Tabela 37, pode-se verificar que houve uma interação significativa (valor- $p=0,000$, $0,007$) do índice PET com a estação. Portanto, o efeito do PET sobre a avaliação subjetiva do conforto térmico depende da estação, assim como o efeito da estação sobre a avaliação subjetiva depende do PET. Para facilitar a interpretação do modelo, o índice do PET foi centralizado na média geral (27). Verifica-se que, na estação do Inverno, a cada unidade que se aumenta no valor do índice PET a chance de a avaliação do conforto acústico por parte dos pedestres ser classificada na categoria “Confortável” aumenta em 1,05 [1,00; 1,09] vezes. Já na estação do verão, a cada unidade que se aumenta no índice PET a chance de a avaliação do conforto acústico por parte dos pedestres ser classificada na categoria “Confortável” diminui em 0,83¹⁷ [0,79; 0,87] vezes. Considerando o índice PET na média geral 27, a chance de a avaliação do conforto acústico por parte dos pedestres ser classificada na categoria “Confortável” no verão diminui em 0,21 vezes, se comparada à chance de a avaliação do conforto acústico por parte dos pedestres ser classificada na categoria “Confortável” no inverno. O PET e a estação foram capazes de explicar 31,9% da ocorrência da avaliação subjetiva do conforto térmico, sendo capaz de predizer 74,1% de respostas corretas, sendo que pelo teste de Hosmer-Lemeshow o modelo está adequado.

Os Gráficos 61 e 62 apresentam a calibração do índice PET para o verão e para o inverno, apresentando as probabilidades previstas para a avaliação de conforto térmico com relação aos valores do índice PET, sem ajuste do ponto de corte e com ajuste do ponto de corte, respectivamente.

Gráfico 61 – Calibração do índice PET para o verão e para o inverno – Probabilidades previstas para a avaliação de conforto térmico, sem ajuste do ponto de corte

Gráfico 62 – Calibração do índice PET para o verão e para o inverno – Probabilidades previstas para a avaliação de conforto térmico, com ajuste do ponto de corte

¹⁷ Para encontrar 0,83 foi realizado a seguinte conta $\exp(0,045 \cdot -0,230)$.

Pela análise dos Gráficos 61 e 62, considerando como ponto de corte a probabilidade de 0,5 (50%), no inverno, quando o PET estiver acima de 0°C, os indivíduos sentem-se confortáveis termicamente; enquanto que, no verão, se o PET estiver abaixo de 25°C, os indivíduos sentem-se confortáveis termicamente. Considerando o ponto de corte, para 0,734 (73,4%) no inverno e 0,259 (25,9%) no verão, ou seja, ajustando os pontos de cortes para a prevalência de conforto térmico em cada estação, tem-se que, no inverno, quando o PET estiver acima de 23,5°C, os indivíduos sentem-se confortáveis termicamente; enquanto que, no verão, se o PET estiver abaixo de 31,0°C, os indivíduos sentem-se confortáveis termicamente.

A Tabela 38 apresenta um resumo dos resultados referentes às calibrações do PET com relação à avaliação do conforto térmico.

Tabela 38 – Calibrações do PET com relação à avaliação do conforto térmico – resumo dos resultados

Avaliação do Conforto Térmico	Todo o conjunto de dados (PET, em °C)	Verão (PET, em °C)	Inverno (PET, em °C)
Confortável	9 a 28	<31	>23,5
Desconfortável	<8,9 e >28,1	>31,1	<23,4

Fonte: Dados coletados em campo.

Nota-se, pela análise da Tabela 38 que a faixa delimitada neste estudo para avaliação de conforto térmico (9 a 28°C PET) é mais ampla do que a faixa delimitada também neste estudo para percepção de sensações térmicas (19 a 27°C PET), confirmando achados anteriores neste trabalho (item 4.5), e demonstrando uma maior tolerância dos indivíduos com relação à avaliação do conforto térmico, quando comparada com a percepção de sensações térmicas.

Porém, conforme anteriormente mencionado, considerando o teste de Hosmer-Lemeshow, o modelo para avaliação de conforto térmico utilizando todo o conjunto de dados não está adequado. Sobre a não adequabilidade do modelo, cabe destacar que, a falta de adequabilidade se deve a não consideração da variável “estação” (verão e inverno) no modelo, uma vez que o comportamento do índice PET sobre a probabilidade de se sentir confortável termicamente muda consideravelmente dependendo da estação. No caso da avaliação de conforto térmico, a interação com as estações é essencial.

Sendo assim, semelhantemente ao realizado para a análise da percepção de sensações térmicas, conforme mencionado anteriormente, foi apresentada uma calibração do índice PET, com relação à avaliação de conforto térmico para cada uma das estações, tendo em vista que, conforme mencionado nos itens 4.3 e 4.5 desta tese,

- a) houve uma diferença significativa entre a média dos valores de PET medidos em cada uma das estações (item 4.3); que
- b) não houve diferença significativa na resposta dos usuários com relação à percepção das sensações térmicas e nem com relação à avaliação de conforto térmico quando consideradas as duas áreas de estudo, mas sim quando consideradas as estações (item 4.5); e que, por fim,
- c) conforme foi anteriormente mencionado, no caso da avaliação de conforto térmico, a interação com as estações é de fundamental importância.

Diferentemente do ocorrido na análise dos dados de percepção de sensações térmicas por estação, a análise dos dados estratificados por estação para a avaliação de conforto térmico revelou que O PET e a estação foram capazes de explicar 31,9% da ocorrência da avaliação subjetiva do conforto térmico, sendo capaz de predizer 74,1% de respostas corretas, sendo que, pelo teste de Hosmer-Lemeshow, o modelo está adequado.

Dessa forma, os resultados aqui apresentados necessitam investigações mais aprofundadas no sentido de delimitar precisamente as faixas de avaliação do conforto térmico para todo o ano. Sugere-se, entretanto, pelo presente momento, a utilização das faixas delimitadas pelas estações ou seja, de 23,5 a 31 °C PET, para utilização em projeto e planejamento urbanos.

Ressalta-se que a amplitude da faixa de conforto térmico (23,5 a 31 °C PET), estabelecida dessa forma, passa a ser muito próxima à amplitude da faixa de percepção de sensações térmicas (19 a 27°C PET), porém, a faixa de conforto térmico ligeiramente deslocada para condições térmicas um pouco mais quentes.

4.9 Cálculo da Temperatura Neutra e da Temperatura Preferida

Os Gráficos 63 e 64 a seguir apresentam as equações das funções que relacionam a média dos votos de sensação térmica com o PET para cada uma das estações, inverno e verão, sendo que primeiramente foi considerado os valores absolutos do PET (GRÁFICO 63) e depois o logaritmo do PET (GRÁFICO 64), buscando assim um melhor ajuste das funções.

Gráfico 63 – Regressão considerando a média dos votos de sensação térmica e os valores de PET (valores absolutos), no inverno e no verão

Fonte: Dados coletados em campo.

Gráfico 64 – Regressão considerando a média dos votos de sensação térmica e os valores de PET (logaritmo do PET), no inverno e no verão

Fonte: Dados coletados em campo.

Considerando os valores absolutos do PET, foram encontradas as seguintes equações:

$$E(Y|Ver\tilde{a}o) = -0,825 + 0,089x; \quad R^2 = 67,9\% \quad (\text{Eq. 7})$$

$$E(Y|Inverno) = -1,923 + 0,069x; \quad R^2 = 72,9\% \quad (\text{Eq. 8})$$

Sendo que, ao fazer o PET (x) igual a zero, tem-se aproximadamente as seguintes temperaturas neutras: 27,9 no verão e 9,3 no inverno.

Considerando o logaritmo do PET, foram encontradas as seguintes equações:

$$E(Y|Ver\tilde{a}o) = -8,119 + 2,937\log(x); \quad R^2 = 73,7\% \quad (\text{Eq. 9})$$

$$E(Y|Inverno) = -5,343 + 1,609\log(x); \quad R^2 = 73,9\% \quad (\text{Eq. 10})$$

Sendo que, ao fazer o logaritmo do PET ($\log(x)$) igual a zero, tem-se aproximadamente as seguintes temperaturas neutras: 27,7 no verão e 15,9 no inverno.

Ressalta-se que, no caso do presente estudo, o Gráfico 63 representa melhor as situações em questão.

Para calcular a temperatura preferida em ambas as estações foram ajustadas regressões para “preferir frio” e para “preferir calor” na estação do verão e para “preferir frio” e “preferir calor” na estação do inverno. Para cada estação, o ponto em que ambos os modelos se interceptam é considerado a temperatura preferida, na qual, os indivíduos não preferem nem mais

calor nem mais frio, preferem as condições térmicas como elas estão no momento, sem mudanças. Dessa forma considerando o modelo de regressão Cauchit, conforme descrito no item 3.3.3.3 desta tese, a temperatura preferida foi de 20,9°C, no inverno, e de 14,9°C, no verão.

Gráfico 65 – Temperatura preferida nas estações de verão e de inverno

Fonte: Dados coletados em campo.

Os resultados deste estudo mostram que as temperaturas neutras calculadas foram 15,9°C, para o inverno, e, 27,7°C para o verão. As temperaturas preferidas para o inverno e para o verão foram 20,9°C e 14,9°C, respectivamente. No inverno, a temperatura preferida é mais alta que a temperatura neutra em 5°C. Já no verão, a temperatura preferida é mais baixa que a temperatura neutra em 12,8°C. Assim, durante o inverno, as pessoas sentem-se confortáveis a 15,9°C, mas gostariam que a temperatura aumentasse para 20,9°C. A diferença entre o que o que as pessoas sentem e o que elas preferem, em termos de conforto térmico, é de 5°C. Já durante o verão, as pessoas sentem-se confortáveis a 27,7°C, mas gostariam que a temperatura diminuísse para 14,9°C. A diferença entre o que o que as pessoas sentem e o que elas preferem, em termos de conforto térmico, é de 12,8°C. Esse resultado comparativo demonstra que as pessoas anseiam por condições mais frescas (frias) durante o verão e por condições mais quentes durante o inverno, reforçando os achados na análise descritiva, item 4.5, deste trabalho. Esses resultados também provam o impacto da expectativa no conforto térmico dos respondentes, indicando que a expectativa por uma temperatura mais baixa no verão é mais forte que a expectativa por uma temperatura mais alta no inverno. Porém, nota-se que ambas as temperaturas preferidas são baixas quando comparadas à faixa de conforto delimitada neste estudo (TABELA 39), o que confirma a preferência por condições térmicas um pouco mais frias, conforme descrito no item 4.5, deste trabalho.

A preferência por condições térmicas mais frias pode relacionar-se à possibilidade de variação da vestimenta para adaptação às condições térmicas, o que não é possível nas condições térmicas mais quentes. Conforme demonstra a análise descritiva, item 4.1, a resistência térmica da vestimenta dos entrevistados varia mais no inverno do que no verão (distribuição de frequências mais equilibrada). Outro fato notável foi a predominância da localização dos entrevistados na sombra, em ambas as praças e em ambas as estações. Em dias ensolarados, as pessoas estavam, em sua grande maioria, na sombra, fato este que contribui sobremaneira para a aquisição de menores valores de PET, quando comparados àqueles obtidos para pessoas localizadas no sol. Esse comportamento constitui-se um importante fator de conforto adaptativo

A Tabela 39 apresenta uma comparação dos resultados do presente estudo com os resultados dos estudos de Lin (2009), realizados para a cidade de Taiwan (clima quente e úmido).

Tabela 39 – Comparação dos resultados do presente estudo com os resultados dos estudos de Lin (2009)

	Faixa de Conforto (percepção térmica) PET (°C)	Temperatura Neutra PET (°C)		Temperatura Preferida PET (°C)	
		Inverno	Verão	Inverno	Verão
Lin (2009)	21,3 – 28,5	23,7	25,6	23	24,5
Hirashima (2014)	19 - 27	15,9	27,7	20,9	14,9

Fonte dos dados: LIN (2009) e dados coletados em campo.

Ao compararmos os resultados do presente estudo com os resultados dos estudos de Lin (2009), concluímos que a faixa “Bem” de percepção de sensações térmicas para Belo Horizonte apresenta uma amplitude muito próxima à da faixa de conforto para Taiwan, com amplitudes de 8°C e 7,2°C, respectivamente. Ambas as faixas, porém, são mais amplas que as faixas de conforto encontrada nos estudos de Matzarakis, Mayer, Izimon (1999) para os países da Europa Central/Ocidental, conforme mencionado nos itens 2.2.2.2 e 4.8 desta tese. As diferenças entre as temperaturas neutras e as temperaturas preferidas são menores para Taiwan do que para Belo Horizonte, sendo as temperaturas preferidas ligeiramente inferiores do que as temperaturas neutras. Para Taiwan, ambas as temperaturas, neutras e preferidas, tanto no inverno quanto no verão, estão dentro da faixa de conforto delimitada por Lin (2009). Em Belo Horizonte, com exceção da temperatura preferida na estação de inverno, todas as temperaturas neutras e a temperatura preferida para o verão, estão fora da faixa “Bem” de percepção de sensações térmicas. Esse resultado demonstra, conforme mencionado anteriormente, que as pessoas anseiam por condições mais frescas (frias) durante o verão e por condições mais quentes durante o inverno, reforçando os achados na análise descritiva,

item 4.5, deste trabalho. Esses resultados também provam o impacto da expectativa no conforto térmico dos entrevistados em Belo Horizonte.

4.10 Relações entre LAeq e PET; Percepção Sonora e Percepção Térmica; e entre os índices objetivos e suas respectivas percepções subjetivas

Objetivando verificar a existência e o grau de relação entre os índices L_{Aeq} e PET; entre as percepções sonora e térmica; entre o L_{Aeq} e a percepção sonora; e entre o PET e a percepção térmica, considerando os dados coletados nos dois levantamentos de campo, ou seja, todo o conjunto de dados, procedeu-se a uma análise utilizando correlações. A Tabela 40 a seguir sintetiza os resultados obtidos para as correlações realizadas.

Tabela 40 – Correlações entre os índices acústico e térmico, entre as percepções sonora e térmica e entre cada índice com a respectiva resposta subjetiva, considerando todo o conjunto de dados

	L_{Aeq} x PET (Coeficiente de correlação de Pearson)	Percepção Sonora x Percepção Térmica (Coeficiente de correlação de Kendall)	L_{Aeq} x Percepção Sonora (Coeficiente de correlação de Spearman)	PET x Percepção Térmica (Coeficiente de correlação de Spearman)
Valor do coeficiente	0,097	0,064	0,343	0,709
Significado do coeficiente	Correlação baixa, positiva	Correlação baixa, positiva	Correlação moderada, positiva	Correlação forte, positiva

Fonte: dados coletados em campo.

Observa-se, pela análise da Tabela 40, que a relação entre os índices objetivos (PET e L_{Aeq}) e suas respectivas respostas subjetivas (percepção térmica e sonora) é, na maioria das vezes, forte e/ou moderada. Isso indica que quando os níveis de pressão sonora aumentam, as respostas para a percepção sonora tendem a ser de maior percepção de sons. Da mesma forma, podemos afirmar que a resposta dos entrevistados quanto a percepção térmica está diretamente relacionada ao PET e que, um aumento no PET resulta na mudança de categoria de percepção térmica para as categorias que indicam mais calor.

Entretanto, observa-se que, tanto a correlação entre L_{Aeq} e PET, quanto a correlação entre percepção sonora e percepção térmica, são baixas, indicando pouca relação entre os fatores analisados, quando se considera todo o conjunto de dados. Porém, ao se considerar a correlação entre os índices PET e L_{Aeq} por estação e por praça (TABELA 41), conforme será descrito a seguir, obtém-se uma correlação positiva e significativa entre eles (exceto na Praça da Liberdade e no verão).

Tabela 41 – Coeficientes de correlação entre os índices PET e LAeq, em cada uma das estações e em cada uma das praças

	Praça da Liberdade		Praça Sete de Setembro	
	Verão	Inverno	Verão	Inverno
Coeficiente de correlação de Spearman	0,091	0,195	0,189	0,418
Valor-p	0,087	0,000	0,000	0,000

Fonte: dados coletados em campo.

4.11 Análise da influência do índice PET sobre o índice L_{Aeq}

Nessa seção foram ajustadas regressões lineares usando o método de quase-verossimilhança de forma a verificar o efeito do índice PET sobre o índice L_{Aeq} . As regressões foram ajustadas primeiramente para todo o conjunto de dados e posteriormente por estação e estação/região.

Na Tabela 42 e Gráfico 66 abaixo, pode-se verificar o efeito do índice PET sobre o índice L_{Aeq} .

Tabela 42 – Efeito do índice PET sobre o índice L_{Aeq}

Fonte	β	E.P.(β)	I.C. - 95%	Valor-p
Intercepto	65,45	0,733	[64,01; 66,88]	0,000
Índice PET	0,107	0,026	[0,055; 0,159]	0,000

Fonte: Dados coletados em campo.

Gráfico 66 – Diagrama de dispersão do índice L_{Aeq} e do índice PET

Fonte: Dados coletados em campo

Pela análise dos dados apresentados (TABELA 42 e GRÁFICO 66), tem-se que somente 0,9% da variabilidade do índice L_{Aeq} foi explicada pelo índice PET, sendo que a cada uma

unidade que se aumenta no índice PET, espera-se um aumento de 0,107 [0,055; 0,159] no índice L_{Aeq} .

Ao ajustar as regressões apenas por estação, verificou-se que havia uma correlação negativa entre os índices PET e L_{Aeq} no gráfico que representava a estação de inverno. Ao estratificar os dados por praça e por estação não houve mais correlações negativas entre o índice PET e o L_{Aeq} , na estação do inverno, sem a estratificação por praça, conforme verificado anteriormente. Portanto, pode-se concluir que a relação entre os índices PET e L_{Aeq} depende da estação e da praça (invalidando assim as interpretações realizadas anteriormente, as quais, por esta razão, não foram apresentadas nesta tese).

Dessa forma, os Gráficos 67 a 70 apresentam a relação dos índices PET e L_{Aeq} considerando a estratificação dos dados por praça e estação.

Gráfico 67 – Diagrama de dispersão do índice PET e do índice L_{Aeq} no verão, para a Praça da Liberdade

Fonte: Dados coletados em campo.

Gráfico 68 – Diagrama de dispersão do índice PET e do índice L_{Aeq} no verão, para a Praça Sete de Setembro

Fonte: Dados coletados em campo.

Gráfico 69 – Diagrama de dispersão do índice PET e do índice L_{Aeq} no inverno, para a Praça da Liberdade

Fonte: Dados coletados em campo.

Gráfico 70 – Diagrama de dispersão do índice PET e do índice L_{Aeq} no inverno, para a Praça Sete de Setembro

Fonte: Dados coletados em campo.

A Tabela 43 apresenta os dados referentes ao efeito do índice PET sobre o índice L_{Aeq} , considerando os dados estratificados por estações e por praças.

Tabela 43 – Efeito do índice PET sobre o índice L_{Aeq} , com dados estratificados por estações e por praças

Fonte			β	E.P.(β)	I.C. - 95%	Valor-p
Verão	Praça da Liberdade	Intercepto	60,22	0,71	[58,83; 61,61]	0,000
		Índice PET	0,04	0,02	[0,00; 0,09]	0,072
	Praça Sete de Setembro	Intercepto	68,79	1,77	[65,32; 72,25]	0,000
		Índice PET	0,16	0,05	[0,06; 0,27]	0,003
Inverno	Praça da Liberdade	Intercepto	60,54	0,71	[59,15; 61,93]	0,000
		Índice PET	0,10	0,03	[0,05; 0,16]	0,000
	Praça Sete de Setembro	Intercepto	62,63	0,83	[61; 64,27]	0,000
		Índice PET	0,44	0,04	[0,37; 0,52]	0,000

Fonte: Dados coletados em campo.

Considerando os Gráficos 67 e 70 e a Tabela 43, com dados estratificados por praça e por estação, pode-se verificar que no verão e na Praça da Liberdade, 0,6% da variação do índice L_{Aeq} foi explicada pelo índice PET, sendo que a cada unidade aumentada no índice PET, espera-se um aumento de 0,04 (valor-p=0,072) no valor médio apresentado pelo índice L_{Aeq} . Já na Praça Sete, 1,6 % da variação do índice L_{Aeq} foi explicada pelo índice PET, sendo que a cada unidade aumentada no índice PET, espera-se um aumento de 0,16 (valor-p=0,003) no valor médio apresentado pelo índice L_{Aeq} .

Verifica-se ainda que no inverno e na Praça da Liberdade, 2,9% da variação do índice L_{Aeq} foi explicada pelo índice PET, sendo que a cada unidade aumentada no índice PET, espera-se um aumento de 0,10 (valor- $p=0,000$) no valor médio apresentado pelo índice L_{Aeq} . Já na Praça Sete, 22,7 % da variação do índice L_{Aeq} foi explicada pelo índice PET, sendo que a cada unidade aumentada no índice PET, espera-se uma diminuição de 0,44 (valor- $p=0,000$) no valor médio apresentado pelo índice L_{Aeq} .

4.12 Análise da influência do índice L_{Aeq} sobre o índice PET

Visando verificar o efeito do descritor L_{Aeq} sobre o índice PET, regressões lineares utilizando o método de quase-verossimilhança foram ajustadas primeiramente para todo o conjunto de dados e posteriormente por estação e por estação e região.

Na Tabela 44 e Gráfico 71 abaixo, pode-se verificar o efeito do índice L_{Aeq} sobre o índice PET.

Tabela 44 – Efeito do índice L_{Aeq} sobre o índice PET

Fonte	β	E.P. (β)	I.C. - 95%	Valor-p
Intercepto	20,88	1,511	[17,92; 23,85]	0,000
Índice L_{Aeq}	0,089	0,022	[0,045; 0,132]	0,000

Fonte: Dados coletados em campo.

Gráfico 71 – Diagrama de dispersão do índice L_{Aeq} e do índice PET

Fonte: Dados coletados em campo

Pela análise dos dados apresentados (TABELA 44 e GRÁFICO 71), tem-se que somente 0,9% da variabilidade do índice PET foi explicada pelo índice L_{Aeq} , sendo que a cada uma

unidade que se aumenta no índice L_{Aeq} , espera-se um aumento de 0,089 [0,045; 0,132] no índice PET.

De forma semelhante ao ocorrido no item 4.11, desta tese, verificou-se que, ao ajustar as regressões apenas por estação, havia uma correlação negativa entre o L_{Aeq} e o PET no gráfico que representava a estação de inverno. Ao estratificar os dados por praça e por estação não houve mais correlações negativas entre os índices, na estação do inverno, sem a estratificação por praça, conforme verificado anteriormente. Portanto, pode-se concluir que a relação entre os índices L_{Aeq} e PET depende da estação e da praça (invalidando assim as interpretações realizadas anteriormente, as quais, por esta razão, não foram apresentadas nesta tese).

Dessa forma, os Gráficos 72 a 75 apresentam a relação dos índices L_{Aeq} e PET considerando a estratificação por praça e por estação.

Gráfico 72 – Diagrama de dispersão do índice L_{Aeq} e do índice PET no verão, para a Praça da Liberdade

Fonte: Dados coletados em campo.

Gráfico 73 – Diagrama de dispersão do índice L_{Aeq} e do índice PET no verão, para a Praça Sete de Setembro

Fonte: Dados coletados em campo.

Gráfico 74 – Diagrama de dispersão do índice L_{Aeq} e do índice PET no inverno, para a Praça da Liberdade

Fonte: Dados coletados em campo.

Gráfico 75 – Diagrama de dispersão do índice L_{Aeq} e do índice PET no inverno, para a Praça Sete de Setembro

Fonte: Dados coletados em campo.

A Tabela 45 apresenta os dados referentes ao efeito do descritor L_{Aeq} sobre o índice PET estratificados por estações e por praças.

Tabela 45 – Efeito do descritor L_{Aeq} sobre o índice PET. Dados estratificados por estações e por praças

Fonte			β	E.P.(β)	I.C. - 95%	Valor-p
Verão	Praça da Liberdade	Intercepto	17,11	7,37	[2,67; 31,56]	0,021
		Índice L_{Aeq}	0,22	0,12	[-0,02; 0,45]	0,072
	Praça Sete	Intercepto	23,66	2,81	[18,16; 29,16]	0,000
		Índice L_{Aeq}	0,11	0,04	[0,04; 0,19]	0,003
Inverno	Praça da Liberdade	Intercepto	4,87	5,38	[-5,68; 15,41]	0,366
		Índice L_{Aeq}	0,30	0,09	[0,13; 0,47]	0,000
	Praça Sete	Intercepto	-15,39	3,17	[-21,61; -9,17]	0,000
		Índice L_{Aeq}	0,51	0,04	[0,43; 0,60]	0,000

Fonte: Dados coletados em campo.

Considerando os Gráficos 72 a 75 e a Tabela 45, com dados estratificados por praça e por estação, pode-se verificar que no verão e na Praça da Liberdade, 0,6% da variação do índice PET foi explicada pelo índice L_{Aeq} , sendo que a cada unidade aumentada no índice L_{Aeq} , espera-se um aumento de 0,22 (valor-p=0,072) no valor médio apresentado pelo índice PET. No verão e na Praça Sete de Setembro, 1,6% da variação do índice PET foi explicada pelo índice L_{Aeq} , sendo que a cada unidade aumentada no índice L_{Aeq} , espera-se um aumento de 0,11 (valor-p=0,003) no valor médio apresentado pelo índice PET.

Verifica-se também que no inverno e na Praça da Liberdade, 2,9% da variação do índice PET foi explicada pelo índice L_{Aeq} , sendo que a cada unidade aumentada no índice L_{Aeq} , espera-se um aumento de 0,30 (valor- $p=0,000$) no valor médio apresentado pelo índice PET. No inverno e na Praça Sete de Setembro, 22,7% da variação do índice PET foi explicada pelo índice L_{Aeq} , sendo que a cada unidade aumentada no índice L_{Aeq} , espera-se uma diminuição de 0,51 (valor- $p=0,000$) no valor médio apresentado pelo índice PET.

4.13 Análise da eventual influência da morfologia urbana nos dados microclimáticos medidos em campo

Visando viabilizar a análise da influência da morfologia urbana nos dados medidos, construiu-se as Tabelas 46 a 49 a seguir. As Tabelas 45 e 46 apresentam uma comparação dos valores de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) medidos nos levantamentos de campo realizados nas Praças da Liberdade (verão e inverno) e Sete de Setembro (verão e inverno) com os valores medidos no 5° DISME/INMET, nos mesmos dias e horários de medição.

Tabela 46 – Comparação dos valores de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) medidos no levantamento de campo da Praça da Liberdade (verão e inverno) com os valores medidos no 5° DISME/INMET, nos mesmos dias e horários de medição

Estações	Hora	Praça da Liberdade		5° DISME/INMET
		Sol	Sombra	
Verão (11/03/13)	12 UTC (9h)	28,2	26,2	26,1
	18 UTC (15h)	32,2	30,4	30,9
Inverno (08/07/2013)	12 UTC (9h)	20,1	19,9	21,3
	18 UTC (15h)	27,4	25,5	26,3

Fonte: Dados coletados em campo e dados registrados pelo 5° DISME/INMET.

Pela análise da Tabela 46, observa-se que os valores medidos na Praça da Liberdade, na sombra, se assemelham mais aos valores medidos no 5° DISME/INMET. Os valores medidos em campo, na sombra, são ligeiramente inferiores aos medidos no 5° DISME/INMET, nos mesmos dias e horários (exceto às 12UTC, no verão).

Tabela 47 – Comparação dos valores de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$) medidos no levantamento de campo da Praça Sete de Setembro (verão e inverno) com os valores medidos no 5° DISME/INMET, nos mesmos dias e horários de medição

Estações	Hora	Praça Sete de Setembro		5° DISME/INMET
		Sol	Sombra	
Verão (13/03/13)	12 UTC (9h)	30	28	27,9
	18 UTC (15h)	34,7	32,8	32,3
Inverno (09/07/2013)	12 UTC (9h)	20,6	18,8	19,8
	18 UTC (15h)	23,7	22,9	22,4

Fonte: Dados coletados em campo e dados registrados pelo 5° DISME/INMET.

Pela análise da Tabela 47, observa-se que os valores medidos na Praça Sete de Setembro, na sombra, também se assemelham mais aos valores medidos no 5° DISME/INMET. Porém, os valores medidos em campo, na sombra, são ligeiramente superiores aos medidos no 5° DISME/INMET, nos mesmos dias e horários (exceto às 12UTC, no inverno).

Já as Tabelas 48 e 49, mostram uma comparação das amplitudes dos valores de temperatura do ar (°C), medidos na sombra, nos levantamentos de campo das Praças da Liberdade (verão e inverno) e Sete de Setembro, com a amplitude dos valores medidos no 5° DISME/INMET, nos mesmos dias e horários de medição. Considerou-se, para cálculo da amplitude, a subtração entre os valores medidos às 18UTC (15h) e os medidos às 12UTC (9h).

Tabela 48 – Comparação da amplitude dos valores de temperatura do ar (°C) medidos na sombra no levantamento de campo da Praça da Liberdade (verão e inverno) com a amplitude dos valores medidos no 5° DISME/INMET, nos mesmos dias e horários de medição. Considerou-se, para cálculo da amplitude, a subtração entre os valores medidos às 18UTC (15h) e os medidos às 12UTC (9h)

Estações	Praça da Liberdade – Sombra	5° DISME/INMET	Diferença entre amplitudes (Praças – 5° DISME/INMET)
Verão (11/03/13)	4,2	4,8	-0,6
Inverno (08/07/2013)	5,6	5	0,6

Fonte: Dados coletados em campo e dados registrados pelo 5° DISME/INMET.

Tabela 49 – Comparação da amplitude dos valores de temperatura do ar (°C) medidos na sombra no levantamento de campo da Praça Sete de Setembro (verão e inverno) com a amplitude dos valores medidos no 5° DISME/INMET, nos mesmos dias e horários de medição. Considerou-se, para cálculo da amplitude, a subtração entre os valores medidos às 18UTC (15h) e os medidos às 12UTC (9h)

Estações	Praça Sete de Setembro – Sombra	5° DISME/INMET	Diferença entre amplitudes (Praças – 5° DISME/INMET)
Verão (13/03/13)	4,8	4,4	0,6
Inverno (09/07/2013)	4,1	2,6	1,5

Fonte: Dados coletados em campo e dados registrados pelo 5° DISME/INMET.

Com exceção dos dados do verão na Praça da Liberdade, todas as amplitudes calculadas foram maiores quando os dados foram medidos nas praças do que quando os dados foram medidos no 5° DISME/INMET. Porém, na Praça da Liberdade as amplitudes variam menos do que na Praça Sete de Setembro (sendo inclusive menor do que a amplitude no 5° DISME/INMET no levantamento de campo de verão).

Os dados analisados nas Tabelas 46 a 49 indicam uma possível influência das diferentes morfologias urbanas nos dados medidos durante os levantamentos de campo. Enquanto na Praça da Liberdade, os valores medidos em campo, na sombra, são ligeiramente inferiores

aos medidos no 5° DISME/INMET, nos mesmos dias e horários (exceto às 12UTC, no verão); na Praça Sete de Setembro, os valores medidos em campo, na sombra, são ligeiramente superiores aos medidos no 5° DISME/INMET, nos mesmos dias e horários (exceto às 12UTC, no inverno). De forma semelhante, a análise das amplitudes mostra que as amplitudes foram maiores quando calculadas para os dados medidos nas praças do que a amplitude calculada para dados medidos no 5° DISME/INMET. Porém, na Praça da Liberdade as amplitudes variam menos do que na Praça Sete de Setembro (sendo inclusive menor do que a amplitude no 5° DISME/INMET no levantamento de campo de verão).

Dessa forma, na Praça Sete de Setembro, mais verticalizada, mais adensada, mais impermeabilizada, com menos vegetação e nenhuma fonte de água, os valores medidos em campo, na sombra, são ligeiramente superiores aos medidos no 5° DISME/INMET. Da mesma maneira, apesar de, em ambas as praças, as amplitudes serem maiores quando considerados os dados medidos nas praças do que a amplitude dos dados medidos no 5° DISME/INMET, na Praça Sete de Setembro a amplitude varia mais (é maior) do que na Praça da Liberdade. Isso tudo sugere uma possível influência das diferentes morfologias urbanas (das Praças em estudo) nos dados medidos durante os levantamentos de campo – e, no caso, da Praça Sete de Setembro, um ligeiro aquecimento.

5 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando a necessidade de uma maior compreensão das condições que propiciam conforto acústico e térmico aos usuários dos ambientes urbanos, com vistas a minimizar os efeitos dos elevados níveis sonoros e das elevadas cargas térmicas aos quais esses usuários estão, muitas vezes, expostos nos centros das grandes cidades, este trabalho teve como objetivo estudar a percepção sonora e térmica e o conforto acústico e térmico de usuários de espaços urbanos abertos visando à definição de critérios objetivos de avaliação do conforto acústico e do conforto térmico para esses espaços.

Com vistas a alcançar esse objetivo geral, desenvolveu-se procedimentos metodológicos para a condução da coleta de dados durante os levantamentos em campo e para tratamento dos dados obtidos. Duas estações do ano (verão e inverno) e dois recintos urbanos do município de Belo Horizonte (Praça da Liberdade e Praça Sete de Setembro) foram selecionados para medição de variáveis acústicas e microclimáticas e para a aplicação de, aproximadamente, 1.700 formulários, propiciando uma ampla base de dados, cuja análise evidenciou aspectos relacionados ao conforto acústico e térmico em escala urbana, possibilitando a proposição de diretrizes gerais de projeto e planejamento urbanos para o município.

Com relação aos valores do L_{Aeq} medidos, em ambos os levantamentos de campo, de verão e de inverno, os valores mais elevados foram registrados na Praça Sete de Setembro, onde também a amplitude dos valores medidos foi maior, indicando uma maior variabilidade dos níveis sonoros. Tanto os valores de $L_{90,10h}$ quanto os valores da diferença $L_{10}-L_{90}$, ambos bastante relacionados à sensação de incômodo na literatura, o primeiro por representar a condição mais característica do ruído medido e o segundo por representar as variações bruscas dos níveis sonoros, foram iguais ou mais elevados nos registros realizados para a Praça Sete de Setembro. No verão, a média do índice L_{Aeq} foi de 68,6dB(A), enquanto que, no inverno, a média do índice L_{Aeq} foi de 68,1 dB(A), sendo essa diferença não significativa. Na Praça da Liberdade, a média do índice L_{Aeq} foi de 62,3dB(A), enquanto que, na Praça Sete de Setembro, a média do índice L_{Aeq} foi de 73,2dB(A), sendo essa diferença significativa.

Genericamente, com relação ao ambiente sonoro no momento da entrevista, houve uma tendência de, na Praça Sete de Setembro, os indivíduos perceberem o volume sonoro como “Alto”, “Incômodo” e “Desconfortável”; enquanto que, na Praça da Liberdade, houve uma tendência de as pessoas perceberem o volume sonoro como “Normal”, “Não incômodo” e “Confortável”. Com relação às diferentes estações, não houve diferenças significativas entre as respostas às variáveis subjetivas de percepção do volume sonoro e de avaliação do

conforto acústico. Com relação à avaliação do incômodo relacionado ao volume sonoro, no verão, houve uma tendência de os indivíduos se incomodarem mais com o volume sonoro do que no inverno.

Com relação ao índice PET, não podemos comparar diretamente os valores medidos na Praça da Liberdade com os valores medidos na Praça Sete de Setembro, uma vez que as medições foram realizadas em dias diferentes. Porém, no verão, a média do índice PET foi de 31,3°C enquanto que, no inverno, a média do índice PET foi de 22,7°C, sendo essa diferença significativa. Já na Praça da Liberdade, a média do índice PET foi de 27,0°C, enquanto que, na Praça Sete de Setembro, a média do índice PET foi de 26,9°C, sendo essa diferença não significativa.

Genericamente, com relação às condições térmicas no momento das entrevistas, no verão, a maioria das pessoas responderam que se sentiam com “Calor”, preferiam que as condições térmicas estivessem um pouco mais “Frias” e que se sentiam “Desconfortáveis”; enquanto que, no inverno, a maioria das pessoas responderam que se sentiam “Bem”, preferiam que as condições térmicas estivessem como estavam, “Sem mudanças”, e que se sentiam “Confortáveis”. Com relação às áreas de estudo, não houve diferenças significativas entre as respostas às variáveis subjetivas de percepção de sensação térmica e de preferência de sensações térmicas. Com relação à avaliação de conforto térmico, na Praça da Liberdade houve uma tendência de os indivíduos se sentirem “confortáveis”, enquanto na Praça Sete de Setembro, houve uma tendência de as pessoas se sentirem “desconfortáveis”.

Em uma aceção geral, ao compararmos as mesmas condições acústicas e térmicas, com relação à análise das variáveis subjetivas, conclui-se que, tanto no que diz respeito à percepção sonora e à avaliação de conforto acústico, quanto no que diz respeito à percepção de sensações térmicas e à avaliação de conforto térmico, os indivíduos tendem a ser mais tolerantes na Praça da Liberdade do que na Praça Sete de Setembro; e tendem a ser mais tolerantes no inverno do que no verão.

Os diferentes níveis de tolerância com relação às mesmas condições acústicas e térmicas entre as diferentes áreas e estações podem ser eventualmente explicadas:

- a) pelas diferentes paisagens sonoras de cada uma das áreas de estudo;
- b) por fatores psicológicos, sociais e culturais, principalmente os relacionados à expectativa de sensações térmicas nas diferentes estações (um dos aspectos de conforto adaptativo abordado no item 2.2.3.3); e

- c) pelo fato de a percepção dos ambientes ser intersensorial (não ocorrer isoladamente) (THIBAUD *et al. apud* PEREIRA, 2003), ou seja, a avaliação de um local urbano depende da maneira como este responde às necessidades múltiplas tais como funcionalidade, estética e conforto global (acústico, lumínico e térmico) (RAIMBAULT; LAVANDIER; BÉRENGIER, 2003)

Esses achados sobre os diferentes níveis de tolerância entre as praças e entre as estações, quando consideradas as mesmas condições acústicas e térmicas, também demonstram que tanto o conforto acústico quanto o conforto térmico, respectivamente, não dependem unicamente dos níveis sonoros e dos parâmetros microclimáticos medidos, considerados objetivamente, mas também dos fatores subjetivos, que devem, portanto, serem igualmente considerados no projeto de um adequado ambiente acústico e térmico urbano.

A calibração do índice L_{Aeq} com relação à percepção do volume sonoro resultou nas seguintes faixas: “Baixo”, para valores de L_{Aeq} menores do que 35dB(A); “Normal”, para valores de L_{Aeq} de 36 a 67dB(A); e “Alto”, para valores de L_{Aeq} acima de 68dB(A). A calibração do L_{Aeq} com relação à avaliação do conforto acústico, resultou nas seguintes faixas: “Confortável”, para valores de L_{Aeq} menores do que 67dB(A); e “Desconfortável”, para valores de L_{Aeq} acima de 68dB(A). Nota-se a similaridade entre a faixa delimitada para a percepção de volume sonoro como “Alto” ($L_{Aeq} > 68\text{dB(A)}$) e a faixa delimitada para a avaliação de conforto térmico como “Desconfortável” ($L_{Aeq} > 68\text{dB(A)}$).

Ressalta-se que, conforme mencionado no Capítulo 4, o valor de 67dB(A), limite superior da faixa de conforto delimitada neste trabalho, representa níveis sonoros superiores ao limite diurno estabelecido para conforto acústico em ambientes externos pela NBR 10.151, da ABNT, para área mista, com vocação comercial e administrativa, que é de 60dB(A). Entretanto, o objetivo deste estudo não é a comparação das faixas delimitadas com os limites estabelecidos pela legislação existente. A legislação existente embasa-se em outros parâmetros além das questões subjetivas de percepção sonora e de conforto acústico. O objetivo do presente estudo é fornecer subsídios para o planejamento e para o projeto urbanos, uma vez que o conhecimento das faixas de percepção sonora e de conforto acústico, o entendimento da avaliação subjetiva da paisagem sonora e a identificação das condições precisas em que a população é mais tolerante às condições acústicas existentes são fatores que podem ser utilizados com o objetivo de proporcionar uma maior sensação de conforto acústico. Os resultados do presente estudo, portanto, podem ser de grande importância para a tomada de decisão em projetos urbanísticos, principalmente em situações

urbanas em que não há possibilidades de grandes reduções nos níveis de pressão sonora, ou possibilidades de controle do ruído nas fontes.

A calibração do índice PET com relação à percepção de sensações térmicas resultou nas seguintes faixas: “Frio”, para valores de PET menores que 18,9°C; “Bem” para valores de PET de 19 a 27°C, e “Calor”, para valores de PET maiores que 27,1°C. A calibração do índice PET com relação à avaliação de conforto térmico, a qual teve uma grande influência da estação, resultou nas seguintes faixas de conforto: no verão, “Confortável” para valores de PET menores do que 31°C; no inverno, “Confortável” para valores de PET maiores do que 23,5°C. Sugeriu-se, desta maneira, a consideração da seguinte faixa de conforto térmico, de 23,5 a 31°C, para utilização durante todo o ano. Nota-se que a amplitude da faixa de conforto térmico (23,5 a 31°C PET), estabelecida dessa forma, passa a ser muito próxima à amplitude da faixa de percepção de sensações térmicas (19 a 27°C PET), porém, a faixa de conforto térmico é ligeiramente deslocada para condições térmicas um pouco mais quentes.

As temperaturas neutras calculadas foram 15,9°C, para o inverno, e, 27,7°C para o verão. As temperaturas preferidas para o inverno e para o verão foram 20,9°C e 14,9°C, respectivamente. Assim, durante o inverno, as pessoas sentem-se confortáveis a 15,9°C, mas gostariam que a temperatura aumentasse para 20,9°C. Já durante o verão, as pessoas sentem-se confortáveis a 27,7°C, mas gostariam que a temperatura diminuísse para 14,9°C. Esse resultado comparativo demonstra que as pessoas anseiam por condições mais frescas (frias) durante o verão e por condições mais quentes durante o inverno, confirmando e reforçando os achados da análise descritiva, item 4.5, deste trabalho. Ao se avaliar a diferença de amplitude entre a temperatura neutra e a temperatura preferida para cada uma das estações, comprova-se o impacto da expectativa no conforto térmico dos respondentes, indicando que a expectativa por uma temperatura mais baixa no verão é mais forte que a expectativa por uma temperatura mais alta no inverno.

Neste contexto da preferência por temperaturas mais baixas no verão e mais altas no inverno, na análise descritiva dos dados, conforme mencionado, demonstrou-se que, no verão, em ambas as praças, nas faixas que representam valores de PET menores que 25°C, há maior porcentagem de pessoas que reportaram estar “Bem” e “Confortável”. Já no inverno, em ambas as praças, nas faixas que representam valores de PET maiores que 25°C (principalmente na faixa entre 30 e 35°C), há maior porcentagem de pessoas que reportaram estar “Bem” e “Confortável”.

Essa diferença na percepção de sensações térmicas e na avaliação de conforto térmico entre as estações pode ser explicada por fatores psicológicos. Novamente, no contexto das teorias sobre conforto adaptativo, abordadas no capítulo 2 desta tese, essa diferença pode estar relacionada às adaptações psicológicas que podem ocorrer, principalmente aquelas relativas à expectativa. Em seu artigo, Höppe (2002) também afirma que, com relação às estações do ano, no inverno as pessoas tendem a preferir temperaturas altas às baixas, enquanto no verão ocorre exatamente o oposto (HÖPPE, 2002).

Da mesma forma, a análise descritiva demonstrou que, com relação à sensibilidade dos entrevistados com relação às condições climáticas, no verão, a maioria das pessoas se autodefinem calorentas. Já no inverno, ocorre o contrário: a maioria das pessoas se autodefinem friorentas. Possivelmente essa diferença encontrada entre as estações pode ser também explicada pelos fatores psicológicos já descritos.

Por esta razão as faixas de percepção térmica e de avaliação de conforto térmico e, conseqüentemente, a zona de conforto, para a mesma localidade, podem ser diferentes entre as estações, fato este que ocorre no município de Belo Horizonte para a avaliação de conforto térmico, conforme mencionado anteriormente e no item 4.7 desta Tese. Este trabalho apresenta ainda evidências de que esse fato possa ocorrer no município de Belo Horizonte também para a percepção térmica embora não tenha sido possível comprová-las com base na amostra obtida no presente estudo, conforme mencionado no item 4.7 desta Tese.

Além disso, no caso de as zonas de conforto serem diferentes entre as estações, o presente estudo apresenta também evidências de que a faixa de percepção “Bem” e/ou a faixa de conforto térmico sejam mais amplas no inverno do que no verão. Estudos futuros (com uma maior amostra) poderão igualmente comprovar ou não esta hipótese. Entretanto, neste trabalho demonstrou-se:

- a) que os indivíduos são mais tolerantes com relação às condições térmicas no inverno do que no verão;
- b) que os entrevistados preferem condições térmicas um pouco mais frias; e
- c) que no inverno, há uma maior variação da vestimenta utilizada pelos pedestres – o que pode aumentar as situações de conforto térmico nesta estação. Essas três razões podem embasar a possibilidade de a faixa “Bem”, assim como a faixa “Confortável”, serem mais amplas na estação de inverno, nortando futuros estudos.

A relação entre os índices objetivos (PET e L_{Aeq}) e suas respectivas respostas subjetivas (percepção térmica e sonora) é, na maioria das vezes, forte e/ou moderada quando são avaliados os resultados numéricos de correlações. Isso indica que, quando os níveis de pressão sonora aumentam, as respostas para a percepção sonora tendem a ser de maior percepção de sons e *vice-versa*. Da mesma forma, podemos afirmar que a resposta dos entrevistados quanto a percepção térmica está diretamente relacionada ao PET e que, um aumento no PET resulta na mudança de categoria de percepção térmica para as categorias que indicam mais calor e *vice-versa*.

Observa-se que, tanto a correlação entre L_{Aeq} e PET, quanto a correlação entre percepção sonora e percepção térmica, são baixas, indicando pouca relação entre os fatores analisados, quando se considera todo o conjunto de dados. Essas baixas correlações entre os índices L_{Aeq} e PET, bem como entre a percepção sonora e a percepção térmica, podem, eventualmente, ser explicadas pelo fato de que, na percepção humana, tanto na percepção sonora quanto na térmica, há influência de muitos outros fatores que também interferem nos julgamentos subjetivos no momento da avaliação dos ambientes. Ao se considerar a correlação entre os índices L_{Aeq} e PET (e *vice-versa*), por estação e por praça, obtém-se uma correlação positiva e significativa entre eles (exceto na Praça da Liberdade e no verão). Essas relações foram esclarecidas e quantificadas nos itens 4.11 e 4.12 desta Tese.

Esse achado evidencia que, há uma influência, apesar de pequena, dos níveis de pressão sonora sobre a percepção e avaliação das condições térmicas, assim como há uma influência, também pequena, das condições térmicas sobre a percepção e avaliação das condições do ambiente sonoro. Assim, nas situações de estresse térmico (altos valores de PET), a percepção do volume sonoro e avaliação de conforto acústico podem ser influenciadas pelas condições térmicas do ambiente, reforçando o desconforto acústico. Já nas situações de estresse acústico (altos valores de L_{Aeq}), a percepção das sensações térmicas e avaliação de conforto térmico podem ser influenciadas pelas condições acústicas do ambiente, reforçando o desconforto térmico. Esse resultado confirma os achados de estudos sobre a multissensorialidade da percepção humana dos ambientes, e da importância do contexto, nos processos de avaliação dos estímulos acústicos e térmicos do ambiente.

Por fim, a análise da eventual influência da morfologia urbana sobre os dados microclimáticos medidos em campo, em cada uma das áreas de estudo, sugere uma possível influência entre eles – e, no caso da Praça Sete de Setembro (mais adensada, mais verticalizada, menos arborizada, com menos áreas permeáveis e sem fontes de água), um ligeiro aquecimento.

Tendo exposto concisamente os resultados da presente tese, faz-se de grande relevância, neles embasado, propor diretrizes gerais de planejamento urbano para o município. Segundo Schafer (1977), a paisagem sonora é dinâmica, transformável e, assim, possível de ser aperfeiçoada. Da mesma forma, o ambiente térmico pode ser transformado por meio do projeto e do planejamento urbano. O projeto das áreas urbanas deve proteger os usuários dos aspectos ambientais considerados indesejáveis ou desagradáveis e favorecer o aproveitamento dos aspectos desejáveis e agradáveis do ambiente.

Com relação às condições de conforto acústico, considerando que o trânsito de veículos foi identificado como a principal fonte de ruídos urbanos, mencionado por grande parte dos entrevistados como som desagradável (potencial causador de estresse), deve-se buscar inicialmente reduzi-lo, adaptando-o aos padrões das normas de conforto acústico urbano, por meio de medidas de gerenciamento do tráfego rodoviário como as mudanças no fluxo de veículos e as mudanças de rotas, dentre outras, ou por meio de medidas como: substituição de pavimentos, utilização de barreiras acústicas, utilização de vegetação, adequado posicionamento das áreas de permanência em relação às principais fontes de ruído, dentre outras.

Entretanto, a redução dos níveis de pressão sonora não leva necessariamente à um melhor conforto acústico em áreas urbanas, conforme descrito por Yang e Kang (2005); ao mesmo tempo que, uma simples diminuição do nível de ruído ou a eliminação de ruídos, é insuficiente para explicar a melhoria do ambiente urbano (RAIMBAULT; DUBOIS, 2005). Na relação entre o indivíduo e o ambiente sonoro, portanto, o nível de incômodo não está relacionado apenas ou necessariamente aos níveis mensuráveis, mas também às condições culturais, espaciais, ambientais, relacionais, dentre outras, assim como às suas representações individuais e coletivas, que são elementos importantes e mesmo determinantes nessa relação (PEREIRA, 2003).

Dessa forma, os ambientes ideais para restauração, descanso e lazer não são necessariamente os mais silenciosos, que podem ser interpretados por alguns como agradáveis e relaxantes, mas, por outros, como monótonos, entediantes e sem vida (HOLTZ, 2012). No contexto da qualidade do ambiente sonoro, a garantia de um ambiente saudável e confortável do ponto de vista acústico, não depende unicamente da aplicação da legislação pertinente visando à redução dos níveis de pressão sonora, da obtenção do “silêncio”, mas também conseguir espaços com qualidade sonora – agradáveis – confortáveis.

Tendo em vista essa vertente, o planejamento urbano pode fazer uso de outros instrumentos, de outras possibilidades, para a melhoria da paisagem sonora, ou seja, dos dispositivos de

mascamamento dos sons indesejáveis, tais como a inserção de sons avaliados de maneira positiva pelos usuários (sons considerados agradáveis) – como os sons provenientes de fontes d'água, música, sons de pássaros e animais, marcos sonoros, dentre outros.

O projeto das áreas urbanas pode considerar que, segundo Holtz (2012), a criação do *soundscape* (experiência auditiva) pode ser análoga à construção do *landscape* (experiência visual), na qual a diversidade de vegetação, mobiliário, texturas, luzes, etc. já é utilizada pelos arquitetos paisagistas de maneira mais adequada e evidente. Conforme Holtz (2012) “a percepção do *soundscape*, quando comparada à percepção do *landcaspe*, se dá de maneira mais sutil, invisível, porém com um componente emocional muito forte” (HOLTZ, 2012). Portanto, assim como a *lanscape*, o *soundscape* precisa ser planejado, projetado, tendo sempre em mente que, conforme ressaltado por Rychtáriková e Vermeir (2011), os requisitos para o projeto da paisagem sonora desejável devem ser embasados em pesquisas sociológicas as quais reflitam as expectativas dos principais usuários da área urbana.

Com relação às condições de conforto térmico, uma vez que foi constatada a preferência dos residentes em Belo Horizonte por condições um pouco mais frescas (frias), conforme achados da análise descritiva e evidências de uma maior faixa de conforto na estação do inverno, deve-se propiciar melhores condições de ventilação urbana e aumentar as áreas sombreadas disponíveis para utilização pelos pedestres. Tendo em vista que a maioria dos entrevistados localizava-se na sombra durante as entrevistas, em ambas as praças e em ambas as estações, é notável que este comportamento é uma estratégia de conforto adaptativo amplamente utilizada pela população para melhoria das condições de conforto térmico. Dessa forma, as áreas permeáveis com vegetação, as fontes de água e a arborização urbana são instrumentos preciosos para proporcionar uma melhor ambiência e um melhor conforto térmico para os usuários dos espaços urbanos.

Os processos de adensamento e verticalização, principalmente das áreas centrais do município, devem também considerar os aspectos mencionados anteriormente, particularmente, os relacionados à manutenção das condições ideais de ventilação e à preservação dos principais canais de ventilação do município. Conforme resultados desta tese, diferentes morfologias urbanas, podem influenciar diferentemente as variáveis climáticas, medidas em microescala, influenciando, conseqüentemente, nas condições de conforto térmico nesta escala. O adequado desenho urbano, portanto, associado ao adequado planejamento urbano, podem melhorar sobremaneira as condições de conforto térmico dos usuários dos recintos urbanos.

No contexto da influência da multissensorialidade da percepção humana na avaliação global de conforto dos recintos urbanos, o desenho urbano deve considerar também que espaços organizados, limpos, bem conservados e não degradados, dentre outros aspectos ligados à estética dos ambientes, favorecem uma avaliação mais positiva dos aspectos relacionados ao conforto ambiental.

Anteriormente foi mencionado que propiciar um ambiente acusticamente confortável não é uma questão apenas de reduzir os níveis sonoros, e foi abordada a importância da paisagem sonora na percepção e na avaliação do conforto acústico. Analogamente, o item 2.2.3.3 desta Tese, o qual trata do tema conforto adaptativo, esclarece os diversos tipos de adaptação por meio dos quais os indivíduos se ajustam às condições térmicas, aumentando as condições ambientais consideradas termicamente confortáveis. Isso demonstra que propiciar um ambiente termicamente agradável e confortável, segundo Steane e Steemers (2004), também não é uma questão de proporcionar um ambiente térmico ótimo e constante, mas de oferecer oportunidades de adaptação através de projetos que criem diversidade térmica.

Cabe aqui ressaltar que a arquitetura e o urbanismo podem propiciar diferentes graus de diversidade, tanto com relação aos aspectos relacionados ao conforto acústico quanto ao térmico. De acordo com Steane e Steemers (2004),

a diversidade ambiental é uma característica de projeto que está intimamente relacionada com nossa experiência de arquitetura. A formação consciente da diversidade, ou seja, a orquestração consciente dos padrões dinâmicos de variação ambiental, torna-se possível graças a uma valorização dos aspectos espacial e temporal da diversidade. Variáveis, tais como calor, luz ou som devem variar ao longo do tempo e/ou espaço. Estas variações podem ser mais ou menos acentuadas, mais ou menos repentinas, dependendo de questões como a natureza do espaço, o seu padrão de ocupação, a forma de construção e o clima. Os ambientes térmico, visual e auditivo podem ser mais ou menos estáveis temporalmente, e mais ou menos uniformes espacialmente.

No contexto dos ambientes externos urbanos existem diversas condições que favorecem a adaptação tanto temporal quanto espacial, tanto com relação ao ambiente acústico, quanto com relação ao ambiente térmico: a escolha de locais mais silenciosos (protegidos dos sons considerados desagradáveis) ou locais onde há música, sons naturais, marcos sonoros, dentre outros; a escolha do sol ou da sombra, do frescor da evaporação gerada por uma fonte ou um parque, da rua com vento ou de um espaço protegido deste, dentre outros. A escolha do mobiliário urbano, bem como do local em que será instalado, deve considerar essas opções. Da mesma forma, a especificação da vegetação (tipo, porte etc) e a escolha da sua localização também desempenham um papel fundamental neste contexto e, portanto, devem ser cautelosamente estabelecidas. É interessante que essas diferentes soluções de projeto

coexistam, uma vez que a questão decisiva para o conforto de um maior número de indivíduos é a existência de uma gama diversificada e adequada de possibilidades que permitam às pessoas se adaptarem às condições ambientais. O urbanista tem, dessa forma, um importante papel no desenvolvimento de projetos que valorizem os aspectos da diversidade ambiental a fim de proporcionar um ambiente mais agradável e mais confortável tanto acústica quanto termicamente.

Diante do exposto anteriormente, e constata a necessidade de estudos mais aprofundados sobre diversas questões relacionadas a estes temas, sugere-se aos futuros estudos:

- a) Aperfeiçoar a metodologia de medição da temperatura radiante média e da velocidade do vento (uso de equipamentos mais sensíveis a baixas velocidades, de resposta rápida e adequados às medições em áreas urbanas) uma vez que esses parâmetros são essenciais ao cálculo do PET;
- b) Verificar as evidências de que, no município de Belo Horizonte, as faixas de percepção de sensações térmicas possam ser diferentes entre as estações, particularmente entre verão/primavera e inverno/outono e delimitá-las, por meio da consideração de um número maior de indivíduos na amostra e da coleta de um maior número de dados;
- c) Aperfeiçoar a metodologia empregada neste trabalho a fim de que a mesma considere também perguntas específicas sobre os aspectos relacionados ao conforto global, como iluminação, estética, dentre outros;
- d) Estudar a influência da história térmica na avaliação subjetiva das condições térmicas microclimáticas;
- e) Estudar a influência da exposição anterior, ou da exposição constante e permanente, a diferentes níveis sonoros na avaliação subjetiva das condições acústicas de um recinto urbano;
- f) Espacializar os valores de L_{Aeq} e de PET por meio da geração de mapas, para que esses sirvam como base para o desenvolvimento de estratégias na escala de desenho urbano;

- g) Proceder ao estudo da análise semântica da paisagem sonora a fim de gerar subsídios para projetos de acústica urbana na escala de desenho urbano.

Para finalizar, conclui-se que os resultados obtidos neste estudo são importantes contribuições para fundamentar os futuros estudos sobre conforto acústico e térmico. Os índices L_{Aeq} e PET calibrados podem ser usados como critério objetivo para a avaliação das condições de conforto acústico e térmico dos espaços urbanos abertos e poderão ser introduzidos nos modelos de simulação acústica e microclimática dos ambientes urbanos, conferindo capacidade preditiva aos estudos de planejamento e projeto urbanos, e permitindo a análise de diversas soluções antes da tomada de decisão final. Da mesma forma, as novas condições acústicas e microclimáticas locais resultantes de intervenções realizadas em recintos urbanos poderão ser avaliadas.

Os resultados do presente estudo poderão embasar os instrumentos de planejamento das cidades, sejam Plano Diretores, Leis de Parcelamento, Uso e Ocupação do Solo Urbano, Códigos de Obras, ou mesmo normas técnicas. Mais uma vez, salienta-se a importância de, no projeto e planejamento urbanos, propiciar diversidade térmica aos usuários urbanos de modo a permitir o conforto adaptativo entre os habitantes e seus espaços urbanos, a fim de ampliar a faixa considerada confortável pela população e reduzir as situações consideradas desconfortáveis. A relevância deste trabalho é, portanto, auxiliar no entendimento das inter-relações existentes entre o conforto acústico e térmico do usuário, e entre estes e o planejamento e projeto urbanos, com vistas a criar fundamentos que norteiem os processos decisórios capazes de proporcionar ambientes urbanos mais agradáveis, mais confortáveis, contribuindo, conseqüentemente, para a melhoria da qualidade de vida da população.

REFERÊNCIAS

- ADOLPHE, L. (2002) La perception des ambiances urbaines et le confort dans les espaces extérieurs. In: SAGACités, vers un système d'aide à la gestion des ambiances urbaines, Rapport de recherche MENRT – *Direction de la Technologie* n° 99 V0532 *apud* PEREIRA, M. Percepção sonora no espaço público: indicadores de tolerância ao ruído na cidade do Rio de Janeiro. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENCAC, 2003, Curitiba, PR-Brasil. **Anais...** Curitiba, 2003, p. 779-786.
- AGRESTI, A. *Categorical data analysis*. New York: Wiley, 2002.
- ALI TOUDERT, F. *Dependence of outdoor thermal comfort on street design in hot and dry climate*. 2005. 224f. Dissertation – Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg, Freiburg, 2005.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING AND REFRIGERATING ENGINEERS. *Handbook of fundamentals: Physiological principles, comfort, health*. New York, 1997 *apud* HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, v.34, p. 661-665, 2002.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING AND REFRIGERATING ENGINEERS. ASHRAE-55. *Thermal environmental conditions for human occupancy*. 1992. *Apud* STEANE, M. A.; STEEMERS, K. (Ed.) *Environmental Diversity in Architecture*. London; New York: Spon Press, 2004.
- AMERICAN SOCIETY OF HEATING AND REFRIGERATING ENGINEERS. Measurements and instruments. In: *Handbook of Fundamentals. American Society for heating Refrigerating and Air Conditioning*. Atlanta, 2001 *apud* ALI TOUDERT, F. *Dependence of outdoor thermal comfort on street design in hot and dry climate*. 224 f. Dissertation – Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg, Freiburg, 2005.
- APPLETON, J. *The experience of landscape*. New York: Wiley (revised edition 1996). p. 14 *apud* BROWN, A. L.; KANG, J.; GJESTLAND, T. Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*. v.72, p.387-392, 2011.
- ARANA, M.; GARCIA, A. A social survey on the effects of environmental noise on the residents of Pamplona, Spain. *Applied Acoustics*. v.53, n.4, p.245-253, 1998.
- ASHRAE Standard 55-2004. *Thermal environmental conditions for human occupancy*. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2004.
- ASSIS, E.S. *Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor urbana: análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical*. 1990. 164 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 10151: acústica – avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – procedimento*. Rio de Janeiro: ABNT, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação*. 3. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2011. 11 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 15.220: desempenho térmico de edificações*, Rio de Janeiro: ABNT, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6023: informação e documentação: referências: elaboração*. Rio de Janeiro: ABNT, 2002. 24 p.

ATTENBOROUGH, K, Clark, S and Utley, W A (1976) Background noise levels in the United Kingdom. *J. Sound Vib.* 48, 359-375 *apud* RAIMBAULT, M.; DUBOIS, D. Urban soundscapes: experiences and knowledge. *Cities*, v. 22, n. 5, p. 339-350, 2005.

AXELSSON, Ö. The ISO 12913 series on Soundscape. *Forum Acusticum* 2011. Aalborg, Dinamarca, 2011 *apud* HOLTZ, M. C. B. *Avaliação qualitativa da paisagem sonora de parques urbanos*. Estudo de caso: Parque Villa Lobos, em São Paulo. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2012.

AXELSSON, Ö.; NILSSON, M. E.; BERGLUND, B. A principal components model of soundscape perception. *The journal of Acoustical Society of America*, 2836-2846, nov. 2010. *apud* HOLTZ, M. C. B. *Avaliação qualitativa da paisagem sonora de parques urbanos*. Estudo de caso: Parque Villa Lobos, em São Paulo. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2012.

BANGJUN, Z.; LILI, S.; GUOQUING, D. The influence of the visibility of the source on the subjective annoyance due to its noise. *Applied Acoustics*. v.64, p. 1205-1215, 2003.

BELL, Paul A. *et al.* Environmental Psychology. Fort Worth Harcourt Brace Jovanovich, College Publishers, p. 1-23; 87-150, 1990 *apud* DINIZ, P.S.; SILVEIRA, S.Q. *Análise do monitoramento dos níveis de pressão sonora, nos biênios 1988/1989 e 1997/1998, para caracterização do ambiente acústico no município de Belo Horizonte*. (Monografia de Especialização) – Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

BELO HORIZONTE. Prefeitura municipal. *Belo Horizonte – informações gerais*. Disponível em: <<http://www.pbh.gov.br>>. Acesso em: 04 jul. 2010.

BELO HORIZONTE. Prefeitura municipal. *Imagem*. Disponível em: <<http://www.pbh.gov.br>>. Acesso em: 04 jul. 2010; GOOGLE EARTH, [200-]. Imagens adaptadas pela autora para composição da figura, 2010 *apud* HIRASHIMA, S. Q. S. *Calibração do índice de conforto térmico temperatura equivalente fisiológica (PET) para espaços abertos do município de Belo Horizonte, MG*. 2010. 225 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

BELO HORIZONTE. Prefeitura Municipal. *Imagens de Belo Horizonte*. Disponível em: <www.pbh.gov.br>.

BENSON, J.F.; ROE, M.H. The scale and scope of landscape and sustainability. In: BENSON, J.F.; ROE, M.H. (eds.). *Landscape and sustainability*. London and New York: Spon Press; 2000.

BENSON, J.F.; ROE, M.H. The scale and scope of landscape and sustainability. In: BENSON, J.F.; ROE, M.H. (eds.). *Landscape and sustainability*. London and New York: Spon Press; 2000. p. 3 *apud* BROWN, A. L.; KANG, J.; GJESTLAND, T. Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*. v.72, p.387-392, 2011.

BJÖRK, E.A. Community noise in different seasons in Kuopio, Finland. *Applied Acoustics*. v.42, p.137-150, 1994.

BJÖRKMAN, M. Community noise annoyance: importance of noise levels and the number of noise events. *Journal of Sound and Vibration*. v.151, n.3, p.497-503, 1991.

BOTTELDOOREN, D.; DE COENSEL, B.; DE MUER, T. The temporal structure of urban soundscapes. *Journal of Sound and Vibration*. v.292, p.105-123, 2006.

BRADLEY, J.S.; JONAH, B.A. The effects of site selected variables on human responses to traffic noise, part III: community size by socio-economic status by traffic noise level. *Journal of Sound and Vibration*. v.67, n.3, p. 409-423, 1979.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. *Normais climatológicas (1961-1990)*. Brasília, 1992.

BROWN, A.L.; LAM, K.C. Urban noise surveys. *Applied Acoustics*. v.20, p.23-39, 1987.

BROWN, A. L.; KANG, J.; GJESTLAND, T. Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*. v.72, p.387-392, 2011.

BROWN, A.L; MUHAR, A. An approach to the acoustic design of outdoor space. *J Environ Plan Manage*, 47:827-42, 2004. *apud* BROWN, A. L.; KANG, J.; GJESTLAND, T. Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*. v.72, p.387-392, 2011.

BRYAN, M.E.; TEMPEST, W. Are our noise laws adequate? *Applied Acoustics*. v.6, p.219-232, 1973.

BULLEN, R. B.; HEDE, A. J. Time o day corrections in measures of aircraft noise exposure. *J. Am. Acoust. Soc.* 73: 1624-1630, 1983 *apud* JOB, R.F.S. The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environment International*, v. 22, n.1, p. 93-104, 1996.

BULLEN, R. B.; HEDE, A. J., JOB, R. F. S. Community reaction to noise from an artillery range. *Noise Control Eng. J.* 37: 115-128, 1991 *apud* JOB, R.F.S. The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environment International*, v. 22, n.1, p. 93-104, 1996.

BURT, J. E.; O'ROURKE, P. A.; TERJUNG, W. H. The relative influence of urban climates on outdoor human energy budgets and skin temperature. II. Man in an urban environment. *Int. J. Biomet.*, v. 26, p. 25-35, 1982 *apud* MAYER, H.; HÖPPE, P. Thermal comfort of man in different urban environments. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 38, p. 43-49, 1987.

BÜTTNER, K. Physikalisches zum W/irmehaushalt des Menschen. *Klin. Wochenschr*, v. 36, p. 1508-1509, 1932 *apud* HÖPPE, P. Heat balance modelling. *Experientia*, v. 49, n. 9, p. 741-746, 1993.

CALIXTO, A.; DINIZ, F. B.; ZANNIN, P.H.T. The statistical modeling of road traffic noise in an urban setting. *Cities*. v.20, n. 2, p. 23-29, 2003.

CARLES, J.L.; BARRIO, I.L.; DE LUCIO, J.V. Sound influence on landscape values. *Landscape Urban Plan*. 43:191-200, 1999 *apud* BROWN, A. L.; KANG, J.; GJESTLAND, T. Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*. v.72, p.387-392, 2011.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES. Future Noise Policy – European Commission – *Green Paper*. Commission of the European Communities. Brussels. 1996. *apud* HOLTZ, M. C. B. *Avaliação qualitativa da paisagem sonora de parques urbanos*. Estudo de caso: Parque Villa Lobos, em São Paulo. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP: 2012. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2012.

DE DEAR, R.J.; FOUNTAIN, M.E. Field experiments on occupant comfort and office thermal environments in a hot-humid climate. *ASHRAE Transactions*; 100:457-74 1994. *apud* LIN, T. Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. *Building and Environment* 44, 2017-2026, 2009.

DE FREITAS, C.R. Assessment of human bioclimate based on thermal response (1985). *International Journal of Biometeorology*, v. 29, p. 97-119, 1997 *apud* HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, v. 34, p. 661-665, 2002.

DE RUITER, E. Reclaiming land from urban traffic noise impact zones – the great canyon. PhD dissertation, *Technical University of Delft*, The Netherlands, 2004. *apud* KANG, J.; ZHANG, M. Semantic differential analysis of the soundscape in urban open public spaces. *Building and Environment*, v. 45, p. 150-157, 2010.

DINIZ, P.S.; SILVEIRA, S.Q. Análise do monitoramento dos níveis de pressão Sonora, nos biênios 1988/1989 e 1997/1998, para caracterização do ambiente acústico no município de Belo Horizonte. Monografia (Especialização) – Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

DUBOIS, D.; GUASTAVINO, C.; RAIMBAULT, M. A cognitive approach to urban soundscapes: using verbal data to access everyday life auditory categories. *Acta Acust Acust*, 92:865-74, 2006 *apud* BROWN, A. L.; KANG, J.; GJESTLAND, T. Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*. v.72, p.387-392, 2011.

EGAN, M.D. *Architectural acoustics*. New York, McGraw-Hill, Inc., 1988 *apud* KANG, J.; YANG, W.; ZHANG, M. Sound environment and acoustic comfort in urban spaces. In: PROJECT RUROS – Rediscovering the urban realm and open spaces. Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach. *Centre for Renewable Energy Sources*. 2004. Disponível em: <<http://alpha.cres.gr/ruros/>>. Acesso em: 15 jul. 2010.

ELDRED, K.M. Assessment of community noise. *Journal of Sound and Vibration*. v.43, n.2, p.137-146, 1975.

FANGER, P.O. *Thermal comfort*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1972. *apud* HÖPPE, P. Heat balance modelling. *Experientia*, v. 49, p. 741-746, 1993.

FANGER, P.O. *Thermal comfort*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1972 *apud* HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature PET – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, v. 43, p. 71-75, 1999.

FANGER, P.O.; HOJBJERRE, J.; THOMSEN J.O.B. Thermal comfort conditions in the morning and in the evening. *International Journal of Climatology*, v. 18, p. 16-22, 1974. *apud* MATZARAKIS, A.; MAYER, H.; IZIMON, M. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, v. 43, p. 76-84, 1999.

FANGER, P.O. *Thermal comfort*. New York: McGraw-Hill Book Company, 1972 *apud* HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, v. 34, p. 661-665, 2002.

FANGER, P.O. Conditions for thermal comfort-a review. *In: Proceedings of Symposium on Thermal Comfort and Moderate Heat Stress* (CIB W45), Garston, UK; 1973. p. 3-15. *apud* LIN, T. Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. *Building and Environment*, 44, 2017-2026, 2009.

FARIAS, Talden. Análise jurídica da poluição sonora. *Jus Navigandi*, Teresina, ano 12, n. 1293, 15 jan. 2007. Disponível em: <<http://jus.uol.com.br/revista/texto/9390>>. Acesso em: 18 abr. 2011.

FIDELL *et al.* Predicting annoyance from detectability of low-level sounds. *Journal of the Acoustical Society of America*, v.66, p. 1427-1434, 1979 *apud* GJESTLAND, T. Assessment of annoyance from road traffic noise. *Journal of Sound and Vibration*. v.112, n.2, p.369-375, 1987.

FIELDS, J.M. *et al.* Standardized general-purpose noise reaction questions for community noise surveys: research and a recommendation. *Journal of Sound and Vibration*. v.242, n.4, p. 641-679, 2001.

FINEGOLD, S.L.; HIRAMATSU, K. Linking soundscapes with land use planning in community noise management policies. *In: Proceedings of InterNoise: Seogwipo*, 2003 *apud* BROWN, A.L.; KANG, J.; GJESTLAND, T. Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*. v.72, p.387-392, 2011.

FRANKEN, P.A.; JONES, G. On response to community noise. *Applied Acoustics*. v.2, p.241-246, 1969.

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. *Manual de conforto térmico*. 2.ed. São Paulo: Studio Nobel, 1995. 243p.

FUCHS, G.L. Subjective evaluation of transport noise in Latin America. *Journal of Sound and Vibration*. v.43, n.2, p. 387-394, 1975.

FYHRI, A.; KLAEBOE, R. Road traffic noise, sensitivity, annoyance and self-reported health – a structural equation model exercise. *Environmental International*. v.35, p.91-97, 2009.

GAGGE, A.P.; STOLWIJK, J.A.J.; NISHI, Y. An effective temperature scale based on a simple model of human physiological regulatory response. *ASHRAE Trans*, v. 77, p. 247-257, 1971 *apud* HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature PET – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, v. 43, p. 71-75, 1999.

GARCIA, A.; FAUS, L.J. Statistical analysis of noise levels in urban areas. *Applied Acoustics*. v.34, p.227-247, 1991.

GARDNER, E. *Fundamentals of neurology*. 6th ed. Philadelphia: Saunders, 1975. *apud* DINIZ, P.S.; SILVEIRA, S.Q. Análise do monitoramento dos níveis de pressão sonora, nos biênios 1988/1989 e 1997/1998, para caracterização do ambiente acústico no município de Belo Horizonte. Monografia (Especialização) – Curso de Especialização em Engenharia Sanitária e Meio Ambiente da Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

Ge, J.; HOKAO, K. Research on the formation and design of soundscape of urban park – case study of Saga prefecture forest park, Japan. *In: International symposium on city planning*,

GIDLÖF-GUNNARSSON, A.; ÖHRSTRÖM, E. Noise and well-being in urban residential environments: the potential role of perceived availability to nearby green areas. *Landscape and Urban Planning*. v.83, p.115-126, 2007.

GJESTLAND, T.; OFTEDAL, G. Assessment of noise annoyance: the introduction of a threshold level in Leq calculations. *Journal of Sound and Vibration*. v.69, n.4, p.603-610, 1980.

GJESTLAND, T. Assessment of annoyance from road traffic noise. *Journal of Sound and Vibration*. v.112, n.2, p.369-375, 1987.

GONÇALVES FILHO, A. P.; MORAES, L.R.S. Análise do incômodo causado pelo ruído urbano em logradouros da cidade de Feira de Santana, Bahia, Brasil. *Acústica e Vibrações*, n.34, p. 27-8, 2004.

GRIFFITHS, I.D.; LANGDON, F.J. Subjective response to road traffic noise. *Journal of Sound and Vibration*, 8, 16-32, 1968 *apud* FRANKEN, P.A.; JONES, G. On response to community noise. *Applied Acoustics*. v.2, p.241-246, 1969.

GRIFFITHS, I.D.; LANGDON, F.J. Subjective response to road traffic noise. *Journal of Sound and Vibration*, 8, 16-32, 1968 *apud* LANGDON, F.J.; GRIFFITHS, I.D. Subjective effects of traffic noise exposure, II: Comparisons of noise indices, response scales, and the effects of changes in noise levels. *Journal of Sound and Vibration*. v.83, n.2, p.171-180, 1982.

GRIFFITHS, I.D.; LANGDON, F.J. Subjective response to road traffic noise. *Journal of Sound and Vibration*, 8, 16-32, 1968. *apud* FYHRI, A.; KLAEBOE, R. Road traffic noise, sensitivity, annoyance and self-reported health – a structural equation model exercise. *Environmental International*. v.35, p.91-97, 2009.

GRIFFITHS, I.D.; RAW, G.J. Adaptation to changes in traffic noise exposure. *Journal of Sound and Vibration*, 112, 331-336, 1989. *apud* RAW, G.J.; GRIFFITHS, I.D. Subjective response to changes in road traffic noise: a model. *Journal of Sound and Vibration*. v.141, n.1, p.43-54, 1990.

GÜNTHER, H.; IGLESIAS, F.; SOUSA, J.M. Note on the development of a Brazilian version of a noise annoyance scale. *Journal of Sound and Vibration*. v.308, p. 343-347, 2007.

GUSKI, R.; FELSCHER-SUHR, U. The concept of noise annoyance: how international experts see it. *Journal of Sound and Vibration*. v.223, n.4, p.513-527, 1999.

HEERWAGEN, J.; DIAMOND, R.C. 'Adaptations and coping: occupant response to discomfort in energy efficient buildings', Proceedings ACEEE 1992. *Summer Study on Energy Efficiency in Buildings*, 1083-90, 1992 *apud* NIKOLOPOULOU, M. Outdoor comfort. In: STEANE, M. A.; STEEMERS, K. (Ed.) *Environmental diversity in architecture*. London; New York: Spon Press, 2004.

HIRASHIMA, S. Q. S. *Calibração do índice de conforto térmico temperatura equivalente fisiológica (PET) para espaços abertos do município de Belo Horizonte, MG*. 2010. 225 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2010.

HIRASHIMA, S. Q. S., ASSIS, E. S., FERREIRA, D. G. Calibração do índice de conforto térmico temperatura equivalente fisiológica (PET) para espaços abertos do município de Belo Horizonte – MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENCAC, 11; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ELACAC, 7, 2011, Búzios-RJ. *Anais...* Búzios, RJ, 2011.

HIRASHIMA, S.Q.S. *et al.* Thermal comfort comparison and evaluation in different climates. 9th. *International Conference on Urban Climate* – (ICUC) Toulouse – França, 2015 – (Aguardando aceite).

HOLLANDER, Myles; DOUGLAS, A. Wolfe. *Nonparametric statistical methods*. New York: John Wiley & Sons, 1999.

HOLTZ, M. C. B. *Avaliação qualitativa da paisagem sonora de parques urbanos. Estudo de caso: parque Villa Lobos, em São Paulo*. 2012. Dissertação (Mestrado) – Mestrado em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, São Paulo, SP, 2012.

HÖPPE, P. *Die energiebilanz des menschen*. Dissertation. Wiss Mitt Meteorol Inst Univ München, 1984, *apud* HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature PET – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, v. 43, p. 71-75, 1999.

HÖPPE, P. Heat balance modelling. *Experientia*, v. 49, p. 741-746, 1993.

HÖPPE, P. Heat balance modelling. *Experientia*, v. 49, p. 741-746, 1993. *apud* HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature PET – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, v. 43, p. 71-75, 1999.

HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature PET – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, v. 43, p. 71-75, 1999.

HÖPPE, P. Die Wärmebilanzmodelle MEMI und IMEM zur Bewertung der thermischen Beanspruchung am Arbeitsplatz. *Verh Dtsch Ges Arbeitsmed Umweltmed*, v. 34, p. 153-158, 1994. *apud* HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature PET – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, v. 43, p. 71-75, 1999.

HÖPPE, P. Application of a dynamical energy-balance model for the prediction of thermal sensation and comfort. *In: Proc. of the 11th ISB – Congr., West Lafayette, USA*, p. 267-272, 1989. *apud* HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, v.34, p. 661-665, 2002.

HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, v.34, p. 661-665, 2002.

HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, v.34, p. 661-665, 2002. *apud* ALI TOUDERT, F. *Dependence of outdoor thermal comfort on street design in hot and dry climate*. 2005. 224f. Dissertation – Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg, Freiburg, 2005.

HÖPPE, P.; SEIDL, H. A. J. Problems in the assessment of the bioclimate for vacationists at the seaside. *International Journal of Biometeorology*, 35 (1991) 107-110 *apud* HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, v. 34, p. 661-665, 2002.

HOSMER, David W. *Stanley lemeshow*. Applied logistic regression. New York: Wiley, 2000.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censos demográficos 2000 e 2010*. Disponível em: <<http://www.pbh.gov.br>>. Acesso em: 05 jun. 2013.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA. *Consulta aos dados do Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa (BDMEP)*. Belo Horizonte (MG). Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br>>. Acesso em: jul. 2014.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 10551: Ergonomics of the thermal environment – assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales*. Genève, 1995.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 12913. Acoustics - Soundscape. Part 1: Definition and conceptual framework*, ISO 12913:1 (2014)

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 12913. Acoustics – Soundscape. Part 2: Methods and measurements*, ISO 12913:2 (em processo de elaboração).

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 1996. Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 1: Basic quantities and assessment procedures*, ISO 1996:1, 2003.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 1996. Acoustics – Description, measurement and assessment of environmental noise. Part 2: Determination of sound pressure levels*, ISO 1996:2, 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 7726: Ergonomics of the thermal environment – Instruments for measuring physical quantities*. Genève, 1998.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *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, 2005.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 7730: Moderate thermal environments – determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*. Genève, 1994 *apud* NIKOLOPOULOU, M.; LYKLOUDIS S.; KIKIRA, M. Thermal comfort models for open urban spaces. *In: PROJECT RUROS – Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces. Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach. Centre for Renewable Energy Sources*. 2004. Disponível em: <<http://alpha.cres.gr/ruros/>>. Acesso em: 15 jul. 2010.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 7730: Moderate thermal environments – determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort*. Genève, 1994 *apud* STEANE, M.A.; STEEMERS, K. (Ed.) *Environmental diversity in architecture*. London; New York: Spon Press, 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 8996: Ergonomics of the thermal environment – determination of metabolic rate*. Genève, 2004.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 9920: Ergonomics of the thermal environment – Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble*. Genève, 2007.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO/TS 15666: Acoustics – Assessment of noise annoyance by means of social and socio-acoustic surveys*. Genève, 2003.

ISHIYAMA, T.; HASHIMOTO, T. The impact of sound quality on annoyance caused by road traffic noise: an influence of frequency spectra on annoyance. *JSAE Review*. v. 21, p.225-230, 2000.

IZUMI, K.; YANO, T. Community response to road traffic noise: social surveys in three cities in Hokkaido. *Journal of Sound and Vibration*. v.151, n.3, p.505-512, 1991.

JAKOVLJEVIC, B.; PAUNOVIC, K.; BELOJEVIC, G. Road-traffic noise and factors influencing noise annoyance in an urban population. *Environment International*. v. 35, p.552-556, 2009.

JENDRITZKY, G.; HAVENITH, G. *The thermal environment of the human being: a subjective retrospection on methodologies*. [entre 2000 e 2010]. Disponível em: <www.utci.org/cost/publications/ICB05%20The%20Thermal%20Environment.doc>. Acesso em: 14 fev. 2009.

JENDRITZKY, G. *et al.* W. Methodik zur räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen. Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell. *Beiträge der Akademie für Raumforschung und Landesplanung*. Hannover, 1990 *apud* BECKER, S.; POTCHTER, O.; YAAKOV, Y. Calculated and observed human thermal sensation in an extremely hot and dry climate. *Energy and Buildings*, v. 35, p. 747-756, 2003.

JENDRITZKY, G.; MENZ, G. SCHIRMER, H.; SCHMIDT-KESSEN, W. Methodik zur räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen. Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell. *Beiträge der Akademie für Raumforschung und Landesplanung*. Hannover, 1990 *apud* HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature PET – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, v. 43, p. 71-75, 1999.

JENDRITZKY, G.; MENZ, G.; SCHIRMER H.; SCHMIDT-KESSEN W. Methodik zur räumlichen Bewertung der thermischen Komponente im Bioklima des Menschen. Fortgeschriebenes Klima-Michel-Modell. *Beiträge der Akademie für Raumforschung und Landesplanung*. Hannover, Band 114, 1990. *apud* ALI TOUDERT, F. *Dependence of outdoor thermal comfort on street design in hot and dry climate*. 2005. 224f. Dissertation – Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg, Freiburg, 2005.

JENDRITZKY, G.; SÖNNING, W.; SWANTES, H.J. Ein objektives Bewertungsverfahren zur Beschreibung des thermischen Milieus in der Stadt-und Landschaftsplanung (Klima-Michel-Modell). *Beiträge der Akademie für Raumforschung und Landesplanung*, 28. Hermann Schroedel, Hannover, 1979 *apud* HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature PET – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, v. 43, p. 71-75, 1999.

JOB, R. F. S. Community response to noise: a review of factors influencing the relationship between noise exposure and reaction. *J. Acoust. Soc. Am.* 83: 991-1001:1998 *apud* JOB, R.F.S. The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environment International*, v. 22, n.1, p. 93-104, 1996.

JOB, R. F. S. Over-reaction to changes in noise exposure: the possible effect of attitude. *J. Sound. Vib.* 126: 550-552, 1988a. *apud* JOB, R.F.S. The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environment International*, v. 22, n.1, p. 93-104, 1996.

JOB, R.F.S. The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environment International*, v. 22, n.1, p. 93-104, 1996.

JONSSON, E.; SÖRENSEN, S. Adaptation to community noise – a case study. *Journal of Sound and Vibration*, v.26, n.4, p.571-575, 1973.

JONSSON, R.E. *et al.* Annoyance reactions to traffic noise in Italy and Sweden. *Archives of Environmental Health*. 19, 692-699, 1969. *apud* LAMURE, C. Human response to traffic noise. *Journal of Sound and Vibration*. v.43, n.2, p.377-385, 1975.

KANG, J. *Urban sound environment*. London: Taylor & Francis incorporating Spon; 2006 *apud* BROWN, A. L.; KANG, J.; GJESTLAND, T. Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*. v.72, p.387-392, 2011.

KANG, J.; YANG, W. Soundscape in urban open public spaces. *World Architecture*, 144:76-9, 2002. *apud* KANG, J.; ZHANG, M. Semantic differential analysis of the soundscape in urban open public spaces. *Building and Environment*, v. 45, p. 150-157, 2010.

KANG, J.; ZHANG, M. Semantic differential analysis of the soundscape in urban open public spaces. *Building and Environment*, v. 45, p. 150-157, 2010.

KANG, J.; YANG, W.; ZHANG, M. Sound environment and acoustic comfort in urban spaces. *In: PROJECT RUROS – Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces. Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach. Centre for Renewable Energy Sources*. 2004. Disponível em: <<http://alpha.cres.gr/ruros/>>. Acesso em: 15 jul. 2010.

KENNY, N.A. *et al.* Estimating the radiation absorbed by a human. *International Journal of Biometeorology*, v. 52, p. 491-503, 2008.

KLAEBOE, R. *et al.* Road traffic noise - the relationship between noise exposure and noise annoyance in Norway. *Applied Acoustics*. v.65, p.893-912, 2004.

KNEZ, I.; THORSSON, S. Influences of culture and environmental attitude on thermal, emotional and perceptual evaluations of a public square. *International Journal of Biometeorology*, v. 50, p. 258-268, 2006.

KNEZ, I.; THORSSON, S. Influences of culture and environmental attitude on thermal, emotional and perceptual evaluations of a public square. *International Journal of Biometeorology*, v. 50, p. 258-268, 2006.

KOENIGSBERGER, O.H. *et al.* *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*. Madrid: Paraninfo, 1977. 328 p.

KOTZ, A. Humanbiometeorologische Bewertung des thermischen Milieus innerhalb verschiedener Stadtstrukturen. *Diploma Thesis in Meteorology*. Munich, Germany: Ludwig-Maximilians-University, 1984 *apud* HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, v.34, p. 661-665, 2002.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. *Eficiência energética na arquitetura*. São Paulo: PW Editores, 1997. 192p.

LAMURE, C. Human response to traffic noise. *Journal of Sound and Vibration*. v.43, n.2, p.377-385, 1975.

LANGDON, F. J.; GRIFFITHS, I.D. Subjective effects of traffic noise exposure, II: comparisons of noise indices, response scales, and the effects of changes in noise levels. *Journal of Sound and Vibration*. v.83, n.2, p.171-180, 1982.

LANGDON, F.J, Noise Nuisance Caused by Road Traffic in Residential Areas: Part II. *Journal of Sound and Vibration*, England, v. 47, n. 2, p. 265-282, 1976 *apud* CALIXTO, A. *O ruído gerado pelo tráfego de veículos em “Rodovias-Grandes Avenidas” situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba, analisando sob parâmetros acústicos objetivos e seu impacto ambiental*. 2002. 122f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

LANGDON, F.J, Noise Nuisance Caused by Road Traffic in Residential Areas: Part III. *Journal of Sound and Vibration*, England, v. 49, n. 2, p. 241-256, 1976 *apud* CALIXTO, A. *O ruído gerado pelo tráfego de veículos em “Rodovias-Grandes Avenidas” situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba, analisando sob parâmetros acústicos objetivos e seu impacto ambiental*. 2002. 122f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

LANGDON, F.J. Noise nuisance caused by road traffic in residential areas: part I. *Journal of Sound and Vibration*, England, v. 47, n. 2, p. 243-263, 1976 *apud* CALIXTO, A. *O ruído gerado pelo tráfego de veículos em “Rodovias-Grandes Avenidas” situadas dentro do perímetro urbano de Curitiba, analisando sob parâmetros acústicos objetivos e seu impacto ambiental*. 2002. 122f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Setor de Tecnologia da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2002.

LANGDON, F.J.; BULLER, I.B. *Building research establishment current paper CP10/77*. The effects of road traffic noise in residential áreas. 1977. *apud* LANGDON, F.J.; GRIFFITHS, I.D. Subjective effects of traffic noise exposure, II: Comparisons of noise indices, response scales, and the effects of changes in noise levels. *Journal of Sound and Vibration*. v.83, n.2, p.171-180, 1982.

LIN, T. Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. *Building and Environment*, 44, 2017-2026, 2009.

MAHER, R.C. *White paper*: obtaining long-term soundscape inventories in the US national park system 2004 *apud* BROWN, A. L.; KANG, J.; GJESTLAND, T. Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*. v.72, p.387-392, 2011.

MARTIN, M.A. *et al*. A methodology to study noise annoyance and to perform Action Plans follow up using as input an existing survey and noise map: application to the city of Málaga (Spain). *Applied Acoustics*. v.72, p.495-504, 2011.

MATZARAKIS, A.; MAYER, H. Another kind of environmental stress: thermal stress. *WHO News*, v. 18, p. 7-10, 1996 *apud* MATZARAKIS, A.; MAYER, H.; IZIOMON, M. G. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, v. 43, p. 76-84, 1999.

MATZARAKIS, A.; MAYER, H.; IZIOMON, M. G. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, v. 43, p. 76-84, 1999.

MATZARAKIS. A.; RUTZ, F.; MAYER, H. Modelling radiation fluxes in simple and complex environments – application of the RayMan model. *Int J Biometeorol* 51:323-334 (2007) *apud* KENNY, N.A. *et al*. Estimating the radiation absorbed by a human. *International Journal of Biometeorology*, v. 52, p. 491-503, 2008.

MAYER, E. Objective criteria for thermal comfort. *Building and Environment*, v. 28, n. 4, p. 399-403, 1993 *apud* HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, v.34, p. 661-665, 2002.

- MAYER, H. Urban bioclimatology. *Experientia*, v. 49, p. 957-963, 1993 *apud* MAYER, H.; MATZARAKIS, A. Human-biometeorological assessment of urban microclimates' thermal component. In: Proceedings 2nd Japanese-German Meeting "Klimaanalyse für die Stadtplanung". Research Centre for Urban Safety and Security, Kobe University. Special rep 1, p. 155-168, 1998.
- MAYER, H.; HÖPPE, P. Thermal comfort of man in different urban environments. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 38, p. 43-49, 1987.
- MAYER, H.; HÖPPE, P. Thermal comfort of man in different urban environments. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 38, p. 43-49, 1987 *apud* HÖPPE, P. The physiological equivalent temperature PET – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *International Journal of Biometeorology*, v. 43, p. 71-75, 1999.
- MAYER, H.; HÖPPE, P. Thermal comfort of man in different urban environments. *Theoretical and Applied Climatology*, v. 38, p. 43-49, 1987 *apud* ALI TOUDERT, F. *Dependence of outdoor thermal comfort on street design in hot and dry climate*. 2005. 224f. Dissertation – Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg, Freiburg, 2005.
- MAYER, H.; MATZARAKIS, A. Human-biometeorological assessment of urban microclimates' thermal component. In: Proceedings 2nd Japanese-German Meeting "Klimaanalyse für die Stadtplanung". Research Centre for Urban Safety and Security, Kobe University. Special rep 1, p. 155-168, 1998 *apud* MATZARAKIS, A.; MAYER, H.; IZIMON, M. G. Applications of a universal thermal index: physiological equivalent temperature. *International Journal of Biometeorology*, v. 43, p. 76-84, 1999.
- MAYER, M. Urban bioclimatology. *Experientia*, 49: 957-963, 1993. *apud* ALI TOUDERT, F. *Dependence of outdoor thermal comfort on street design in hot and dry climate*. 2005. 224f. Dissertation – Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg, Freiburg, 2005
- McCULLAGH, P. Regression models for ordinal data. *Journal of the Royal Statistic Society, Series B (Methodological)*, 109-142, 1980.
- McCULLAGH, P.; NELDER, J. A. *Generalized linear models*. [s. l.: s. n.], 1989.
- McINTYRE DA. *Indoor climate*. London: Applied Science Publishers; 1980 *apud* LIN, T. Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. *Building and Environment* 44 (2009) 2017-2026.
- MIL RESEARCH LIMITED. *Second Survey of Aircraft Noise Annoyance Around London (Heathrow) Airport*. London: Her Majesty's Stationery Office, 1971. *apud* LANGDON, F. J.; GRIFFITHS, I.D. Subjective effects of traffic noise exposure, II: Comparisons of noise indices, response scales, and the effects of changes in noise levels. *Journal of Sound and Vibration*. v.83, n.2, p.171-180, 1982.
- 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*. 2008. 378p. Tese (Doutorado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.
- MONTGOMERY, D. C.; RUNGER, G. C. *Estatística aplicada e probabilidade para engenheiros*. 2. ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora, 2003.
- MOREIRA, N.M.; BRYAN, M.E. Noise annoyance susceptibility. *Journal of Sound and Vibration*. v.21, n.4, p.449-462, 1972.

- MORILLAS, J.M.B. *et al.* An environmental noise study in the city of Cáceres, Spain. *Applied Acoustics*. v.63, p.1061-1070, 2002.
- MORILLAS, J.M.B. *et al.* Analysis of the prediction capacity of a categorization method for urban noise assessment. *Applied Acoustics*. v.72, p.760-771, 2011.
- MUZET, A. Environmental noise, sleep and health. *Sleep Medicine Reviews*, v.11, p.135-142, 2007.
- NAGARA, K.; SHIMODA, Y.; MIZUNO, M. Evaluation of the thermal environment in an outdoor pedestrian space. *Atmos. Envir.* 30: 497-505, 1996 *apud* ALI TOUDERT, F. *Dependence of outdoor thermal comfort on street design in hot and dry climate*. 2005. 224f. Dissertation – Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg, Freiburg, 2005.
- NIELSEN, B. Solar heat load: heat balance during exercise in clothed subjects. *Eur J. Appl Physiol*, 60:452-456, 1990. *apud* KENNY, N.A.; WARLAND, J.S.; BROWN R.D., GILLESPIE, T.G. Estimating the radiation absorbed by a human. *International Journal of Biometeorology*, v. 52, p. 491-503, 2008.
- NIKOLOPOULOU, M. Outdoor comfort. *In*: STEANE, M. A.; STEEMERS, K. (Ed.) *Environmental Diversity in Architecture*. London; New York: Spon Press, 2004.
- NIKOLOPOULOU, M.; BAKER, N., STEEMERS K. Improvements to the globe thermometer for outdoor use. *Architectural Science Review*, v. 42, p. 27-34, 1999.
- NIKOLOPOULOU, M.; BAKER, N., STEEMERS, K. Thermal comfort in urban spaces: different forms of adaptation, *Proc. REBUILD 1999: The Cities of Tomorrow*, Barcelona *apud* NIKOLOPOULOU, M.; LYKOUDIS S.; KIKIRA, M. Thermal comfort models for open urban spaces. *In*: PROJECT RUROS – Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces. Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach. *Centre for Renewable Energy Sources*. 2004. Disponível em: <<http://alpha.cres.gr/ruros/>>. Acesso em: 15 jul. 2010.
- NIKOLOPOULOU, M.; BAKER, N.; STEEMERS, K. Thermal comfort in outdoor urban spaces: understanding the human parameter. *Solar Energy*. 70: 227-235, 2001. *apud* ALI TOUDERT, F. *Dependence of outdoor thermal comfort on street design in hot and dry climate*. 2005. 224f. Dissertation – Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg, Freiburg, 2005.
- NIKOLOPOULOU, M.; LYKOUDIS S.; KIKIRA, M. Thermal comfort models for open urban spaces. *In*: PROJECT RUROS – Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces. Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach. *Centre for Renewable Energy Sources*. 2004. Disponível em: <<http://alpha.cres.gr/ruros/>>. Acesso em: 15 jul. 2010.
- NIKOLOPOULOU, M.; STEEMERS, K. Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings*, v. 35, n. 1, p. 95-101, 2003 *apud* KNEZ, I.; THORSSON, S. Influences of culture and environmental attitude on thermal, emotional and perceptual evaluations of a public square. *International Journal of Biometeorology*, v. 50, p. 258-268, 2006.
- ONU, U. Road traffic noise in Nigeria: measurements, analysis and evaluation of nuisance. *Journal of Sound and Vibration*. v.233, n.3, p. 391-405, 2000.
- OUIS, D. Annoyance from road traffic noise: a review. *Journal of Environmental Psychology*. v.21, p.101-120, 2001.

OUIS, D. Annoyance from road traffic noise: a review. *Journal of Environmental Psychology*, 21:101-20, 2001. *apud* PAUNOVIC, K.; JAKOVLJEVIC, B.; BELOJEVIC, G. Predictors of noise annoyance in noisy and quiet urban streets. *Science of the Total Environment*. v.407, p.3707-3711, 2009.

Parlamento Europeu. *Directiva 2002/49/CE*. [S.l.]: [s.n.], 2002. *apud* HOLTZ, M. C. B. *Avaliação qualitativa da paisagem sonora de parques urbanos. Estudo de caso: Parque Villa Lobos, em São Paulo*. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP, 2012. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2012.

PAUNOVIC, K.; JAKOVLJEVIC, B.; BELOJEVIC, G. Predictors of noise annoyance in noisy and quiet urban streets. *Science of the Total Environment*. v.407, p.3707-3711, 2009.

PEREIRA, M. Percepção Sonora no espaço público: indicadores de tolerância ao ruído na cidade do Rio de Janeiro. ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE COSNTRUÍDO – ENCAC, 2003, Curitiba, PR-Brasil. p. 779-786, 2003.

PERSSON, K.; BJÖRKMAN, M. Annoyance due to low frequency noise and the use of the dB(A) scale. *Journal of Sound and Vibration*. v.127, n.3, p. 491-497, 1988.

PETERSON, B.L.; HANRREL, F.E. Partial proportional odds models for ordinal response variables. *Appl Statistic*. 205-217, 1990.

PHAN, H.A.T.; YANO, T.; PHAN, H.Y.T.; SATO, T.; HASHIMOTO, Y. Annoyance caused by road traffic with and without horn sounds. *Acoust Sci & Tech*, 30(5):327-37, 2009. *apud* PHAN, H.Y.T. *et al.* Community responses to road traffic noise in Hanoi and Ho Chi Minh City. *Applied Acoustics*. v.71, p.107-114, 2010.

PHAN, H.Y.T. *et al.* Community responses to road traffic noise in Hanoi and Ho Chi Minh City. *Applied Acoustics*. v.71, p.107-114, 2010.

PICCOLO, A.; PLUTINO, D.; CANNISTRARO, G. Evaluation and analysis of the environmental noise of Messina, Italy. *Applied Acoustics*. v.66, p.447-465, 2005.

PORTEOUS, J.D.; MASTIN JF. Soundscape. *J Architect Plan Res*, 2:169-86, 1985. *apud* BROWN, A. L.; KANG, J.; GJESTLAND, T. Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*. v.72, p.387-392, 2011.

PRATA, A.; MONTEIRO, L. M.; FROTA, A. Ensaio de erosão em túnel de vento e aplicação do índice PET para a avaliação do conforto do pedestre. *In: CLIV08. CONGRESSO LATINOAMERICANO DE INGENIERÍA DEL VIENTO*, 1er, 2008. *Anais...* Montevideo: Universidad de la República. Asociación Latinoamericana de Ingeniería del Viento, 2008.

RAIMBAULT, M.; DUBOIS, D. Urban soundscapes: experiences and knowledge. *Cities*, v. 22, n. 5, p. 339-350, 2005.

RAIMBAULT, M.; DUBOIS, D. Urban soundscapes: experiences and knowledge. *Cities*. 22:339-50, 2005. *apud* BROWN, A. L.; KANG, J.; GJESTLAND, T. Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*. v.72, p.387-392, 2011.

RAIMBAULT, M.; LAVANDIER, C.; BÉRENGIER, M. Ambient sound assessment of urban environments: field studies in two French cities. *Applied Acoustics*. v.64, p.1241-1256, 2003.

RAW, G.J.; GRIFFITHS, I. D. Subjective response to changes in road traffic noise: a model. *Journal of Sound and Vibration*. v.141, n.1, p.43-54, 1990.

RIBEIRO, C. M.; MOL, C. R. Avaliação das mudanças climáticas em Belo Horizonte: análise dos parâmetros temperatura e precipitação. In: SIMPÓSIO SITUAÇÃO AMBIENTAL E QUALIDADE DE VIDA NA REGIÃO METROPOLITANA DE BELO HORIZONTE, Minas Gerais, Associação Brasileira de Geologia de Engenharia & Instituto de Geociências da Universidade Federal de Minas Gerais, *Anais...*, p. 67-77, 1985 *apud* ASSIS, E.S. *Mecanismos de desenho urbano apropriados à atenuação da ilha de calor urbana: análise de desempenho de áreas verdes em clima tropical*. 1990. 164f. Dissertação (Mestrado). Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1990.

ROHLES, H. Temperature or temperament: a psychologist looks at thermal comfort. *ASHRAE Transactions*, v. 86, n. 1, p. 5-13, 1980 *apud* HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, v.34, p. 661-665, 2002.

RUOCCO, M.R. Background noise. *Environmental Health*, 6-11, 1974 *apud* RAIMBAULT, M.; DUBOIS, D. Urban soundscapes: experiences and knowledge. *Cities*, v. 22, n. 5, p. 339-350, 2005.

RYCHTÁRIKOVÁ, M.; VERMEIR, G. Soundscape categorization on the basis of objective acoustical parameters. *Applied Acoustics*. v.74, n.2, p. 240-247, 2013.

SAADU, A.A. *et al.* Community attitudinal noise survey and analysis of eight Nigerian cities. *Applied Acoustics*. v.49, n.1, p.49-69, 1996.

SAFEER, H.B. Community noise levels – a statistical phenomenon. *Journal of Sound and Vibration*. v.26, n.4, p.489-502, 1973.

SATO, T. *et al.* Road traffic noise in relation to average noise level, number of events and maximum noise level. *Journal of Sound and Vibration*, 223(5):775-84, 1999 *apud* BANGJUN, Z.; LILI, S.; GUOQUING, D. The influence of the visibility of the source on the subjective annoyance due to its noise. *Applied Acoustics*. v.64, p. 1205-1215, 2003.

SATO, T. *et al.* Comparison of community response to road traffic noise in Sweden, Japan and Thailand. In: Proceedings of the seventh western Pacific regional acoustics conference (Kumamoto), v. 2, p. 907-912, 2000 *apud* PHAN, H.Y.T. *et al.* Community responses to road traffic noise in Hanoi and Ho Chi Minh City. *Applied Acoustics*. v.71, p.107-114, 2010.

SCHAFER, M.. *A afinação do mundo*. (Soundscapes). São Paulo: Ed. UNESPE. 2001. 384p. *apud* SZEREMETA, B.; ZANNIN, P.H.T. Analysis and evaluation of soundscapes in public parks through interviews and measurement of noise. *Science of the Total Environment*. v.407, p.6143-6149, 2009.

SCHAFER, M.R. *The turning of the world*. Toronto: Mc Clelland and Stewart, 1976. *apud* KANG, J.; YANG, W.; ZHANG, M. Sound environment and acoustic comfort in urban spaces. In: PROJECT RUROS – Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces. Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach. *Centre for Renewable Energy Sources*. 2004. Disponível em: <<http://alpha.cres.gr/ruros/>>. Acesso em: 15 jul. 2010.

SCHAFER, R. M. *A afinação do mundo*. São Paulo: Ed. UNESPE, 1977.

SCHAFER, R.M. *The tuning of the world*. New York: Alfred A. Knopf; 1977 *apud* BROWN, A. L.; KANG, J.; GJESTLAND, T. Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*. v.72, p.387-392, 2011.

- SCHUH, A. Climatotherapy. *Experientia*, v. 15, 49, n. 11, p. 947-956, 1993 *apud* HÖPPE, P. Different aspects of assessing indoor and outdoor thermal comfort. *Energy and Buildings*, v.34, p. 661-665, 2002.
- SCHULTZ, T. J. Synthesis of social surveys on noise annoyance. *J. Acoust. Soc. Am.* 64:377-405, 1978 *apud* JOB, R.F.S. The influence of subjective reactions to noise on health effects of the noise. *Environment International*, v. 22, n.1, p. 93-104, 1996.
- SOMMERHOFF, J.; RECUERO, M.; SUAREZ, E. Community noise survey of the city of Valdivia, Chile. *Applied Acoustics*. v.65, p.643-656, 2004.
- SOMMERHOFF, J.; RECUERO, M.; SUAREZ, E. Relationship between loudness perception and noise indices in Valdivia, Chile. *Applied Acoustics*. v.67, p.892-900, 2006.
- SOUTHWORKE, M. The sonic environment of cities. *Environment and Behavior* 1, 49-70, 1969 *apud* RAIMBAULT, M.; DUBOIS, D. Urban soundscapes: experiences and knowledge. *Cities*, v. 22, n. 5, p. 339-350, 2005.
- SOUZA, S.H.M. Avaliação do desempenho térmico nos microclimas das praças: Piedade e Visconde de Cayrú, Salvador/BA. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental Urbana da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2010.
- SPAGNOLO J.; DE DEAR, R.J. A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. *Building and Environment*, v. 38, p. 721-738, 2003 *apud* ALI TOUDERT, F. *Dependence of outdoor thermal comfort on street design in hot and dry climate*. 2005. 224f. Dissertation – Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg, Freiburg, 2005.
- SPAGNOLO, J.C.; DE DEAR, R.J. A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia. *Building and Environment*, v. 38, p. 721-738, 2003 *apud* KNEZ, I.; THORSSON, S. Influences of culture and environmental attitude on thermal, emotional and perceptual evaluations of a public square. *International Journal of Biometeorology*, v. 50, p. 258-268, 2006.
- STANSFELD, S.A. Noise, noise sensitivity and psychiatric-disorder – epidemiologic and psychophysiological studies. *Psych Med*, 1, 1992. *apud* FYHRI, A.; KLAEBOE, R. Road traffic noise, sensitivity, annoyance and self-reported health – a structural equation model exercise. *Environmental International*. v.35, p.91-97, 2009.
- STEANE, M. A.; STEEMERS, K. (Ed.) *Environmental diversity in architecture*. London; New York: Spon Press, 2004.
- STEEMERS, K.; RAMOS, M.; SINOU, M. Urban diversity. In: STEANE, M.A.; STEEMERS, K. (Ed.) *Environmental diversity in architecture*. London; New York: Spon Press, 2004.
- STOLWIJK, J.A. Mathematical models of thermal regulation. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, v. 335, p. 98-106, 1980 *apud* HÖPPE, P. Heat balance modelling. *Experientia*, v. 49, p. 741-746, 1993.
- SZEREMETA, B.; ZANNIN, P.H.T. Analysis and evaluation of soundscapes in public parks through interviews and measurement of noise. *Science of the Total Environment*. v.407, p.6143-6149, 2009.

THIBAUD, J.-P. *et al.* (1998) “L’observation des ambiances” in *L’espace public en méthode*. Grenoble: CRESSON *apud* PEREIRA, M. Percepção Sonora no espaço público: indicadores de tolerância ao ruído na cidade do Rio de Janeiro. ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO – ENCAC, 2003. Curitiba, PR-Brasil. p. 779-786, 2003.

THORSSON, S. *et al.* Different methods for estimating the mean radiant temperature in an outdoor urban setting. *International Journal of Climatology*, v. 27, p. 1983-1993, 2007.

TORIJA, A. J.; RUIZ, D. P.; RAMOS-RIDAO, A. Required stabilization time, short-term variability and impulsiveness of the sound pressure level to characterize the temporal composition of urban soundscapes. *Applied Acoustics*. v.72, p.89-99, 2011.

TRUAX, B. Handbook for acoustic ecology. 2nd ed. Cambridge: Street Publishing, 1999 *apud* BROWN, A. L.; KANG, J.; GJESTLAND, T. Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*. v.72, p.387-392, 2011.

TRUAX, B. *Handbook for Acoustic Ecology*. Canadá: Vancouver, 1978. Disponível em: <<http://www.sfu.ca/~truax/wsp.html>>. Acesso em: 01 maio 2011 *apud* HOLTZ, M. C. B. *Avaliação qualitativa da paisagem sonora de parques urbanos*. Estudo de caso: Parque Villa Lobos, em São Paulo. São Paulo: Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, USP: 2012. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, 2012.

Verein Deutscher Ingenieure – VDI 3787: Environmental meteorology methods for the human biometeorological evaluation of climate and air quality for urban and regional planning at regional level. Part I: Climate.

Verein Deutscher Ingenieure – VDI 3789, Part I: Environmental meteorology, methods for the human biometeorological evaluation of climate and air quality for the urban and regional planning at regional level. Part I: climate. VDI/DIN-*Handbuch Reinhaltung der Luft*, Band 1b, 1998. Düsseldorf *apud* KNEZ, I.; THORSSON, S. Influences of culture and environmental attitude on thermal, emotional and perceptual evaluations of a public square. *International Journal of Biometeorology*, v. 50, p. 258-268, 2006.

VIOLLON, S.; LAVANDIER, C.; DRAKE, C. Influence of visual setting on sound ratings in an urban environment. *Applied Acoustics*. v.63, p.493-511, 2002.

WEDDERBURN, R.W.M. Quasi-likelihood functions, generalized linear models, and the Gauss-Newton method. *Biometrika*, 439-447, 1974.

WEINSTEIN, N. D. Community noise problems: evidence against adaptation. *Journal of Environmental Psychology* 2, 87-98, 1982. *apud* RAW, G.J.; GRIFFITHS, I. D. Subjective response to changes in road traffic noise: a model. *Journal of Sound and Vibration*. v.141, n.1, p.43-54, 1990.

WG_HSEA, Position paper on dose-response relationships between transportation noise and annoyance. *European Commission*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxemburg, 2002 *apud* PHAN, H.A.T.; YANO, T.; PHAN, H.Y.T.; NISHIMURA, T.; SATO, T.; HASHIMOTO, Y. Community responses to road traffic noise in Hanoi and Ho Chi Minh City. *Applied Acoustics*. v.71, p.107-114, 2010.

WHO – 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. A cross-cultural study of soundscape in urban open public spaces. *Proceedings of Tenth International Congress on Sound and Vibration*, Stockholm, 2003. *apud* KANG, J.; YANG, W.; ZHANG, M. Sound environment and acoustic comfort in urban spaces. *In: PROJECT RUROS – Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces. Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach. Centre for Renewable Energy Sources*. 2004. Disponível em: <<http://alpha.cres.gr/ruros/>>. Acesso em: 15 jul. 2010.

YANG, W.; KANG, J. Acoustic comfort evaluation in urban open public spaces. *Applied Acoustics*. v.66, p.211-229, 2005.

YANG, W.; KANG, J. Soundscape and sound preferences in urban squares: a case study in Sheffield. *J Urban Des*. 10:61-80, 2005. *apud* BROWN, A. L.; KANG, J.; GJESTLAND, T. Towards standardization in soundscape preference assessment. *Applied Acoustics*. v.72, p.387-392, 2011.

YANO, T. *et al.* Comparison of community response to road traffic noise in Japan and Sweden – part I: outline of social survey and dose-response relationships. *J Sound Vib*, 250(1):161-7, 2002. *apud* PHAN, H.A.T. *et al.* Community responses to road traffic noise in Hanoi and Ho Chi Minh City. *Applied Acoustics*. v.71, p.107-114, 2010.

YANO, T. *et al.* Comparison of community response to road traffic noise in Japan and Sweden – part II: path analysis. *J Sound Vib*, 250(1):169-74, 2002. *apud* PHAN, H.A.T. *et al.* HASHIMOTO, Y. Community responses to road traffic noise in Hanoi and Ho Chi Minh City. *Applied Acoustics*. v.71, p.107-114, 2010.

YANO, T. *et al.* Comparison of community response to road traffic noise in Japan and Sweden – part I: outline of social survey and dose-response relationships. *J Sound Vib*, 250(1):161-7, 2002. *apud* PHAN, H.A.T. *et al.* Community responses to road traffic noise in Hanoi and Ho Chi Minh City. *Applied Acoustics*. v.71, p.107-114, 2010.

YANO, T. *et al.* Comparison of community response to road traffic and railway noises. *J Acoust Soc Jpn* 54:489-96, 1998 *apud* PHAN, H.Y.T. *et al.* Community responses to road traffic noise in Hanoi and Ho Chi Minh City. *Applied Acoustics*. v.71, p.107-114, 2010.

YU, L.; KANG, J. Factors influencing the sound preference in urban open spaces. *Applied Acoustics*. v.71, p.622-633, 2010.

ZANNIN, P.H.T. *et al.* A survey of urban noise annoyance in a large brazilian city: the importance of a subjective analysis in conjunction with an objective analysis. *Environmental Impact Assessment Review*. v.23, p.245-255, 2003.

APÊNDICE A

Aferição dos *data loggers* e termo-higrômetros

Em fevereiro de 2013, procedeu-se à aferição, em duas etapas, dos valores de temperatura do ar e de umidade relativa medidos pelos *data loggers* utilizados nos levantamentos de campo. A primeira etapa foi realizada em um ambiente fechado, e a segunda etapa, no 5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (5º DISME/INMET).

Na primeira etapa, foram aferidos seis *data loggers* e termo-higrômetros, modelo HOBO U12, marca ONSET, em um ambiente fechado (cômodo), para seleção dos dois equipamentos que proporcionassem as respostas mais semelhantes às condições ambientes. Anteriormente ao início da aferição, o ambiente foi devidamente preparado para esse procedimento de modo a minimizar as influências dos ambientes externos e a estabilizar ao máximo possível as condições atmosféricas internas. As luzes artificiais permaneceram desligadas e o ambiente foi mantido sem ventilação, com as janelas e portas fechadas. As venezianas permaneceram fechadas, não havendo, portanto, incidência de insolação direta sobre os equipamentos. Os seis *data loggers* foram identificados pelos respectivos números de série e organizados sobre uma caixa plástica posicionada no centro do cômodo (FIGURAS 44 e 45).

Figura 44 – Organização do cômodo para o procedimento de aferição dos seis *data loggers*

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Figura 45 – Organização dos seis *data loggers* para o procedimento de aferição dos mesmos

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Os equipamentos foram configurados para iniciar a medição às 8:30h, do dia 28.01.2013, com registro de valores instantâneos de 10 em 10 min, totalizando 40 medições. Esse procedimento possibilitou a comparação dos valores registrados pelos seis *data loggers*, cujos dados foram extraídos dos equipamentos e organizados em planilhas do programa Excel®. Dentre os seis equipamentos, dois deles, cujos valores por eles medidos se assemelhavam bastante, foram selecionados para serem utilizados nos levantamentos de campo deste estudo. Seus números de série são: 904039 e 904047. Os resultados da

comparação entre os valores medidos de temperatura do ar e umidade relativa por esses dois equipamentos selecionados são apresentados nos Gráficos 76 e 77:

Gráfico 76 – Comparação entre os valores medidos de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), pelos *data loggers* identificados pelos números de série 904039 e 904047

Fonte: Dados medidos pela autora.

Gráfico 77 – Comparação entre os valores medidos de umidade relativa (%), pelos dois *data loggers* identificados pelos números de série 904039 e 904047

Fonte: Dados medidos pela autora.

Da mesma maneira, um terceiro *data logger* (número de série: 904044), cujos valores medidos também estavam muito semelhantes aos dois anteriormente mencionados, foi selecionado para ser utilizado no procedimento de aferição dos abrigos meteorológicos realizado também no 5º DISME/INMET, conforme será descrito no Apêndice B. Os resultados da comparação entre os valores medidos de temperatura do ar e umidade relativa por esse terceiro equipamento e um dos dois equipamentos selecionados para serem utilizados no trabalho de campo são apresentados nos Gráficos 78 e 79:

Gráfico 78 – Comparação entre os valores medidos de temperatura do ar ($^{\circ}\text{C}$), pelos *data loggers* identificados pelos números de série 904039 e 904044

Fonte: Dados medidos pela autora

Gráfico 79 – Comparação entre os valores medidos de umidade relativa (%), pelos dois *data loggers* identificados pelos números de série 904039 e 904044

Fonte: Dados medidos pela autora

Em uma segunda etapa, após a aferição realizada em ambiente fechado, os dois equipamentos selecionados para serem utilizados nos levantamentos de campo deste estudo foram levados ao 5º DISME/INMET para uma aferição contra o termohigrógrafo utilizado por este órgão na estação convencional para observações das condições climáticas.

Os dois *data loggers*, identificados pelos números de série 904042 e 963870, foram colocados no interior do abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET (FIGURAS 46 e 47). A aferição teve início no dia 14.03.2013, às 8h, e término no dia 15.03.2013, às 16h. Os valores foram registrados de 30 em 30 min. Os valores medidos pelos *data loggers* foram comparados com os valores registrados no termohigrograma, gráfico gerado pelo termohigrógrafo.

Figura 46 – Localização dos *data loggers* no interior do abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Figura 47 – Abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET, com os *data loggers* em seu interior

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Os resultados da aferição podem ser visualizados nos Gráficos 80 a 85, a seguir.

Gráfico 80 – Série temporal dos valores medidos de temperatura do ar (°C) durante a aferição dos *data loggers* no 5º DISME/INMET

Fonte: Dados medidos pela autora.

Gráfico 81 – Série temporal dos valores medidos de umidade relativa (%) durante a aferição dos *data loggers* no 5º DISME/INMET

Fonte: Dados medidos pela autora.

Gráfico 82 – Comparação entre os valores medidos de temperatura do ar (°C), pelo *data logger* identificado pelo número de série 904039 e pelo termohigrógrafo do 5º DISME/INMET

Fonte: Dados medidos pela autora.

Gráfico 83 – Comparação entre os valores medidos de umidade relativa (%), pelo *data logger* identificado pelo número de série 904039 e pelo termohigrógrafo do 5º DISME/INMET

Fonte: Dados medidos pela autora.

Gráfico 84 – Comparação entre os valores medidos de temperatura do ar (°C), pelo *data logger* identificado pelo número de série 904047 e pelo termohigrógrafo do 5º DISME/INMET

Fonte: Dados medidos pela autora.

Gráfico 85 – Comparação entre os valores medidos de umidade relativa (%), pelo *data logger* identificado pelo número de série 904047 e pelo termohigrógrafo do 5º DISME/INMET

Fonte: Dados medidos pela autora.

Os resultados demonstram que os valores medidos pelos *data loggers* estão coerentes com os valores medidos pelo termohigrógrafo, considerando as imprecisões na leitura do termohigrograma e o erro dos equipamentos, e que, portanto, não precisam ser corrigidos.

APÊNDICE B

Aferição dos abrigos meteorológicos

A aferição dos abrigos meteorológicos foi realizada no 5º Distrito de Meteorologia do Instituto Nacional de Meteorologia (5º DISME/INMET), em 08/02/2013. Nesta aferição, os dois *data loggers* selecionados para serem utilizados nos levantamentos de campo (904039 e 904047) foram posicionados no interior dos abrigos desenvolvidos e testados por Hirashima (2010), e o *data logger* de número de série 904044, também aferido anteriormente (APÊNDICE A) foi posicionado no interior do abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET (FIGURAS 48 e 49).

Figura 48 – Localização dos abrigos com os *data loggers* em seus interiores em relação ao abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Figura 49 – Localização do *data logger* 904044 no interior do abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Os equipamentos permaneceram medindo valores de temperatura do ar e de umidade relativa das 8:30h às 17h, e foram configurados para registrar os dados de 10 em 10 minutos, totalizando 52 valores medidos de cada uma das variáveis. O dia da aferição foi nublado, sem chuva, com nebulosidade de 8 oitava de céu, às 9h, e 8 oitavas de céu, às 15h. Os resultados podem ser visualizados nos gráficos a seguir (GRÁFICOS 86 a 89):

Gráfico 86 – Comparação entre os valores medidos de temperatura do ar (°C), pelos *data loggers* identificados pelos números de série 904039 e 904044, colocados respectivamente no interior do abrigo confeccionado e no interior do abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET

Fonte: Dados medidos pela autora.

Gráfico 87 – Comparação entre os valores medidos de temperatura do ar (°C), pelos *data loggers* identificados pelos números de série 904047 e 904044, colocados respectivamente no interior do abrigo confeccionado e no interior do abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET

Fonte: Dados medidos pela autora.

Gráfico 88 – Comparação entre os valores medidos de umidade relativa (%), pelos *data loggers* identificados pelos números de série 904039 e 904044, colocados respectivamente no interior do abrigo confeccionado e no interior do abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET

Fonte: Dados medidos pela autora.

Gráfico 89 – Comparação entre os valores medidos de umidade relativa (%), pelos *data loggers* identificados pelos números de série 904047 e 904044, colocados respectivamente no interior do abrigo confeccionado e no interior do abrigo meteorológico do 5º DISME/INMET

Fonte: Dados medidos pela autora.

Os resultados demonstram que não houve diferenças significativas nas medidas registradas pelos *data loggers* que estavam nos abrigos e o que estava no abrigo padrão do 5º DISME/INMET. Da mesma forma, os dados registrados pelos *data loggers* que estavam nos dois abrigos meteorológicos apresentaram boa correlação (GRÁFICOS 90 e 91).

Gráfico 90 – Comparação entre os valores medidos de temperatura do ar (°C), pelos *data loggers* identificados pelos números de série 904039 e 904047, colocados no interior dos abrigos confeccionados

Fonte: Dados medidos pela autora.

Gráfico 91 – Comparação entre os valores medidos de umidade relativa (%), pelos *data loggers* identificados pelos números de série 904039 e 904047, colocados no interior dos abrigos confeccionados

Fonte: Dados medidos pela autora.

Sendo assim, conclui-se que os abrigos proporcionam proteção satisfatória para os *data loggers*, podendo ser utilizados nos levantamentos de campo.

APÊNDICE C

Aferição dos termômetros de globo cinza, 40mm

A aferição dos valores de temperatura de globo medidos pelos termômetros de globo cinza foi realizada em três etapas. Essas etapas serão explicadas a seguir.

Na primeira etapa, realizada em 13 de fevereiro de 2013, procedeu-se à aferição dos valores medidos pelos dois termômetros de globo cinza de 40mm utilizados nos levantamentos de campo em ambiente externo. As medições foram realizadas das 12:00h às 17:00h, com o registro dos valores de 10 em 10 minutos. Os equipamentos foram montados sobre tripés, a 1,1m de altura (FIGURAS 50 e 51).

Figura 50 – Aferição dos termômetros de globo cinza de 40mm, em ambiente externo

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Figura 51 – Detalhe da aferição dos termômetros de globo cinza de 40mm

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Os resultados (GRÁFICO 92) demonstram que os valores medidos pelos dois termômetros de globo cinza estão bastante semelhantes entre si.

Gráfico 92 – Comparação entre os valores medidos de temperatura de globo (°C), pelos *data loggers* identificados pelos números de série 904039 e 904047, durante o procedimento de aferição dos termômetros de globo cinza de 40mm

Fonte: Dados medidos pela autora.

Em 18 de fevereiro de 2013, procedeu-se à segunda etapa da aferição dos termômetros de globo cinzas. Esta etapa visou à comparação entre o termômetro de globo preto de 15cm, considerado como padrão, calibrado pela *MEDIÇÃO Soluções Metrológicas Integradas*, conforme Anexo A, e o termômetro de globo de 40mm, medindo com um globo também preto e fosco.

Essa segunda etapa foi realizada no Laboratório de Fisiologia do Exercício (LAFISE), da UFMG. O LAFISE possui uma câmara ambiental capaz de proporcionar grande amplitude térmica, com mudanças em suas temperaturas e umidades internas, em um tempo relativamente pequeno (FIGURA 52). As medições foram realizadas no interior da câmara e, conseqüentemente, sem a incidência de radiação solar direta nos equipamentos (FIGURAS 53 e 54).

Figura 52 – Câmara ambiental do LAFISE, utilizada na aferição dos termômetros de globo

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Figuras 53 e 54 – Termômetros de globo organizados no interior da câmara ambiental do LAFISE, durante o procedimento de aferição desses equipamentos.

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Iniciou-se o procedimento de aferição do termômetro de globo preto de 15cm contra o termômetro de globo preto de 40mm, com a câmara ambiental medindo 30°C em seu interior e com 60% de umidade relativa. A temperatura foi aumentada até 35 °C e posteriormente, reduzida até 15 °C. Os valores foram registrados de 2 em 2 min.

Os resultados podem ser visualizados nos gráficos a seguir (GRÁFICOS 93 e 94).

Gráfico 93 – Série temporal dos valores medidos de temperatura de globo (°C), durante o procedimento de aferição dos termômetros de globo no LAFISE. O gráfico permite visualizar as seqüências medidas simultaneamente pelo termômetro de globo preto, de 15cm e pelo termômetro de globo de 40mm, também utilizando um globo preto

Fonte: Dados medidos pela autora.

Gráfico 94 – Comparação entre os valores medidos de temperatura de globo (°C), pelo termômetro de globo preto de 40mm e pelo termômetro de globo preto de 15cm

Fonte: Dados medidos pela autora.

Os resultados demonstram que os valores medidos pelos termômetros de globo preto de 40mm estão coerentes com os valores medidos pelo termômetro de globo preto de 15cm, considerando as imprecisões na leitura dos valores de temperatura de globo medidos por meio de termômetro analógico e o erro dos equipamentos. Dessa forma, os valores medidos pelos termômetros de globo de 40mm cinza não precisaram ser corrigidos.

Realizou-se ainda uma nova aferição, terceira etapa, entre os dois termômetros de globo cinza, de 40mm, em ambiente fechado (cômodo). Anteriormente ao início da aferição, o ambiente foi devidamente preparado para esse procedimento de modo a minimizar as influências dos ambientes externos e a estabilizar ao máximo possível as condições atmosféricas internas. As luzes artificiais permaneceram desligadas e o ambiente foi mantido sem ventilação, com as janelas e portas fechadas. As venezianas permaneceram fechadas, não havendo, portanto, incidência de insolação direta sobre os equipamentos. A aferição foi realizada no dia 05/03/2013, das 6h às 6:30h, com registros dos valores de temperatura de globo de 2 em 2 minutos. Os equipamentos foram montados em tripé, a 1,1m do piso (FIGURAS 55 e 56).

Figura 55 – Aferição dos termômetros de globo cinza de 40mm, em ambiente interno

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Figura 56 – Detalhe da aferição dos termômetros de globo cinza de 40mm

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Os resultados podem ser visualizados no Gráfico 95.

Gráfico 95 – Comparação entre os valores medidos de temperatura de globo (°C), pelos *data loggers* identificados pelos números de série 904039 e 904047, durante o procedimento de aferição dos termômetros de globo cinza de 40mm

Fonte: Dados medidos pela autora.

Os resultados confirmam que os valores medidos pelos dois termômetros de globo cinza estão bastante semelhantes entre si, podendo estes serem utilizados nos levantamentos de campo.

APÊNDICE D

Aferição dos medidores de nível de pressão sonora

Em março de 2013, procedeu-se à aferição dos valores de níveis sonoros medidos pelos medidores de nível de pressão sonora utilizados nos levantamentos de campo. A aferição foi realizada em um ambiente fechado (cômodo), mantido sem ventilação durante o procedimento – com janelas e portas fechadas a fim de se evitar o fluxo de ar. Os medidores foram posicionados em tripé, a 1,2m do piso.

A aferição foi realizada das 15h às 15:30h, do dia 04/03/2013, com registro de valores instantâneos de 1 em 1 min. (FIGURAS 57 e 58).

Figura 57 – Posicionamento dos dois medidores de nível de pressão sonora para o procedimento de aferição dos mesmos

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Figura 58 – Detalhe do posicionamento dos dois medidores de nível de pressão sonora para o procedimento de aferição dos mesmos

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Esse procedimento possibilitou a comparação dos valores registrados pelos dois medidores de nível de pressão sonora, cujos resultados são apresentados nos Gráficos 96 e 97:

Gráfico 96 – Série temporal dos valores medidos de níveis de pressão sonora (L_{Aeq} , 1min), pelos medidores de níveis de pressão sonora, marca HOMIS, identificados pelos números 3116 e 3117

Fonte: Dados medidos pela autora.

Gráfico 97 – Comparação entre os valores medidos de L_{Aeq} , 1min, pelos medidores de níveis de pressão sonora, marca HOMIS, identificados pelos números 3116 e 3117

Fonte: Dados medidos pela autora.

Os resultados da aferição demonstram que os valores medidos pelos medidores de nível de pressão sonora estão coerentes, considerando a precisão de equipamentos tipo II, de aproximadamente 1,5dB(A). Salienta-se que os equipamentos possuem certificado de calibração da Rede Brasileira de Calibração (RBC), renovado há menos de 02 anos (ANEXO B), e que foram aferidos com o calibrador acústico, anteriormente às medições. Sendo assim, podem ser utilizados nos levantamentos de campo.

APÊNDICE E

Aferição dos Termoanemômetros

Os termoanemômetros utilizados na pesquisa foram aferidos, em 28.02.2013, no Laboratório de Vazão da Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC-MG). Para a aferição dos termoanemômetros, utilizou-se o túnel de vento do CETEC-MG.

Os termoanemômetros de fio quente utilizados, marca ALNOR, modelo CF 8586, foram aferidos entre si e contra um anemômetro de pás do CETEC-MG, marca ALNOR TSI Incorporated, modelo 8585/8586. Os termoanemômetros a serem aferidos foram fixados em suportes individuais e o anemômetro de pás em um suporte giratório (FIGURA 59).

Figura 59 – Aferição dos termoanemômetros de fio quente no túnel de vento do CETEC – MG. A imagem mostra os dois termoanemômetros a serem aferidos, montados em suportes individuais, e o anemômetro de pás do CETEC-MG fixado no suporte giratório

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Os equipamentos foram posicionados com seus eixos alinhados ao centro da circunferência de saída do fluxo de ar. Para o posicionamento dos equipamentos durante o procedimento de aferição, utilizou-se a distância de 15 cm, entre o instrumento medidor e a extremidade do

túnel, para velocidades do vento iguais ou acima de 1m/s, e abaixo deste valor de velocidade do fluxo de ar, foi utilizada a distância de 7,5cm (FIGURAS 60 e 61).

Ao ser ligado o túnel de vento, um dos termoanemômetros de fio quente realizou a medição do fluxo de ar gerado pelo túnel anteriormente à exposição dos demais equipamentos. Por fim registrou-se também o valor do fluxo de ar registrado pelo próprio túnel de vento. Assim, a velocidade do jato de ar foi medida, ora pelos equipamentos do CETEC e ora pelos instrumentos em teste.

As velocidades do jato de ar foram medidas, em um primeiro momento, com velocidades crescentes, na faixa de 0,5m/s a 10m/s, variando de 0,5m/s em 0,5m/s para velocidades entre 0,5m/s e 5m/s, e de 1m/s em 1m/s, para velocidades entre 5m/s a 10m/s. Posteriormente, para conferência dos valores medidos, as velocidades do jato de ar foram medidas considerando velocidades decrescentes, para os valores de 8m/s, 6m/s, 4m/s, 2m/s, 1m/s e 0,5m/s.

Figura 60 – Posicionamento dos equipamentos durante o procedimento de aferição – eixos dos equipamentos alinhados ao centro da circunferência de saída do fluxo de ar

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Figura 61 – Posicionamento dos equipamentos durante o procedimento de aferição – distância de 15 cm, entre os medidores e a extremidade do túnel, para velocidades do vento maiores ou iguais a 1m/s

Fonte: Arquivo pessoal da autora.

Os resultados podem ser visualizados nos Gráficos 98 a 101, a seguir.

Gráfico 98 – Série temporal dos valores medidos de velocidade do vento (m/s) durante a aferição dos termoanemômetros de fio quente, no CETEC – MG

Fonte: Dados medidos pela autora.

Gráfico 99 – Comparação entre os valores medidos de velocidade do vento (m/s), pelos termoanemômetros de fio quente

Fonte: Dados medidos pela autora.

Gráfico 100 – Comparação entre os valores medidos de velocidade do vento (m/s), por um dos termoanemômetros de fio quente e pelo anemômetro de pás do CETEC - MG

Fonte: Dados medidos pela autora.

Gráfico 101 – Comparação entre os valores medidos de velocidade do vento (m/s), por um dos termoanemômetros de fio quente e pelo túnel de vento (placas) do CETEC - MG

Fonte: Dados medidos pela autora.

Os resultados demonstram que os valores medidos pelos termoanemômetros de fio quente estão coerentes entre si e com relação aos valores medidos pelo anemômetro de pás e pelo túnel de vento do CETEC – MG, e que, portanto, não precisam ser corrigidos, podendo ser utilizados nos levantamentos de campo.

APÊNDICE F

Formulário

Conforto Ambiental Urbano
USP - UFMG

Entrevistador: _____
Data: ____/____/____ Hora: _____

Local: _____
Ponto: _____

E. Com relação às condições climáticas, como você se sente neste momento?

1 2 3 4 5 6 7
Frio Bem Calor

- [1] Com muito frio
- [2] Com frio
- [3] Com pouco de frio
- [4] Bem, nem com frio e nem com calor
- [5] Com um pouco de calor
- [6] Com calor
- [7] Com muito calor

F. Com relação às condições climáticas neste momento, agora você está:

- [1] Confortável
- [2] Um pouco desconfortável
- [3] Desconfortável
- [4] Muito desconfortável

G. Com relação às condições climáticas, como você gostaria de estar se sentindo agora:

1 2 3 4 5 6 7
Muito frio Sem mudanças Muito calor

- [1] Com muito mais frio
- [2] Com mais frio
- [3] Com pouco mais de frio
- [4] Sem mudanças
- [5] Com um pouco mais de calor
- [6] Com mais calor
- [7] Com muito mais calor

H. O que você acha do volume do som ambiente neste momento?

- [1] Nem tinha percebido
- [2] Baixo
- [3] Normal
- [4] Um pouco alto
- [5] Muito alto

I. Este volume o incomoda?

- [1] Não
- [2] Um pouquinho
- [3] Mais ou menos
- [4] Bastante
- [5] Muito

J. Com relação ao ambiente sonoro neste momento, agora você está:

- [1] Confortável
- [2] Um pouco desconfortável
- [3] Desconfortável
- [4] Muito desconfortável

Eliminatórias		Dados Gerais		Conforto Térmico			Conforto Acústico		
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Está em local sem AC há + de 30 min?	Mora em BH há mais de 1 ano?	Em qual bairro?	Qual é a sua profissão?	Como se sente (Percepção)	Conforto Térmico (Avaliação)	Como gostaria de estar se sentindo (Preferência)	Percepção do volume sonoro	Indomado relacionado ao volume sonoro	Conforto acústico
1	☐ N	☐ N							
2	☐ N	☐ N							
3	☐ N	☐ N							
4	☐ N	☐ N							
5	☐ N	☐ N							
6	☐ N	☐ N							
7	☐ N	☐ N							
8	☐ N	☐ N							
9	☐ N	☐ N							
10	☐ N	☐ N							

Conforto Ambiental Urbano
USP - UFMG

Entrevistador: _____
Data: ____/____/____ Hora: _____

Local: _____
Ponto: _____

K. Com relação aos sons que você está ouvindo, quais deles você consegue identificar?

L. Há algum som específico no momento que você considera agradável?

M. Há algum som específico no momento que você considera desagradável?

N. Você é uma pessoa que, geralmente, sente muito frio, muito calor ou nem um nem outro?

O. Você diria que você é muito, mais ou menos, ou nada sensível aos sons?

P. Altura (m):
[1] < 1,50
[2] 1,5 - 1,59
[3] 1,6 - 1,69
[4] 1,7 - 1,79
[5] > 1,80

R. Idade (anos):
[1] 20 - 29
[2] 30 - 39
[3] 40 - 49
[4] 50 - 59

[1] Nenhum/Não

[2] Silêncio

[3] Trânsito

[3a] Carros

[3b] Motociclos

[3c] Ônibus

[3d] Caminhões

[3e] Buzina

[4] Sons Humanos

[4a] Conversas

[4b] Gritos

[4c] Passos

[4d] Crianças

[4e] Fala ao Microfone

[5] Sons Naturais

[5a] Vento

[5b] Folhas

[6] Sons de Animais/Insetos

[6a] Pássaros

[6b] Cães

[6c] Insetos

[7] Sons Mecânicos

[7a] Obras

[8] Sons Musicais

[8a] Música de loja

[8b] Música de rua

[9] Sinalização/ Comunicação

[9a] Apito

[10] Outros

[11] Avião/Helicóptero

[1] Muito frio
[2] Muito calor
[3] Nem um nem outro

[1] Muito
[2] Mais ou menos
[3] Nada

Q. Peso (Kg):
[1] < 50
[2] 50 - 59
[3] 60 - 69
[4] 70 - 79
[5] > 80

S. Vestimenta (clo):

Soundscape			Sensibilidade		OBSERVAÇÃO													
K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T					U		V		X
Identificação de sons	Som agradável	Som desagradável	Sensibilidade às condições climáticas	Sensibilidade ao som	Altura	Peso	Idade	Vestimenta	Sentado	Parado em pé	Andando	Correndo	Bicicleta	sol	sombra	Sexo	Hora final	
1									S	P	A	C	B	☀	☯	M	F	:
2									S	P	A	C	B	☀	☯	M	F	:
3									S	P	A	C	B	☀	☯	M	F	:
4									S	P	A	C	B	☀	☯	M	F	:
5									S	P	A	C	B	☀	☯	M	F	:
6									S	P	A	C	B	☀	☯	M	F	:
7									S	P	A	C	B	☀	☯	M	F	:
8									S	P	A	C	B	☀	☯	M	F	:
9									S	P	A	C	B	☀	☯	M	F	:
10									S	P	A	C	B	☀	☯	M	F	:

APÊNDICE G

Dados numéricos – variáveis subjetivas

Tabela 50 – Quantitativo das respostas dos entrevistados para as variáveis subjetivas

	Verão		Inverno	
	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro
Percepção de sensações térmicas				
Com muito frio	1 (0,3%)	0 (0%)	17 (4,4%)	24 (5,1%)
Com frio	0 (0%)	0 (0%)	28 (7,2%)	88 (18,8%)
Com um pouco de frio	3 (0,8%)	2 (0,4%)	36 (9,3%)	72 (15,4%)
Bem, nem com frio e nem com calor	81 (22,6%)	43 (9,1%)	249 (64%)	244 (52%)
Com um pouco de calor	53 (14,8%)	36 (7,6%)	25 (6,4%)	22 (4,7%)
Com calor	64 (17,8%)	82 (17,3%)	28 (7,2%)	15 (3,2%)
Com muito calor	157 (43,7%)	311 (65,6%)	6 (1,5%)	4 (0,9%)
Preferência de sensações térmicas				
Com muito mais frio	46 (12,8%)	41 (8,6%)	26 (6,7%)	21 (4,5%)
Com mais frio	76 (21,2%)	145 (30,6%)	37 (9,5%)	27 (5,8%)
Com um pouco mais de frio	158 (44%)	190 (40,1%)	37 (9,5%)	52 (11,1%)
Sem mudanças	75 (20,9%)	92 (19,4%)	229 (58,9%)	257 (54,8%)
Com um pouco mais de calor	3 (0,8%)	2 (0,4%)	36 (9,3%)	83 (17,7%)
Com mais calor	1 (0,3%)	2 (0,4%)	18 (4,6%)	25 (5,3%)
Com muito mais calor	(0%)	2 (0,4%)	6 (1,5%)	4 (0,9%)
Avaliação de conforto térmico				
Confortável	129 (35,9%)	87 (18,4%)	300 (77,1%)	329 (70,3%)
Um pouco desconfortável	120 (33,4%)	140 (29,5%)	75 (19,3%)	88 (18,8%)
Desconfortável	74 (20,6%)	143 (30,2%)	11 (2,8%)	31 (6,6%)
Muito desconfortável	36 (10%)	104 (21,9%)	3 (0,8%)	20 (4,3%)
Percepção do volume sonoro				
Nem tinha percebido	19 (5,3%)	21 (4,4%)	17 (4,4%)	9 (1,9%)
Baixo	21 (5,8%)	11 (2,3%)	34 (8,7%)	13 (2,8%)
Normal	224 (62,4%)	129 (27,2%)	213 (54,8%)	166 (35,4%)
Um pouco alto	71 (19,8%)	172 (36,3%)	108 (27,8%)	137 (29,2%)
Muito alto	24 (6,7%)	141 (29,7%)	17 (4,4%)	144 (30,7%)
Incômodo relacionado ao volume sonoro				
Não	229 (63,8%)	160 (33,8%)	247 (63,5%)	193 (41,2%)
Um pouco	74 (20,6%)	120 (25,3%)	84 (21,6%)	115 (24,5%)
Mais ou menos	24 (6,7%)	49 (10,3%)	30 (7,7%)	39 (8,3%)
Bastante	26 (7,2%)	82 (17,3%)	22 (5,7%)	61 (13%)
Muito	6 (1,7%)	63 (13,3%)	6 (1,5%)	61 (13%)
Avaliação de conforto acústico				
Confortável	237 (66%)	153 (32,3%)	248 (63,8%)	189 (40,7%)
Um pouco desconfortável	89 (24,8%)	167 (35,2%)	113 (29%)	153 (33%)
Desconfortável	24 (6,7%)	106 (22,4%)	23 (5,9%)	60 (12,9%)
Muito desconfortável	9 (2,5%)	48 (10,1%)	5 (1,3%)	62 (13,4%)

Fonte: Dados coletados em campo.

APÊNDICE H

Dados numéricos – variáveis subjetivas x índices de conforto térmico e acústico

Tabela 51 – Quantitativo da relação entre a percepção do volume sonoro dos entrevistados e o índice de conforto acústico LAeq, para cada uma das faixas medidas desse índice

L _{Aeq}		Verão		Inverno	
		Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro
<60	Percepção do volume sonoro				
	Nem tinha percebido	4 (5,7%)	-	3 (4,1%)	-
	Baixo	3 (4,3%)	-	9 (12,2%)	-
	Normal	49 (70%)	-	36 (48,6%)	-
	Um pouco alto	12 (17,1%)	-	25 (33,8%)	-
	Muito alto	2 (2,9%)	-	1 (1,4%)	-
60-64,9	Percepção do volume sonoro				
	Nem tinha percebido	15 (5,4%)	-	9 (3,8%)	-
	Baixo	18 (6,4%)	-	19 (8%)	-
	Normal	167 (39,6%)	-	134 (56,5%)	-
	Um pouco alto	58 (20,7%)	-	63 (26,6%)	-
	Muito alto	22 (7,9%)	-	12 (5,1%)	-
65-69,9	Percepção do volume sonoro				
	Nem tinha percebido	0 (0%)	7 (13,2%)	5 (6,4%)	2 (2,5%)
	Baixo	0 (0%)	0 (0%)	6 (7,7%)	5 (6,3%)
	Normal	8 (88,9%)	17 (32,1%)	43 (55,1%)	31 (38,8%)
	Um pouco alto	1 (11,1%)	20 (37,7%)	20 (25,6%)	24 (30%)
	Muito alto	0 (0%)	9 (17%)	4 (5,1%)	18 (22,5%)
70-74,9	Percepção do volume sonoro				
	Nem tinha percebido	-	9 (3,5%)	-	7 (2,4%)
	Baixo	-	5 (2%)	-	5 (1,7%)
	Normal	-	73 (28,6%)	-	105 (36,1%)
	Um pouco alto	-	89 (34,9%)	-	82 (28,2%)
	Muito alto	-	79 (31%)	-	92 (31,6%)
75-79,9	Percepção do volume sonoro				
	Nem tinha percebido	-	5 (3,6%)	-	0 (0%)
	Baixo	-	4 (2,9%)	-	1 (1,4%)
	Normal	-	35 (25,4%)	-	25 (34,2%)
	Um pouco alto	-	53 (38,4%)	-	21 (28,8%)
	Muito alto	-	41 (29,7%)	-	26 (35,6%)
>79,9	Percepção do volume sonoro				
	Nem tinha percebido	-	0 (0%)	-	0 (0%)
	Baixo	-	2 (7,1%)	-	2 (8%)
	Normal	-	4 (14,3%)	-	5 (20%)
	Um pouco alto	-	10 (35,7%)	-	10 (40%)
	Muito alto	-	12 (42,9%)	-	8 (32%)

Fonte: Dados coletados em campo.

Tabela 52 – Quantitativo da relação entre a avaliação de conforto acústico dos entrevistados e o índice de conforto acústico L_{Aeq} , para cada uma das faixas medidas desse índice

L_{Aeq}		Verão		Inverno	
		Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro
<60	Avaliação de Conforto Acústico				
	Confortável	46 (65,7%)	-	62 (83,8%)	-
	Um pouco desconfortável	18 (25,7%)	-	9 (12,2%)	-
	Desconfortável	5 (7,2%)	-	2 (2,7%)	-
	Muito desconfortável	1 (1,4%)	-	1 (1,4%)	-
60-64,9	Avaliação de Conforto Acústico				
	Confortável	182 (65%)	-	180 (75,9%)	-
	Um pouco desconfortável	71 (25,4%)	-	49 (20,7%)	-
	Desconfortável	19 (6,8%)	-	7 (3%)	-
	Muito desconfortável	8 (2,8%)	-	1 (0,4%)	-
65-69,9	Avaliação de Conforto Acústico				
	Confortável	9 (100%)	23 (43,4%)	58 (74,4%)	59 (73,8%)
	Um pouco desconfortável	0 (0%)	17 (32,1%)	17 (21,8%)	14 (17,5%)
	Desconfortável	0 (0%)	8 (15,1%)	2 (2,6%)	1 (1,3%)
	Muito desconfortável	0 (0%)	5 (9,4%)	1 (1,3%)	6 (7,5%)
70-74,9	Avaliação de Conforto Acústico				
	Confortável	-	81 (31,7%)	-	202 (69,7%)
	Um pouco desconfortável	-	87 (34,1%)	-	55 (19%)
	Desconfortável	-	59 (23,1%)	-	24 (8,3%)
	Muito desconfortável	-	28 (11,1%)	-	9 (3,1%)
75-79,9	Avaliação de Conforto Acústico				
	Confortável	-	40 (29%)	-	17 (68%)
	Um pouco desconfortável	-	55 (39,9%)	-	6 (24%)
	Desconfortável	-	32 (23,2%)	-	0 (0%)
	Muito desconfortável	-	11 (7,9%)	-	2 (8%)
>79,9	Avaliação de Conforto Acústico				
	Confortável	-	9 (32,1%)	-	51 (69,9%)
	Um pouco desconfortável	-	8 (28,6%)	-	13 (17,8%)
	Desconfortável	-	7 (25%)	-	6 (8,2%)
	Muito desconfortável	-	4 (14,3%)	-	3 (4,1%)

Fonte: Dados coletados em campo.

Tabela 53 – Quantitativo da relação entre a percepção térmica dos entrevistados e o índice de conforto térmico PET, para cada uma das faixas medidas desse índice

PET		Verão		Inverno	
		Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro
<25	Percepção de Sensação Térmica				
	Com muito frio	0 (0%)	0 (0%)	9 (3,8%)	24 (5,8%)
	Com frio	0 (0%)	0 (0%)	21 (8,9%)	79 (18,9%)
	Com um pouco de frio	2 (6,3%)	0 (0%)	27 (11,5%)	65 (15,6%)
	Bem, nem com frio e nem com calor	16 (50%)	1 (50%)	146 (62,1%)	219 (52,5%)
	Com um pouco de calor	4 (12,5%)	0 (0%)	16 (6,8%)	15 (3,6%)
	Com calor	5 (15,6%)	1 (50%)	12 (5,1%)	12 (2,9%)
	Com muito calor	5 (15,6%)	0 (0%)	4 (1,7%)	3 (0,7%)
25-29,9	Percepção de Sensação Térmica				
	Com muito frio	0 (0%)	0 (0%)	7 (6,5%)	0 (0%)
	Com frio	0 (0%)	0 (0%)	4 (3,7%)	9 (19,1%)
	Com um pouco de frio	1 (0,8%)	0 (0%)	9 (8,3%)	6 (12,8%)
	Bem, nem com frio e nem com calor	35 (27,1%)	18 (16,4%)	70 (64,8%)	22 (46,8%)
	Com um pouco de calor	28 (21,7%)	19 (17,3%)	8 (7,4%)	7 (14,9%)
	Com calor	23 (17,8%)	21 (19,1%)	9 (8,3%)	2 (4,3%)
	Com muito calor	42 (32,6%)	52 (47,3%)	1 (0,9%)	1 (2,1%)
30-34,9	Percepção de Sensação Térmica				
	Com muito frio	1 (0,7%)	0 (0%)	1 (2,2%)	0 (0%)
	Com frio	0 (0%)	0 (0%)	3 (6,5%)	0 (0%)
	Com um pouco de frio	0 (0%)	2 (0,7%)	0 (0%)	1 (20%)
	Bem, nem com frio e nem com calor	26 (17,2%)	19 (6,5%)	33 (71,7%)	3 (60%)
	Com um pouco de calor	15 (9,9%)	14 (4,8%)	1 (2,2%)	0 (0%)
	Com calor	27 (17,9%)	51 (17,5%)	7 (15,2%)	1 (20%)
	Com muito calor	82 (54,3%)	205 (70,4%)	1 (2,2%)	0 (0%)
35-39,9	Percepção de Sensação Térmica				
	Com muito frio	0 (0%)	0 (0%)	-	-
	Com frio	0 (0%)	0 (0%)	-	-
	Com um pouco de frio	0 (0%)	0 (0%)	-	-
	Bem, nem com frio e nem com calor	3 (7,7%)	5 (7,8%)	-	-
	Com um pouco de calor	5 (12,8%)	3 (4,7%)	-	-
	Com calor	7 (17,9%)	7 (12,5%)	-	-
	Com muito calor	24 (61,5%)	46 (75,4%)	-	-
>40	Percepção de Sensação Térmica				
	Com muito frio	0 (0%)	0 (0%)	-	-
	Com frio	0 (0%)	0 (0%)	-	-
	Com um pouco de frio	0 (0%)	0 (0%)	-	-
	Bem, nem com frio e nem com calor	1 (12,5%)	0 (0%)	-	-
	Com um pouco de calor	1 (12,5%)	0 (0%)	-	-
	Com calor	2 (25%)	1 (14,3%)	-	-
	Com muito calor	4 (50%)	6 (85,7%)	-	-

Fonte: Dados coletados em campo.

Tabela 54 – Quantitativo da relação entre a avaliação de conforto térmico dos entrevistados e o índice de conforto térmico PET, para cada uma das faixas medidas desse índice

PET		Verão		Inverno	
		Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro
<24,9	Avaliação de Conforto Térmico				
	Confortável	20 (62,5%)	1 (50%)	180 (76,6%)	292 (70%)
	Um pouco desconfortável	7 (21,9%)	1 (50%)	49 (20,9%)	79 (18,9%)
	Desconfortável	5 (15,6%)	0 (0%)	3 (1,3%)	26 (6,2%)
	Muito desconfortável	0 (0%)	0 (0%)	3 (1,3%)	20 (4,8%)
25-29,9	Avaliação de Conforto Térmico				
	Confortável	57 (44,2%)	32 (28,3%)	84 (77,8%)	33 (71,7%)
	Um pouco desconfortável	42 (32,6%)	35 (31%)	17 (15,7%)	9 (19,6%)
	Desconfortável	22 (17,1%)	32 (28,3%)	7 (6,5%)	4 (8,7%)
	Muito desconfortável	8 (6,2%)	14 (12,4%)	0 (0%)	0 (0%)
30-34,9	Avaliação de Conforto Térmico				
	Confortável	40 (26,5%)	45 (15,5%)	36 (78,3%)	4 (80%)
	Um pouco desconfortável	57 (37,7%)	86 (29,6%)	9 (19,6%)	0 (0%)
	Desconfortável	34 (22,5%)	85 (29,2%)	1 (2,2%)	1 (20%)
	Muito desconfortável	20 (13,2%)	75 (25,7%)	0 (0%)	0 (0%)
35-39,9	Avaliação de Conforto Térmico				
	Confortável	10 (25,6%)	9 (14,7%)	-	-
	Um pouco desconfortável	10 (25,6%)	18 (29,5%)	-	-
	Desconfortável	11 (28,2%)	20 (32,8%)	-	-
	Muito desconfortável	8 (20,5%)	14 (23,0%)	-	-
>40	Avaliação de Conforto Térmico				
	Confortável	2 (25%)	0 (0%)	-	-
	Um pouco desconfortável	4 (50%)	0 (0%)	-	-
	Desconfortável	2 (25%)	6 (85,7%)	-	-
	Muito desconfortável	0 (0%)	1 (14,3%)	-	-

Fonte: Dados coletados em campo.

APÊNDICE I

Dados numéricos – análise da paisagem sonora

Tabela 55 – Sons identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de verão

Som Identificado	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro	Total
Carros	141 (39,27%)	129 (27,21%)	270 (32,41%)
Trânsito	96 (26,74%)	98 (20,67%)	194 (23,28%)
Ônibus	66 (18,38%)	67 (14,13%)	133 (15,96%)
Música de rua	1 (0,27%)	76 (16,03%)	77 (9,24%)
Conversas	9 (2,5%)	38 (8,01%)	47 (5,64%)
Motos	11 (3,06%)	5 (1,05%)	16 (1,92%)
Pássaros	15 (4,17%)	0 (0%)	15 (1,8%)
Nenhum/não	0 (0%)	12 (2,53%)	12 (1,44%)
Fonte de água	9 (2,5%)	0 (0%)	9 (1,08%)
Sons humanos	0 (0%)	8 (1,68%)	8 (0,96%)
Obras	1 (0,27%)	6 (1,26%)	7 (0,84%)
Música de loja	0 (0%)	7 (1,47%)	7 (0,84%)
Sons humanos	1 (0,27%)	4 (0,84%)	5 (0,6%)
Sons mecânicos	1 (0,27%)	4 (0,84%)	5 (0,6%)
Caminhões	2 (0,55%)	3 (0,63%)	5 (0,6%)
Buzina	0 (0%)	4 (0,84%)	4 (0,48%)
Sinalização/comunicação	0 (0%)	4 (0,84%)	4 (0,48%)
Grito	0 (0%)	3 (0,63%)	3 (0,36%)
Fala ao microfone	2 (0,55%)	0 (0%)	2 (0,24%)
Outros	0 (0%)	2 (0,42%)	2 (0,24%)
Apito	0 (0%)	2 (0,42%)	2 (0,24%)
Crianças	1 (0,27%)	1 (0,21%)	2 (0,24%)
Sons musicais	0 (0%)	1 (0,21%)	1 (0,12%)
Sons naturais	1 (0,27%)	0 (0%)	1 (0,12%)
Cães	1 (0,27%)	0 (0%)	1 (0,12%)
Folhas	1 (0,27%)	0 (0%)	1 (0,12%)
TOTAL	359 (100%)	474 (100%)	833 (100%)

Fonte: Dados coletados em campo.

Tabela 56 – Sons identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de inverno

Som Identificado	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro	Total
Carros	164 (42,15%)	159 (33,9%)	323 (37,64%)
Ônibus	74 (19,02%)	58 (12,36%)	132 (15,38%)
Conversas	13 (3,34%)	78 (16,63%)	91 (10,6%)
Buzinas	13 (3,34%)	33 (7,03%)	46 (5,36%)
Trânsito	41 (10,53%)	3 (0,63%)	44 (5,12%)
Fala ao microfone	0 (0%)	36 (7,67%)	36 (4,19%)
Fonte de água	28 (7,19%)	0 (0%)	28 (3,26%)
Nenhum/não	7 (1,79%)	16 (3,41%)	23 (2,68%)
Pássaros	18 (4,62%)	0 (0%)	18 (2,09%)
Motos	8 (2,05%)	8 (1,7%)	16 (1,86%)
Música de rua	0 (0%)	15 (3,19%)	15 (1,74%)
Passos	6 (1,54%)	7 (1,49%)	13 (1,51%)
Outros	0 (0%)	12 (2,55%)	12 (1,39%)
Grito	3 (0,77%)	6 (1,27%)	9 (1,04%)
Obras	0 (0%)	8 (1,7%)	8 (0,93%)
Sons mecânicos	0 (0%)	8 (1,7%)	8 (0,93%)
Música de loja	0 (0%)	7 (1,49%)	7 (0,81%)
Apito	0 (0%)	5 (1,06%)	5 (0,58%)
Sinalização/comunicação	0 (0%)	3 (0,63%)	3 (0,34%)
Crianças	3 (0,77%)	0 (0%)	3 (0,34%)
Caminhões	0 (0%)	2 (0,42%)	2 (0,23%)
Sons humanos	1 (0,25%)	1 (0,21%)	2 (0,23%)
Cães	1 (0,25%)	0 (0%)	1 (0,11%)
Sons musicais	0 (0%)	1 (0,21%)	1 (0,11%)
Insetos	1 (0,25%)	0 (0%)	1 (0,11%)
Silêncio	0 (0%)	1 (0,21%)	1 (0,11%)
Vento	1 (0,25%)	0 (0%)	1 (0,11%)
TOTAL	382 (100%)	467 (100%)	849 (100%)

Fonte: Dados coletados em campo.

Tabela 57 – Sons agradáveis identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de verão

Som agradável identificado	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro	Total
Nenhum/não	111 (30,91%)	362 (76,37%)	473 (56,78%)
Pássaros	138 (38,44%)	4 (0,84%)	142 (17,04%)
Música de rua	2 (0,55%)	57 (12,02%)	59 (7,08%)
Fonte de água	41 (11,42%)	1 (0,21%)	42 (5,04%)
Vento	18 (5,01%)	3 (0,63%)	21 (2,52%)
Conversas	10 (2,78%)	9 (1,89%)	19 (2,28%)
Crianças	13 (3,62%)	2 (0,42%)	15 (1,8%)
Música de loja	0 (0%)	13 (2,74%)	13 (1,56%)
Silêncio	6 (1,67%)	2 (0,42%)	8 (0,96%)
Folhas	5 (1,39%)	1 (0,21%)	6 (0,72%)
Sons naturais	3 (0,83%)	2 (0,42%)	5 (0,6%)
Outros	1 (0,27%)	4 (0,84%)	5 (0,6%)
Fala ao microfone	4 (1,11%)	0 (0%)	4 (0,48%)
Trânsito	1 (0,27%)	3 (0,63%)	4 (0,48%)
Sinalização/comunicação	0 (0%)	4 (0,84%)	4 (0,48%)
Sons humanos	3 (0,83%)	1 (0,21%)	4 (0,48%)
Sons musicais	0 (0%)	2 (0,42%)	2 (0,24%)
Sons mecânicos	0 (0%)	2 (0,42%)	2 (0,24%)
Ônibus	2 (0,55%)	0 (0%)	2 (0,24%)
Sons de animais/insetos	0 (0%)	1 (0,21%)	1 (0,12%)
Carros	1 (0,27%)	0 (0%)	1 (0,12%)
Sons humanos	0 (0%)	1 (0,21%)	1 (0,12%)
TOTAL	359 (100%)	474 (100%)	833 (100%)

Fonte: Dados coletados em campo.

Tabela 58 – Sons agradáveis identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de inverno

Som Identificado	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro	Total
Nenhum/não	62 (15,93%)	438 (93,39%)	500 (58,27%)
Pássaros	179 (46,01%)	3 (0,63%)	182 (21,21%)
Fonte de água	91 (23,39%)	0 (0%)	91 (10,6%)
Conversas	6 (1,54%)	13 (2,77%)	19 (2,21%)
Crianças	14 (3,59%)	0 (0%)	14 (1,63%)
Sons naturais	10 (2,57%)	0 (0%)	10 (1,16%)
Passos	7 (1,79%)	1 (0,21%)	8 (0,93%)
Vento	6 (1,54%)	1 (0,21%)	7 (0,81%)
Sinalização/comunicação	5 (1,28%)	0 (0%)	5 (0,58%)
Folhas	3 (0,77%)	1 (0,21%)	4 (0,46%)
Música de loja	1 (0,25%)	3 (0,63%)	4 (0,46%)
Música de rua	0 (0%)	3 (0,63%)	3 (0,34%)
Carros	2 (0,51%)	0 (0%)	2 (0,23%)
Ônibus	1 (0,25%)	1 (0,21%)	2 (0,23%)
Outros	0 (0%)	2 (0,42%)	2 (0,23%)
Fala ao microfone	0 (0%)	2 (0,42%)	2 (0,23%)
Insetos	2 (0,51%)	0 (0%)	2 (0,23%)
Buzinas	0 (0%)	1 (0,21%)	1 (0,11%)
TOTAL	389 (100%)	469 (100%)	858 (100%)

Fonte: Dados coletados em campo.

Tabela 59 – Sons desagradáveis identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de verão

Som desagradável identificado	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro	Total
Carros	98 (27,29%)	95 (20,04%)	193 (23,16%)
Trânsito	94 (26,18%)	82 (17,29%)	176 (21,12%)
Nenhum/não	73 (20,33%)	89 (18,77%)	162 (19,44%)
Ônibus	60 (16,71%)	62 (13,08%)	122 (14,64%)
Motos	16 (4,45%)	13 (2,74%)	29 (3,48%)
Conversas	2 (0,55%)	19 (4%)	21 (2,52%)
Música de rua	0 (0%)	21 (4,43%)	21 (2,52%)
Outros	5 (1,39%)	14 (2,95%)	19 (2,28%)
Obras	2 (0,55%)	14 (2,95%)	16 (1,92%)
Sons mecânicos	3 (0,83%)	10 (2,1%)	13 (1,56%)
Música de loja	1 (0,27%)	10 (2,1%)	11 (1,32%)
Grito	1 (0,27%)	8 (1,68%)	9 (1,08%)
Sons humanos	0 (0%)	7 (1,47%)	7 (0,84%)
Sinalização/comunicação	0 (0%)	6 (1,26%)	6 (0,72%)
Sons musicais	1 (0,27%)	5 (1,05%)	6 (0,72%)
Buzinas	0 (0%)	6 (1,26%)	6 (0,72%)
Caminhões	0 (0%)	4 (0,84%)	4 (0,48%)
Apito	0 (0%)	3 (0,63%)	3 (0,36%)
Avião/helicóptero	1 (0,27%)	1 (0,21%)	2 (0,24%)
Fala ao microfone	1 (0,27%)	0 (0%)	1 (0,12%)
Silêncio	0 (0%)	1 (0,21%)	1 (0,12%)
Pássaros	1 (0,27%)	0 (0%)	1 (0,12%)
TOTAL	359 (100%)	474 (100%)	833 (100%)

Fonte: Dados coletados em campo.

Tabela 60 – Sons desagradáveis identificados pelos entrevistados nas praças durante o levantamento de inverno

Som Identificado	Praça da Liberdade	Praça Sete de Setembro	Total
Carros	103 (26,47%)	94 (20,04%)	197 (22,96%)
Ônibus	90 (23,13%)	46 (9,8%)	136 (15,85%)
Nenhum/não	53 (13,62%)	60 (12,79%)	113 (13,17%)
Buzinas	13 (3,34%)	45 (9,59%)	58 (6,75%)
Conversas	6 (1,54%)	45 (9,59%)	51 (5,94%)
Grito	19 (4,88%)	23 (4,9%)	42 (4,89%)
Trânsito	24 (6,16%)	8 (1,7%)	32 (3,72%)
Outros	5 (1,28%)	26 (5,54%)	31 (3,61%)
Caminhões	9 (2,31%)	21 (4,47%)	30 (3,49%)
Motos	14 (3,59%)	13 (2,77%)	27 (3,14%)
Fala ao microfone	1 (0,25%)	24 (5,11%)	25 (2,91%)
Música de rua	2 (0,51%)	20 (4,26%)	22 (2,56%)
Apito	3 (0,77%)	14 (2,98%)	17 (1,98%)
Obras	6 (1,54%)	11 (2,34%)	17 (1,98%)
Passos	12 (3,08%)	2 (0,42%)	14 (1,63%)
Sinalização/comunicação	6 (1,54%)	2 (0,42%)	8 (0,93%)
Fonte de água	1 (0,25%)	7 (1,49%)	8 (0,93%)
Música de loja	5 (1,28%)	1 (0,21%)	6 (0,69%)
Crianças	5 (1,28%)	0 (0%)	5 (0,58%)
Sons mecânicos	1 (0,25%)	2 (0,42%)	3 (0,34%)
Pássaros	2 (0,51%)	0 (0%)	2 (0,23%)
Vento	2 (0,51%)	0 (0%)	2 (0,23%)
Sons musicais	1 (0,25%)	0 (0%)	1 (0,11%)
Silêncio	0 (0%)	1 (0,21%)	1 (0,11%)
Sons humanos	0 (0%)	1 (0,21%)	1 (0,11%)
TOTAL	383 (100%)	463 (100%)	846 (100%)

Fonte: Dados coletados em campo.

ANEXO A

Certificado de calibração do termômetro de globo preto, 15cm

O termômetro utilizado no globo preto, de 15cm, foi enviado à MEDIÇÃO Soluções Metrológicas Integradas para calibração, conforme Certificado de Calibração CCM509/10 Anexo.

Figura 62 – Certificado de Calibração CCM509/10

MEDIÇÃO
SOLUÇÕES METROLÓGICAS INTEGRADAS

Certificado de Calibração - Laboratório Medição

Certificado: CCM509/10 Data Calibração: 08/01/2010 OS: 103434-A/2010 Pág.: 1 / 1

Contratante: FUNDAÇÃO DE DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA
AV. ANTONIO CARLOS, 6627-ADMINISTRATIVO II - BELO HORIZONTE-MG

Solicitante: O MESMO

Característica do Instrumento

Descrição: TERMOMETRO Identificação : 38456
Marca: INCOTERM
Nº. Serie: 38456

Condições Ambientais:
Serviço executado no laboratório Medição.
Temperatura: 21,5 °C ± 0,5 °C Umidade: 58,0 % ± 3%

Procedimentos
Calibração Executada conforme : ITTEC019 Revisão : 1

Padrões

Identificação	Marca	Certificado	Calibrado por	Validade
PTT-0051 CALIBRADOR PORTATIL	ECIL	1679-08	ECIL	03/2011
PTT-0091 TERMORESISTENCIA PADRAO	ECIL	7829/08	ECIL	11/2011

Resultados Obtidos

TEMPERATURA

Faixa de Uso: -10,0 a 150,0 °C
Faixa de Indicação: -10,0 a 150,0 °C Valor de uma Divisão: 0,2 °C

Valor Indicado	V.V.C	Tendência	Incerteza Expandida	(k)	Incerteza Expandida + Tendência
°C	°C	°C	°C		°C
0,0	-0,2	0,2	0,2	2,00	0,4
10,0	9,8	0,2	0,2	2,00	0,4
20,0	19,8	0,2	0,2	2,00	0,4
30,0	29,8	0,2	0,2	2,00	0,4
40,0	39,8	0,2	0,2	2,00	0,4
50,0	49,8	0,2	0,2	2,00	0,4

- NÃO HOUE AJUSTE.
- PONTOS ESPECIFICADOS PELO CLIENTE.

- Valor Indicado: Valor Indicado no instrumento na unidade do mesmo.
- V.V.C: Valor Convencional (médio) na unidade de medição do padrão.
- A Incerteza Expandida de medição relatada é declarada como a incerteza padrão da medição multiplicada pelo fator de abrangência k, que para distribuição normal corresponde a uma probabilidade de abrangência de 95%. A incerteza padrão de medição foi determinada de acordo com a publicação EA-4/02.
- A condição de Aprovado/Reprovado se restringe apenas as grandezas metrológicas do instrumento, sendo que o limite de erro especificado para esta condição é de responsabilidade do Cliente. Esta atividade não faz parte do escopo de acreditação do laboratório pelo CGCRE/INMETRO.
- A operação de ajuste / regulagem não faz parte do escopo de acreditação do laboratório pelo CGCRE/INMETRO.
- A validade de calibração do instrumento, quando apresentada neste certificado, é de responsabilidade do cliente e não faz parte do escopo de acreditação do laboratório pelo CGCRE/INMETRO.

Local e Data de emissão: Contagem, 8 de Janeiro de 2010

ZULMIRIANA CAMILA DE OLIVEIRA
Técnico Executor

Campo reservado ao cliente

DAVSON A. EGLESIAS QUINTANEIRO
Gerente Técnico

O CONTEÚDO APRESENTADO NESTE DOCUMENTO/REGISTRO TEM SIGNIFICADO RESTRITO E SE APLICA SOMENTE A ESTA SITUAÇÃO. É PROIBIDA A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DO MESMO SEM A AUTORIZAÇÃO DA MEDIÇÃO.

Rua Barbacena, 171. Bairro Alvorada. Contagem. MG. CEP: 32.041-500. (31) 3119.1999. medicao@medicaonet.com.br. www.medicaonet.com.br

ANEXO B

Certificados de calibração dos medidores de nível de pressão sonora

Os medidores de nível de pressão sonora foram enviados à MB Instrumentos para calibração, conforme Certificados de Calibração n. 7518/2011 e 7519/2011 anexos.

Figura 63 – Certificado de Calibração n. 7518/2011

MB Instrumentos Distribuição, Revenda e Calibração de Instrumentos de Medição

Certificado de Calibração nº 7518/11

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP (FAU)
Rua do Lago n. 876 - Cidade Universitária
São Paulo - SP

DATA DA CALIBRAÇÃO: 01/06/2011
INSTRUMENTO: DECIBELÍMETRO

Fabricante: Larson	Capacidade: 30 a 130 dB	Resolução: 0,1 dB
Código: n/constr	Nº de Identificação: n/constr	Pat: 16001965
Nº de Referência: 3.116	Nº de Fabricação: M032192	Mod: SL-401

RESULTADO DAS MEDICÕES

ESCALA DE DECIBÉIS 94 dB

LEITURA	PADRÃO	DESVIO
93,9 dB	94,4 dB	0,5 dB
93,8 dB	94,3 dB	0,5 dB
93,9 dB	94,2 dB	0,3 dB

ESCALA DE DECIBÉIS 114 dB

LEITURA	PADRÃO	DESVIO
113,9 dB	114,2 dB	0,3 dB
113,9 dB	114,1 dB	0,2 dB
113,9 dB	114,3 dB	0,4 dB

INCERTEZA DE MEDIÇÃO: O resultado da incerteza encontrada através da soma da incerteza entre padrão e desvio para um nível de confiança de 95% = + ou - 0,5%

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO: PMB 057 - JUN/07

PADRÕES UTILIZADOS:
1. MB 001 - CALIBRADOR DE NÍVEL SONORO MARCA SIMPSON COM 02 ESCALAS - CAPACIDADE DE 94dB/114 dB - MOD 890-2 COM FREQUÊNCIA DE 1.000 HERTZ, N° DE SÉRIE 70955, CALIBRADO PELA PONTÍFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL - "LABELLO" CONFORME CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO N° A0323/2010 DE 13/09/2010, VÁLIDO ATÉ 13/09/2013. ÓRGÃO CREDENCIADO PELO INMETRO/RLC, SOB N° 024, INCERTEZA DE MEDIÇÃO = +OU- 0,1 dB / 0,1 Hz.

CONDIÇÕES AMBIENTAIS:
TEMPERATURA: 20,5°C ± 0,5 °C UNIDADE: 63% ± 2,0 %

1. Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes.
2. O certificado de calibração não deve ser parcialmente reproduzido sem prévia autorização.

Alex Nogueira de Sá
Técnico
 Arnaldo B. Gerulni
Supervisor Técnico

Rua Álvaro de Azevedo, 120 - Jardim São Paulo - São Paulo - SP - CEP 02319-000
Fone: +55 11 3853-5666 Fax: +55 11 3853-8678
vendas@metrologiabrasileira.com.br www.metrologiabrasileira.com.br

Figura 64 – Certificado de Calibração n. 7519/2011

Distribuição, Revenda e Calibração
de Instrumentos de Medição

Certificado de Calibração nº 7519/11

FACULDADE DE ARQUITETURA E URBANISMO DA USP (FAU)
Rua do Lago n. 876 - Cidade Universitária
São Paulo - SP

DATA DA CALIBRAÇÃO: 01/06/2011
INSTRUMENTO: DECIBELÍMETRO

Fabricante: Lutron	Capacidade: 30 a 130 dB	Resolução: 0,1 dB
Código: n/consta	Nº de Identificação: n/consta	Pat: 16001959
Nº de Referência: 3.117	Nº de Fabricação: M032194	Mod: SL-401

RESULTADO DAS MEDIÇÕES

ESCALA DE DECIBÉIS 94 dB

LEITURA	PADRÃO	DESVIO
93,9 dB	94,3 dB	0,4 dB
93,8 dB	94,3 dB	0,5 dB
93,9 dB	94,0 dB	0,1 dB

ESCALA DE DECIBÉIS 114 dB

LEITURA	PADRÃO	DESVIO
113,9 dB	114,1 dB	0,2 dB
113,9 dB	114,0 dB	0,1 dB
113,9 dB	114,3 dB	0,4 dB

INCERTEZA DE MEDIÇÃO: O resultado da incerteza encontrada através da somatória entre padrão e desvio para um nível de confiança de 95% = + ou - 0,5%

PROCEDIMENTO DE CALIBRAÇÃO: PMB 057 - JUN/07

PADRÕES UTILIZADOS:

1. MB 001 - CALIBRADOR DE NÍVEL SONORO MARCA SIMPSON COM 02 ESCALAS - CAPACIDADE DE 94dB/114 dB MOD 890-2 COM FREQUÊNCIA DE 1.000 HERTZ, Nº DE SÉRIE 70955, CALIBRADO PELA PONTÍFICA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO GRANDE DO SUL - "LABELO" CONFORME CERTIFICADO DE CALIBRAÇÃO Nº A0323/2010 DE 13/09/2010, VÁLIDO ATÉ 13/09/2013. ÓRGÃO CREDENCIADO PELO INMETRO/R.B.C. SOB Nº 024, INCERTEZA DE MEDIÇÃO = + OU - 0,1 dB / 0,1 Hz.

CONDIÇÕES AMBIENTAIS:

TEMPERATURA: 20,5°C ± 0,5 °C

UMIDADE: 63% ± 2,0 %

- 1. Os resultados deste certificado referem-se exclusivamente ao instrumento submetido à calibração nas condições específicas, não sendo extensivo a quaisquer lotes.
- 2. O certificado de calibração não deve ser parcialmente reproduzido sem prévia autorização.

Alex Nogueira de Sá
Técnico

Arnaldo B Gerulst
Supervisor Técnico

Rua Álvaro de Abreu, 120 • Jardim São Paulo • São Paulo • SP • CEP 0239-000
Fone: +55 11 3853-5666 • Fax: +55 11 3853-5673
vendas@metrologiabrasileira.com.br • www.metrologiabrasileira.com.br