



**CENTRO UNIVERSITÁRIO UNA**

**Diretoria de Educação Continuada, Pesquisa e Extensão**

**Mestrado em Turismo e Meio Ambiente**

**Tuffi Messias Saliba**

**ESTUDO DO CONFORTO ACÚSTICO  
NAS PRAÇAS DE ALIMENTAÇÃO  
DE SHOPPING CENTERS**

**Belo Horizonte**

**2011**

**Tuffi Messias Saliba**

**ESTUDO DO CONFORTO ACÚSTICO  
NAS PRAÇAS DE ALIMENTAÇÃO  
DE SHOPPING CENTERS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Turismo e Meio Ambiente do Centro Universitário UNA, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Turismo e Meio Ambiente.

Linha de Pesquisa: Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Trindade Bahia.

**Belo Horizonte**

**2011**

S165e Saliba, Tuffi Messias

Estudo do conforto acústico nas praças de alimentação de shopping centers/ Tuffi Messias Saliba. – 2011.

69f.: il.

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Trindade Bahia  
Dissertação (Mestrado) - Centro Universitário UNA, 2011. Programa de Mestrado em Turismo e Meio Ambiente.  
Bibliografia f.62 - 65.

1. Controle de ruído – Centros comerciais. 2. Gestão Ambiental. I. Bahia, Eduardo Trindade. II. Centro Universitário UNA. III. Título.

CDU: 338.484



**CENTRO UNIVERSITARIO UNA  
PROGRAMA DE MESTRADO EM TURISMO E MEIO AMBIENTE**

Dissertação intitulada **“ESTUDO DO CONFORTO ACÚSTICO NAS PRAÇAS DE ALIMENTAÇÃO DE SHOPPING CENTERS”**, de autoria do mestrando **TUFFI MESSIAS SALIBA**, aprovada pela Comissão Examinadora constituída pelos seguintes membros:

---

Prof. Dr. Eduardo Trindade Bahia – (Orientador) UNA

---

Prof. Dr. Gilmar Cunha Trivelato – FUNDACENTRO

---

Profª. Dra. Wanyr Romero Ferreira – UNA

## **AGRADECIMENTOS**

Ao Prof. Dr. Eduardo Trindade Bahia, orientador desta dissertação, por todo empenho, correção e sugestão na elaboração do trabalho.

À Flavia Reis Vilaça, pela colaboração nas medições dos níveis de ruído nas praças de alimentação dos *shopping centers*.

Aos colegas do mestrado, especialmente Aluízio Durço Bernardino, pelos materiais bibliográficos enviados.

A todos os professores do mestrado, pela dedicação e importantes conhecimentos e experiências transmitidas.

## RESUMO

O ruído excessivo prejudica gravemente a saúde humana e interfere nas atividades cotidianas das pessoas, seja nas escolas, no trabalho, em casa e no lazer. Os *shopping centers* constituem moderno centro comercial que proporciona às pessoas encontrar tudo em um mesmo lugar juntamente com diversão e lazer. Entretanto, esse complexo comercial apresenta alguns problemas que muitas vezes são subestimados, entre os quais se destaca o conforto acústico nas praças de alimentação. Este estudo teve como objetivo avaliar os níveis de ruído por meio de pesquisa quantitativa em cinco grandes *shopping centers* da capital mineira. Foi utilizado instrumento de alta tecnologia e precisão, devidamente calibrado e certificado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). As avaliações quantitativas foram realizadas em horários de maior concentração de pessoas e dias diferentes. Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente com determinação da média com intervalo de confiança com 95% de confiabilidade. Os dados foram comparados com limite recomendado na Norma Brasileira (NBR) 1.052/00 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Com base na análise desses dados, algumas soluções foram propostas visando minimizar os níveis de ruído e, conseqüentemente, melhorar o conforto acústico nesses locais.

**Palavras-chave:** Controle de Ruído. Conforto acústico. *Shopping Center*. Gestão Ambiental.

## **ABSTRACT**

Excessive noise impairs human health and interferes with people's daily activities, whether in school, at work, home and leisure. Malls centers are modern shopping center offering people find everything in one place along with fun and relaxation. However, this shopping complex has some problems, which are often underestimated, among which stands out the acoustic comfort in food courts. This study aimed to evaluate the noise levels by means of quantitative research in five major shopping malls in the capital mineira. Foi used high-tech instrument and accurately calibrated and international certificate Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Quantitative assessments were performed at times of highest concentration of people and different days. The results were statistically analyzed to determine the average with a confidence interval with 95% certainty. Data were compared with limits recommended in the Brazilian Norm (NBR) 1052/00 Brazilian Association of Technical Standards – (ABNT). Com based on analysis of data, some solutions have been proposed to minimize noise levels and consequently improve the acoustic comfort in these locations.

**Keywords:** Noise control. Acoustic comfort. Shopping Center. Environmental management.

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

a.C.	Antes de Cristo
ABL	Área Bruta Locável
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRASCE	Associação Brasileira de Shopping Center
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
CONTRAN	Conselho Nacional de Trânsito
dB	Decibéis
Hz	Hertz
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
$L_d$	Índice de nível de ruído de longa duração, períodos diurnos
$L_{den}$	Índice de níveis de ruído dia, fim de tarde, e noite
$L_{eq}$	Nível Equivalente de Ruído
$L_n$	Índice de nível de ruído de longa duração, períodos noturnos
$L_{ra}$	Nível de ruído ambiental
$L_v$	Índice de nível de ruído de longa duração, períodos vespertinos
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira
NC	<i>Noise Criteria</i>
NCA	Nível de critério de avaliação
NPS	Nível de pressão sonora
NR	<i>Noise rating</i>
NTP	Notas Técnicas de Prevenção
PT	Perda de transmissão
$S_L$	Desvio padrão

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Figuras

FIGURA 1	Variação da pressão sonora em função do tempo.....	20
FIGURA 2	Níveis de audibilidade em fons.....	22
FIGURA 3	Curvas de compensação recomendadas pelas normas IEC-123 e IEC-1793.....	23
FIGURA 4	Medidor de nível de pressão sonora e calibrador acústico.....	40
FIGURA 5	Níveis de ruído máximo, mínimo e médio (Leq).....	41
FIGURA 6	Histórico no tempo dos níveis de ruído durante o tempo de medição.....	42
FIGURA 7	Histograma de dados durante o tempo de medição de ruídos.....	42
FIGURA 8	Histograma cumulativo no período de medição de ruído.....	43

### Gráficos

GRÁFICO 1	Comparação dos níveis de ruído medidos com o valor máximo aceitável de acordo com a NBR -10.152.....	45
GRÁFICO 2	Comparação dos níveis de ruído medidos com o valor máximo aceitável de acordo com a NBR -10152.....	47
GRÁFICO 3	Comparação dos níveis de ruído medidos com o valor máximo aceitável de acordo com a NBR -10.152.....	48
GRÁFICO 4	Comparação dos níveis de ruído medidos com o valor máximo aceitável de acordo com a NBR -10.152.....	50
GRÁFICO 5	Comparação dos níveis de ruído medidos com o valor máximo aceitável de acordo com a NBR -10.152.....	51
GRÁFICO 6	Comparação da média dos níveis de ruído com 95% de confiança com o valor máximo aceitável de acordo com a NBR-10.152.....	53

## **Quadros**

QUADRO 1 Nível de pressão x pressão sonora.....	19
QUADRO 2 Limites de tolerância para exposição ocupacional ao ruído.....	26
QUADRO 3 Níveis de ruído aceitáveis em dB(A) e NC.....	28
QUADRO 4 Níveis de pressão sonora correspondentes às curvas de avaliação (NC).....	29
QUADRO 5 Níveis de ruído: <i>noise rating</i> (NR).....	30
QUADRO 6 Níveis aceitáveis do índice <i>noise rating</i> (NR).....	31
QUADRO 7 Nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(A).....	33
QUADRO 8 Índices de ruído, em dB(A).....	35

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1 Níveis de ruído obtidos no <i>Shopping A</i> .....	45
TABELA 2 Níveis de ruído obtidos no <i>Shopping B</i> .....	46
TABELA 3 Níveis de ruído obtidos no <i>Shopping C</i> .....	48
TABELA 4 Níveis de ruído obtidos no <i>Shopping D</i> .....	49
TABELA 5 Níveis de ruído obtidos no <i>Shopping E</i> .....	51
TABELA 6 Média dos níveis de ruído com 95% de confiança em cada shopping.....	52
TABELA 7 Quadro comparativo do nível de ruído da praça de alimentação principal com a secundária: <i>Shopping A</i> .....	56
TABELA 8 Quadro comparativo do nível de ruído da praça de alimentação principal com a secundária: <i>Shopping B</i> .....	56
TABELA 9 Quadro comparativo do nível de ruído da praça de alimentação principal com a secundária: <i>Shopping C</i> .....	57
TABELA 10 Quadro comparativo do nível de ruído da praça de alimentação principal com a secundária: <i>Shopping E</i> .....	57

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
2 OBJETIVOS.....	17
2.1 Objetivo geral.....	17
2.2 Objetivos específicos.....	17
3 REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
3.1 Nível de pressão sonora (decibel).....	18
3.2 Frequência do som.....	20
3.3 Níveis de audibilidade.....	21
3.4 Níveis de compensados ou ponderados.....	23
3.5 Critérios de avaliação de ruído.....	24
3.5.1 Avaliação ocupacional: riscos de dano auditivo.....	24
3.5.2 Avaliação para fins de conforto e incômodo.....	26
3.5.3 Avaliação do conforto da comunidade e perturbação do sossego público.....	31
3.6 Controle do ruído.....	35
4 METODOLOGIA.....	38
4.1 Locais e datas das medições.....	38
4.2 Metodologia de avaliação.....	38
4.3 Instrumentalização e avaliador.....	39
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
5.1 <i>Shopping center A</i> .....	44
5.2 <i>Shopping center B</i> .....	46
5.3 <i>Shopping center C</i> .....	47
5.4 <i>Shopping center D</i> .....	49
5.5 <i>Shopping center E</i> .....	50

5.6 Comparação das médias dos <i>Shopping centers</i> pesquisados.....	52
6 CONCLUSÃO.....	58
REFERÊNCIAS.....	61
ANEXO.....	65

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo a *World Health Organization/Regional Europe* – (WTO,2010), o ruído excessivo prejudica gravemente a saúde humana e interfere nas atividades das pessoas no cotidiano da escola, no trabalho, em casa e no lazer. O ruído é uma ameaça subestimada, podendo ser a causa de vários problemas de saúde a curto/longo prazo, tais como: distúrbios do sono; efeitos cardiovasculares; baixo desempenho escolar; deficiência auditiva, incluindo o zumbido; transtorno no comportamento social, tais como agressividade e passividade; dor e fadiga auditiva; problemas de fala; respostas hormonais (hormônios do estresse) e suas consequências sobre o metabolismo humano e problemas no sistema imunológico (WHO, 2010).

De acordo com Padilha<sup>1</sup> (*apud* TOMAZINI, 2009, p. 15), o surgimento dos *shopping centers* pode ser entendido como um importante fenômeno da sociedade capitalista mundial. Esses centros de compras se desenvolveram como centros de consumo das cidades capitalistas e refletem toda uma cultura norte-americana. No entanto, suas raízes históricas estão na organização dos espaços e das lojas de departamento da Europa dos séculos XVIII e XIX.

No Brasil, a implantação dos *shopping centers* se deu a partir de 1960 e teve como referência o padrão norte-americano. A facilidade de encontrar tudo no mesmo lugar e a ideia de modernidade aliadas aos *shopping centers* foram os maiores motivos para os brasileiros elegerem esses locais como lugar ideal para compras e lazer. Todavia, somente a partir de 1980 verificou-se no Brasil irreversível processo de expansão dos *shopping centers*<sup>2</sup>. (PADILHA, citado por TOMAZINI,2009,P21 2006).

Os estudos sobre desconforto e incômodo do ruído são cada vez mais difundidos no mundo, além de ampla regulamentação das normas jurídicas sobre o meio

---

<sup>1</sup> PADILHA, V. **Dialética do Lazer**. São Paulo: Cortez, 2006.

<sup>2</sup> PADILHA, *op.cit.*p.21

ambiente e nos locais de trabalho. A Norma Brasileira (NBR) 10.152/00 (ABNT, 2000b) fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos tais como: restaurantes, salas de aula, escritórios, entre outros. Já a NR-17 da Portaria 3.214/78 e suas alterações determinam o valor de 65 dB(A) para conforto em ambientes de trabalho, nos quais se desenvolve trabalho intelectual de atenção constante (BRASIL, 1978).

Reckziegel (2009) realizou pesquisa qualitativa sobre a satisfação e preferência dos usuários em locais de lazer noturno, na cidade de Porto Alegre-RS. O estudo revelou que o conforto acústico, nos locais pesquisados, foi satisfatório, porém, com diferenças significativas entre os bares. As danceterias e bares onde os respondentes estão mais satisfeitos com o conforto acústico preocupam-se com a utilização de materiais absorventes no revestimento e na escolha dos móveis e objetos de decoração.

Em estudo de caso realizado em salas de aula, Ferreira (2006) comparou o conforto acústico de dois prédios construídos em épocas diferentes no *Campus II* (Centro Politécnico e Jardim Botânico) da Universidade Federal do Paraná. Sua pesquisa, com base em avaliação quantitativa dos níveis de ruído nas salas de aula, concluiu que as condições de conforto atenderam aos níveis aceitáveis recomendados pela NBR-10.152/00. Todavia, ressaltou que no prédio mais antigo, construído na década de 60, havia condições de conforto melhor que no prédio construído em 2000, mesmo com a evolução e pesquisa na área de acústica. O autor sugere, como solução, mais exigência na fase de projetos, por meio de simulações computacionais e/ou cálculo antes da execução da obra.

Em sentido contrário, Dias (2009), em estudo sobre o conforto acústico de salas de aula em tempo integral em Palmas (TO), constatou que os níveis de ruído em todas as salas avaliadas foram superiores aos valores recomendados pela NBR 10.151/00 (ABNT, 2000a), tanto com as janelas abertas, como fechadas.

Ao analisar os efeitos do ruído na população urbana da cidade de Bucareste, na Romênia, Rada *et al.* (2010) mencionam os vários setores em que o ruído

perturba a população. Devido à sua dinâmica nas atividades diárias, é um dos agentes de maior influência no estresse, levando o ser humano a distúrbios de saúde. As principais fontes de ruído urbano incluem o transporte rodoviário, ferroviário, aéreo, industrial, construções, entretenimento (restaurante, lojas, oficinas, eventos culturais, entre outros). Segundo Rada *et al.* (2010), na comunidade europeia, cerca de 40% da população estão expostos ao ruído de tráfego superior a 55 dB(A). Entre as áreas estudadas na cidade de Bucareste, destaca-se a medição de ruído em *shopping center*, no período diurno, com tráfego de veículos, atividades de abastecimento do *shopping* e alto fluxo de clientes. O valor obtido do Nível Equivalente de Ruído (Leq) foi de 68,4 dB(A). Além disso, o estudo concluiu que as zonas urbanas da Romênia, especialmente Bucareste, são muito ruidosas.

Outra preocupação com o conforto acústico é nas igrejas. Carvalho e Silva (2009) realizaram pesquisa sobre a acústica no interior da nova Igreja da Santíssima Trindade de Fátima, em Portugal. O trabalho concluiu que apenas em um ponto de medição a curva de conforto *noise criteria* (NC) foi inferior a 30 dB (limite de conforto). Nos demais pontos, os níveis de ruído da curva NC ficaram entre 30 e 35 dB. O autor sugere a reparação dos ventiladores para minimizar o nível de ruído.

Na pesquisa bibliográfica realizada foram encontrados poucos trabalhos especificamente sobre conforto acústico em praça de alimentação de *shopping center*, especialmente sobre quantificação dos níveis de ruído. Entre os encontrados, destaca-se pesquisa realizada por Gonçalves e Adissi (2008) nos quatro maiores *shopping centers* da cidade de João Pessoa. Os níveis de ruído obtidos nas praças de alimentação variaram entre 85 e 92,2 dB(A). O trabalho concluiu que esses níveis são suficientemente intensos para prejudicar a audibilidade de uma conversação, podendo contribuir para gerar desconforto e aumentar o estresse na população a eles exposta. Além disso, os resultados atentam para o fato de que a população em geral está sujeita a riscos auditivos e extra-auditivos decorrentes da exposição a elevados níveis de pressão sonora nos ambientes de lazer, o que demonstra a relevância da atuação fonoaudiológica

na prevenção das perdas auditivas induzidas por essa exposição (GONÇALVES; ADISSI, 2008).

Ligocki, Teixeira e Parreira (2008) analisaram os efeitos da exposição ao ruído sobre organismo dos trabalhadores de praça de alimentação de *shopping center*. O estudo mostrou que os trabalhadores dessa praça estão de fato sob risco auditivo e da saúde em geral. Embora não tenham comprovação clínica das alterações referidas, eles percebem a sintomatologia e, em alguns casos, a correlacionam aos sintomas comportamentais e orgânicos apresentados com a exposição a níveis de pressão sonora elevados.

A título de informação, cabe destacar a reportagem da Revista Veja, de 28 de maio de 2003, em que foi convidado o arquiteto Roberto Saruê, especialista em ruídos urbanos, para medir a poluição sonora em 10 restaurantes na hora do almoço. O resultado do teste foi surpreendente. Em todos, os níveis de barulho ficaram acima do determinado pela legislação. Segundo a reportagem, a acústica em restaurante é tão importante quanto a qualidade da comida durante um almoço de negócios. Um local barulhento – onde se ouve falatório ensurdecido, a música é alta e o som dos pratos e talheres ecoa pelo salão – pode transformar qualquer reunião numa gritaria sem fim (SARUÊ, 2003).

Os shopping centers, nos Estados Unidos da América, surgiram como solução para os males urbanos causados pela Segunda Guerra Mundial. Foram criados para preencher o vácuo existencial na vida das pessoas, ao mesmo tempo em que se vivia crescimento econômico e metropolização planejada (PADILHA, 2006).

Com o aumento do poder aquisitivo da população, com o desenvolvimento da indústria automobilística e com a migração da população para as áreas periféricas, deu-se o surgimento do *shopping center* em sua versão moderna. Desse modo, até hoje, de acordo com Padilha (2006), são os Estados Unidos da América o país que concentra o mais alto número de *shopping centers* no mundo, seguido por Canadá, Inglaterra e França.

O *primeiro shopping* inaugurado no Brasil, em 1966, foi o Iguatemi, em São Paulo. Desde então, o setor brasileiro de *shopping centers* apresenta notável crescimento em termos de ABL, faturamento e empregos gerados (ABRASCE, 2010). Segundo ABRASCE, desde o final dos anos 90 os *shopping* no Brasil vêm passando por readequação de *layout*, além de novas configurações que auxiliaram na demanda do consumo. Outro diferencial são os novos conceitos de empreendimentos empregados no Brasil, como o *open mall*, que tem luz natural e lojas abertas para ruas e jardins.

Os *shopping centers* são cada vez mais frequentados pelos habitantes das grandes metrópoles, pois oferece segurança e facilidade de encontrar tudo no mesmo lugar, aliado à ideia de modernidade e progresso. Esses estabelecimentos constituem os maiores atrativos eleitos pelos brasileiros como lugar privilegiado para compras e lazer (ABRASCE, 2010). Dados da Associação Brasileira de *Shopping Center* (ABRASCE) revelam que em 2010 foram inaugurados 16 mall em grandes capitais e nas cidades do interior do país, que somaram mais de 540 mil m<sup>2</sup> de ABL e geraram aproximadamente 53 mil novos empregos. Com uma média mensal de 329 milhões de visitantes, os *shopping centers* brasileiros atingiram a marca de R\$ 87 bilhões em faturamento no último ano.

Segundo a ABRASCE, em 2010, no Brasil, o número de centros de compras era de 397 que, juntos, empregavam 760 mil pessoas, ou seja, fluxo de 348 milhões de pessoas por mês nesses locais (ABRASCE, 2010).

Neste trabalho será abordado o conforto acústico nas praças de alimentação dos principais *shopping centers* de Belo Horizonte. As praças de alimentação são um local de aglomeração e significativo fluxo de pessoas. Desse modo, a pesquisa sobre o conforto acústico nesses locais incluiu medições quantitativas dos níveis de ruído em dias, horários e *shopping centers* diferentes. Este trabalho poderá contribuir para a ciência e a sociedade em geral, vez que o ruído afeta milhões de pessoas que diariamente frequentam os *shopping centers* sem, muitas vezes, atentar para possíveis riscos à sua saúde.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

Estudar os níveis de ruído nas praças de alimentação de cinco grandes *shopping centers* da capital mineira, visando verificar as condições de conforto acústico conforme as normas técnicas e legais pertinentes.

### 2.2 Objetivos específicos

- Realizar medições dos níveis de ruído equivalente (Leq) nas praças de alimentação de cinco *shopping centers* da capital mineira, utilizando instrumentação específica e reconhecida pelos órgãos certificadores.
- Realizar medições em outros locais dos *shopping centers*, visando verificar a diferença entre os níveis de ruído.
- Comparar os resultados obtidos com normas brasileiras e internacionais.
- Propor as medidas possíveis à minimização dos níveis de ruído nos *shopping centers pesquisados*.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

No estudo do som é necessária a definição de dois parâmetros básicos: nível de pressão sonora e frequência.

#### 3.1 Nível de pressão sonora (decibel)

O som é proveniente de flutuações da pressão provocada por vibração num meio elástico: o ar. Todavia, nem todas as variações (flutuações) da pressão produzem sensação de audição quando atingem o ouvido humano. A sensação de som depende dos valores da variação da pressão produzida por uma vibração e sua frequência (GERGES; SAMIR, 2000). O ouvido humano é capaz de responder a uma gama muito ampla de variações de pressão que vai de  $2 \times 10^{-5}$  a  $200 \text{ N/m}^2$ . Com o objetivo de eliminar dificuldades com números muito elevados e também para utilizar uma grandeza que mais aproxima a resposta do ouvido humano, foi adotado como grandeza de medição de som o nível de pressão sonora, cuja unidade é o decibel, que é definido pela expressão matemática a seguir (GOELZER, 1973):

$$NPS = 20 \log \frac{P}{P_0} \quad (1)$$

sendo:

NPS.....Nível de pressão sonora do som em dB;

P.....Pressão sonora eficaz;

$P_0$ ..... limiar de audibilidade que corresponde a  $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$  em 1.000 Hz.

O QUADRO 1 mostra a pressão correspondente ao nível de pressão sonora, bem como o exemplo das possíveis fontes geradoras.

**QUADRO 1**  
Nível de pressão x pressão sonora

<b>Nível de pressão sonora dB</b>	<b>Pressão sonora em N/m<sup>2</sup></b>	<b>Exemplos de fontes</b>
0	0,00002	Limiar de audibilidade - sussurro
6	0,00004	Deserto ou região polar (sem vento)
18	0,00016	Movimento de folhagem
24	0,00032	Estúdio de rádio e TV
30	0,00063	Quarto de dormir Teatro vazio
42	0,00251	Sala de aula
48	0,00501	Restaurante tranquilo
60	0,01995	Escritório de barulho médio Rádio com volume médio
66	0,03981	Rua com barulho médio
72	0,07943	Pessoa falando a 1 metro
78	0,15849	Escritório barulhento
84	0,31623	Dentro da cabine de caminhão com vidros abertos
90	0,63096	Banda ou orquestra sinfônica
96	1,25893	Indústria barulhenta
100	1,99526	Sala de compressores
110	6,30957	Próximo de um britador
120	19,95262	Avião a pistão a 3 metros – limiar da dor
140	199,52623	Avião a jato a 1 metro - perigo de ruptura do tímpano

Fonte: adaptado de Bistafa (2006).

### 3.2 Frequência do som

A frequência é o número de oscilações ou vibrações completas por segundo. É medida em ciclos por segundo ou em Hertz (Hz). O movimento harmônico simples do valor das pressões acústicas nas ordenadas e o tempo de duração da vibração em segundos na abscissa estão representados na FIG. 1 (SILVA, 1971), na qual o som tem frequência de 100 ciclos/segundos ou 100 Hz (ASTETE; KITAMURA, 1978).

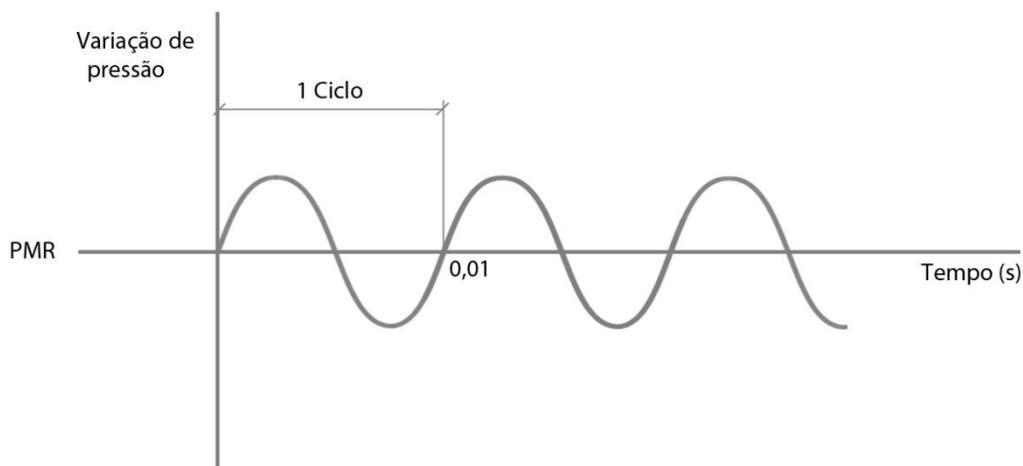


FIGURA 1 – Variação da pressão sonora em função do tempo.

Fonte: (ASTETE e KITAMURA,1978).

O ouvido humano ouve na faixa de frequência compreendida entre 20 e 20.000 Hz (GERGES; SAMIR, 2000). Os sons abaixo de 20 Hz são chamados infrassons e com mais de 20.000 Hz de ultrassom. Ambos são inaudíveis para a maioria das pessoas (ASTETE; KITAMURA, 1978).

Para um som ser ouvido são necessários dois requisitos: a variação da pressão deve atingir o limiar de audibilidade de  $2 \times 10^{-5} \text{ N/m}^2$  e a frequência deve ficar no intervalo compreendido entre 20 e 20.000 Hz (SALIBA, 2008). É importante salientar que o ruído e o som não são sinônimos. Um ruído é apenas um tipo de som, pois um som não é necessariamente um ruído. O conceito de ruído é associado a um som desagradável e indesejável (GERGES; SAMIR, 2000).

### 3.3 Níveis de audibilidade

A sensibilidade auditiva não é igual para todas as frequências nem para todas as pessoas, variando também com a idade. As frequências altas são mais lesivas que as graves, sendo em 4.000 Hz a maior sensibilidade (SANTOS, 1996).

Fletcher, em companhia de Munson, conseguiu, em 1933, estabelecer uma série de curvas em espaço métrico de nível de pressão sonora contra frequência, nas quais era demonstrada a variação dessa sensação de força relativa à frequência. Observou-se que os tons mais baixos ou graves requerem mais energia do que os tons médios para serem escutados com a mesma força. E que estes, por sua vez, requerem menos energia que os muito altos ou agudos (ALEXANDRY, 1978). Fletcher e Munson (*apud* ALEXANDRY, 1978)<sup>3</sup> consideraram que o tom básico deveria ser o de 1.000 Hz, pelas seguintes razões:

- Fácil de definir;
- às vezes é empregado como norma alta;
- torna fácil o emprego das fórmulas matemáticas;
- a sensibilidade audível é tão acentuada ou mais que em outras frequências;
- é a média das frequências audíveis.

Fletcher e Munson são os responsáveis pelo conceito que atualmente se conhece como nível de audibilidade (*apud* ALEXANDRY, 1978). O nível de audibilidade é o nível de pressão sonora necessário para que um ouvido jovem, são e médio escute um tom qualquer com a mesma força de 1.000 Hz. Sua unidade é o fon e equivale ao decibel a 1.000 Hz.

Com o avanço da tecnologia, novos estudos foram feitos e, em 1956, Robinson e Dadson (*apud* SANTOS, 1996)<sup>4</sup> publicaram o resultado de seus trabalhos,

---

<sup>3</sup> FLETCHER, H.; MUNSON, W.A. Loudness, its definition, measurement and calculation. **Journal of the Acoustic Society of America**, v. 5, p. 82-108, 1933.

<sup>4</sup> Santos, 1996.

mostrando modificação nas curvas originais de Fletcher e Munson. Essas curvas, mostradas na FIG. 2, foram adotadas pela *International Organization for Standardization (ISO)\*226*. Verifica-se, na FIG. 2, que a sensibilidade do ouvido é menor nas baixas frequências e nas frequências muito altas. Nota-se deslocamento na faixa de mais sensibilidade, que se aproximou, nas curvas de Robinson e Dadson, de 4.000 Hz. Por questão de segurança, dadas as diferenças individuais, a referência feita é de cerca de 3.500 Hz (SANTOS, 1996)

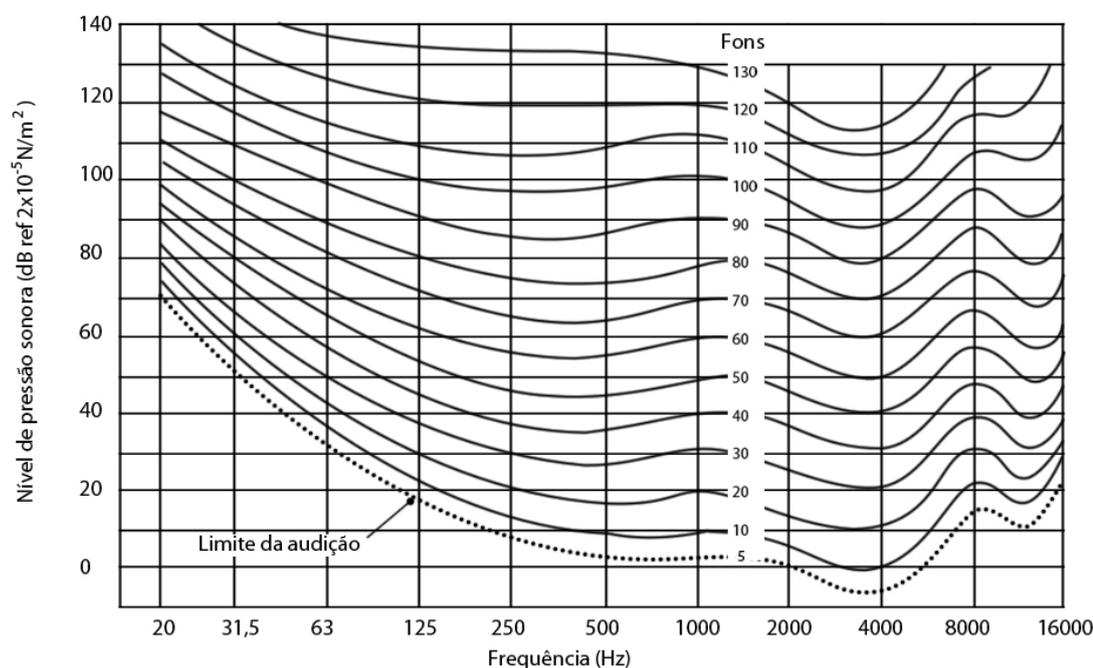


FIGURA 2 – Níveis de audibilidade em fons<sup>5</sup>.

Fonte: Norma ISO 226 (2003).

Na FIG.2, tomando-se a curva de 90 fons pode ser verificado que este nível na frequência de 4.000 Hz é produzido por um nível de pressão sonora de 80 dB, que é ouvido com a mesma intensidade na frequência de 125 Hz, porém produzido por nível de pressão sonora de 85 dB.

<sup>5</sup> o fon e equivale ao decibel a 1.000 Hz.

### 3.4 Níveis de compensados ou ponderados

Para avaliar o ruído de forma simples, sem ter que recorrer ao uso dos níveis de audibilidade da FIG. 2, utilizam-se os níveis de decibéis compensados ou níveis de pressão sonora ponderados nas frequências, com o objetivo de aproximar sensibilidade do ouvido para frequências diferentes.

Os filtros de ponderação são utilizados para aproximarem as medições das características perceptíveis do ouvido humano. Existem quatro tipos: A, B, C e D, conforme mostra a FIG. 3. Das quatro curvas de compensação, acredita-se que a que melhor se aproxima da resposta humana é a curva A (ASTETE; KITAMURA, 1978). Por essa razão, essa curva é utilizada pelas normas técnicas nacionais e internacionais para avaliar ruído para fins de saúde ocupacional, conforto, perturbação do sossego público, entre outros. As curvas de compensação ou ponderação estão descritas na FIG. 3.

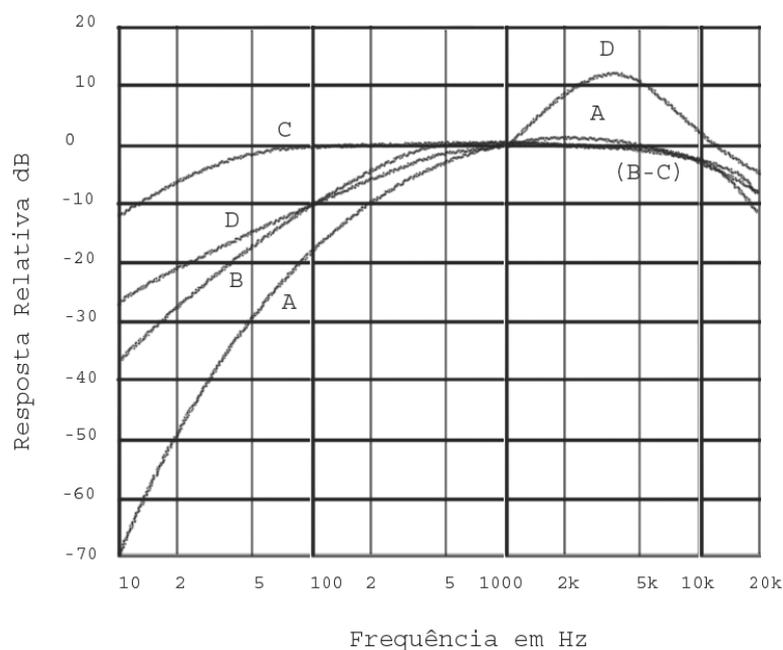


FIGURA 3 - Curvas de compensação recomendadas pelas normas IEC-123 e IEC-1793.

Fonte: Astete e Kitamura (1978).

As curvas de compensação são introduzidas nos instrumentos de medição visando a simular a resposta subjetiva do ouvido. Dada a inviabilidade de se conseguir tal simulação, as curvas passaram a representar tão somente as leituras do medidor de nível de som, desde que obedecessem aos contornos estabelecidos pela IEC da UNO, nas especificações *International Electrotechnical Commission-123* (IEC) para instrumentos comuns, e às especificações IEC-179 para os instrumentos de medição (NEPOMUCENO, 1984).

Existem ainda vários outros critérios de uso mais restrito que os descritos. Entretanto, para todos os efeitos, a medida na escala de compensação A é a que proporciona melhores resultados. Primeiro, por ser simples de medir, apresentar correlação íntima entre os conceitos subjetivos de desconforto e barulho e, concomitantemente, classificar os ambientes de trabalho em salubres ou insalubres, dependendo do nível (NEPOMUCENO, 1977).

### **3.5 Critérios de avaliação de ruído**

Segundo Astete e Kitamura (1978, p. 62), a avaliação de ruído pode ter um ou mais dos seguintes objetivos: verificação do dano auditivo (avaliação ocupacional); conforto acústico; perturbação do sossego público; descrição da fonte para orientar medidas corretivas; avaliação da interferência com as comunicações, entre outros. Do ponto de vista da saúde, destaca-se a avaliação do ruído para verificação do dano auditivo (avaliação ocupacional), conforto acústico, perturbação do sossego público.

#### **3.5.1 Avaliação ocupacional: riscos de dano auditivo**

A poluição sonora é problema antigo. Há mais de 2000 anos, Plínio, naturalista italiano, descreveu em seu livro de História Natural a perda auditiva dos moradores próximos das cataratas do rio Nilo. Os antecedentes legais sobre ruído remontam a 600 anos a.C., na cidade grega Síbaris, onde foi proibida a criação

de galos em residências visando evitar a perturbação do descanso noturno, além de ofícios de ferreiros e outras atividades barulhentas (MIRANDA, 2006).

A exposição a níveis de ruído pode provocar perda de audição. O alto nível de ruído e o tempo prolongado de exposição danificam as células de cóclea ou caracol (GERGES; SAMIR, 2000). A surdez permanente, resultante dessa exposição, é irreversível, pois está associada à destruição dos elementos sensoriais. Já o trauma acústico é a perda auditiva repentina, causada após a exposição a ruído intenso, produzido por explosões ou impactos sonoros similares (ASTETE; GIAMPAOLI; ZIDAN, 1993).

Os limites de exposição ocupacional para fins de prevenção da perda auditiva estão estabelecidos em normas técnicas legais. Esses limites representam as condições às quais se acredita que a maioria dos trabalhadores possa estar exposta repetidamente sem sofrer efeitos adversos à sua capacidade de ouvir e entender uma conversa normal (ACGIH, 2010). No Brasil, o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), por meio da Portaria 3.214/78, *noise rating* (NR)-15, em seus anexos 01 e 02, estabelece os limites de exposição ocupacional, conforme o QUADRO 2 (SALIBA; PAGANO, 2009).

Quanto ao ruído de impacto, a NR-15 em seu anexo 02 estabelece o limite de 130 dB (linear). No entanto, considerando que a maioria dos instrumentos de medição de ruído não possui recursos para esse tipo de medida, a norma admite a medição do ruído na curva de compensação C, conforme FIG. 4. Nesse caso, o limite de tolerância é de 120dB(C) (SALIBA, 2008).

## QUADRO 2

Limites de tolerância para exposição ocupacional ao ruído

<b>NÍVEL DE RUÍDO dB (A)</b>	<b>MÁXIMA EXPOSIÇÃO DIÁRIA PERMISSÍVEL</b>
85	8 horas
86	7 horas
87	6 horas
88	5 horas
89	4 horas e 30 minutos
90	4 horas
91	3 horas e 30 minutos
92	3 horas
93	2 horas e 40 minutos
94	2 horas e 15 minutos
95	2 horas
96	1 hora e 45 minutos
98	1 hora e 15 minutos
100	1 hora
102	45 minutos
104	35 minutos
105	30 minutos
106	25 minutos
108	20 minutos
110	15 minutos
112	10 minutos
114	8 minutos
115	7 minutos

Fonte: Portaria 3214/78 do MTE

**3.5.2 Avaliação para fins de conforto e incômodo**

O ruído não afeta somente a audição. Segundo Santos (1996), apesar de ainda pouco conclusivos e controversos, os estudos referentes aos efeitos da exposição a ruído em outros órgãos e sistemas apresentam evidências de sua nocividade, especialmente na produção de alterações neuropsíquicas. Essas alterações parecem estar nos efeitos extra-auditivos, incluída a hipertensão arterial. Além disso, outras alterações neuropsíquicas mais frequentes são: ansiedade, inquietude, desconfiança, insegurança, pessimismo, depressão, alteração do ritmo sono-vigília, bem como alterações na memória, funções cerebrais (SANTOS, 1996).

O desconforto produzido pelo barulho é algo muito pessoal e depende de expressiva série de variáveis interligadas. Os estudos realizados por vários especialistas permitiram, no entanto, observar e relacionar o nível de barulho com o conceito do “desconforto”, conceito eminentemente subjetivo. Das pesquisas feitas, foi possível estabelecer um método para medir o desconforto a partir da medida do nível de barulho. Existe o problema de definir o que é desconforto, quando um barulho incomoda e quando não, já que um mesmo barulho pode incomodar em determinada situação e não incomodar em outra (NEPOMUCENO, 1977).

Na pesquisa bibliográfica foram encontrados diversos trabalhos sobre o tema, tais como: conforto acústico em salas de aula (DIAS, 2009); seleção de materiais acústicos para isolamento (LAMOUNIER, 2008); efeito da exposição a níveis de pressão sonora sobre organismo em praça de alimentação de *shopping center* (LIGOCKI; TEIXEIRA; PARREIRA, 2008); identificação dos níveis de pressão sonora em *shopping centers* na cidade de João Pessoa (BARRETO; ADISSI, 2008); avaliação do conforto acústico em salas de aula (FERREIRA, 2006); conforto acústico nas igrejas (CARVALHO; SILVA, 2009), entre outros.

O conforto acústico no ambiente é determinado em normas técnicas que estabelecem os critérios de avaliação em função do nível de pressão sonora e frequência do ruído. A NBR 10.152/00 fixa os níveis de ruído compatíveis com o conforto acústico em ambientes diversos. Os valores em dB(A) e NC(Noise criteria) são apresentados no QUADRO 3. A análise de frequências de um ruído sempre será importante para objetivos de avaliação e adoção de medidas de correção ou redução de nível sonoro. Assim, curvas de avaliação de ruído (NC), através das quais um espectro sonoro pode ser comparado, permite a identificação do níveis de ruído mais elevados nas bandas de frequência e, conseqüentemente, necessitam de correção (ABNT,2000b)

QUADRO 3  
Níveis de ruído aceitáveis em dB(A) e NC

LOCAIS	dB(A)	NC
<b>Hospitais</b>		
Apartamentos, enfermarias, berçários, centros cirúrgicos	35 – 45	30 – 40
Laboratórios, áreas para uso do público	40 – 50	35 – 45
Serviços	45 – 55	40 – 50
<b>Escolas</b>		
Bibliotecas, salas de música, sala de desenho	35 – 45	30 – 40
Salas de aulas e laboratórios	40 – 50	35 – 45
Circulação	45 – 55	40 – 50
<b>Hotéis</b>		
Apartamentos	35 – 45	30 – 40
Restaurantes, sala de estar	40 – 50	35 – 45
Portaria, recepção, circulação	45 – 55	40 – 50
<b>Residências</b>		
Dormitórios	35 – 45	30 – 40
Sala de estar	40 – 50	35 – 45
<b>Auditórios</b>		
Salas de concertos, teatros	30 – 40	25 – 30
Salas de conferência, cinemas, salas de uso múltiplo	35 – 45	30 – 35
Restaurantes	40 – 50	35 – 45
<b>Escritórios</b>		
Salas de reunião	30 – 40	25 – 35
Salas de gerência, salas de projetos e de administração	35 – 45	30 – 40
Salas de computadores	45 – 65	40 – 60
Salas de mecanografia	50 – 60	45 – 55
<b>Igrejas e templos (cultos meditativos)</b>	40 – 50	35 – 45
<b>Locais para esporte</b>		
Pavilhões fechados para espetáculos e atividades esportivas	45 – 60	40 – 55

Notas: a) O valor inferior da faixa representa o nível sonoro para conforto, enquanto o valor superior significa o nível sonoro aceitável para a finalidade.

b) Níveis superiores aos estabelecidos no QUADRO 3 são considerados desconfortáveis sem, necessariamente implicar risco de dano à saúde.

Fonte: (ABNT, 2000b).

As curvas de avaliação NC foram desenvolvidas para avaliar o conforto acústico nos locais de trabalho, tendo sido adotada pela NBR 10.152/00 da ABNT. Segundo a NBR 10152, a análise de frequências de um ruído sempre é importante para avaliação e adoção de medidas de correção ou redução do nível sonoro. Assim sendo, incluem-se na norma as curvas de avaliação de ruído (NC), a partir das quais um espectro sonoro pode ser comparado, permitindo a identificação das bandas de frequência mais significativas que necessitam de

correção (ABNT, 2000b). As curvas são determinadas em função das frequências do ruído em banda de oitava. Os valores numéricos das curvas NC em função da frequência estão no QUADRO 4.

QUADRO 4

Níveis de pressão sonora correspondentes às curvas de avaliação (NC)

<b>Curva NC</b>	<b>63 Hz dB</b>	<b>125 Hz dB</b>	<b>250 Hz dB</b>	<b>500 Hz dB</b>	<b>1 kHz dB</b>	<b>2 kHz dB</b>	<b>4 kHz dB</b>	<b>8kHz dB</b>
15	47	36	29	22	17	14	12	11
20	50	41	33	26	22	19	17	16
25	54	44	37	31	27	24	22	21
30	57	48	41	36	31	29	28	27
35	60	52	45	40	36	34	33	32
40	64	57	50	45	41	39	38	37
45	67	60	54	49	46	44	43	42
50	71	64	58	54	51	49	48	47
55	74	67	62	58	56	54	53	52
60	77	71	67	63	61	59	58	57
65	80	75	71	68	66	64	63	62
70	83	79	75	72	71	70	69	68

Fonte: ABNT (2000b).

Portanto, na determinação do conforto nos ambientes de trabalho, é necessário medir os níveis de ruído em cada frequência de banda de oitava e compará-los aos valores estabelecidos para respectivas curvas.

Como pode ser observado, os limites para fins de conforto é bem menor do que o ocupacional. Assim, os níveis de ruído para o conforto dificilmente provocarão perda auditiva, no entanto, podem acarretar efeitos extra-auditivos. Esses efeitos extra-auditivos são: ações sobre o sistema cardiovascular, alterações endócrinas, dificuldades mentais e emocionais, entre as quais irritabilidade e fadiga (ASTETE; GIAMPAOLI; ZIDAN, 1993). Ademais, nos ambientes residenciais, o nível de

ruído pode provocar distúrbios no sono. Outra norma técnica referente ao conforto é a NR-17 da Portaria 3.214/78, que trata da ergonomia nos ambientes de trabalho. Essa norma determina que nos locais de trabalho em que são executadas atividades que exijam solicitação intelectual e atenção constantes, tais como: salas de controle, laboratórios e escritórios, os níveis de ruído recomendados para condições de conforto sejam os estabelecido na NBR 10.152, norma brasileira registrada no INMETRO. Caso as atividades não apresentem equivalência ou correlação com aquelas relacionadas na NBR 10.152, o nível de ruído aceitável para efeito de conforto será de até 65 dB(A) e a curva de avaliação de ruído (NC) de valor não superior a 60 dB (SALIBA, 2008). As normas internacionais também definem níveis de ruído similares aos das normas brasileiras. Entre essas normas destaca-se a ISO 1996-2:2003, que determina os valores de NR, conforme QUADRO 5 (QUINTAS, 2009).

#### QUADRO 5

##### Níveis de ruído: *noise rating* (NR)

Curva de avaliação de ruído	Locais
NR 25	Sala de concertos, estúdios de música ou rádio, igrejas
NR 30	Residências particulares, hospitais, teatros, cinemas, salas de conferências
NR 35	Livrarias, museus, salas de tribunais, hotéis, escritórios de executivos
NR 40	Saguão, corredores, vestiários, restaurantes, clubes noturnos, lojas, escritórios
NR 45	Armazéns, supermercados, cantinas, escritórios públicos
NR 50	Piscinas, escritórios com máquinas em funcionamento
NR 60	Trabalhos leves em engenharia
NR 70	Fundições, trabalhos pesados em Engenharia

Fonte: ISO (2003).

Na Espanha, Notas Técnicas de Prevención -NTP 503 (ISNHT, 1988) determina que, para avaliar o desconforto de uma pessoa ou de um grupo, seria necessário criar uma escala para a resposta subjetiva das pessoas, relacionada com valores que atingem as características físicas do ruído. Da mesma forma que a NBR 10.152/00 e a ISO 1996-2:2003, a norma NTP 503 (ISNHT, 1998) também

estabelece limites aceitáveis de conforto em decibéis, em função das frequências. O QUADRO 6 mostra os valores aceitáveis de conforto para alguns locais, de acordo com esse critério.

QUADRO 6  
Níveis aceitáveis do índice *noise rating* (NR)

<b>Tipos de Recintos</b>	<b>Faixa de níveis NR aceitáveis</b>
Oficinas	60-70
Oficinas mecanizadas	50-55
Ginásios, salas de esportes, piscinas	40-50
Restaurantes, bares e cafeterias	35-45
Despachos, bibliotecas, salas de audiência	30-40
Cinemas, hospitais, igrejas, pequenas salas de conferências	25-35
Salas de aulas, estúdios de televisão, grandes salas de conferências	20-30
Salas de concertos e teatros	20-25
Clínicas, recintos para audiometrias	10-20

Fonte: ISNHT (1998).

### **3.5.3 Avaliação do conforto da comunidade e perturbação do sossego público**

A poluição sonora constitui um grave problema, especialmente nos grandes centros urbanos, pois pode provocar na comunidade distúrbios no sono, estresse, dor de cabeça, irritação, entre outros. Esse tipo de poluição é responsável por vários conflitos nas comunidades, principalmente naquelas localizadas próximas de aeroportos, centros de diversões, indústrias, construções, além de desavenças entre vizinhos. Em alguns casos, constitui-se no vilão para desencadear conflitos não resolvidos entre as pessoas. Por esses motivos, e devido à grande ocorrência desse tipo de poluição no mundo moderno, o governo federal, por intermédio do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), criou o Programa de Educação e Controle de Poluição Sonora - Silêncio, editando diversas Resoluções sobre a matéria (SALIBA, 2008).

González (2006) analisou o estudo da poluição em cidades históricas. Constatou que a cultura, no sul da Europa e do Mediterrâneo, caracteriza-se pela promoção de festas ao ar livre e, portanto, produzindo barulho que muitas vezes perturbam o sossego público. Segundo a autora, o conforto acústico é fundamental na qualidade de vida de uma cidade, sendo assim, a proliferação de bares, boates e eventos ao ar livre relacionados ao lazer normalmente geram ruídos que perturbam o sossego público e, conseqüentemente, conflitos urbanos. González (2006) sugere, como solução para minimizar o problema da poluição sonora nas cidades históricas, campanhas de sensibilização e educação ambiental.

Lacerda et. al(2005) realizaram pesquisa com 892 indivíduos de uma grande cidade em relação à poluição sonora (ruído urbano), bem como à identificação das fontes sonoras percebidas com mais frequência pela população e quais as reações psicossociais. O estudo revelou que a maioria dos entrevistados (60%), afirmou que o ruído da rua onde mora, havia aumentado nos últimos cinco anos. Questionados a respeito do ruído como fator prejudicial à audição, 97% dos indivíduos responderam afirmativamente à questão. Indagados sobre o nível das emissões sonoras advindas da rua onde residem, 53% dos indivíduos definiram-na como pouco intensa, 35% como intensa e 8% como muito intensa. O período noturno foi o mais citado pelos moradores (42%), como sendo o período em que mais se sentiam incomodados com o barulho.

A Constituição da República de 1988 determina em seu art. 23 que é de competência comum da União, dos estados, do Distrito Federal e dos municípios proteger o meio ambiente e combater a poluição em qualquer de suas formas (BRASIL, 1988). A maioria dos municípios não estabelece valores de níveis de ruído máximos permissíveis nem metodologia de avaliação, provavelmente por se tratar de matéria específica e técnica. Assim, na avaliação do ruído para fins de conforto e perturbação do sossego público, quando não houver limites de ruído na legislação municipal, deve-se basear na NBR 1051/00, conforme determina a Resolução 01 de 08/03/90 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), bem como legislação estadual ou federal, se houver (CONAMA, 1990).

A Resolução 01 de 08/03/1990 do CONAMA determina que o critério de avaliação bem como os níveis aceitáveis para fins de perturbação de sossego público serão aqueles estabelecidos na NBR 10151/00 da ABNT. Essa Resolução estabelece também que nos projetos de construção e reforma de edificações para atividades heterogêneas, o nível de som produzido não pode ultrapassar os níveis estabelecidos pela NBR 10152/00 da ABNT. A referida norma determina, ainda, que as entidades e órgãos públicos (federais, estaduais e municipais) competentes, no uso do respectivo poder de polícia, disporão sobre a emissão ou proibição da emissão de ruídos produzidos por quaisquer meios ou de qualquer espécie, considerando sempre os locais, horários e a natureza das atividades emissoras, com vistas a compatibilizar o exercício das atividades com a preservação da saúde e do sossego público.

A emissão de ruídos produzidos por veículos automotores e os produzidos no interior dos ambientes de trabalho obedecerão às normas expedidas, respectivamente, pelo Conselho Nacional de Trânsito (CONTRAN) e pelo órgão competente do Ministério do Trabalho (Resolução 01/90, item V).

#### **a) Norma NBR 10.151/00 da ABNT**

A norma NBR 10151/00 da ABNT fixa as condições exigíveis para avaliação da aceitabilidade do ruído em comunidades, independentemente da existência de reclamações.

#### QUADRO 7

Nível de critério de avaliação (NCA) para ambientes externos, em dB(A)

<b>Tipos de áreas</b>	<b>Diurno</b>	<b>Noturno</b>
Áreas de sítios e fazendas	40	35
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55
Área mista, com vocação recreacional	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

Fonte: ABNT (2000b).

O horário noturno e diurno pode ser definido pelas autoridades de acordo com os hábitos da população, porém, o período noturno não deve começar depois das 22 horas e não deve terminar antes da sete horas do dia seguinte. Se o dia seguinte for domingo ou feriado, o término do período noturno não deve ser antes de nove horas.

O nível de critério de avaliação NCA para ambientes internos é o nível indicado no QUADRO 1, com a correção de -10 dB(A) para janela aberta e -15 dB(A) para janela fechada.

Se o nível de ruído ambiental -  $L_{RA}$  for superior ao valor do QUADRO 1 para a área e o horário em questão, o NCA assume o valor do  $L_{RA}$ .

Na avaliação do ruído do sossego público é necessário analisar o ruído de fundo do ambiente, no sentido de caracterizar ou não a fonte poluidora no local.

A Diretiva 2002/49/CE (Comunidade Européia DIRETIVA, 2002) define o procedimento comum de avaliação de ruído para fins de incômodo a ser adotado pelos estados-membros. A norma recomenda a elaboração de mapas de ruído; informação à população sobre os efeitos do ruído; elaboração de plano de ação baseado nos resultados dos mapas de ruído visando reduzir sua intensidade sempre que necessário, em especial quando os níveis de exposição forem susceptíveis de provocar efeitos nocivos à saúde humana e afetar a qualidade do ambiente acústico. A norma define três índices de ruído:

- $L_{den}$  – índice de níveis de ruído dia, fim de tarde, e noite
- $L_d$  – índice de nível de ruído de longa duração, em dB(A), conforme definido na norma ISO 1996-2:1987 determinado durante todos os períodos diurnos durante o ano.
- $L_v$  – índice de nível de ruído de longa duração, em dB(A), conforme definido na norma ISO 1996-2:1987 determinado durante todos os períodos vespertinos durante o ano.
- $L_n$  – índice de nível de ruído de longa duração, em dB(A), conforme definido na norma ISO 1996-2:1987 determinado durante todos os períodos noturnos durante o ano.

A referida Diretiva determina que os estados-membros estabeleçam os limites aceitáveis de ruído para fins de incômodo. Em Portugal, o Decreto-Lei 29/2000 sobre poluição sonora foi alterado pelos Decretos-Leis nº 76/2002, de 26/03/2002; 259/2002, de 19/11/02; e 293/2003, de 19/11/2003, visando adequá-lo às recomendações da Diretiva 2002/49/CE (DIRETIVA, 2002). Assim, por exemplo, nas zonas mistas os índices de ruído aceitáveis são:  $L_{den} = 65\text{dB(A)}$  e  $L_n = 55\text{dB(A)}$ . Nas zonas sensíveis (área residencial, hospital, lazer entre outros), os índices são:  $L_{den} = 55\text{dB(A)}$  e  $L_n = 45\text{dB(A)}$ . Na Espanha, o Real Decreto 1513/2005 de 16/12/05 estabelece índices de ruído na área urbana, como exemplifica o QUADRO 8.

QUADRO 8

Índices de ruído, em dB(A)

Tipos de área acústica	Índices de ruído		
	$L_d$	$L_v$	$L_n$
1- Locais com somente sanitário, docente e cultural que requer proteção especial	60 65	60 65	50 55
2 - Locais com predominância residencial	70	70	65
3- Locais de uso recreativo e espetáculos	75	75	65
4- Área industrial			

Fonte: Espanha (2005).

### 3.6 Controle do ruído

O controle do ruído pode ser feito por meio de uma ou várias medidas: controle na fonte de origem, controle na transmissão ou meio de propagação, controle no indivíduo ou homem (ASTETE; KITAMURA, 1978). O controle no homem é utilizado principalmente na exposição ocupacional ao ruído. Nesse tipo de proteção são utilizados protetores auriculares. Segundo Gerges (2003), na

mitologia grega, Odysseus<sup>6</sup> ordenou a seus serviçais que tampassem seus ouvidos com cera de abelha para reduzir as vozes das sereias. No entanto, o primeiro dispositivo de proteção auditiva foi descrito por Fearon, registrado em uma patente de 1864. Esse protetor era recomendado aos viajantes de trem para proteção contra sons desagradáveis (GERGES, 2003). Atualmente, existem vários tipos de protetores auriculares aprovados pelo órgão competente do Ministério do Trabalho, com fator de proteção capaz de reduzir a intensidade do ruído abaixo do limite de tolerância. Os tipos de protetores utilizados são: de concha ou de inserção.

O controle de ruído na fonte, segundo Nepomuceno (1984), é a solução ideal para atenuar o barulho e consiste na redução da própria máquina. Este é o método direto e o que apresenta melhores resultados, embora nem sempre seja possível, devido a problemas econômicos e inviabilidade técnica. Entre as medidas de controle na fonte, destacam-se: substituir o equipamento por outro mais silencioso; balancear e equilibrar partes móveis; reduzir impactos na medida do possível; manter as estruturas bem fixadas de forma a evitar vibrações; instalar abafador (silencioso) nos escapamentos; absorver choques por meio de revestimentos de borracha nas estruturas (SALIBA, 2008).

O controle no meio de propagação pode ser feito com tratamento acústico da superfície ou isolamento do local ou da fonte utilizando material isolante adequado. Para Goelzer (1973):

A absorção do som consiste em impedir sua reflexão. Um material com vasto número de poros interligados é bom absorvente de som porque as ondas sonoras se propagam no interior destes poros diminutos onde, principalmente por atrito viscoso, energia acústica se transforma em calor. As quantidades de calor produzidas são mínimas. Se não houver superfícies refletoras, não haverá som refletido, portanto, o melhor absorvente de som é o espaço vazio. Nenhum material pode absorver mais som do que incide sobre ele. Uma janela aberta tem um coeficiente de absorção igual a 1. O coeficiente de absorção de um determinado material varia com a frequência de onda sonora (GOELZER, 1973, p. 675).

---

<sup>6</sup> Ulisses, em grego.

Portanto, os melhores absorventes de som são os materiais porosos, tais como: cortiça, carpete, lã de vidro, espuma, entre outros. Já o isolamento do som é feito com material denso e compacto, tais como: parede alvenaria, vidro, entre outros. Segundo Gerges e Samir (2000), as características de materiais ou dispositivos para isolamento acústico (enclausuramentos, divisórias, etc.) podem ser estabelecidas a partir de determinações das seguintes grandezas físicas: perda de transmissão (PT) e/ou diferença de nível (D). Portanto, o controle do ruído por meio de isolamento deve ser feito externamente com isolante de som e revestimento interno com material absorvente.

Nos recintos internos o campo acústico é a combinação do som direto da fonte e o refletido pelas superfícies que delimitam os locais. Em campo livre, o indivíduo está sujeito apenas ao ruído direto, pois não há som refletido pelas superfícies (BISTAFA, 2006). É comum dividir-se o campo acústico em torno da fonte em quatro: campo próximo, afastado, livre e reverberante. O campo próximo é caracterizado por uma região perto da fonte de ruído. O campo afastado subdivide-se em livre e reverberante. No campo livre, há pouca contribuição do som refletido pelas superfícies. Nesse campo ocorre queda de aproximadamente 6 dB cada vez que a distância entre o receptor e a fonte é dobrada. No reverberante, as múltiplas reflexões das paredes, objetos e teto poderão ser da mesma ordem de grandeza do som direto (BISTAFA, 2006). Quando duas pessoas conversam perto uma da outra, a influência do som refletido do local é irrelevante, pois cada uma recebe o som direto (campo próximo). Todavia, quando N pessoas estão conversando em grupos separados, como, por exemplo, em um restaurante, a pressão acústica do campo reverberante (ruído de fundo) aumentará de  $10 \log N$ , sendo N o número de pessoas. Nessa situação, a conversação fica mais difícil e cada um tenta falar mais alto, aumentando o ruído de fundo e inteligibilidade (GERGES; SAMIR, 2000).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 Locais e datas das medições

O estudo do conforto acústico nas praças de alimentação dos *shopping centers* foi feito por meio de pesquisa quantitativa dos níveis de ruído. Foram selecionados cinco dos principais *shopping centers* da capital mineira. As medições foram realizadas nos horários de maior concentração de pessoas, ou seja, no horário do almoço e no final da tarde, nos dias de sábado e em outro dia da semana (pior cenário) Em cada *shopping* foram realizadas, no mínimo, cinco medições de forma a atingir o limite de confiança de 95%. As datas das medições foram selecionadas de forma aleatória. Nos cinco *shopping centers* foi feito o total de 31 medições, sendo o tempo de duração em torno de 15 minutos em cada uma delas. Além disso, foram efetuadas mais oito medições comparativas nas praças de alimentação principais e em outras menores. Essas medições comparativas foram realizadas no mesmo dia e horário, visando avaliar a mesma condição. Ou seja, mesmas atividades e concentrações de pessoas similares nos *shopping centers*.

É importante destacar que as medições foram realizadas de maneira a não chamar a atenção dos usuários e dos administradores das lojas das praças de alimentação dos *shopping centers* e, conseqüentemente, evitar o mascaramento dos dados.

### 4.2 Metodologia de avaliação

A metodologia de avaliação do ruído para fins de conforto foi feita de acordo com as recomendações contidas na NBR-10.151/00 da ABNT e NTP 270 (ISNHT, 1991). Esta norma, que tem como base a norma francesa (NF)-S31-084 (ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION, 1987), recomenda o tratamento estatístico de dados de ruído utilizando-se a distribuição “t” *student*

convencional. O procedimento é o seguinte: determinar a média e os desvio padrão dos resultados. Seja  $L_i$  o nível de ruído equivalente ( $Leq$ ) das amostras, com  $i$  variando de 1 a  $n$  (número total de amostras). Assim, a média ( $Leq_m$ ) é igual:

$$Leq_m = \sum_i^n \frac{L_i}{n_i} = \quad (2)$$

O desvio-padrão  $S_L$  é calculado pela equação 3:

$$S_L = \sqrt{\frac{\sum(L_i - Leq_m)^2}{n-1}} \quad (3)$$

Os limites de confiança de 95% em torno da média são exibidos na tabela do anexo 1 dependendo do número  $N$  de amostras testadas e o desvio-padrão ( $S_L$ ) dos níveis. Cabe ressaltar, que a referida norma determina a realização de no, mínimo, três medições selecionadas aleatoriamente. Com esses dados (número de medições e desvio-padrão), encontra-se o erro na tabela do anexo 1. Se o erro for superior a 2 dB(A), o número de amostras é insuficiente para se obter o limite de confiança de 95%. Nesse caso, deve-se selicionar medições sucessivas, também de maneira aleatória, até atingir o referido limite de confiança. Portanto, na pesquisa de campo, o número de medições dos níveis de ruído nas praças de alimentação de cada *shopping center*, foi o suficiente para se obter o limite de confiança de 95%. Todavia, as medições não foram selecionadas aleatoriamente. A escolha levou em consideração os horários de maior concentração de pessoas nas praças de alimentação e, portanto, contemplou o pior cenário de geração de ruído desses locais.

### 4.3 Instrumentação e avaliador

O instrumento utilizado na medição foi o medidor de nível de pressão sonora, marca 01 dB, modelo SOLO – SIm, equipado com um processador de sinal e apto a calcular vários tipos de resultados em paralelo (ex: constantes de tempo rápido, lento e impulsos, com ponderação em frequência A, B, C e Z). Esse instrumento

atende às especificações da norma IEC para o tipo 01 (um), permitindo a integração sonora e determinação do Leq de 5 em 5 segundos, bem como o registro dos espectros sonoros em bandas de 1/3 e 1/1 oitava. O instrumento possui recursos para medição do nível de pressão sonora NPS ponderado em “A”, conforme especificação da norma IEC 60.804.

O medidor de nível de pressão sonora foi calibrado no campo com instrumento acústico do mesmo fabricante, que atende às especificações da norma IEC 60.942. Além disso, esse instrumento foi certificado por laboratório credenciado pelo INMETRO. A FIG. 4 mostra os instrumentos utilizados nas medições dos níveis de ruído.



FIGURA 4 – Medidor de nível de pressão sonora e calibrador acústico.

As medições foram efetuadas com o instrumento posicionado aproximadamente no centro das praças. Conforme mencionado anteriormente, o tempo de cada medição foi em torno de 15 minutos. Após o procedimento, os dados do instrumento foram descarregados em programa (*software*) específico que fornece todo o perfil da medição, tais como: valores mínimos, máximos e média do Leq; histograma dos dados de ruído; histórico no tempo dos valores medidos, além do espectros sonoro (nível de pressão sonora *versus* frequência).

Todas as medições dos níveis de ruído foram realizadas com a participação de técnicos especializados em higiene ocupacional e meio ambiente e registrados no Conselho Profissional.

As FIG. 5, 6, 7 e 8 mostram e exemplificam os dados de uma medição fornecidos pelo programa (*software*) do instrumento utilizado na avaliação de ruído nos *shopping centers*.

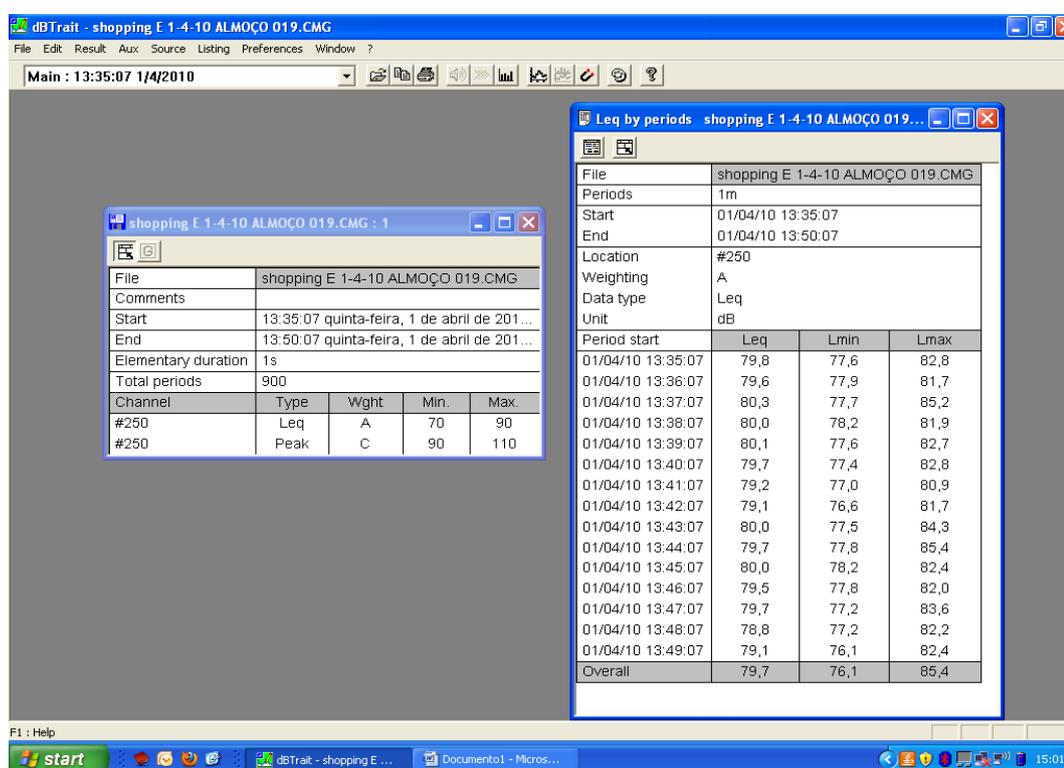


FIGURA 5 - Níveis de ruído máximo, mínimo e médio (Leq).

A FIG. 5 mostra a “janela” do *software* do instrumento que exibe os níveis mínimos, máximos e (Leq) de cada minuto, referente à medição com tempo de duração de 15 minutos. Além disso, são fornecidos também os valores médios dos referidos níveis. No estudo foi considerado o  $Leq_m$  de cada medição.

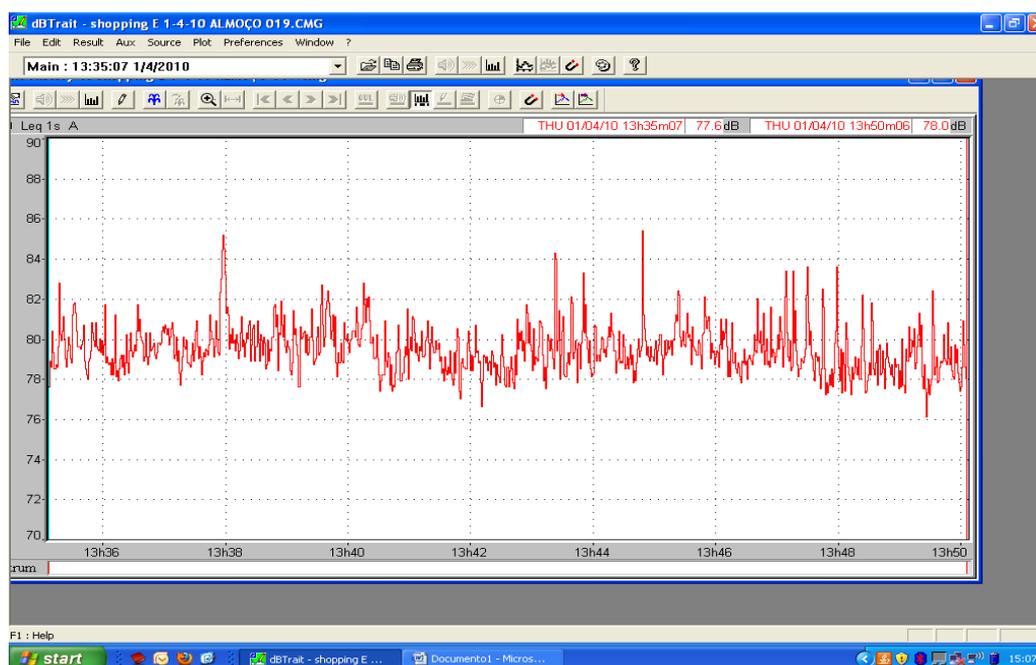


FIGURA 6 – Histórico no tempo dos níveis de ruído durante o tempo de medição.

Na FIG. 6 percebe-se a “janela” do *software* do instrumento que mostra a evolução dos níveis de ruído durante o tempo de medição. Observa-se, nessa medição, que os níveis variaram de 78 a 82 dB(A), com picos superiores a 84 dB(A).

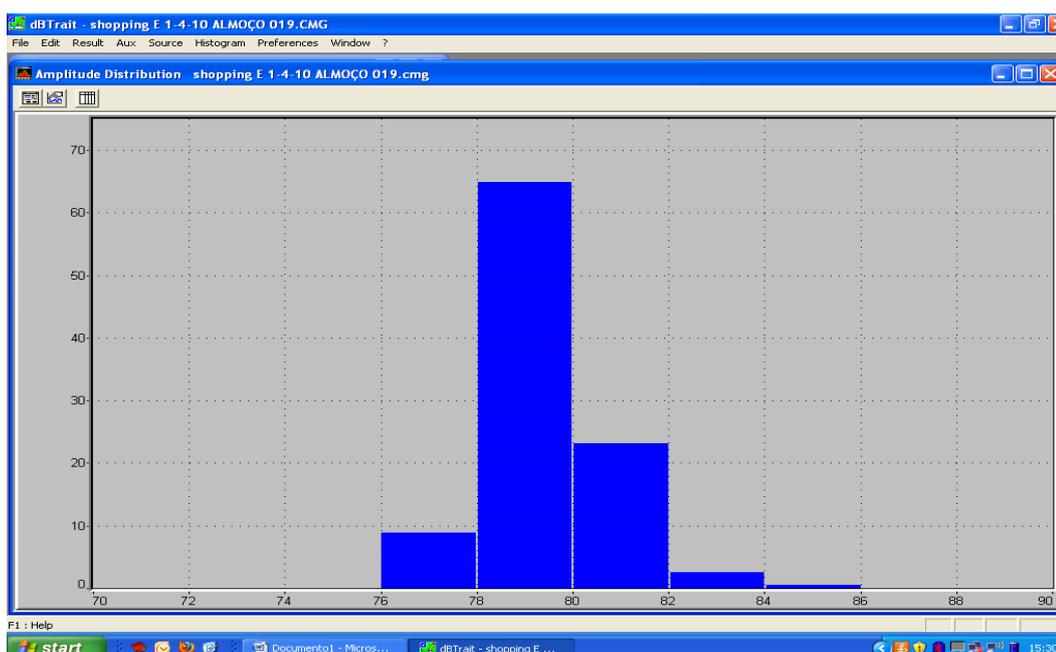


FIGURA 7 - Histograma de dados durante o tempo de medição de ruídos.

A “janela” do *software* do instrumento mostra que durante o tempo de medição de 15 minutos, mais de 60% dos dados ficaram compreendidos no intervalo de 70 a 80 dB(A) e 20% entre 80 e 82 dB(A). Isso pode ser visto na FIG. 7.

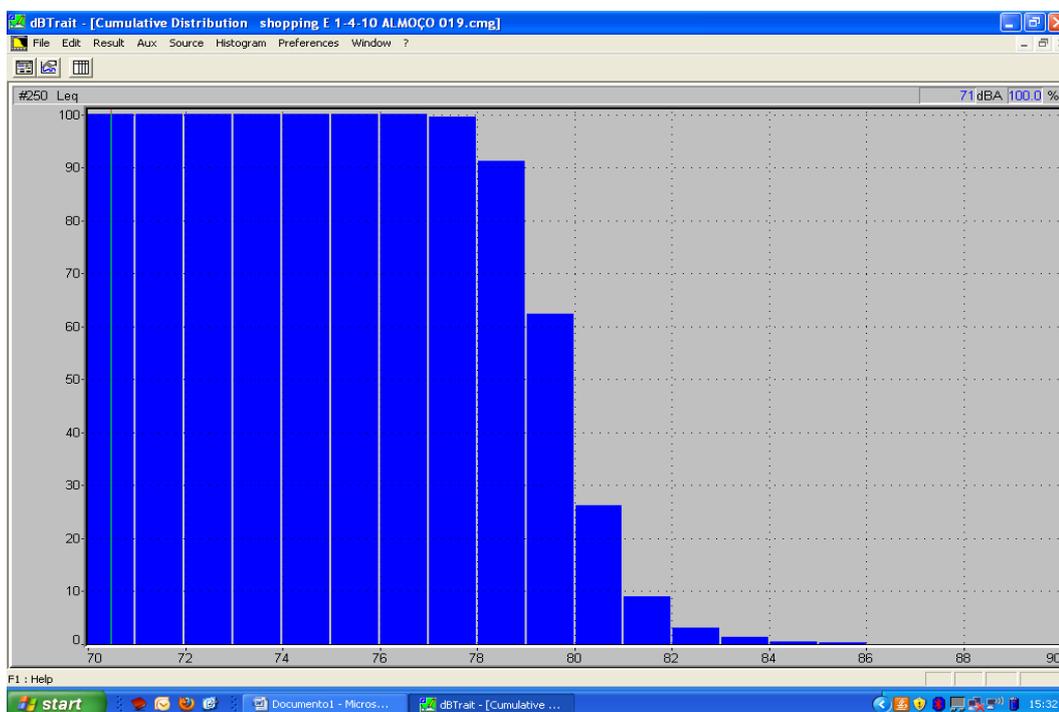


FIGURA 8 - Histograma cumulativo no período de medição de ruído.

Na FIG. 8 verifica-se a “janela” do *software* do instrumento, que mostra o histograma cumulativo referente ao período de 15 minutos de uma medição. Todas as medições foram superiores a 70 dB(A). Cabe salientar que em cada medição todos esses dados foram fornecidos pelo *software* do instrumento.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das medições de ruído nos cinco *shopping centers* pesquisados estão descritos nas TAB. 1 a 5. Além dos dados dos níveis de ruído, nas tabelas constam a data, dia e horário das medições, bem como o percentual que cada nível superou o valor máximo aceitável de 50 dB(A), recomendado pela NBR-10.152/00 para restaurantes.

Como já visto, o nível de pressão sonora ou nível de ruído é determinado por escala logarítmica. Assim, cada aumento de 6dB dobra a pressão sonora, conforme explicado no referencial teórico. Desse modo, o cálculo do percentual acima do nível aceitável das tabelas tomou como base a pressão sonora de cada nível. Cada tabela de dados foi ilustrada graficamente de maneira a comparar os níveis de ruído com o máximo aceitável.

### 5.1 *Shopping center A*

A praça de alimentação pesquisada possui 19 estabelecimentos comerciais, incluindo lanchonetes e restaurantes. O piso é de granito e o teto de gesso. As mesas são de fórmica e as cadeiras de madeira. Não há medida de controle objetivando conforto acústico. A TAB. 1 mostra os dados obtidos no *Shopping A*.

TABELA 1  
Níveis de ruído obtidos no *Shopping A*

N	Data	Dia	Horário	Níveis de ruído dB(A)	% acima do máximo aceitável NBR-10.152
1	26/12/09	sábado	12:30	81,2	3630,8
2	26/12/09	sábado	13:20	79,3	2917,4
3	24/03/10	quarta	18:35	75,6	1905,5
4	24/03/10	quarta	19:00	78,0	2511,9
5	27/03/10	quinta	13:20	73,1	1428,9
6	27/03/10	quinta	13:20	79,3	2917,4
7	31/03/10	sexta	18:20	78,9	2786,1

Média com 95% de confiança = 77,0 dB(A); desvio-padrão=2,6; erro-padrão= 2,0 dB(A); min = 75,6 dB(A); max = 81,2 dB(A); nível máximo aceitável NBR-10.152 = 50 dB(A).

O GRÁF. 1 compara os níveis de ruído obtidos com o valor máximo aceitável recomendado pela NBR-10.152/00.

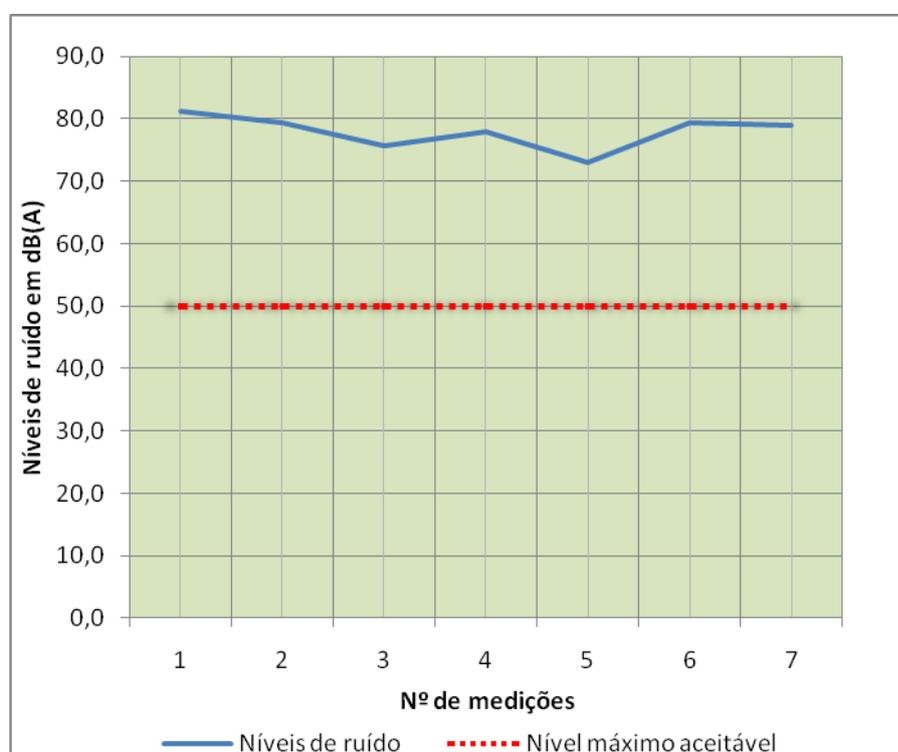


GRÁFICO 1 – Comparação dos níveis de ruído medidos com o valor máximo aceitável de acordo com a NBR-10.152.

Observa-se, pelos dados obtidos na TAB. 1 e no GRÁF. 1, que os níveis de ruído atingidos na praça de alimentação do *Shopping center A* foram bem superiores ao valor máximo aceitável para restaurante, conforme recomendado pela NBR-10.152/00. Em termos percentuais, os níveis variaram de 1.905,5 a 3.630,8% acima do nível aceitável, considerando-se escala logarítmica nas medições dos níveis de ruído

## 5.2 *Shopping center B*

A praça de alimentação pesquisada possui 10 estabelecimentos comerciais, incluindo lanchonetes e restaurantes. O piso é de granito e o teto de gesso. As mesas são de fórmica e metal e as cadeiras são de madeira e metal. Não há medida de controle objetivando conforto acústico.

TABELA 2  
Níveis de ruído obtidos no *Shopping B*

N	Data	Dia	Horário	Níveis de ruído dB(A)	% acima do máximo aceitável NBR-10.152
1	24/03/10	quarta	12:54	79,3	2917,4
2	24/03/10	quarta	19:51	79,8	3090,3
3	24/03/10	quarta	19:25	78,3	2600,2
4	27/03/10	quinta	19:00	80,2	3235,9
5	27/03/10	quinta	19:15	80,3	3273,4

Média com 95% de confiança = 79,6 dB(A); Desvio-padrão=0,8; Erro-padrão= 1,0 dB(A); min = 79,3 dB(A); max = 80,3 dB(A); nível máximo aceitável NBR-10.152 = 50 dB(A).

O GRÁF. 2 compara os níveis de ruído obtidos com o valor máximo aceitável recomendado pela NBR-10.152/00.

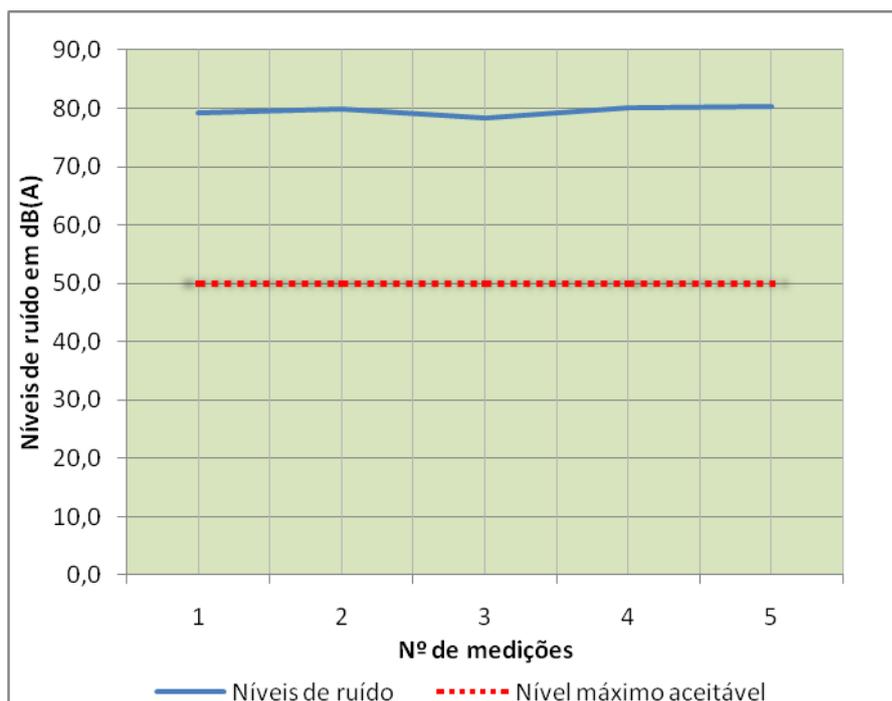


GRÁFICO 2 – Comparação dos níveis de ruído medidos com o valor máximo aceitável de acordo com a NBR-10.152.

Nos dados obtidos na TAB. 2 e no GRÁF. 2, os níveis de ruído atingidos na praça de alimentação do *Shopping Center B* foram bem superiores ao valor máximo aceitável para restaurante, conforme recomendado pela NBR-10.152/00. Em termos percentuais, os níveis variaram de 2.600,2 a 3.273,4% acima do nível aceitável, considerando-se escala logarítmica nas medições dos níveis de ruído.

### 5.3 *Shopping center C*

A praça de alimentação pesquisada possui 29 estabelecimentos comerciais, incluindo lanchonetes e restaurantes. O piso é de granito e o teto é rebaixado com gesso. As mesas e cadeiras são de madeira. Não há medida específica de controle objetivando conforto acústico. No entanto, a forma geométrica do local e o teto rebaixado resultam numa acústica mais confortável do ambiente.

TABELA 3  
Níveis de ruído obtidos no *Shopping C*

N	Data	Dia	Horário	Níveis de ruído dB(A)	% acima do máximo aceitável NBR-10.152
1	11/01/10	segunda	18:50	78,2	2570,4
2	16/01/10	sábado	12:30	77,2	2290,9
3	22/04/10	quinta	12:50	73,5	1496,2
4	22/04/10	quinta	19:18	75,9	1972,4
5	24/04/10	sábado	19:41	78,4	2630,3

Média com 95% de confiança = 76,6 dB(A); desvio-padrão=2,0; erro-padrão= 2,0 dB(A); min = 73,5 dB(A); max = 78,4 dB(A); nível máximo aceitável NBR-10.152 = 50 dB(A).

O GRÁF. 3 compara os níveis de ruído obtidos com o valor máximo aceitável recomendado pela NBR-10.152/00.

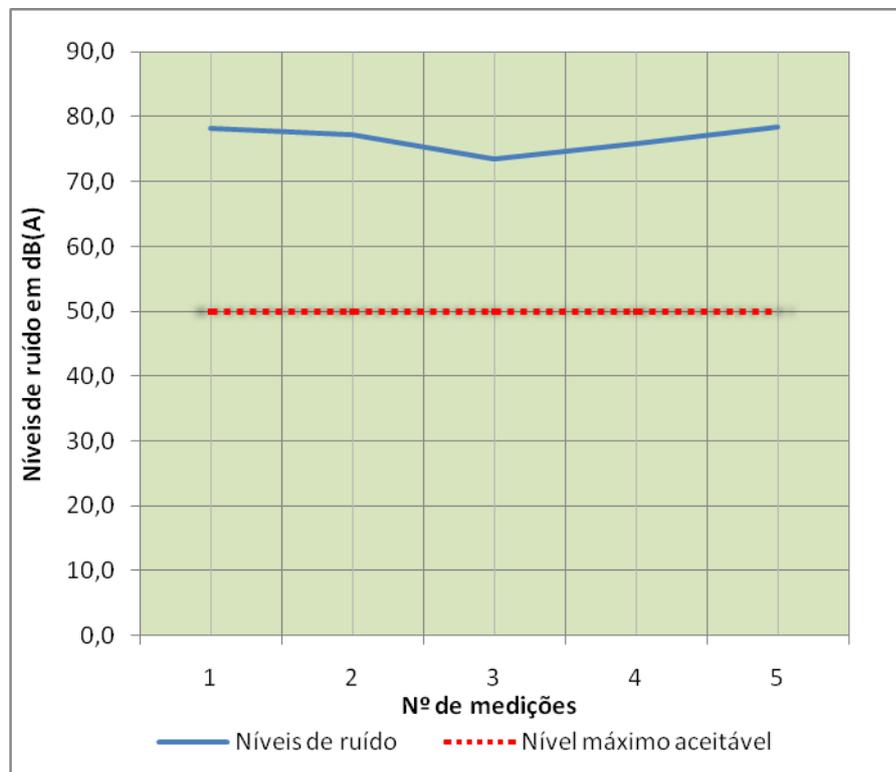


GRÁFICO 3 – Comparação dos níveis de ruído medidos com o valor máximo aceitável de acordo com a NBR-10.152.

Infere-se, pelos dados obtidos na TAB. 3 e no GRÁF. 3, que os níveis de ruído verificados na praça de alimentação do *Shopping Center C* foram bem superiores ao valor máximo aceitável para restaurante, conforme recomendado pela NBR-10.152/00. Em termos percentuais, os níveis variaram de 1.496,2 a 2.630,3% acima do nível aceitável, considerando-se escala logarítmica nas medições dos níveis de ruído. O *Shopping C* apresentou níveis inferiores ao dos demais, mesmo assim bem superiores ao aceitável. Isto pode ser explicado pela forma geométrica do local e o teto rebaixado resulta em acústica mais confortável do ambiente

#### 5.4 Shopping center D

A praça de alimentação pesquisada possui 28 estabelecimentos comerciais, incluindo lanchonetes e restaurantes. O piso é de granito e madeira e o teto de gesso. As mesas e cadeiras são de madeira. Há tratamento acústico em algumas superfícies.

TABELA 4  
Níveis de ruído obtidos no *Shopping D*

N	Data	Dia	Horário	Níveis de ruído dB(A)	% acima do máximo aceitável NBR-10.152
1	06/02/10	sábado	12:02	78,1	2541,0
2	06/02/10	sábado	12:57	77,0	2238,7
3	01/04/10	quinta	19:34	80,1	3198,9
4	01/04/10	quinta	19:50	79,7	3054,9
5	03/04/10	sábado	20:07	80,2	3235,9
6	03/04/10	sábado	20:23	79,4	2951,2

Média com 95% de confiança = 79,3 dB(A); desvio-padrão = 1,3, erro-padrão = 1,0 dB(A) Min=77,0dB(A); max = 80,2 dB(A); nível máximo aceitável NBR-10.152 = 50 dB(A).

O GRÁF. 4 compara os níveis de ruído obtidos com o valor máximo aceitável recomendado pela NBR-10.152/00.

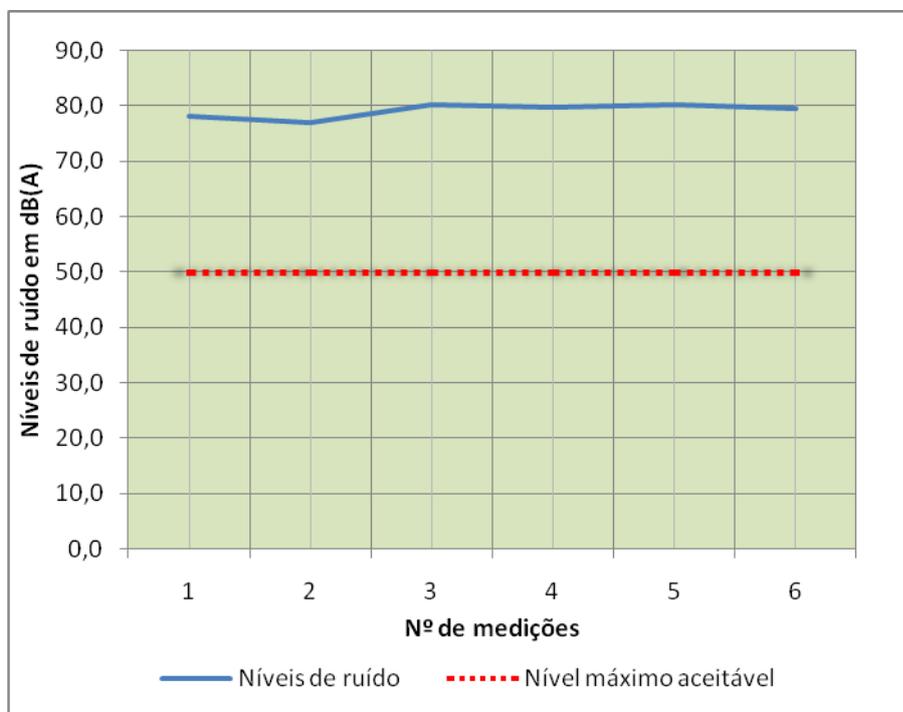


GRÁFICO 4 – Comparação dos níveis de ruído medidos com o valor máximo aceitável de acordo com a NBR-10.152.

Os níveis de ruído obtidos na praça de alimentação do *Shopping center D* foram bem superiores ao valor máximo aceitável para restaurante, conforme recomendado pela NBR-10.152/00 (TAB. 4; GRÁF. 4). Em termos percentuais, os níveis variaram de 2.238,7 a 3.235,9% acima do nível aceitável, considerando-se escala logarítmica nas medições dos níveis de ruído.

### 5.5 *Shopping center E*

A praça de alimentação pesquisada possui 21 estabelecimentos comerciais, incluindo lanchonetes, restaurantes, um quiosque e um parque. O piso é de granito e cerâmica; teto de estrutura metálica e madeira. As mesas são de madeira e as cadeiras são de metal, plástico e madeira. Não há medida de controle objetivando conforto acústico.

TABELA 5  
Níveis de ruído obtidos no *Shopping E*

N	Data	Dia	Horário	Níveis de ruído dB(A)	% acima do máximo aceitável NBR-10.152
1	06/02/10	sábado	12:57	80,5	3349,7
2	06/02/10	sábado	13:03	81,6	3801,9
3	01/04/10	quinta	13:35	79,7	3054,9
4	01/04/10	quinta	13:50	78,1	2541,0
5	01/04/10	sábado	18:27	80,8	3467,4
6	01/04/10	quinta	18:43	80,6	3388,4
7	03/04/10	sábado	19:03	81,1	3589,2
8	03/04/10	sábado	19:18	81,9	3935,5

Média com 95% de confiança = 80,5 dB(A); desvio-padrão=1,4; erro-padrão= 1,0 dB(A);  
min = 78,1dB(A); max = 81,9 dB(A); nível máximo aceitável NBR-10.152= 50 dB(A).

O GRÁF. 5 compara os níveis de ruído obtidos com o valor máximo aceitável recomendado pela NBR-10.152/00.

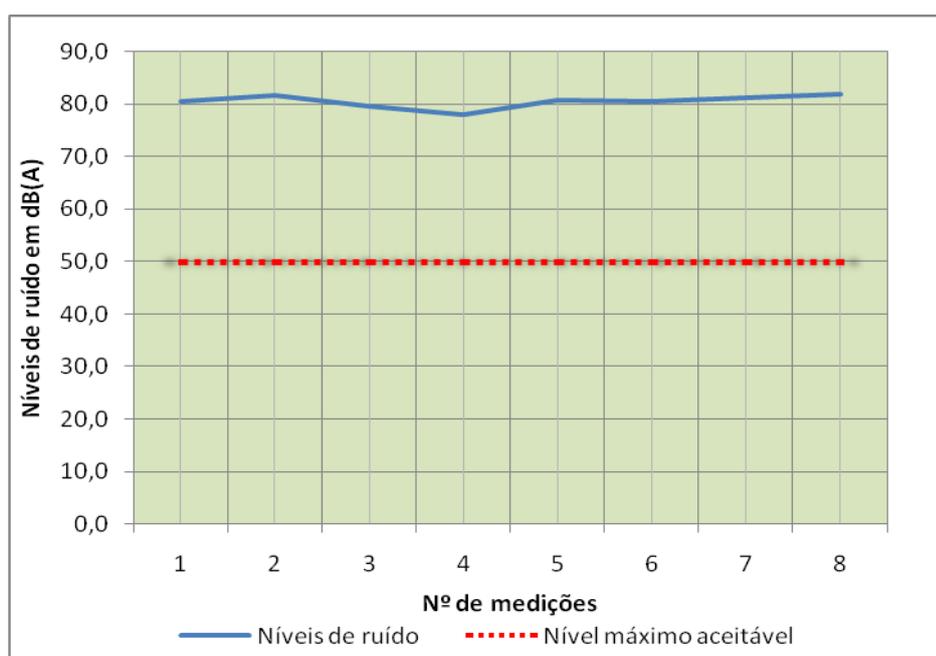


GRÁFICO 5 – Comparação dos níveis de ruído medidos com o valor máximo aceitável de acordo com a NBR-10.152.

A partir dos dados obtidos na TAB. 5 e no GRÁF. 5, constata-se que os níveis de ruído obtidos na praça de alimentação do *Shopping center* E foram bem superiores ao valor máximo aceitável para restaurante, conforme recomendado pela NBR-10.152/00. Em termos percentuais, os níveis variaram de 2.541,0 a 3.935,5% acima do nível aceitável, considerando-se escala logarítmica nas medições dos níveis de ruído.

### 5.6 Comparação das médias dos *shopping centers* pesquisados

A TAB. 5 ressalta os valores das médias com 95% de confiança dos cinco *shopping centers* pesquisados, enquanto o GRÁF. 6 compara esses valores com o nível máximo aceitável.

TABELA 6

Média dos níveis de ruído com 95% de confiança em cada shopping

<b>Locais</b>	<b>Média com 95% de confiança dB(A)</b>	<b>% acima do nível máximo aceitável NBR- 10.152</b>
Shopping A	77,0	2238,7
Shopping B	79,6	3019,9
Shopping C	76,6	2137,9
Shopping D	79,3	2917,4
Shopping E	80,5	3349,6

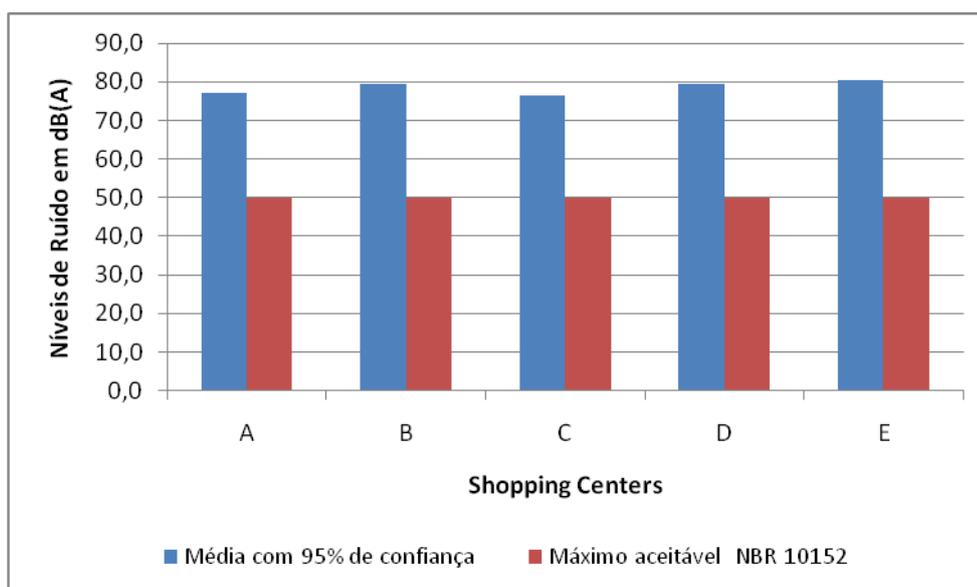


GRÁFICO 6 – Comparação da média dos níveis de ruído com 95% de confiança com o valor máximo aceitável de acordo com a NBR-10.152.

Como pode ser detectado na TAB. 6, os resultados obtidos nas medições de ruído nas praças de alimentação principais, em todos os *shopping centers* pesquisados, as médias dos níveis de ruído, com 95% de confiança, foram superiores ao nível máximo aceitável recomendado pela NBR-10.152/00 para restaurantes. Em percentuais, esse nível máximo aceitável foi superado de 2.137,9 a 3.349,6%. Portanto, todas as praças de alimentação dos *shopping centers* pesquisados apresentaram excessivo desconforto acústico. As principais fontes de ruído nesses locais é a conversação entre os usuários, impacto de talheres nas superfícies, interferência do ruído de fundo. Cabe destacar, no entanto, que as medições foram feitas sem interferência de música ao vivo. Entre essas fontes, destaca-se o ruído direto no campo próximo, proveniente das conversações entre as pessoas. Sendo assim, nos horários de menor concentração de pessoas o ruído tende a diminuir. Nas praças de alimentação dos *shopping centers* A e C há algumas medidas visando ao conforto acústico, como, por exemplo, teto rebaixado com gesso. No *Shopping D* algumas superfícies foram, inclusive, revestidas com material absorvente. Todavia, essas medidas são insuficientes no controle do ruído.

Na pesquisa bibliográfica, foram encontrados poucos trabalhos especificamente sobre níveis de ruído em praças de alimentação de *shopping centers*. Entre esses estudos, destaca-se o realizado por Gonçalves e Adissi (2008), nos quatro maiores *shopping centers* da cidade de João Pessoa, na Paraíba. Nessa pesquisa, os níveis de ruído obtidos nas praças de alimentação variaram entre 85 e 92,2 dB(A). Esses dados foram bem superiores ao encontrado neste estudo. No entanto, é importante destacar que na investigação dos *shopping centers* de João Pessoa, o instrumento de medição de ruído utilizado, conforme descrito na metodologia da pesquisa, não possui os recursos tecnológicos do que foi aqui usado.

Ligocki, Teixeira e Parreira (2008) analisaram a exposição ao ruído sobre o organismo dos trabalhadores de praça de alimentação de *shopping center*. O estudo revelou que os trabalhadores dessa praça estão de fato sob risco auditivo e da saúde em geral. Nesse trabalho, o nível de ruído obtido também foi bastante elevado, variando entre 98,7dB(A) e 103,0dB(A). Todavia, os autores sequer mencionaram o medidor de nível de ruído e a metodologia utilizada.

Portanto, com base nos dados de ruído obtidos, é necessário adotar medidas visando a redução de ruído nesse locais.

O controle do ruído nas praças de alimentação de *shopping* é complexo e, desse modo, a solução do problema exige estudos e pesquisas avançadas sobre o tema visando melhorar o conforto acústico nesses locais. Entretanto, a seguir, são apresentadas algumas medidas que podem minimizar o ruído.

A melhor alternativa de controle de ruído é no projeto das instalações, pois nessa fase pode-se planejar o *layout* das instalações, revestir as superfícies com matérias isolante de som, utilizar equipamentos mais silenciosos, entre outros. Contudo, nos locais pesquisados, verificou-se que não houve essa preocupação, provavelmente pela própria natureza desse tipo de estabelecimento comercial, no qual a padronização é predominante.

Como mencionado no referencial teórico, o controle do ruído em recintos internos pode ser alcançado por meio de controle na fonte, tratamento acústico das superfícies ou isolamento das fontes. O controle de ruído na fonte pode ser feito com a utilização de mesas e cadeiras revestidas de materiais absorventes de som e antivibratórias. Da mesma forma, os pisos e escadas também devem ser revestidos com mesmo material. O tratamento acústico do local consiste em aumentar a absorção de som das superfícies internas, uma vez que essa medida reduz a reverberação e aumenta a inteligibilidade. Esse controle é feito com revestimento de paredes e tetos com material absorvente e/ou colocação de blocos de materiais absorventes suspensos. Segundo Gerges e Samir (2000), quando a área revestida com absorvente de som (lã de vidro, espuma de polímero, entre outros) é duplicada, a redução do nível de ruído no ambiente é de 3dB. Desse modo, a simples colocação de materiais absorventes de som nas superfícies pode não surtir efeito, pois a redução do ruído não é expressiva. Assim, a aplicação dessa medida pode não ser a solução definitiva, mas contribui para melhoria do conforto e inteligibilidade das conversações e provoca a sensação de que há menos ruído. Essa sensação foi verificada nos *Shopping Centers B, C e D*.

O isolamento acústico do som é outra solução de controle. Sua finalidade é evitar que o som se propague de um recinto para outro. Conforme mencionado no referencial teórico, esse isolamento é feito por meio de isolante de som, como, por exemplo, paredes de alvenaria. Nas praças de alimentação de *shopping centers*, essa medida pode ser inviável, pois a separação com isolante das mesas em compartimentos menores pode comprometer o fluxo dos usuários e dos trabalhadores e prejudicar o funcionamento dos estabelecimentos das praças. A alternativa mais viável seria a construção de praças menores. Quando N pessoas estão conversando em grupos separados numa praça de alimentação, a pressão acústica do campo reverberante (ruído de fundo) aumentará  $10 \log N$ , sendo N o número de pessoas. Nessa situação, a conversação fica mais difícil e cada um tenta falar mais alto, aumentando o ruído de fundo e inteligibilidade. Assim, a praça menor e separada com paredes isolantes de som provavelmente produzirá baixo nível de ruído. Nesse caso, o ruído do local será basicamente da

conversação das pessoas. Como o número N de pessoas é mais reduzido, o nível será mais baixo, ou seja, como mencionado anteriormente, será de  $10 \log N$ .

A aplicação prática dessa medida foi verificada em medições comparativas em praças de alimentação com elevado número de estabelecimentos, onde havia grande concentração de pessoas conversando e praças menores com baixo número de pessoas e estabelecimentos comerciais. As TAB. 7 a 10 demonstram os dados comparativos entre praças de alimentação maiores e menores. As medições foram realizadas no mesmo dia e seguidas de maneira a se obterem dados nas mesmas condições de funcionamento.

TABELA 7  
Quadro comparativo do nível de ruído da praça de alimentação principal com a secundária: *Shopping A*

<b>Horário</b>	<b>Data</b>	<b>Nível de ruído dB(A)</b>	<b>Características do local</b>
18:33	06/01/2011	79,9	Praça composta de 19 restaurantes e lanchonetes
18:58	06/01/2011	73,6	Praça menor composta de 3 restaurantes
Diferença		6,3	

TABELA 8  
Quadro comparativo do nível de ruído da praça de alimentação principal com a secundária: *Shopping B*

<b>Horário</b>	<b>Data</b>	<b>Nível de ruído dB(A)</b>	<b>Características do local</b>
11:36	06/01/2011	77,0	Praça composta de 10 restaurantes e lanchonetes
11:57	06/01/2011	73,3	Praça menor composta de 5 restaurantes, 1 quiosque
Diferença		3,7	

TABELA 9

Quadro comparativo do nível de ruído da praça de alimentação principal com a secundária: *Shopping C*

Horário	Data	Nível de ruído dB(A)	Características do local
12:30	16/01/2010	77,2	Praça de alimentação principal com 29 lanchonetes, teto de gesso, piso granito
12:57	16/01/2010	69,3	- Praça menor, espaço <i>gourmet</i> 8 estabelecimentos (restaurantes, lanchonete e cafeteria) - Arquitetura mais absorvente de som, sem tratamento específico
Diferença		7,9	

TABELA 10

Quadro comparativo do nível de ruído da praça de alimentação principal com a secundária: *Shopping E*

Horário	Data	Nível de ruído dB(A)	Características do local
17:47	11/01/2011	80,8	Praça composta de 19 restaurantes, 1 quiosque e 1 parque
18:52	11/01/2011	74,1	Praça composta de 1 restaurante, 1 café <i>gourmet</i> e 1 quiosque
Diferença		6,7	

No *Shopping A*, a diferença entre os níveis de ruído foi de 6,3 dB(A) (TAB. 7), enquanto no *Shopping B* chegou a 3,7 dB(A) (TAB. 8). No *Shopping E*, a diferença foi de 6,7 dB(A) (TAB. 10). Já no *Shopping C*, a diferença alcançou 7,9 dB(A) (TAB. 9). Embora nas praças menores os níveis de ruído tenham sido superiores, no máximo aceitável pela NBR 10.152/00, os valores foram bem mais baixos, com redução de até 7,9 dB(A). É importante destacar que na escala de decibéis, essa diminuição é de mais da metade. Portanto, a construção de praças menores pode ser uma solução bem viável.

## 6 CONCLUSÃO

A facilidade de encontrar tudo no mesmo lugar aliada à segurança oferecida fazem dos *shopping centers* local ideal para compras e lazer. Por esses motivos, são cada vez mais frequentados pelos habitantes das grandes metrópoles. Todavia, embora os projetos desses locais sejam concebidos de forma a oferecer modernidade, beleza e bem-estar às pessoas, existem situações que devem ser melhoradas, especialmente o conforto acústico nas praças de alimentação.

Desse modo, o estudo realizado visou a verificar as condições de conforto acústico nesses locais. Constatou-se na pesquisa bibliográfica que os trabalhos sobre o ruído em praças de alimentação são escassos e, portanto, este estudo também poderá encorajar a produção científica relacionada a este tema.

O estudo tomou como base a pesquisa quantitativa dos níveis de ruído nas praças de alimentação de cinco *shopping centers* da capital mineira. Nessa quantificação utilizou-se medidor de nível de ruído de alta tecnologia e precisão, sendo as coletas dos dados realizadas por profissional habilitado e especializado.

Na realização da pesquisa foram encontradas algumas dificuldades e limitações. Primeiro, as medições foram efetuadas sem comunicação à direção dos *shopping centers*, pois o aviso ou pedido para levantar esses dados provavelmente seria negado. Em segundo lugar, as medições foram realizadas de forma a não chamar a atenção dos administradores e frequentadores. Assim, em futuras pesquisas recomenda-se medir o ruído com anuência da direção desses estabelecimentos. Com esse procedimento, poderá ser realizado maior número de avaliações de ruído com longo tempo de medição. Além disso, juntamente com essas medições, entrevistas com os frequentadores, trabalhadores e gestores do empreendimento a respeito do conforto acústico nesses locais seria importante para corroborar os dados dos níveis de ruído obtidos.

Os resultados das medições de ruído nas praças de alimentação principais, em todos os *shopping centers* avaliados, apresentaram médias, com 95% de confiança, superiores ao nível máximo aceitável recomendado pela NBR-10.152/00 para restaurantes. Em termos percentuais, esse nível máximo aceitável foi superado de 2.137,9 a 3.349,6%. Esses dados configuram excessivo desconforto acústico em todos os *shopping centers* analisados.

Neste estudo foi utilizado instrumento de medição de ruído de alta tecnologia, além de serem realizadas mais de 30 avaliações de ruído com duração em torno de 15 minutos cada, em diversos dias e horários. Desse modo, sem desmerecer os estudos citados, os resultados dos níveis de ruído deste trabalho apresentam mais confiabilidade.

Desse modo, este estudo do conforto acústico nas praças de alimentação dos principais *shopping centers* da capital mineira, incluindo avaliação quantitativa dos níveis de ruído, utilizando medidor de nível de pressão sonora em conformidade com as normas técnicas pertinentes, provavelmente preencherá importante lacuna sobre as pesquisas dos níveis de ruído nesses locais.

Em relação às medidas visando à redução do ruído e melhoria do conforto acústico nas praças de alimentação dos *shopping centers*, a solução não é simples. A natureza desse tipo de estabelecimento comercial é atrair significativo número de clientes e a padronização dos projetos é preponderante nas construções. Entretanto, algumas medidas podem ser aplicadas com relativo sucesso.

A utilização de mesas e cadeiras revestidas de materiais absorventes de som e antivibratórias; revestimento de pisos, escadas, paredes, tetos com material absorvente; e a utilização de blocos de materiais absorventes de som são medidas que podem ser aplicadas, pois reduzem as reflexões do som e, conseqüentemente, melhoram o conforto acústico. Outra solução viável é a construção de praças de alimentação menores e separadas com material isolante de som. Quando N pessoas estão conversando em grupos separados numa

praça de alimentação, a pressão acústica do campo reverberante (ruído de fundo) aumentará  $10 \log N$ , onde  $N$  é número de pessoas. Assim, a praça menor e separada com paredes isolantes de som produzirá reduzido nível de ruído. Nesse caso, o ruído do local será basicamente da conversação das pessoas. Como o número  $N$  de pessoas é mais baixo, o nível também o será. A eficiência dessa medida foi comprovada por meio de medições comparativas dos níveis de ruído nas praças de alimentação principais e secundárias (menores). A redução do ruído nessas praças foi de 3,7 a 7,9 dB(A).

Finalmente, vale destacar que estudos e pesquisas mais detalhados futuramente poderão encontrar soluções mais viáveis e eficientes. Assim, este estudo também visa a alertar os empreendedores, trabalhadores e usuários dos *shopping centers* sobre o problema do ruído nas praças de alimentação. Espera-se que este trabalho seja uma incentivo a que outros pesquisadores continuem estudando o tema.

## REFERÊNCIAS

AMERICAN CONFERENCE OF GOVERNAMENTAL INDUSTRIAL HYGIENISTS. *Threshold Limit Values*. Tradução da ABHO Associação Brasileira de Higienistas Ocupacionais. São Paulo: ABHO, 2010.

ALEXANDRY, F.G. *O problema do ruído industrial e seu controle*. Série técnica H5. FUNDACENTRO. São Paulo, 1978.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - Procedimento NBR 10.151*: Rio de Janeiro, 2000a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *Níveis de Ruído para Conforto Acústico NBR 10.152*: Rio de Janeiro, 2000b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SHOPPING CENTERS. **ABRASCE**. Disponível: <http://www.portaldoshopping.com.br>. Acesso em: 12/10/10.

ASSOCIATION FRANÇAISE DE NORMALISATION. *Norme française NF S31-084. Méthode de mesure des niveaux sonores en milieu de travail en vue de l'évaluation du niveau d'exposition sonore quotidienne des travailleurs*. Paris: AFNOR, 1987.

ASTETE, M.G.W.; GIAMPAOLI, E.; ZIDAN, L.N. *Riscos físicos*. 1. edição. São Paulo: FUNDACENTRO, 1993.

ASTETE, M.G.W.; KITAMURA, S. *Manual prático de avaliação de barulho industrial*. 1. edição. São Paulo: FUNDACENTRO, 1978.

BARRETO, S.V.; ADISSI, J.P. *Identificação dos níveis de pressão sonora em shopping*. Revista Gestão Industrial v. 04, n. 03: p. 146-159, Ponta Grossa - Paraná – Brasil, 2008.

BISTAFA, S.R. *Acústica aplicada ao controle do ruído*. São Paulo: Blucher, 2006.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. NR-15, Portaria 3.214, de 08 de junho de 1978. **DOU**, Brasília, 1978.

BRASIL. Presidência da República. *Constituição Federal de 1988*. Brasília, **DOU**, 1988.

CANECCHIO, O. *Barulho indigesto*. Veja São Paulo, São Paulo, 28 de maio de 2003. Disponível em <http://veja.abril.com.br/vejasp/280503/restaurantes.html>. Acesso em: maio de 2011.

CARVALHO, P.O.A.; SILVA, A.M.D. *Caracterização acústica da megaigreja da santíssimatrindade: Fátima-Tecniacústica*. 40º CONGRESSO NACIONAL DE ACÚSTICA- Universidade de Cadiz. Cádiz, 2009. Spain. Disponível: <http://paginas.fe.up.pt/~carvalho/English.htm>. Acesso: 12/10/2010.

CONAMA. Conselho Nacional de Meio Ambiente. *Resolução 01 de 08/03/1990*.

DIAS, A. *Avaliação do conforto acústico em salas de aula em escola de tempo integral: estudo de caso da Escola Padre Josimo em Palmas (TO)*. (Dissertação, Mestrado Arquitetura e Urbanismo). Brasília: Universidade de Brasília, 2009, 141 p.

DIRETIVA EUROPEIA 2002/49/EC do Parlamento Europeu e Conselho da União Europeia de 25/06/02. *Avaliação e gestão de ruído no meio ambiente*. Jornal Oficial Comunidade Europeia. L 189. 18/07/02. Disponível :<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002L0049:PT:NOT>. Acesso:24/10/10

ESPANHA. Ministerio Médio Ambiente. BOE N<sup>o</sup>301,17/12/2005. Disponível: [http://www.camaracantabria.com/medio\\_ambiente/descargas](http://www.camaracantabria.com/medio_ambiente/descargas). Acesso em 25/10/10.

FERREIRA, A.C.M. *Avaliação do conforto acústico em salas de aula: estudo de caso na Universidade Federal do Paraná* (Dissertação Engenharia Mecânica, setor de Tecnologia). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006. 128 p.

GERGES, S.N.Y. *Protetores auditivos*. 1. edição. Florianópolis: NR, 2003.

GERGES, S.N.Y. *Ruído fundamentos e controle*. 2. edição. Florianópolis: NR, 2000.

GOELZER, B.I.F. Ruído. *In: FUNDACENTRO. Curso Para Engenheiros de Segurança do Trabalho*. 3. edição. São Paulo: FUNDACENTRO, 1973.

GONÇALVES, V.S.B.; ADISSI, P.J. *Identificação dos níveis de pressão sonora em Shopping Centers na cidade de João Pessoa*. Universidade Tecnológica do Paraná. Paraná: Revista gestão industrial da UTFPR, v. 4, n. 3, p. 146-159-2008. Disponível em: <http://www.portaldoshopping.com.br/index.asp>. Acesso 18/10/10. Acesso em maio de 2011.

GONZÁLEZ, M.J.G. *La sostenibilidad de los centros históricos en los albores del siglo XXI*. Anales de geografía de la Universidad Complutense, n. 26, p. 49-63, 2006.

INSHT. INSTITUTO NACIONAL SEGURIDAD E HIGIENE EN EL TRABAJO. NTP 270: **evaluacion de la exposicion al ruido. Determinacion de niveles**

**representativos**, 1991. Disponível: <http://www.insht.es/portal/site/Insht>. acesso em 16/10/10;

INSHT. INSTITUTO NACIONAL SEGURIDAD E HIGIENE EM EL TRABAJO. **NTP 503**: *evaluacion de la exposicion al ruido. Determinacion de niveles representativos*, 1998. Disponível: <http://www.insht.es/portal/site/Insht>. acesso em 27/10/10

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. ISO. Norma 1996-2, Switzerland, 2003.

LACERDA A. B. M.; MAGNI.C; MORATA.T.C<sup>1</sup>; MARQUES.J.M; ZANNIN.P.H.T. *Ambiente urbano e percepção da poluição sonora*. Revista Ambiente & sociedade. v.8 n.2 Campinas jul./dez. 2005

LAMOUNIER, M.M. *Critério de seleção de materiais acústicos em recintos fechados para diferentes tipologias* (Dissertação, Mestrado de Engenharia de Materiais). Universidade Federal de Ouro Preto, 2008. 98 p.

LIGOCKI, C.G.; TEIXEIRA, A.P.V.; PARREIRA, L.M.M.V. *Efeito da exposição a elevados níveis de pressão sonora sobre o organismo de trabalhadores de praça de alimentação de Shopping Center*. 16º CONGRESSO BRASILEIRO DE FONAUDIOLOGIA, São Paulo. Anais, 2008.

MIRANDA, J.R.C. *Ruido: efectos sobre la salud y criterio de su evaluación al interior de recintos*. Ciencia & Trabajo, n. 20, ano 8, p. 2/46, abr/jun. 2006. Disponível em: [www.cienciaytrabajo.cl](http://www.cienciaytrabajo.cl). Acesso em: 11/05/2011.

NEPOMUCENO, L.A. *Elementos de acústica física e psicoacústica*. São Paulo: Edgard Blücher, 1994.

NEPOMUCENO, L.X. *Acústica*. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.

PADILHA, V. *Dialética do lazer*. São Paulo: Cortez, 2006.

PORTUGAL. Ministério do Ambiente do Ordenamento do Território e Desenvolvimento Regional. Decreto-Lei 9/2007 de 17/01/2007. Diário da República, 1ª série – 12 – 17 de janeiro de 2007. Disponível em: <http://www.dre.pt/pdf1sdip/2007/01/01200/03890398.PDF>. Acesso em 25/10/10;

QUINTAS, J.P.R. *Metodologia para avaliação de ruído e vibração no corpo humano em navios de transporte e cargas perigosas* (Tese de Doutorado em Engenharia). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009. 169 p.

RADA, C.E. E. C. RADA, T. CIRLIORU, V. PANAITESCU, M. GRIGORIU, M. RAGAZZI *Environmental noise and influence on people in urban*. Bucharest, Romania. In: THE INTERNATIONAL CONFERENCE ON RISK MANAGEMENT,

ASSESSMENT AND MITIGATION. **Proceedings**... University Politehnica of Bucharest. Bucureste, Romania, 2010, p. 154-159. Disponível em: <http://www.wseas.us/e-library/conferences/2010/Bucharest/RIMA/>. Acesso: em 12/10/2010.

RECKZIEGEL, D. *Lazer noturno: aspectos configuracionais e formais e sua relação com a satisfação e preferência dos usuários no estado do Rio Grande do Sul* (Dissertação de Mestrado). Porto Alegre: Universidade Federal Rio Grande do Sul, 2009, 217 p.

SALIBA, T.M. *Manual prático de avaliação e controle do ruído – PPRA*. LTR. 4. edição. São Paulo: LTr, 2008.

SALIBA, T.M.; PAGANO, S.C.R.S. *Legislação de segurança, acidente do trabalho e saúde do trabalhador*. 6. edição. São Paulo: LTr, 2009.

SANTOS, U.P. (org.). *Ruído: riscos e prevenção*. 2. edição. São Paulo: Hucitec, 1996.

SILVA, P. *Acústica arquitetônica*. Belo Horizonte: UFMG, 1971.

TOMAZINI, T. *As vivências dos trabalhadores de um shopping center em relação ao seu trabalho: uma abordagem psicodinâmica* (Dissertação de Mestrado em Psicologia Social). Universidade Católica de Goiás. Goiás, 2009. p. 95.

WORLD HEALTH ORGANIZATION/Regional Europe. WHO. Disponível: <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environmental-health/noise>. Acesso: 31/10/2010.

# ANEXO





