



Universidade Estadual de Campinas

Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e
Urbanismo

*Investigação dos Métodos de Determinação de Potência
sonora Visando Programa de Etiquetagem de Furadeiras
Elétricas de Uso Doméstico.*

Christian dos Santos

Campinas, 2004

Universidade Estadual de Campinas

Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e
Urbanismo

*Investigação dos Métodos de Determinação de Potência
sonora Visando Programa de Etiquetagem de Furadeiras
Elétricas de Uso Doméstico.*

Christian dos Santos

Orientado por: Prof^a. Dr^a. Stelamaris Rolla Bertoli

*Dissertação de Tese de Mestrado
submetida à banca examinadora
para a obtenção de título de Mestre
em Engenharia Civil, na área de
concentração em Edificações.*

Campinas, 2004

MADE	BC
JAMADA	
EX	
BC/	68185
:	6-123-06
C	<input type="checkbox"/> D <input checked="" type="checkbox"/>
D	1.00
26-07/06	

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA - BAE - UNICAMP

Santos, Christian dos
Sa59i Investigação dos métodos de determinação de
potência sonora visando programa de etiquetagem de
furadeiras elétricas de uso doméstico / Christian dos
Santos. --Campinas, SP: [s.n.], 2004.

Orientador: Stelamaris Rolla Bertoli.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo.

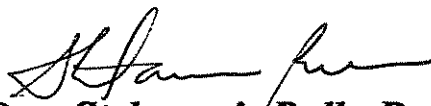
1. Ruído medição. 2. Ferramentas elétricas - Ruído
3. Ferramentas elétricas – Controle de ruído. 4. Rótulos
- ruídos. 5. Normas - ruído. 6. Teste de emissão
acústica. 7. Poluição sonora. I. Bertoli, Stelamaris
Rolla. II. Universidade Estadual de Campinas.
Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e
Urbanismo. III. Título.

Universidade Estadual de Campinas
Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e
Urbanismo

*Investigação dos métodos de determinação de potência
sonora visando programas para etiquetagem de furadeiras
elétricas de uso doméstico*

Christian dos Santos

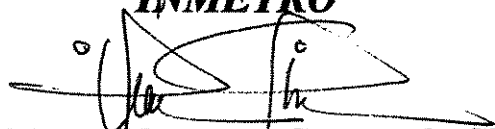
Dissertação de Mestrado apresentada à Banca Examinadora,
constituída por:



Prof. Dra. Stelamaris Rolla Bertoli
FEC/UNICAMP



Dr. Marco Antonio Nabuco de Araujo
INMETRO



Prof. Dra. Vanessa Gomes da Silva
FEC/UNICAMP

Campinas, 27 de julho de 2004

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus; agradeço aos meus pais pela força e amparo empenhados no decorrer deste trabalho; agradeço ao meu irmão pelo auxílio empregado; agradeço a Adriana pela ajuda e paciência. Agradeço muito a professora Stelamaris pela orientação deste trabalho. Agradeço ao Sr. Honório pela utilização da câmara reverberante e dos equipamentos do LEAC da Waytech Engenharia e Comércio Ltda. Agradeço aos Srs Peter Barry e Mitsuo Yoshimoto pela fonte sonora de referência. Agradeço ao Sr Marco Nabuco pelos itens discutidos e idéias provenientes destas discussões. Agradeço aos Srs Obadias e Daniel pelo auxílio com os aparelhos do Laboratório de Conforto da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp. Agradeço a Srta. Bárbara e ao Sr Leandro pelo auxílio nos ensaios realizados. Agradeço a meus tios, Aparecida e Joel, pela estadia em Hortolândia durante a realização deste trabalho.

Sumário

<i>Lista de figuras</i>	V
<i>Lista de Tabelas</i>	X
<i>Resumo</i>	XIV
<i>Abstract</i>	XV
1 – Introdução	1
1.1 – Objetivos	3
1.2 – Estrutura do Trabalho	4
2 – Fundamentação Teórica	5
2.1 – O Ambiente e a Pressão Sonora	5
2.2 – Quantificação da Energia Emitida por uma Fonte e a Potência Sonora	9
2.3 – Determinação da Potência Sonora	9
2.4 – Ambientes específicos para a determinação da potência sonora de fontes	14
2.4.1 – <i>Campos difusos ou reverberantes</i>	16
2.4.2 – <i>Campo livre</i>	18
2.5 – Normas e métodos para a determinação da potência sonora	19
2.5.1 - <i>Método de determinação de potência sonora utilizando condição de campo livre</i>	20
2.5.2 - <i>Método de determinação de potência sonora utilizando condição de campo difuso ou reverberante</i>	26
3 – Metodologia	37
3.1 – Escolha do Método	37
3.2 – Qualificação do ambiente de ensaio (ISO 3743,1994).....	38
3.2.1 – <i>Metodologia por Comparação (ISO 3743/1, 1994)</i>	38
3.2.2 – <i>Metodologia Direta (ISO 3743/2, 1994)</i>	40
3.2.3 – <i>Metodologia Direta de precisão (ISO 3743, 1999)</i>	41
3.3 – Posicionamento de microfones e fonte	43
3.4 – Carga e operação das fontes de ruído.....	47
3.5 – Procedimento de medição.....	49
3.5.1 – <i>Procedimento de medida para método de determinação de potência sonora para metodologia direta segundo ISO 3743/2 (1994)</i>	49
3.5.2 – <i>Procedimento de medida para método de determinação de potência sonora para metodologia direta segundo ISO 3741(1999)</i>	54
3.5.3 – <i>Procedimento de medida para método de determinação de potência sonora para metodologia por comparação segundo ISO 3743/1 (1994)</i>	60
4 – Resultados Experimentais	65
4.1 – Determinação de potência sonora de furadeiras de acordo com a ISO 3743/2 (1994)-(metodologia direta).....	65
4.1.1 – <i>Qualificação do arranjo de microfone e fonte</i>	65
4.1.2 – <i>Tempos de reverberação medidos para a determinação do T_{nom}</i>	67
4.1.3 – <i>Medição dos Níveis de pressão sonora para o Ruído de fundo da câmara</i>	71
4.1.4 – <i>Medição dos Níveis de pressão sonora com as furadeiras em operação</i>	72
4.1.5 – <i>Cálculo dos níveis de potência sonora</i>	77
4.2 – Determinação de potência sonora de furadeiras de acordo com a ISO 3741 (1999)-(metodologia direta).....	81
4.2.1 – <i>Qualificação do arranjo de microfone e fonte de ruído</i>	81
4.2.2 – <i>Tempos de reverberação medidos para a determinação da potência sonora</i>	82
4.2.3 – <i>Medição dos Níveis de pressão sonora para o ruído de fundo da sala de ensaios</i>	83
4.2.4 – <i>Medição dos Níveis de pressão sonora das furadeiras em operação</i>	85
4.2.5 – <i>Cálculo dos níveis de potência sonora</i>	87
4.3 – Determinação de potência sonora de furadeiras de acordo com a ISO 3743/1 (1994) – (metodologia por comparação).....	90
4.3.1 – <i>Qualificação do arranjo de microfones e fonte sonora</i>	91
4.3.2 – <i>Medição do Nível de Pressão sonora do Ruído de fundo da sala de ensaios</i>	93
4.3.3 – <i>Medição dos níveis de pressão sonora da fonte sonora de referência</i>	94
4.3.4 – <i>Medição do nível de pressão sonora das furadeiras em operação</i>	96
4.3.5 – <i>Cálculos dos níveis de potência sonora</i>	98
5 - Discussão dos resultados	102

5.1 – Utilização das normas ISO 3741 (1999) e ISO 3743/1 (1994) e /2 (1994).....	102
5.2 – Escolha da furadeira e operação para ensaio.....	104
5.3 – Análise dos resultados e desvios obtidos.....	106
6 – Conclusão e trabalhos futuros.....	117
Apêndice A - Proposta de método de ensaio para determinação de potência sonora de furadeiras utilizando ambientes reverberantes visando o selo ruído.....	119
Apêndice B - Resultados das medições de qualificação do arranjo de microfone e posicionamento de fonte para ensaios segundo a ISO 3743/2 (1994).....	128
Apêndice C - Valores de ruído de fundo medidos para a determinação de potência sonora segundo a ISO 3743/2 (1994)	130
Apêndice D - Resultado dos níveis de pressão sonora medidos para a determinação dos níveis de potência sonora das furadeiras ensaiadas.....	126
Apêndice E - Medições de níveis de pressão sonora para a qualificação de arranjo de microfones e fonte de ruído segundo ISO 3741 (1999).....	135
Apêndice F - Resultados das medições de nível de pressão sonora de ruído de fundo para determinação de níveis de potência sonora segundo a ISO 3741 (1999).....	136
Apêndice G - Resultados de medições de nível de pressão sonora de furadeiras em operação para determinação de níveis de potência sonora.....	138
Apêndice H - Resultado de medições de níveis de pressão sonora para qualificação dos pontos de medição conforme ISO 3743/1 (1994)	141
Apêndice I - Resultados de medições de ruído de fundo para ensaios de determinação de potência sonora segundo ISO 3743 (1994).....	143
Apêndice J - Resultados das medições de níveis de pressão sonora das furadeiras operando para a determinação do nível de potência sonora segundo ISO 3743/1 (1994).....	145
Apêndice K - Resultados de medição de níveis de pressão sonora para a fonte de ruído de referência para a determinação de níveis de potência sonora segundo a ISO 3743/1 (1994)-(resultados corrigidos).....	148
Apêndice L - Condições ambientais para os ensaios realizados para a determinação da potência sonora de furadeiras.....	150
Apêndice M - Resultados dos ensaios de tempo de reverberação para a determinação de níveis de potência sonora segundo a ISO 3741 (1999).....	152
Referências Bibliográficas.....	158

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - *Variação da Propagação Sonora em relação a variação de temperatura: (a) aumento de temperatura com a altitude.(b) decréscimo de temperatura com a altitude.*

Adaptado de:Brüel & Kjaer. *Application of B&K Equipment to Acoustic Noise Measurements*. 1978. p. 24. il

Figura 2 - *Variação da propagação sonora em relação a movimentação do ar (vento).*Adaptado

de:Brüel & Kjaer. *Application of B&K Equipment to Acoustic Noise Measurements*. 1978. p. 22. il

Figura 3 - *Esquema de construções como interferências na propagação ao ar livre*

Figura 4 - *Representação da intensidade sonora.* Adaptado de: Brüel & Kjaer. *Application of B&K Equipment to Acoustic Noise Measurements*. 1978. p. 18. il

Figura 5 - *Relação entre os campos acústicos e a variação do Nível de Pressão Sonora com a distância num campo sonora em local aberto.* Adaptado de:Beranek L. L., Vér I. L. *Noise and vibration control engineering principles and Applications*.1992, p. 80. il.

Figura 6 - *Câmara reverberante: (a) Esquema de propagação sonora.(b) Foto.*Fonte:Brüel & Kjaer. *Sound power determination according ISO 374X*. Application Note-Sound&Vibration Master Catalogue, 1999, Vol. 1.il color.

Figura 7 - *Câmara anecóica: (a) Esquema de propagação sonora.(b) Foto de câmara anecóica com painel rígido.* Fonte:E.C.Pertesén. *Sound power determination according ISO 374X*. Application Note-Sound&Vibration Master Catalogue, 1999, Vol. 1, Brüel&Kjaer.il.

Figura 8 - *Localização de pontos de medição para metodologia de medição de potência sonora em campo livre – Método de precisão.* Adaptado de: Brüel & Kjaer. *Application of B&K Equipment to Acoustic Noise Measurements*, 1978. p.136. il.

Figura 9 - *Traçado de medição para metodologia de determinação de potência sonora em campo livre – Método de precisão.* Adaptado de: Brüel & Kjaer. *Application of B&K Equipment to Acoustic Noise Measurements*, 1978. p. 136. il.

Figura 10 – *Dispositivo para a obtenção de varredura espacial para metodologia de ensaio de determinação de potência sonora em campo livre.*

Figura 11 - *Arranjo para varredura espacial para metodologia de ensaio de determinação de potência sonora em campo livre.* Fonte: Brüel & Kjaer. *Application of B&K Equipment to Acoustic Noise Measurements*, 1978. p. 139. il.

Figura 12 - *Localização de pontos de medição para o método de engenharia para a determinação de potência sonora de fontes em campo livre.* Adaptado de: R.Upton. *Determination of sound power based on sound pressure measurement using the Real-time Frequency Analyzers Types 2123 and 2133s.* Application Note-Sound&Vibration Master Catalogue, 1999, Vol. 1, Brüel&Kjaer.il.

Figura 13 – *Curva correspondente ao fator de correção ambiental C para o cálculo dos níveis de potência sonora segundo ISO 3744:1994.* Adaptado de: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 3744 -Acoustics – Determination of soud power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane.* Switzerland, 1994

Figura 14 - *Fonte sonora de referência modelo 4204 da Brüel & Kjaer.* Fonte: Brüel & Kjaer, *Sound Souce 4204.* Product Data -Sound&Vibration Master Catalogue, 1999, Vol. 1. il.

Figura 15 - *Curva de normalização para os parâmetros de reverberação.* Fonte: Brüel & Kjaer. *Application of B&K Equipment to Acoustic Noise Measurements*, 1978. p. 146. il.

Figura 16 – *Absorvedor de membrana vibrante (absorvedor sintonizado) utilizada para equalização de tempos de reverberação.*

Figura 17 – *Sistema de rotação e trajetória de microfone móvel: (a) – Desenho esquemático com descrição da trajetória. (b) – Foto do sistema*

Figura 18 - (a) – *Foto ilustrativa de posicionamento da furadeira com suporte para ensaio em vazio. (b) – Foto do suporte utilizado no ensaio para a 3743/2 (1994).*

Figura 19 - (a) - *Foto do tracionador utilizado para o acionamento do impacto nas furadeiras. (b) – Foto de topo do tracionador acoplado na furadeira.*

Figura 20 - *Esquema de posicionamento do microfone para realização de medições para qualificação e ensaio de Tempo de Reverberação da sala para ensaio de potência.*
Fonte: Adaptado de WAYTECH ENGENHARIA E COMÉRCIO LTDA. *NEL 006 – Procedimento de ensaio para ensaios de potência sonora de liquidificadores.* Manual da qualidade do LEAC. v.6 . p.6 .2002. il.

Figura 21 – *Posicionamento das furadeiras dentro da Câmara Reverberante do LEAC – Waytech*

Figura 22 – *Posicionamento de microfones e fonte de ruído dentro da sala de ensaios acústicos da Unicamp.*

Figura 23 – *Transformador variador de tensão utilizado para estabilizar a tensão de alimentação da furadeira.*

Figura 24 - *Dispositivo de posicionamento da furadeira para ensaios na SEA da Unicamp.*

Figura 25 – *Posicionamento de microfone e fonte de ruído para a medição de tempo de reverberação na Sala de Ensaio Acústicos de Unicamp*

Figura 26 – *Posicionamento de microfones e fonte de ruído dentro da salas de ensaios acústicos da Unicamp*

Figura 27– *Fonte de ruído de referência B&K 4204 utilizada nos ensaios pela metodologia por comparação da ISO 3743/1 (1994).*

Figura 28 – *Exemplo de ajuste da curva de tempo de reverberação normalizado dentro dos limites delimitados por 1,1.R e 0,9.R.A linha tracejada se refere aos limites e a linha contínua os valores normalizados.*

Figura 29 – *Ajuste de valores normalizados de tempos de reverberação para a determinação do T_{nom} . Valores antes do ajuste gráfico*

Figura 30 – *Ajuste de valores normalizados de tempos de reverberação para a determinação do T_{nom} . Depois do ajuste gráfico realizado*

Figura 31 – *Suporte para realização de ensaio de medição do nível de pressão sonora da furadeira em operação.*

Figura 32 – *Gráfico comparativo de níveis de pressão sonora medidos de furadeira com tracionador e furadeira sem tracionador.*

Figura 33 – *Gráfico comparativo dos valores de potência sonora determinados para as furadeiras conforme ensaio segundo norma ISO 3743/2 (1994).*

Figura 34 – *Níveis de potência sonora das furadeiras determinados de acordo com a ISO 3741(1999). Valores de níveis de potência sonora em função da frequência em bandas de oitava.*

Figura 35 – *Gráfico comparativo entre os valores de níveis de potência sonora determinados para as furadeiras de acordo com a ISO 3743/1 (1994). Gráfico dos níveis de potência sonora em função da frequência em bandas de oitava*

Figura 36 – *Comparativo entre níveis de potência sonora determinados com e sem a banda de frequência de 125 Hz.*

Figura 37 – *Resultados dos Níveis de Potência Sonora para a furadeira FR01. Curvas de todos os métodos para a furadeira com e sem impacto acionado.*

Figura 38 – *Resultados dos Níveis de Potência Sonora para a furadeira FR02. Curvas de todos os métodos para a furadeira com e sem impacto acionado.*

Figura 39 – *Resultados dos Níveis de Potência Sonora para a furadeira FR03. Curvas de todos os métodos para a furadeira com e sem impacto acionado.*

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – *Especificações das normas para determinação de potência sonora – família ISO 3740*
Adaptado de Brüel & Kjaer. *Application of B&K Equipment to Acoustic Noise Measurements*, 1978. 134 p. il
- Tabela 2 - *Correções a serem implementadas nos níveis de pressão sonora medidos com referência ao ruído de fundo.* Adaptado de: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13910: diretrizes de ensaios para a determinação de ruído acústico de aparelhos eletrodomésticos e similares. Parte 1: requisitos gerais. *Rio de Janeiro, Jul. 1997.*
- Tabela 3 - *Condições ambientais para ensaios para determinação de potência sonora.*
- Tabela 4 - *Volume mínimo da sala de testes em função da menor frequência da faixa de interesse.*
Adaptado de: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 3741- Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Precision method for reverberations rooms. *Switzerland, 1999.*
- Tabela 5: *Limites permissíveis de variação de temperatura e umidade em função da faixa de temperatura e umidade medidas.* Adaptado de: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 3741- Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Precision method for reverberations rooms. *Switzerland, 1999.*
- Tabela 6 – *Tamanho mínimo do caminho a ser percorrido pelo microfone móvel*
- Tabela 7 – *Tabela dos instrumentos utilizados na metodologia direta no LEAC da Waytech Eng. e Com. Ltda.*
- Tabela 8 – *Tabela dos instrumentos utilizados na metodologia direta na SEA da Unicamp.*
- Tabela 9 – *Tabela dos instrumentos utilizados na metodologia por comparação na SEA da Unicamp.*
- Tabela 10 – *Desvios padrão calculados segundo a fórmula 22 das medições de pressão sonora para a qualificação dos pontos de medição para a ISO 3743/2 (1994).*
- Tabela 11 - *Tempos de reverberação medidos para a determinação do T_{nom} (em segundos)*
- Tabela 12 – *Parâmetro de reverberação calculado para uma sala com 160 m^3 de volume*
- Tabela 13 – *Tempos de reverberação nominais dos ensaios realizados para a determinação da potência sonora pela norma ISO 3743/2 (1994).*
- Tabela 14 - *Médias das medições de níveis de pressão sonora do ruído de fundo da câmara para a determinação de potência sonora segundo ISO 3743/2 (1994).*

- Tabela 15 - *Resultados das médias da medição dos níveis de pressão sonora das furadeiras operando em vazio para determinação de potência sonora segundo ISO 3743/2 (1994).*
- Tabela 16 - *Resultado de ensaios comparativos com furadeira com e sem o tracionador de impacto.*
- Tabela 17 - *Resultados das médias das medições dos níveis de pressão sonora das furadeiras operando na função de alto impacto para a determinação de potência sonora segundo ISO 3743/2 (1994).*
- Tabela 18 - *Níveis de potência sonora obtidos pela metodologia direta segundo a ISO 3743/2 (1994) para furadeira operando em vazio.*
- Tabela 19 - *Níveis de potência sonora determinados a partir da metodologia direta segundo a ISO 3743/2 (1994) para furadeira operando com a função de alto impacto acionada.*
- Tabela 20 - *Valores de desvios máximos permitidos para ensaios de determinação de níveis de potência sonora segundo ISO 3743/2 (1994).*
- Tabela 21 - *Desvios padrão calculados segundo a fórmula 22 das medições de pressão sonora para a qualificação dos pontos de medição para a ISO 3741 (1999).*
- Tabela 22 - *Média dos tempos de reverberação medidos para a determinação da potência sonora segundo ISO 3741 (1999).*
- Tabela 23 - *Média dos níveis de pressão sonora do ruído de fundo da sala de ensaios acústicos.*
- Tabela 24 - *Níveis de pressão sonora medidos para a furadeira FR01 operando em vazio .*
- Tabela 25 - *Níveis de pressão sonora medidos para a furadeira FR02 operando em vazio.*
- Tabela 26 - *Níveis de pressão sonora medidos para a furadeira FR03 operando em vazio.*
- Tabela 27 - *Níveis de pressão sonora médios medidos para a furadeira operando com a função de alto impacto acionada.*
- Tabela 28 - *Níveis de potência sonora determinados para as furadeiras operando em vazio*
- Tabela 29 - *Níveis de potência sonora determinados para as furadeiras operando na função de alto impacto*
- Tabela 30 - *Desvios padrão calculados segundo a fórmula 22 das medições de pressão sonora para a qualificação dos pontos de medição para a ISO 3743/1 (1994) com a furadeira sem carga*
- Tabela 31 - *Desvios padrão calculados segundo a fórmula 22 das medições de pressão sonora para a qualificação dos pontos de medição para a ISO 3743/1 (1994) com furadeira ajustada para alto impacto.*

Tabela 32 – *Níveis de pressão sonora medidos para a verificação de desvios provenientes de componentes tonais e diretividade do aparelho sob ensaio*

Tabela 33 – *Níveis de pressão sonora médios espaciais do ruído de fundo da sala de ensaios para a ISO 3743/1 (1994).*

Tabela 34 – *Média dos níveis de pressão sonora espaciais da fonte sonora de referência para a ISO 3743/1 (1994).*

Tabela 35 – *Médias dos níveis de pressão sonora das furadeira operando em vazio para cada ensaio para a ISO 3743/1 (1994).*

Tabela 36 – *Médias dos níveis de pressão espaciais das furadeira operando em alto impacto para a ISO 3743/1 (1994).*

Tabela 37 – *Níveis de potência sonora calculados para as furadeiras operando em vazio para a ISO 3743/1 (1994).*

Tabela 38 – *Níveis de potência sonora calculados para as furadeiras operando em função de alto impacto para a ISO 3743/1 (1994).*

Tabela 39 – *Valores mínimos de desvio padrão permitidos segundo a ISO 3743/2 (1994).*

Tabela 40 – *Desvios calculados para os ensaios de determinação de potência sonora para furadeiras operando em função de alto impacto segundo a ISO 3743/2 (1994).*

Tabela 41 – *Desvios calculados para os ensaios de determinação de potência sonora para furadeiras operando em vazio segundo a ISO 3743/2 (1994).*

Tabela 42 – *Valores máximos de desvio padrão permitidos segundo a ISO 3741 (1999)*

Tabela 43 – *Desvios padrão calculados a partir dos ensaios de determinação de níveis de potência sonora para furadeiras operando em vazio segundo método direto da norma ISO 3741 (1999).*

Tabela 44 – *Desvios padrão calculados a partir dos ensaios de determinação de níveis de potência sonora para furadeiras operando na função de alto impacto segundo método direto da norma ISO 3741 (1999).*

Tabela 45 – *Valores mínimos de desvio padrão permitidos segundo a ISO 3743/1 (1994).*

Tabela 46 – *Desvios padrão calculados a partir dos ensaios de determinação de nível de potência sonora para furadeiras operado em vazio segundo a ISO 3743/1 (1994).*

Tabela 47 – *Desvios padrão calculados a partir dos ensaios de determinação de nível de potência sonora para furadeiras operando em função de alto impacto segundo a ISO 3743/1 (1994).*

Tabela 48 – *Desvios padrão calculados entre as metodologias de ensaio para cada furadeira e cada função selecionada.*

Tabela 49- *Desvios padrão calculados a partir das médias das medições realizadas para cada furadeira.*

Tabela 50 – *Valores de fatores de reprodutibilidade calculados segundo a ISO 5725 (1986) e dos valores de desvios padrão de reprodutibilidade entre as metodologias utilizadas*

RESUMO

A existência de fenômenos acústicos depende de três fatores: a fonte, o meio e o receptor. Para a prevenção de condições ruidosas em certos ambientes, é necessário o conhecimento de uma característica própria da fonte que não sofre interferência do meio na propagação da energia sonora, como é o caso da potência sonora. O IBAMA em conjunto com o INMETRO iniciou um programa que visa informar e minimizar o ruído (nível de potência sonora) produzido por aparelhos elétricos etiquetando-os. Este programa se chama Selo Ruído. Existe uma previsão de inclusão de ferramentas elétricas neste programa de etiquetagem. A furadeira elétrica é uma destas ferramentas que tem inclusão prevista. Com o intuito de investigar os métodos de ensaio para determinação de potência sonora, este trabalho propõe a realização de ensaios de diversos métodos normalizados de determinação de nível de potencia sonora aplicando-os para furadeiras elétricas. Os métodos escolhidos para os ensaios foram os que utilizam salas reverberantes especiais (ISO 3743 – Engineering Methods for Special Reverberations test Rooms e ISO 3741 – Precision Methods for Special Reverberations test Rooms). Estes métodos são referenciados na norma nacional NBR 13910:1997-Parte 1- Diretrizes de ensaios para a determinação de ruído acústico de aparelhos eletrodomésticos e similares. Com os resultados obtidos dos ensaios realizados, foi feita uma análise de qualificação das metodologias empregadas. A partir de cada item destas metodologias foi analisada a aplicabilidade destes itens a ser empregado no método de ensaio proposto. A construção das etapas do método foi obtida a partir dos itens qualificados e aplicáveis ao programa de etiquetagem Selo Ruído.

Palavras chave: Nível de Potência Sonora, Selo ruído, Programa de etiquetagem, Ensaio de Potência Sonora, ISO 3743, ISO3741, NBR 13910.

ABSTRACT

In the acoustic phenomena there are three main variables: the source, the medium and the receptor. For the prevention of noise conditions in certain places, it is necessary to know a source characteristic that does not change with medium variations. This characteristic is the sound power radiated by the source. To consider this prevention, IBAMA and INMETRO started a program that labels the household appliances according to the noise level emitted by them. This program is called “Selo Ruído”. There is a prevision to include the electric tools in this label program. The drill is one of these electric tools that will be included. To investigate the methods for determination of the sound power levels, this work proposes some tests of drills in several standardised methods. The methods used for the tests were the ones that use reverberation rooms (ISO 3743 – Engineering Methods for Special Reverberations test Rooms and ISO 3741 – Precision Methods for Special Reverberations test Rooms). These methods are referenced at the Brazilian standard NBR 13910:1997 – Part 1 – “Diretrizes de ensaios para a determinação de ruído acústico de aparelhos eletrodomésticos e similares”. A qualification analysis of the methodologies applied was done, based on the tests results. An application of these items was done from each item of these methodologies in the test method proposed. The construction of the steps in the proposed method was made from the items qualified and applied to the “Selo Ruído” program.

Key Words: Sound Power Level, Noise Label, Noise Labelling program, Sound Power test, ISO 3743, ISO3741, NBR 13910.

1 - INTRODUÇÃO

Em 1999, a poluição sonora, segundo a OMS, era a terceira maior causa de poluição no mundo (Revista Meio Ambiente Industrial, 1999), por isso a importância dada a ela vem crescendo nos últimos anos. Diversos trabalhos foram e estão sendo realizados com o objetivo de estudar, compreender e amenizar o convívio do ser humano com o ruído.

O problema do ruído normalmente é analisado com base em três fatores principais: a fonte, o meio e o receptor. Grande parte dos trabalhos realizados sobre controle de ruído tem como enfoque a contenção do ruído emitido através de enclausuramento; ou por uma inserção de barreira no caminho percorrido pela onda sonora; ou por intermédio de equipamentos de proteção para o receptor. Estes procedimentos são aplicados normalmente quando o problema do ruído já existe. Normalmente este problema decorre da falta de um projeto das instalações ou de condições que favorecem a propagação ou exposição ao ruído. Obtendo-se o nível de potência sonora de uma fonte, este pode ser usado para projetar adequadamente o espaço prevendo as condições indesejáveis de ruído.

Para a prevenção da condição ruidosa em ambientes é necessário saber a quantidade de ruído gerado por uma fonte. Normalmente os fabricantes de equipamentos industriais fornecem valores de níveis de pressão sonora medidos a uma certa distância dos equipamentos. Porém os níveis de pressão sonora dependem das condições existentes no meio de propagação sonora, bem como obstáculos encontrados na propagação. O meio, que na maioria das vezes é o ar, pode influenciar na propagação em decorrência de vários fatores, como temperatura, pressão, umidade relativa, deslocamento (vento), bem como a diretividade e posição da fonte.

Em ambientes domésticos, os aparelhos eletrodomésticos são considerados as principais fontes de geração de ruído. Para estes aparelhos o consumidor não tinha, antes de 1998, nenhuma informação a respeito do nível de ruído emitido. Se fosse utilizado nível de pressão sonora medido do aparelho, este valor provavelmente estaria sujeito a mudanças de acordo com o ambiente de operação do aparelho.

A predição do ruído emitido pela fonte seria menos suscetível a erros se fosse utilizada a energia emitida pela fonte de ruído no meio de propagação, ou melhor, a potência sonora emitida pela fonte de ruído. Com o nível de potência sonora emitido pela fonte de ruído, é possível estimar o nível de pressão sonora em determinado local de um ambiente através de cálculos que dependem da distância entre fonte e receptor. A potência sonora é o parâmetro físico fundamental

para a comparação da energia emitida por dois aparelhos do mesmo modelo em um mesmo campo sonoro.

Os métodos para a determinação de potência sonora para uma fonte de ruído são especificados em normas ISO da série 3740. Estes métodos especificam procedimentos para a determinação do nível de potência a partir da determinação da média espacial do nível de pressão sonora, em ambientes conhecidos e controlados como câmaras reverberantes, anecóicas ou semi-anecóicas.

No Brasil existe a norma NBR 13910:1997 - Diretrizes de ensaios para a determinação de ruído acústico de aparelhos eletrodomésticos e similares, que exige, para cada equipamento, um método de ensaio que considera características específicas de carga e funcionamento na determinação do nível de potência sonora. Este método é normalmente especificado como complemento da norma NBR 13910:1997.

Este trabalho tem como objetivo estudar os métodos utilizados para a determinação do nível de potência sonora de fontes de ruído para desenvolver a proposta para um método de ensaio para ser aplicado na determinação de potência sonora de furadeiras utilizando campo reverberante.

Os métodos especificados nas normas ISO 3740 são utilizados para a determinação da potência sonora de fontes. A norma nacional NBR 13910/1 (1997), que referencia as normas ISO 3740, esta sendo utilizada para quantificação da potência de aparelhos eletrodomésticos para o Selo Ruído. O Selo Ruído é um programa do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis), em conjunto com o INMETRO (Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial), que visa informar e minimizar o ruído produzido por aparelhos elétricos de um modo geral. Esse programa foi regulamentado para atender ao Programa Silêncio da Resolução do CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) 02/90. A resolução do CONAMA 02/90 tem como objetivo o incentivo da fabricação de máquinas e equipamentos com níveis de ruído operacional mais baixos. A Comissão Técnica do Selo Ruído decidiu iniciar o programa com os aparelhos eletrodomésticos: secador de cabelo, liquidificador e mais recentemente aspirador de pó. Como já previsto, o Selo Ruído se estenderá para máquinas elétricas do tipo "hobby" e de uso profissional (INOR, 2000).

Devido à inexistência de metodologias, no âmbito nacional, para determinação do nível de potência sonora de maquinários elétricos até o momento, foi escolhida a furadeira como fonte de ruído para ser objeto de estudo desse trabalho.

A escolha da furadeira como fonte de ruído foi feita considerando sua versatilidade de uso. Ela é utilizada tanto em trabalhos profissionais pesados como pequenos trabalhos caseiros. Porém o selo ruído predestina-se, por enquanto, apenas a aparelhos de uso doméstico, por isso foram consideradas as furadeiras do tipo ‘hobby’.

Para o desenvolvimento do trabalho, foram escolhidas três furadeiras do tipo ‘hobby’. As furadeiras foram submetidas a ensaios conforme os procedimentos descritos na norma ISO 3743 – Engineering methods for special reverberations test rooms e na norma ISO 3741 – Acoustics - Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for reverberation rooms.

Com os dados obtidos das medições realizadas, foi calculado o desvio padrão das medições realizadas. Estes desvios foram comparados ao desvio padrão permitido para as metodologias utilizadas. Com esta análise, foi possível qualificar as metodologias de ensaio utilizadas. A partir da qualificação das metodologias, os resultados dos níveis de potência sonora determinados foram comparados entre si. Este comparativo foi realizado para observar a dispersão dos resultados e, a partir desta observação, qualificar os pontos pertinentes das metodologias de ensaio e obter uma proposta do método de ensaio de determinação para furadeiras.

1.1 Objetivo

O objetivo geral deste trabalho é investigar os métodos de determinação de potência sonora visando o programa de etiquetagem de furadeiras elétricas de uso doméstico.

Um dos objetivos específicos deste trabalho é realizar ensaios de determinação dos níveis de potência sonora de furadeiras em duas salas reverberantes especiais, utilizando os métodos direto e por comparação descrito pela norma ISO 3743(1994) e método direto segundo norma ISO 3741(1999).

Pretende-se verificar as variações obtidas com os resultados dos diversos métodos testados e confrontar os desvios obtidos com os desvios especificados nas normas vigentes para cada método. Analisar os dados obtidos observando a viabilidade de aplicação do método, do ponto de vista do programa Selo Ruído, considerando os desvios globais ponderados na curva de atenuação ‘A’.

Outro objetivo específico deste trabalho é propor um método de ensaio para determinação do nível de potência sonora de furadeiras, baseado na investigação dos métodos para a determinação do nível potência sonora de fontes de ruído utilizando campos reverberantes.

1.2 Estrutura do trabalho

A estrutura desta dissertação está dividida em quatro partes sendo a primeira composta pelo capítulo 2 que trata da revisão teórica e apresentação das metodologias existentes para a determinação da potência sonora de equipamentos elétricos. A segunda parte é composta pelo capítulo 3, intitulado como Metodologia, apresenta as normas existentes para a determinação da potência sonora de aparelhos elétricos bem como os equipamentos e salas a serem utilizadas para a realização da parte prática desta pesquisa. A terceira parte é apresentada como o capítulo 4 que apresentam os resultados obtidos na parte prática. A quarta e última parte consiste nos capítulos 5 e 6 que apresentam a discussão dos resultados obtidos e conclusões obtidas a partir destas discussões.

2 – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 - O Ambiente e a Pressão Sonora.

O controle de ruído em ambientes tem como premissas de trabalho três pontos de atuação: a fonte, o meio e o receptor. A fonte é responsável pela emissão da sua energia sonora pelo meio. O meio, na maioria das vezes o ar, é o ambiente por onde se propagam as ondas sonoras e o receptor, na maioria das vezes o homem, é o que recebe as perturbações provocadas pela propagação da onda sonora.

O ouvido humano percebe os estímulos sonoros em forma de variação de pressão. Esta percepção da variação de pressão acontece de forma logarítmica. A faixa da variação de pressão pode se estender desde um valor médio quadrático da ordem de 0,00002 Pa a um valor médio quadrático de pressão da ordem de 200 Pa. Para linearizar esta escala é realizada uma conversão logarítmica dos valores médios quadráticos de variação de pressão com referência à pressão mínima percebida pelo ouvido humano, no caso 0,00002 Pa. A conversão logarítmica destas variações de pressão sonora é denominada de Nível de Pressão Sonora e é caracterizado pelo decibel (dB). A conversão logarítmica da pressão sonora é representada pela equação (1) (GERGES,2000)

$$L_p = 10 \cdot \log \left(\frac{P_{rms}^2}{P_{ref}^2} \right) \quad (1)$$

onde:

L_p = nível de pressão sonora em dB

P_{rms} = média quadrática da pressão sonora em Pa

P_{ref} = pressão sonora de referência = 20 μ Pa

A variação de pressão sonora na forma de Nível de Pressão Sonora é a grandeza física usada na avaliação de ruído. O aparelho que realiza medições do nível de pressão sonora é o Medidor de Nível de Pressão Sonora. A medição do nível de pressão sonora é útil para caracterizar o ruído num ponto mas não para caracterizar uma fonte sonora pois o meio varia as

características de propagação do som, como descrito por Beranek (1992) e em aplicações da Brüel & Kjaer (1978).

A variação da temperatura do meio influencia a velocidade de propagação de uma onda acústica. No ar esta variação é indicada em (2):

$$c = 331 + 0,6T_c \quad (2)$$

onde:

c = velocidade de propagação em m/s.

T_c = temperatura ambiente em °C.

Para propagações sonoras ao ar livre, não apenas a variação da temperatura atmosférica, mas também as inversões térmicas na atmosfera podem causar um certo desvio na propagação da onda sonora. A mudança de viscosidade do meio faz com que as ondas sonoras se propagem com uma velocidade maior num meio mais quente que num meio mais frio, (BRÜEL & KJAER, 1978). Estas mudanças de viscosidade acabam gerando regiões de sombra acústica que atenuam a energia irradiada pela propagação direta das ondas, como pode ser observado na figura 1

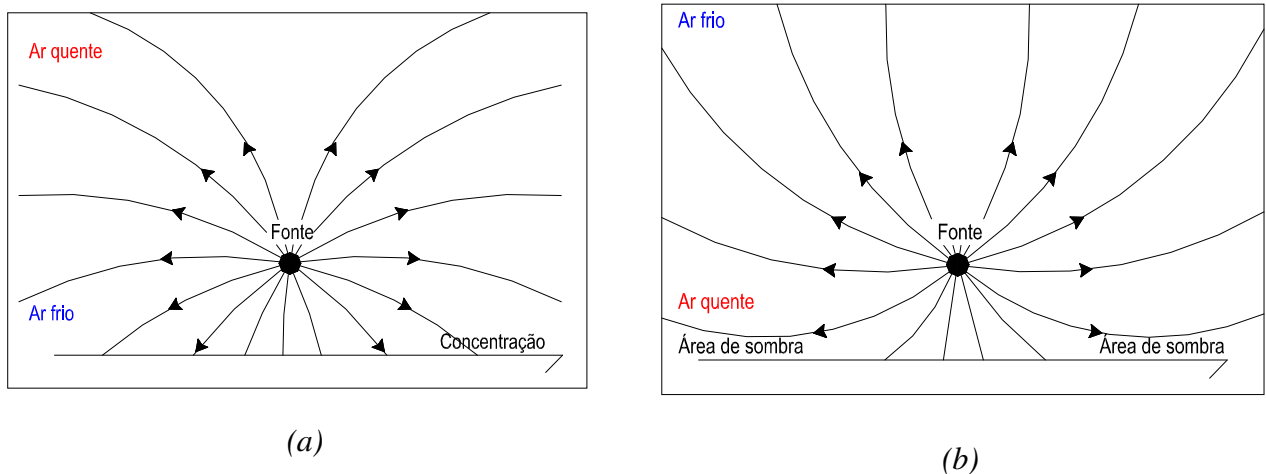


Figura 1 - Variação da Propagação Sonora em relação à variação de temperatura: (a) – aumento de temperatura com a altitude.(b)– decréscimo de temperatura com a altitude. Fonte:Adaptado de Brüel & Kjaer. Application of B&K Equipment to Acoustic Noise Measurements. 1978. p. 24. il

Além das mudanças de viscosidade, a movimentação do meio também influi na propagação das ondas sonoras gerando regiões de sombras acústicas, onde os níveis de ruído podem ser atenuados de até 10 dB como descrito em Brüel & Kjaer (1978). As variações na propagação do som com a movimentação do meio estão exemplificadas na figura 2.

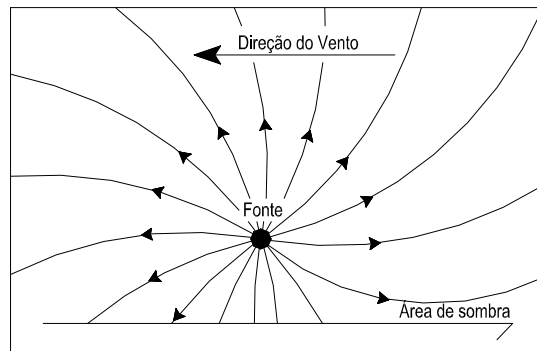


Figura 2 - Variação da propagação sonora em relação a movimentação do ar (vento). Fonte: Adaptado de Brüel & Kjaer. Application of B&K Equipment to Acoustic Noise Measurements. 1978. p. 22. il

Outro mecanismo que influencia na propagação da onda acústica ao ar livre é a atenuação devido à umidade relativa do ar. Este efeito é mais considerado para as altas frequências segundo Beranek (1992). Por exemplo, para condições atmosféricas em que a umidade relativa é de 70% e a temperatura ambiente é de 10 °C, o nível de pressão sonora pode ser atenuado de 5 dB em torno de 4000 Hz a uma distância de 250 m.

Na propagação sonora o Nível de Pressão Sonora tende a decrescer com o aumento da distância entre fonte sonora e receptor. Para a propagação sonora ao ar livre os objetos e relevo, provocam interferências para a onda sonora refletindo ou difratando a onda sonora.

Os fenômenos de difração e reflexão podem atenuar ou reforçar os níveis de pressão sonora em determinados locais. Estes fenômenos podem influenciar positiva ou negativamente a propagação sonora dependendo da aplicação dada a eles. Como por exemplo, a difração pode auxiliar na atenuação de ruídos indesejáveis como acontece na utilização de barreiras acústicas. A reflexão pode reforçar a propagação até os locais que a informação sonora é deficiente. Estes efeitos podem ser visualizados na figura 3.

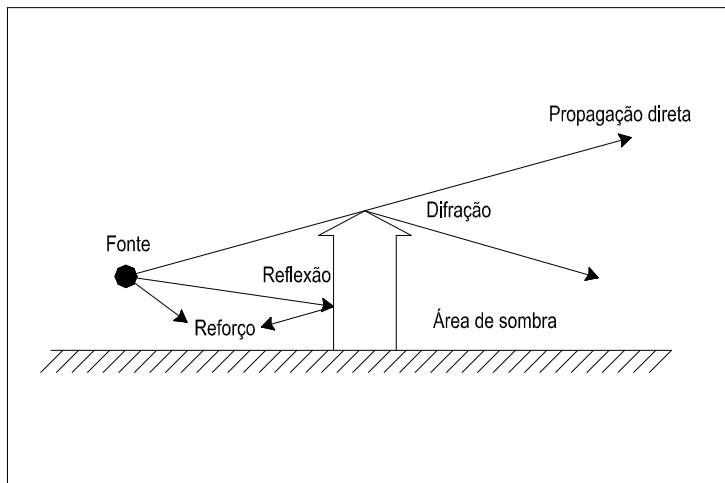


Figura 3 – Esquema de construções como interferências na propagação ao ar livre.

A propagação sonora em ambientes fechados é caracterizada por reflexões, difrações e absorções em superfícies, móveis e outros elementos que interferem na propagação da onda sonora.

A absorção sonora é uma característica física de uma superfície que consiste em absorver parte da energia sonora que incide nela. A parcela de energia absorvida é indicada pelo coeficiente de absorção sonora que varia de 0 a 1, onde 0 é o valor para nenhuma absorção e 1 o valor para absorção total da energia incidente. Quando uma superfície possui um coeficiente de absorção sonora próximo de 0, pode-se dizer que esta superfície é reflexiva e quando o valor do coeficiente de absorção se aproxima de 1, diz-se que a superfície é absorvente. O coeficiente de absorção varia com a frequência da onda sonora, portanto é comum o uso de tabelas para apresentar os coeficientes de absorção dos materiais em função de bandas de frequência.

Quando a fonte de ruído é posicionada em um ambiente fechado e as ondas sonoras sofrem reflexões. Em certos locais do ambiente as ondas sonoras refletidas interferem na propagação direta do som, destrutiva ou construtivamente, alterando o valor do Nível de Pressão Sonora nestes locais. (BERANEK, 1992 e BRÜEL & KJAER, 1978).

Os móveis em um ambiente fechado, funcionam como uma barreira sonora, refletindo e defletindo o som emitido. Com estes fenômenos tem-se locais no ambiente aonde as ondas sonoras não chegam, e locais em que as ondas são reforçadas.

Para a determinação de Potência Sonora através da medida do nível de pressão sonora serão utilizados ambientes especiais. Estes ambientes especiais são ambientes projetados para que se conheça a característica da propagação sonora.

2.2 - Quantificação da energia emitida por uma Fonte e a Potência Sonora.

É considerável a dificuldade em caracterizar uma fonte sonora apenas com medições do nível de pressão sonora. Uma característica determinante da fonte sonora é a energia gerada pela mesma, que independe do meio de propagação (BRÜEL & KJAER, 1986). Para a quantificação da energia emitida pela fonte sonora pode-se adotar a potência sonora como um fator característico da mesma. A potência sonora da fonte não varia diante de condições adversas que influenciam o meio, como movimentação das partículas, temperatura e mudança de viscosidade. Segundo Beranek (1992), a potência sonora é um fator importante e característico da fonte, e é utilizada para a quantificação da energia emitida por uma fonte.

Numa analogia ao chuveiro elétrico, a potência sonora de uma fonte de ruído corresponderia à potência elétrica de um chuveiro. Dependendo do fluxo de água que passa pela resistência do chuveiro elétrico, pode-se atingir uma temperatura maior ou menor na água. O chuveiro continua a consumir a mesma potência da rede elétrica, portanto a energia transmitida ao meio é sempre a mesma. Nesta analogia, a temperatura da água corresponde à pressão sonora; a água corresponde ao meio de propagação sonora e a potência elétrica corresponde à potência sonora. As condições do meio, no caso a água, podem variar a medida da temperatura na água. Assim como as condições do meio de propagação de ondas sonoras influenciam na medição do nível de pressão sonora (BRÜEL & KJAER, 1986).

2.3 - Determinação da Potência Sonora.

A potência sonora é proporcional à energia sonora irradiada num meio. Quando o fluxo de energia atravessa uma área, obtém-se a intensidade de energia sonora irradiada. Segundo Beranek (1992), a potência sonora pode ser determinada pela intensidade de energia sonora que flui por uma área decorrente da irradiação de uma fonte sonora de ruído e pode ser calculada pela equação (3).

$$W = \int_S I \cdot ds \quad (3)$$

onde: W = potência sonora (watts).

I = intensidade de energia sonora (watts/m²).

ds = elemento de superfície da área (m²).

S = superfície em volta da fonte sonora (m²).

A intensidade sonora apresentada na equação (3) é representada por um vetor normal ao elemento de área de uma superfície de referencia como na figura 4. A fonte sonora é o elemento que irradia energia para o meio e é representada como um ponto.

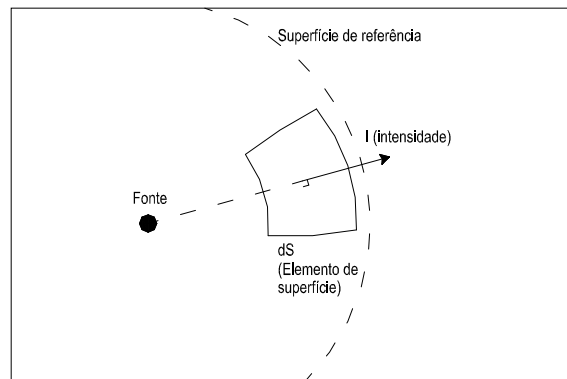


Figura 4 – Representação da intensidade sonora Fonte: Adaptado de Brüel & Kjaer. Application of B&K Equipment to Acoustic Noise Measurements. 1978. p. 18. il

A integral da equação (3) é solucionada para o caso de uma superfície total esférica ou semi-esférica, porém, em casos práticos, o elemento de área (ds) é adotado como uma superfície retangular. (BERANEK, 1992). Como a intensidade de energia sonora é a mesma para qualquer um dos pontos da superfície, uma aproximação pode auxiliar a resolução da integral na equação (3):

$$W = \sum_i I_i S_i \quad (4)$$

onde: I_i = média da intensidade de energia sonora no i -ésimo seguimento de área (watts/m²).

S_i = i -ésimo seguimento de área (m²).

Quando os elementos de área possuem um mesmo tamanho e a fonte possui uma irradiação homogênea em todas as direções, a soma total das intensidades de cada elemento de área pode ser obtida pela equação (5):

$$W = IS \quad (5)$$

onde: I = média da intensidade de energia sonora na área de medição. (W/m^2)

S = área total da superfície de medição. (m^2)

A intensidade de energia sonora e a área podem ser linearizadas analogamente à pressão sonora por variarem exponencialmente com a distância. Aplicando-se valores de referência e calculando o logaritmo multiplicado por 10, pode-se expressar a equação (5) em função dos níveis de potência sonora e de intensidade sonora.

$$\begin{aligned} L_w &= 10 \log(I/I_0) + 10 \log(S/S_0) \\ L_w &= L_1 + 10 \log(S/S_0) \end{aligned} \quad (6)$$

onde: L_w = nível de potência sonora (dB (a 10^{-12} W referência))

L_1 = nível de intensidade sonora (dB (a 10^{-12} W/m^2 referência))

S = área da superfície de medição, (m^2)

$S_0 = 1 \text{ m}^2$ (valor de referência de área)

$I_0 = 10^{-12} \text{ W}/\text{m}^2$ (intensidade sonora de referência).

A equação (6) resultante é utilizada quando for necessária a determinação da potência sonora a partir da intensidade sonora de uma fonte, desde que esta fonte seja caracterizada por uma distribuição homogênea de energia (BERANEK, 1992).

As condições em que a distribuição de energia da fonte é homogênea são encontradas em ambientes especiais denominados ambientes reverberantes (BRÜEL&KJÆR, 1978). Com a distribuição homogênea de energia, a pressão sonora nestes ambientes tende a ser a mesma em qualquer ponto.

Em um campo livre a intensidade sonora é relacionada com a média quadrática da pressão sonora a partir da equação (7).

$$I = p_{rms}^2 / \rho \cdot c \quad (7)$$

Sendo: I = intensidade de energia sonora irradiada (W/m^2).

p_{rms} = média quadrática da pressão sonora (Pa).

ρ = densidade do meio (Kg/m^3).

c = velocidade de propagação no meio (m/s).

Substituindo a intensidade de energia sonora da equação (4), pode-se obter:

$$W = \frac{1}{\rho \cdot c} \sum_i p_i^2 S_i \quad (8)$$

onde: p_i^2 = média quadrática da pressão sonora num segmento de área S_i .

Aplicando-se na equação (8) os valores de referência para a potência sonora e pressão sonora, e calculando o logaritmo multiplicado por 10 a equação (8) pode ser reescrita como:

$$L_W = 10 \log \sum_i S_i \times 10^{L_{pi}/10} - 10 \log K \quad (9)$$

onde: L_W = nível de potência sonora ((dB)com referência a 10^{-12} W)

L_{pi} = nível de pressão sonora no i -ésimo segmento de área ((dB)com referência a 2×10^{-5} N/m²)

S_i = área do i -ésimo segmento (m²)

$$10^{L_{pi}/10} = (p/p_{ref})^2$$

$$p_{ref} = 2 \times 10^{-5} \text{ (N/m}^2\text{)}$$

$$K = \rho \cdot c / 400;$$

De acordo com Beranek (1992), K é o coeficiente de correção da condição real de propagação para uma condição de propagação ideal. Para esta condição ideal de propagação o produto da densidade do meio pela velocidade de propagação deve ser de 406 rayls (rayl representa a impedância característica do ar, $\text{Kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$).

Tomando a condição de mesmo tamanho de área para todos os *i*-ésimos segmentos de área de medição, e considerando $K = 1$, (BERANEK, 1992), obtém-se a equação (10):

$$L_W = L_P + 10 \log \frac{S}{S_0} \quad (10)$$

Onde: L_W = nível de potência sonora (dB ref. 10^{-12} W)

L_P = média espacial do nível de pressão sonora baseado numa superfície de medição (dB ref. 2×10^{-5} N/m²).

S = área da superfície de medição (m²)

$S_0 = 1 \text{ m}^2$

A equação 10 é utilizada para determinar o nível de potência sonora a partir do nível de pressão sonora em condições de campo livre, exceto quando a fonte é altamente diretiva. Para fontes altamente diretivas deve-se considerar os seguimentos de sub-áreas de medição do fluxo de energia diferentes entre si. Para estes casos é necessário o uso da equação (4) onde os segmentos de área devem ser considerados com suas respectivas intensidades de energia.

Segundo Brüel&Kjaer (1978), para campos reverberantes, a intensidade acústica possui uma probabilidade igual de chegada de ondas acústicas refletidas em um determinado ponto. Ela é descrita pela equação (11).

$$I = \frac{P_{rms}^2}{4\rho c} \quad (11)$$

onde: I = intensidade de energia sonora irradiada (W/m²).

P_{rms}^2 = média quadrática da pressão sonora (Pa).

$\rho.c$ = impedância característica do ar (respectivamente a densidade e velocidade de propagação no meio) (Kg/m³ e m/s).

Substituindo na equação (4) a intensidade de energia para um campo reverberante tem-se:

$$W = \frac{P_{rms}^2}{4\rho c} \cdot S \quad (12)$$

W = potência sonora emitida pela fonte (W/m^2).

P_{rms}^2 = média quadrática da pressão sonora (Pa).

$\rho.c$ = impedância característica do ar (respectivamente a densidade e velocidade de propagação no meio) (Kg/m^3 e m/s).

S = área total da superfície de medição (m^2).

Transformando a equação (12) em níveis sonoros obtém-se os parâmetros da equação (13).

$$L_W = L_p + 10 \log\left(\frac{S}{S_0}\right) - 10 \log\left(\frac{4\rho c}{400}\right) \quad (13)$$

onde: L_W = nível de potência sonora (dB ref. 10^{-12} W)

L_p = nível de pressão sonora médio no campo reverberante (dB ref. 2×10^{-5} N/m²).

S = área da superfície de medição (m^2)

$S_0 = 1 \text{ m}^2$

$\rho.c$ = impedância característica do ar (respectivamente a densidade e velocidade de propagação no meio) (Kg/m^3 e m/s).

A equação (13) é utilizada para cálculos de determinação de níveis de potência sonora utilizando campos reverberantes. Esta equação considera, entre outros aspectos, a relação da absorção de um ambiente acústico especial, sala reverberante, com a média espacial do nível de pressão sonora do campo.

2.4 - Ambientes específicos para a determinação da potência sonora de fontes

Quando uma fonte sonora emite energia para um meio, formam-se campos acústicos característicos, que dependem da distância da fonte e das condições encontradas no meio. Se na propagação as ondas sonoras encontrarem algum obstáculo, elas vão refletir ou sofrer difração. Estas ondas que sofrem interferências podem alterar as condições de propagação da onda

irradiada diretamente. Em alguns casos, a onda irradiada diretamente pode ser forte o bastante para não sofrer interferências de ondas que foram refletidas ou difratadas. Em outros casos, a onda irradiada prevalece como única sem criar onda refletida ou difratada.

De um modo geral, os campos acústicos são: o campo próximo, o campo livre e o campo reverberante. Na figura 5 é apresentada uma relação entre os campos acústicos e a distância da fonte sonora em que eles se formam.

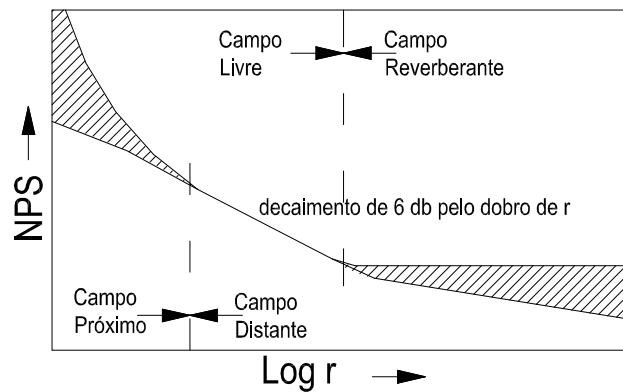


Figura 5 – Relação entre os campos acústicos e a variação do Nível de Pressão Sonora com a distância num campo sonoro em local aberto. Fonte: Adaptado de Beranek L. L., VÉR I. L. Noise and vibration control engineering principles and Aplications.1992, p. 80. il

O campo próximo, como o próprio nome diz, é o campo situado mais próximo à fonte de ruído. Neste campo o ar sofre uma turbulência que armazena parte da energia direta da fonte.

O campo livre é caracterizado pela energia irradiada diretamente da fonte sonora. Neste campo a energia irradiada diretamente pela fonte é bem maior que a energia resultante de ondas refletidas. Portanto, não são consideradas interferências de ondas refletidas nas ondas irradiadas diretamente.

O campo reverberante é caracterizado pela interferência causada nas ondas irradiadas diretamente pelas ondas que são refletidas em obstáculos ou, no caso de ambientes fechados, em paredes, chão e teto. Neste tipo de campo, a densidade acústica é constante.

- 2.4.1 -Campos difusos ou reverberantes

O campo difuso ou reverberante é aquele em que a reflexão das ondas sonoras no ambiente influenciam diretamente as ondas emitidas pela fonte sonora. Nesta condição de interferência, o campo reverberante depende da posição da fonte e do posicionamento de obstáculos no ambiente. Com o aumento das reflexões das ondas sonoras em um campo reverberante, sem a presença considerável de ondas estacionárias, pode-se criar um campo uniforme que não varia com a posição da fonte sonora ou do microfone.

Schultz (1971a) definiu que em um campo difuso ou reverberante, há uma densidade uniforme de energia em todos os pontos do campo. Em um campo reverberante há uma igual probabilidade do fluxo de energia fluir para todas as direções e um campo reverberante é composto por uma sobreposição infinita de ondas planas progressivas em todas as direções de propagação com suas fases distribuídas aleatoriamente.

Para se obter o campo reverberante, normalmente são construídas salas especiais denominadas câmaras reverberantes.

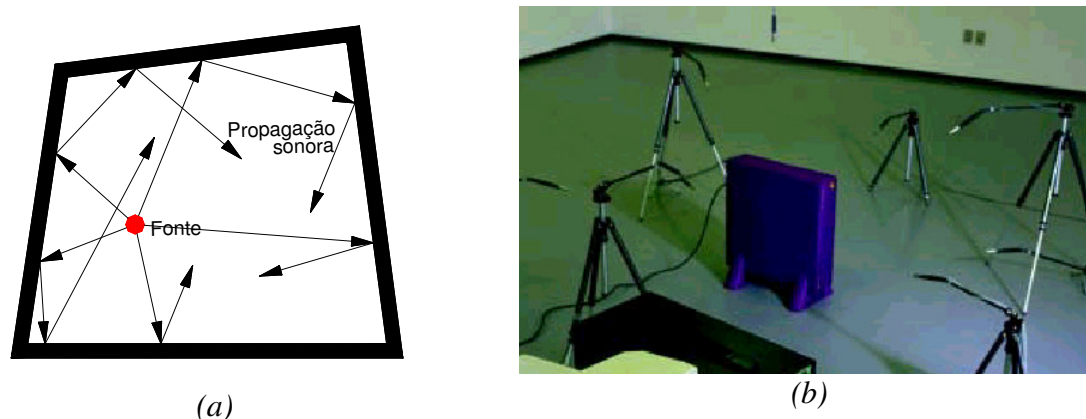


Figura 6 – Câmara reverberante: (a) Esquema de propagação sonora. (b) Foto de câmara reverberante. Fonte: Brüel & Kjaer. Sound power determination according ISO 374X. Application Note-Sound&Vibration Master Catalogue, 1999, Vol. 1.il color.

As câmaras reverberantes normalmente possuem paredes rígidas e a superfície interna altamente reflexiva, com coeficiente de absorção sonora menor que 0,06 (ISO 3741,1999) para a faixa de frequências de medição. As paredes de grande parte das câmaras reverberantes não são

paralelas evitando assim a ocorrência de ondas estacionárias. Schultz (1971a) comentou que as paredes paralelas não auxiliam muito na difusidade da câmara, pois não aumentam a quantidade de modos.

As câmaras reverberantes possuem uma distribuição homogênea da pressão sonora, portanto, uma densidade sonora bem distribuída e constante. Segundo Waterhouse (1973), a intensidade irradiada é obtida com a média de todos os ângulos refletidos nas superfícies.

Waterhouse (1955) também evidenciou elementos que realizam a sobreposição das ondas sonoras dentro da câmara. Estes elementos são conhecidos como difusores. Os difusores causam uma interferência na propagação da onda acústica, obtida como se houvesse uma variação na geometria da câmara de ensaios. Lubman (1971) comentou positivamente sobre a influência de defletores móveis na interferência da propagação indicando a efetividade destes aparatos. De acordo com Tichy e Baade (1974), o movimento do difusor causa flutuações na pressão sonora para cada ponto, reduzindo a dependência da localização do microfone.

A frequência de corte inferior de uma câmara reverberante delimita a frequência mínima de medição, esta frequência foi proposta por Schroeder (1962) e depende do volume da câmara e do tempo de reverberação. Aumentando o tempo de reverberação, aumenta a frequência de corte, aumentando-se o volume da sala, diminui a frequência de corte. Esta correlação é apresentada nas normas de ensaio ISO 3741 (1999) e ISO 3743 (1994) como referência para construção de salas reverberantes especiais para determinação de níveis potência sonora de fontes de ruído.

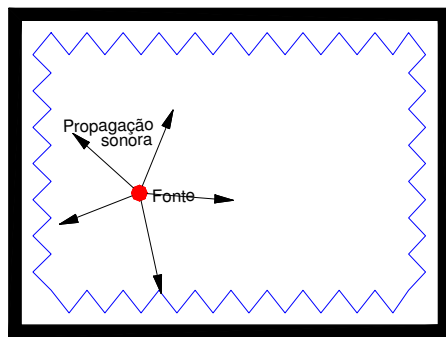
Schultz (1971b) discutiu sobre os dois métodos de determinação de níveis de potência sonora de fontes de ruído. O primeiro método mostrava que a relação da pressão sonora média espacial e temporal é diretamente proporcional ao nível de potência sonora da fonte e inversamente proporcional à absorção total da sala. O segundo método relacionava o nível de pressão sonora medido em um campo difuso com a potência sonora, utilizando a medição de duas fontes e conhecendo os níveis de potência sonora de uma delas.

No campo difuso, a média dos níveis de pressão sonora pode ser relacionada com a potência sonora obtida pela fonte, por comparação a níveis de potência conhecidos de uma fonte de referência, ou diretamente segundo a relação entre a absorção interna das paredes da câmara e a média dos níveis de pressão sonora obtidos na câmara.

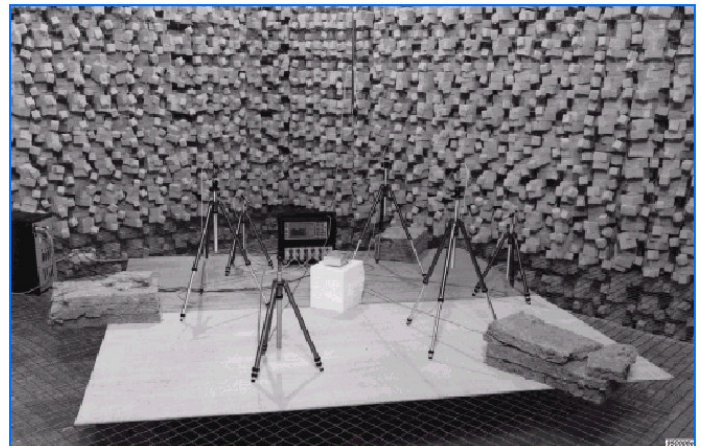
- 2.4.2 - Campo Livre

A parte do campo acústico gerado a partir da emissão de energia de uma fonte sonora, a uma distância em que a energia sonora irradiada não sofre influência de energia de ondas refletidas, é conhecido como campo livre. Neste campo a onda obtida é praticamente a onda direta irradiada pela fonte sem a interferência das ondas refletidas em obstáculos. Em alguns casos, para a simulação de uma condição real, existe a condição de campo livre sobre plano refletor (BERANEK, 1992).

Os ambientes que simulam um campo livre podem ser obtidos em salas especiais chamadas de câmaras anecóicas. Para os casos de campo livre sobre plano refletor, as salas especiais são denominadas de câmaras semi-aneecóicas.



(a)



(b)

Figura 7 – Câmara anecóica: (a) Esquema de propagação sonora. (b) Foto de câmara anecóica com painel rígido. Fonte: E.C. Pertesen. *Sound power determination according ISO 374X. Application Note-Sound&Vibration Master Catalogue, 1999, Vol. 1, Brüel&Kjaer.il.*

As câmaras anecóicas e semi-aneecóicas são indicadas para a determinação da potência sonora de fontes. Também são indicadas quando se necessita de uma certa localização de pontos irradiantes ou do direcionamento da irradiação de uma fonte.

A câmara tem sua superfície interna (paredes, teto e piso) revestida por materiais altamente absorventes, cuja finalidade é de não gerar onda refletida para o ambiente. No caso da câmara anecóica, uma tela é colocada como piso, para que se tenha acesso ao interior da câmara. Em alguns casos utiliza-se uma placa rígida para a colocação de fontes sonoras e aparelhagem de medição dentro da câmara, como visto na figura 7b. A construção da câmara semi-aneecóica também é revestida com materiais altamente absorventes, porém, o piso é composto de material reflexivo.

2.5 - Normas e métodos para a determinação de potência sonora

A determinação de potência sonora de fontes a partir da medição do nível de pressão sonora pode ser feita com a família de normas ISO 3740. Cada norma possui métodos diferenciados que variam segundo o grau de “exatidão”¹ e o ambiente específico. Compõe a família as normas:

ISO 3741 – Precision Methods for Broad-Band Sources in reverberations Rooms.

ISO 3742 – Precision Methods for Discrete-Frequency and Narrow Band Sources in Reverberation Rooms.

ISO 3743 – Engineering Methods for Special Reverberations test Rooms.

ISO 3744 – Engineering Methods for Free Field Conditions over a Reflecting Plane

ISO 3745 – Precision Methods for Anechoic and semi-Anechoic Rooms.

ISO 3746 – Survey Methods

ISO 3747 – Survey Method using a Reference Sound Source.

Para poder comparar as condições de ambiente de ensaio, volume máximo de fonte, característica do ruído da fonte, grau de exatidão do método, formatos dos resultados a serem obtidos entre as normas da família 3740, foi construída a tabela 1:

¹ Segundo o VIM (vocabulário internacional de termos fundamentais e gerais de metrologia), exatidão de medição é o grau de concordância entre o resultado de uma medição e um valor verdadeiro do mensurado. Observação: o termo precisão não deve ser utilizado como exatidão. No caso deste trabalho o termo é utilizado para denominar a classificação do método segundo tradução das normas.

Tabela 1 – Especificações das normas para determinação de potência sonora – família ISO 3740

Nº da ISO	Classificação do método	Ambiente de teste	Volume da fonte	Característica do ruído	Níveis de potência obtidos	Informações opcionais
3741	Precisão (Grau 1)	Câmaras reverberantes com características específicas	Preferivelmente menor que 1% do volume da sala	Estacionário, Banda Larga	Em terço de oitava ou oitava	Potência sonora ponderado em A
3742				Estacionário, de banda estreita ou de frequências discretas		
3743	Engenharia (Grau 2)	Salas de testes especiais		Estacionário, Banda estreita, banda larga, frequências discretas.	Em ponderação A ou oitavas	Outras curvas de ponderação
3744	Engenharia (Grau 2)	Campo livre ou Grandes salas	Sem restrições, apenas as dimensões do ambiente de teste	Qualquer	Em ponderação A, terço de oitava ou oitava	Direcionalidade e a pressão sonora em função do tempo, outras curvas de ponderação
3745	Precisão (Grau 1)	Câmara anecóica ou semi-anecóica	Preferivelmente menor que 0,5% do volume da sala	Qualquer		
3746	Examinação (Grau 3)	Sem ambiente específico	Sem restrições	Estacionário, Banda estreita, banda larga, frequências discretas.	Em ponderação A	Pressão sonora em função do tempo, outras curvas de ponderação
3747	Examinação					Bandas 1/1

A seguir serão apresentados os métodos e alguns pontos importantes que devem ser observados para a determinação da potência sonora.

2.5.1 - Método de determinação de potência sonora utilizando condição de campo livre sobre um plano refletor.

Para a condição de campo livre, a energia irradiada diretamente pela fonte não pode sofrer interferência. Para esta condição é necessária uma câmara anecóica ou semi-anecóica com características descritas no item 2.4.2. As normas de determinação de potência sonora que utilizam o campo livre são: a ISO 3744 – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane, e a ISO 3745 – Precision Methods for Anechoic and semi-Anechoic Rooms.

Norma ISO 3745 - Método de precisão

O método de precisão prescreve três metodologias de ensaios para a determinação dos pontos de medida numa superfície hipotética que é utilizada para determinar o fluxo de intensidade sonora que atravessa esta superfície. Considerando a fonte como pontual para a condição de campo livre sobre um plano refletor, imagina-se uma superfície semi-esférica, onde o raio desta superfície deve ser de pelo menos duas vezes a maior dimensão da fonte ou quatro vezes a distância da maior altura ao plano refletor, contudo não deve ser menor que 1 m. Para a obtenção desta superfície hipotética são sugeridas varias metodologias de ensaio:

Na primeira metodologia tem-se posições discretas de microfone(s) pré-determinadas na superfície semi-esférica (Figura 8). Cada ponto deve distar de pelo menos 1,5 m de qualquer outro ponto e a determinação da superfície deve ser feita através da medida de pelo menos 1 m de uma das partes mais distantes do centro geométrico da fonte, desde que não exceda um raio de 1,5 m.

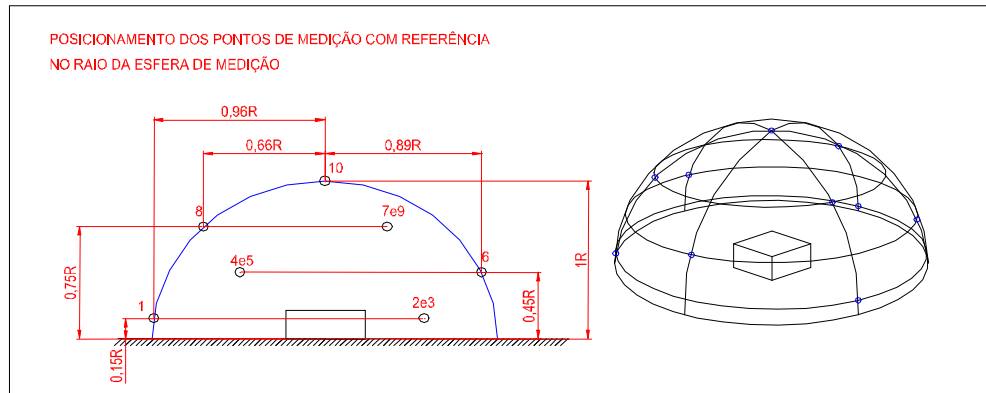


Figura 8 – Localização de pontos de medição para metodologia de medição de potência sonora em campo livre – Método de precisão. Fonte: Adaptado de: Brüel & Kjaer. *Application of B&K Equipment to Acoustic Noise Measurements*, 1978. p.136. il

Na segunda metodologia, um microfone varre, a uma velocidade constante, círculos formados por sucessivas alturas horizontais (Figura 9). São necessários no mínimo cinco círculos, as alturas devem estar na mesma distancia de umas das outras. A alternativa pode ser o

posicionamento do microfone num ponto fixo e girar a fonte a ser medida. O raio da superfície não deve exceder 1,5 m.

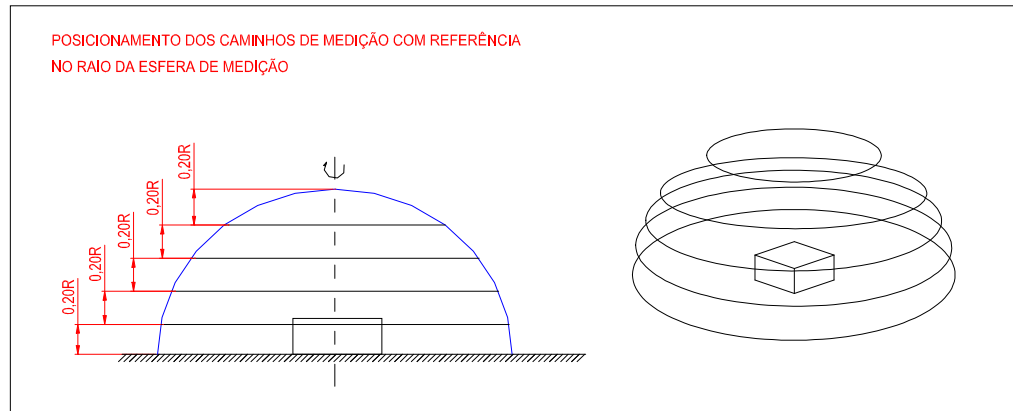


Figura 9 – Traçado de medição para metodologia de determinação de potência sonora em campo livre – Método de precisão. Adaptado de: Brüel & Kjaer. *Application of B&K Equipment to Acoustic Noise Measurements*, 1978. p. 136. il.

No caso em que a fonte gira durante a medição o microfone deve deslizar com velocidade constante num caminho de $\frac{1}{4}$ de círculo, onde no centro se localiza a fonte (Figura 10). A fonte também deve girar com velocidade constante. Forma-se então um caminho do tipo espiral fazendo uma única varredura com o microfone descendo e a fonte girando ao mesmo tempo. A figura 11 mostra uma foto da montagem indicada na figura 10.

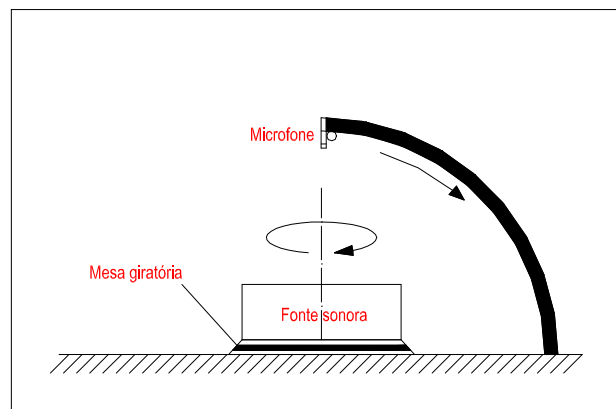


Figura 10 – Dispositivo para a obtenção de varredura espacial para metodologia de ensaio de determinação de potência sonora em campo livre.

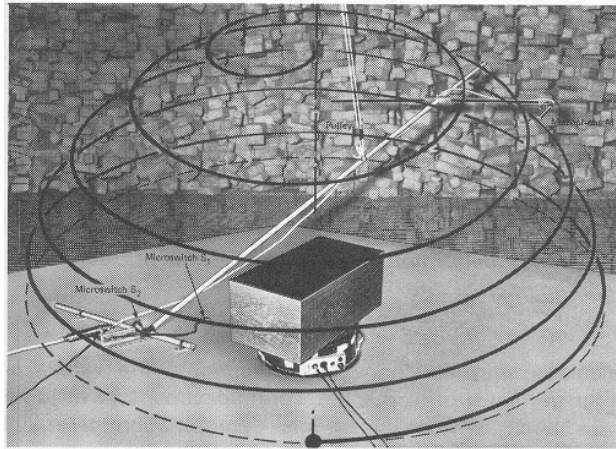


Figura 11 – Arranjo para varredura espacial para metodologia de ensaio de determinação de potência sonora em campo livre. Fonte: Brüel & Kjaer. Application of B&K Equipment to Acoustic Noise Measurements, 1978. p. 139. il.

O cálculo do nível de potência sonora em função da frequência, que utiliza a média do nível de pressão sonora medida pelas metodologias descritas anteriormente, deriva da equação (6) utilizando um fator de correção das condições ambientais (C). A equação (14) demonstra o cálculo do nível de pressão sonora para condição de campo livre segundo a norma ISO 3745 (1977).

$$L_W = L_P + 10\log(2\pi r^2/S_0) + C \quad (14)$$

Onde:

L_P = média do nível de pressão sonora na superfície hipotética (dB).

r = raio do hemisfério (m)

S_0 = área da superfície de referência 1 m²

C = termo de correção caso a temperatura varie de 20⁰ C e a pressão de 1000 mmbar (10⁵ Pa)

O termo de correção C é dado pela temperatura e pressão atmosférica interna da câmara. A equação (15) mostra a determinação do termo de correção ambiental C .

$$C = -10\log\left[\left(\frac{293}{273+\theta}\right)^{0.5} \times \frac{p}{1000}\right] \quad (15)$$

onde: p = pressão atmosférica da câmara (mbar)

θ = temperatura ambiente ⁰C

Norma ISO 3744 - Método de engenharia

O método de engenharia permite o uso de grandes ambientes em que a energia refletida não influencie a energia diretamente irradiada pela fonte. Não existe a necessidade de utilização de uma câmara semi-aneecóica, porém a condição do campo irradiado e as dimensões mínimas do ambiente de ensaio devem ser respeitadas.

No método de engenharia a obtenção da superfície de medição pode tanto ser qualquer uma das citadas nas metodologias do método de precisão, como por exemplo, um paralelepípedo de referência com pontos de medição determinados nas faces deste paralelepípedo. Na figura 12 é apresentada a posição dos pontos de medição alocados segundo o paralelepípedo de referência.

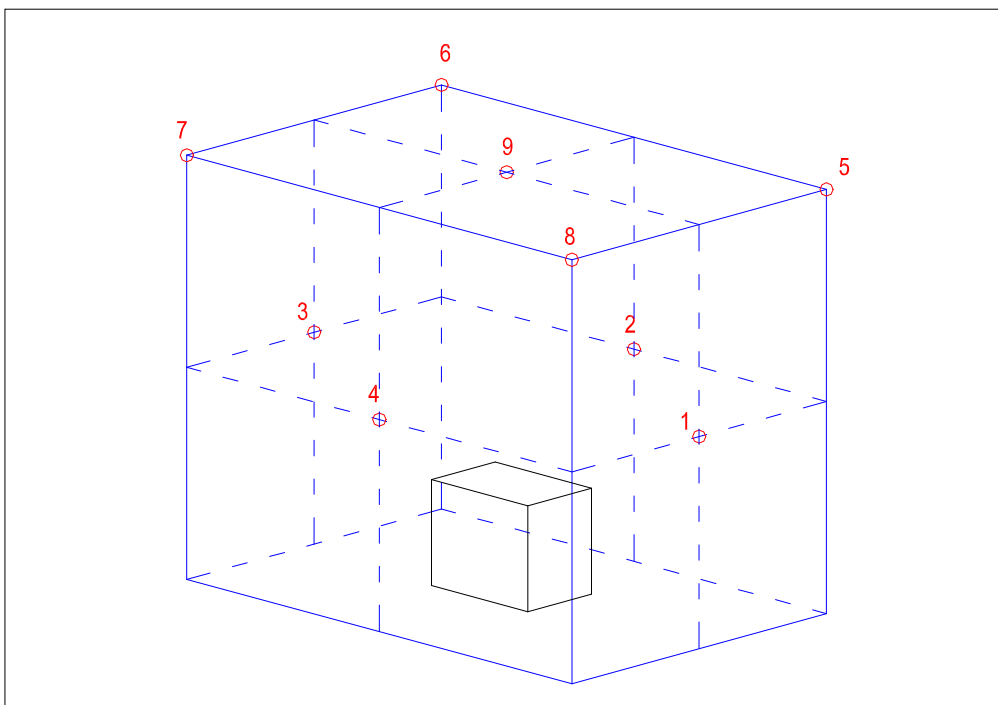


Figura 12 – Localização de pontos de medição para o método de engenharia para a determinação de potência sonora de fontes em campo livre sobre um plano refletor. Fonte: Adaptado de R.Upton. Determination of sound power based on sound pressure measurement using the Real-time Frequency Analyzers Types 2123 and 2133s. Application Note-Sound&Vibration Master Catalogue, 1999, Vol. 1, Brüel&Kjaer.il.

A determinação da potência sonora de uma fonte, obtida a partir das médias dos níveis de pressão sonora obtidos da superfície do paralelepípedo de referência, é dado na equação (16).

$$L_W = L_{Prms} - K + 10\log(S/S_0) \quad (16)$$

Onde :

L_W = nível de potência sonora da fonte (dB)

L_{Prms} = média dos níveis de pressão sonora medidos (dB)

S = área da superfície de medição (m^2).

K = fator de correção do ambiente

O fator K de correção do ambiente depende da relação A/S onde A é a área equivalente de absorção da câmara e S é a área total interna da câmara. O valor de K é obtido do gráfico da figura 13.

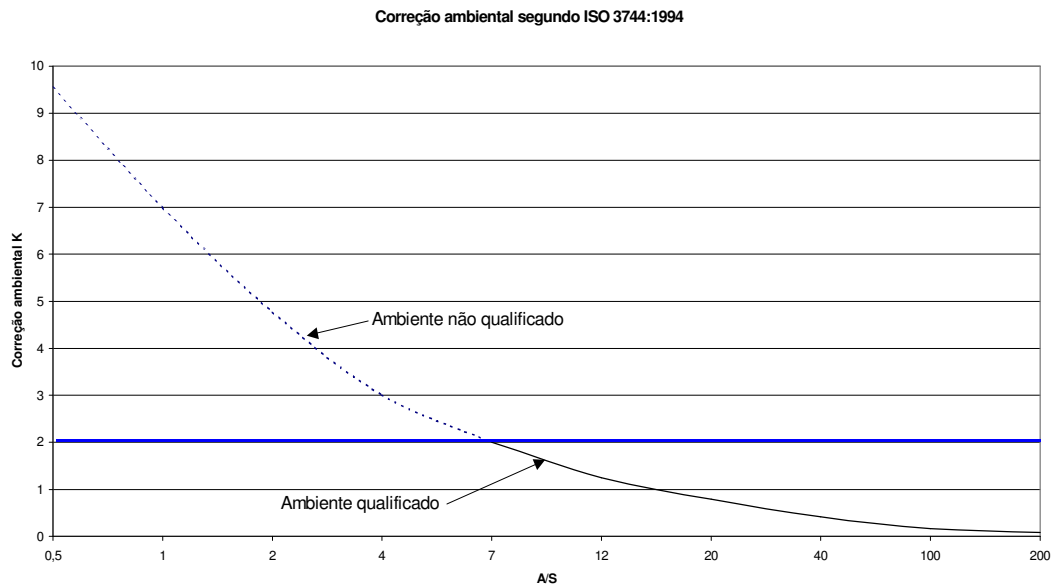


Figura 13 – Curva correspondente ao fator de correção ambiental K para o cálculo dos níveis de potência sonora segundo ISO 3744 (1994). Adaptado de: INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 3744 -Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane. Switzerland, 1994

2.5.2 - Método de determinação de potência sonora utilizando condição de campo difuso ou reverberante.

O campo difuso ou reverberante é obtido quando a energia irradiada pela fonte sonora sofre interferência da energia originada das ondas sonoras refletidas. Para esta condição são utilizadas as câmaras reverberantes. As normas de determinação de potência sonora que utiliza campo difuso ou reverberante são a ISO 3741 – Precision Methods for Broad-Band Sources in reverberations Rooms e a ISO 3743 – Engineering Methods for Special Reverberations test Rooms

Norma ISO 3741 - Método de precisão

O método de precisão é o método prescrito pela Norma ISO 3741 - Precision Methods for Broad-Band Sources in reverberation Rooms. As câmaras reverberantes segundo Waterhouse (1973), descritas por ele como conveniência econômica, são de custo bem inferior que as câmaras anecóicas por não precisarem de materiais com alto coeficiente de absorção.

Para a determinação dos níveis de potência sonora através de medições de níveis de pressão sonora de 1/3 de oitava ou 1/1 de oitava (100 Hz ou 125 Hz), é requerido da câmara reverberantes com volume mínimo de 200 m³. O volume da sala de ensaios é limitado pela frequência de corte proposta por Schroeder (1962).

Todas as superfícies da câmara reverberante não devem exceder o coeficiente de absorção de 0,06 e o tempo de reverberação deve ser maior que V/S ; onde V é o volume da sala (em m³) e S a área total das superfícies (em m²).

Morrow (1971) mostrou que quando dois pontos estão espaçados a uma distância menor que de $\lambda/2$ os resultados entre estes pontos tendem a ser fortemente correlacionados, então foi proposto que duas amostras de medição em um campo reverberante, ou melhor, duas posições de microfone, devem ter o mínimo de correlação para que se realizem medições de níveis de pressão sonora.

Lubman (1971) e Maa (1988), descobriram prática e matematicamente, respectivamente, que existia uma perda de energia próximo às superfícies das salas de ensaios. A media dos níveis de pressão sonora medidos em uma sala possui um aumento sistemático quando realizado

próximo às paredes. Waterhouse (1955) apresentou um fator que realizava a correção desta perda para medições em ambientes reverberantes.

As posições de microfones devem distar de pelo menos 1,5 m de cada superfície da fonte sonora e de $\lambda/2$ de cada microfone, sendo λ o comprimento de onda da menor frequência a ser medida. A distância mínima entre microfones e superfícies internas da câmara reverberante deve ser de pelo menos 1 m.

Este método de ensaio possui duas metodologias de ensaio. A metodologia direta de ensaio que utiliza a área equivalente de absorção e a medida direta da média dos níveis de pressão sonora da fonte. A metodologia por comparação utiliza uma fonte sonora de referência calibrada, onde são comparados os valores de nível de pressão sonora medidos da fonte sonora padrão com os da fonte sonora a ser medida.

A equação 17 é uma modificação da equação 13 onde foi incorporado o fator proposto por Waterhouse (1955), e adotada também, a hipótese de que a relação de áreas da equação (13) (S/S_0) equivale à relação de áreas equivalentes de absorção da câmara de ensaios (A/A_0) por se tratar de um ambiente reverberante limitado pelas paredes da sala. (KRISTENSEN, 1976)

$$L_w = L_p + 10 \log \left(\frac{A}{A_0} \right) - 10 \log \left(\frac{4\rho c}{400} \right) = L_p + 10 \log \left(\frac{A}{A_0} \right) + 10 \log \left(1 + \frac{Sc}{8vf} \right) - 10 \log \left(\frac{4\rho c}{400} \right) \quad (17)$$

A correção de Waterhouse é necessária, pois a energia não é igualmente distribuída dentro de uma sala reverberante. A importância desta correção para a determinação de potência sonora em baixas frequências foi discutida por Agerkvist e Jacobsen (1993). Quando comparados valores de potência sonora determinados em ambientes reverberantes e ambientes de campo livre, os resultados para ambientes reverberantes em baixas frequências se apresentavam menores que os valores determinados em ambientes de campo livre.

Vorländer (1995) revisou a relação entre a potência sonora e a média espacial dos níveis de pressão sonora e suas conseqüências em medições acústicas. Os valores de níveis de potência sonora medidos para frequências em torno de 10 KHz eram menores em condições de campo reverberante do que em condições de campo livre. Para corrigir este valor foi implementada a correção da absorção do ar no cálculo da potência sonora de fontes utilizando o campo reverberante. A equação (18) mostra a equação (17) acrescida da correção proposta por Voländer.

$$L_w = L_p + 10 \log \left(\frac{A}{A_0} \right) + 4,34 \frac{A}{S} + 10 \log \left(1 + \frac{Sc}{8vf} \right) - 10 \log \left(\frac{4\rho c}{400} \right) \quad (18)$$

Obtendo a normalização para as condições ideais de propagação acústica em que o produto $\rho c = 400 \text{ N.s/m}^3$ (valor arredondado do valor real de 406 rayl na CNTP segundo manual da fonte). Este termo é usado para ajustar as condições utilizadas nas medições de nível de pressão sonora com as condições de impedância acústica de 400 N.s/m^3 . A equação (18) com o termo de normalização das condições de propagação é apresentada como equação (19).

$$L_w = L_p + 10 \log \left(\frac{A}{A_0} \right) + 4,34 \frac{A}{S} + 10 \log \left(1 + \frac{Sc}{8vf} \right) - 25 \log \left[\frac{425}{400} \sqrt{\frac{273}{273+\theta}} \cdot \frac{B}{B_0} \right] - 10 \log(4) \quad (19)$$

O cálculo do nível de potência sonora a partir das medidas dos níveis de pressão sonora para o método direto está descrito na equação (20).

$$L_w = \bar{L}_p + \left\{ 10 \log \frac{A}{A_0} + 4,34 \frac{A}{S} + 10 \log \left(1 + \frac{Sc}{8Vf} \right) - 25 \log \left[\frac{423}{400} \sqrt{\frac{273}{273+\theta}} \cdot \frac{B}{B_0} \right] - 6 \right\} dB \quad (20)$$

onde:

L_w = potência sonora da fonte sob teste (dB).

L_p = média da pressão sonora medida na câmara (dB).

A = área equivalente de absorção sonora da sala (m^2)

$A_0 = 1 \text{ m}^2$

S = área total da superfície da câmara (m^2).

V = volume da câmara (m^3).

f = frequência de medição (Hz).

C = é a velocidade do som a temperatura $\theta = > c = 20,05 \cdot \sqrt{273+\theta} \text{ m/s}$

B = é a pressão atmosférica (Pa)

$B_0 = 10^5 \text{ Pa}$.

Para o método da comparação, deve-se medir o nível de pressão sonora de uma fonte sonora padrão e depois medir a fonte em questão. A potência sonora da fonte sonora padrão deve ser conhecida. As posições de microfone adotadas para as medidas devem ser as mesmas, tanto para a fonte sonora padrão como para a fonte a ser medida, pode-se considerar os níveis de pressão sonora medidos sonoros e determinar o nível de potência sonora a partir da fórmula (23).

Para compreensão da equação (23), pode-se partir da equação (19) que relaciona a média dos níveis de pressão sonora medidos e a área equivalente de absorção, com a determinação de potência sonora da fonte.

Para cada uma das fontes sonoras, a padrão e a fonte a ser medida, pode-se expressar a equação 19.

- para a fonte sonora a ser medida

$$L_w = L_p + 10\log\left(\frac{A}{A_0}\right) + 4,34\frac{A}{S} + 10\log\left(1 + \frac{S_c}{8vf}\right) - 25\log\left[\frac{425}{400}\sqrt{\frac{273}{273+\theta}} \cdot \frac{B}{B_0}\right] - 10\log(4) \quad (21)$$

- para a fonte sonora de referência

$$L_{w_r} = L_{p_r} + 10\log\left(\frac{A}{A_0}\right) + 4,34\frac{A}{S} + 10\log\left(1 + \frac{S_c}{8vf}\right) - 25\log\left[\frac{425}{400}\sqrt{\frac{273}{273+\theta}} \cdot \frac{B}{B_0}\right] - 10\log(4) \quad (22)$$

Obtendo a diferença das equações (21) e (22), as constantes se cancelam por se tratar do mesmo ambiente, resultando então:

$$L_w - L_{w_r} = L_{Prms} - L_{Prmsr} \quad (23a)$$

Isolando-se o nível de potência sonora da fonte a ser medida, chega-se a equação (23b), que é a expressão utilizada no método de comparação:

$$L_w = L_{w_r} + (L_{Prms} - L_{Pr}) \quad (23b)$$

onde: L_w = potência sonora da fonte sob teste (dB).

L_{w_r} = potência sonora da fonte calibrada (dB).

L_{Prms} = média da pressão sonora da fonte sob teste (dB).

L_{Prmsr} = é a média da pressão sonora da fonte de referência (dB).

A equação (23b) pode ser utilizada tanto para os níveis em bandas de frequência como para os níveis globais ponderados ou não, desde que seja feita a medição nas devidas condições. Um exemplo de fonte sonora padrão é apresentado na figura 14.



Figura 14 - Fonte sonora de referência modelo 4204 da Brüel & Kjaer. Fonte: Brüel & Kjaer, Sound Souce 4204. Product Data -Sound&Vibration Master Catalogue, 1999, Vol. 1. il.

Schultz (1971b) comentou o sucesso da utilização de fontes sonoras de referência para determinações de níveis de potência sonora por comparação devido a sua resposta uniforme do nível de potência de saída. Com a instrumentação apropriada e uma fonte de referência calibrada, o nível de potência é determinado a partir de medições de níveis de pressão sonora comparando as condições da fonte sonora de referência e uma fonte sonora com potência a ser determinada.

A norma ISO 3741 (1999) é uma norma utilizada para determinação de potência sonora de fontes de ruído utilizando métodos de precisão. Ela também é usada para calibração de fontes sonoras de referência.

Norma ISO 3743 - Método de Engenharia

O método de engenharia não oferece a exatidão do método descrito na ISO 3741 (1999). Nesse método não há uma exigência tão rígida com relação ao volume da sala de ensaios, mas as paredes devem ser bem reflexivas e com um ruído de fundo pelo menos 6dB abaixo do ruído da fonte a ser medida.

Devido ao volume mínimo permitido ser menor, o custo de uma câmara reverberante para atender ao método de engenharia reduz significativamente comparado com o custo de uma câmara reverberante que atenda totalmente ao método de precisão.

Este método também permite o uso das metodologias direta e por comparação. A metodologia por comparação necessita de uma fonte sonora de referência e utiliza a mesma equação (23b) descrita no método de comparação pela norma ISO 3741 (1999). A partir da diferença entre os níveis de pressão sonora médios espaciais medidos entre uma fonte sonora padrão e uma fonte de ruído, é possível correlacionar o nível de potência sonora da fonte de ruído com o nível de potência sonora da fonte sonora de referência.

A metodologia por comparação exige que a câmara tenha no mínimo 40 m³ para uma fonte de no máximo 1 m³. O coeficiente de absorção total das superfícies internas câmara não deve exceder 0,20.

Os pontos utilizados para realizar as medições de nível de pressão sonora devem estar distantes de no mínimo 1 m de cada superfície da câmara, 1,5 m de qualquer superfície do objeto de ensaio e a distância mínima de $\lambda/2$ de cada microfone, sendo λ o comprimento de onda da menor frequência de teste. O coeficiente de absorção sonora total entre as paredes deve ser de no máximo 0,06. A correlação de dois pontos dentro de um campo reverberante estudado por Morrow (1971) também é utilizada para a limitação da distância mínima entre microfones, bem como as deduções de Lubman (1971) e Maa (1988) com relação à distância de microfones e superfície interna da sala de ensaios.

Na metodologia direta a sala para os testes deve ter um volume mínimo de 70 m³, para medir frequências de pelo menos 125 Hz, e não deve exceder o volume de 300 m³, pois a partir deste volume a absorção do ar influencia nos resultados dos ensaios. Como este método permite que a fonte tenha o volume de 2,5% do volume total da sala, para uma sala de 70 m³ pode-se medir uma fonte de no máximo 1,8 m³. Segundo Kristensen (1976), a partir da correlação da potência sonora com a média quadrática da pressão sonora num campo reverberante mostrada na equação (24):

$$W = \frac{P_{rms}^2}{4\rho c} \cdot A \quad (24)$$

onde: W = potência sonora emitida pela fonte (W/m²).

P_{rms}^2 = média quadrática da pressão sonora (Pa).

$\rho.c$ = impedância acústica característica do ar (respectivamente a densidade e velocidade de propagação no meio) (Kg/m³ e m/s).

A = área equivalente de absorção total da sala de ensaios (sabine.m²).

A área equivalente de absorção pode ser representada segundo a fórmula do tempo de reverberação da ISO 354 representada pela equação (25).

$$A = \frac{0,16.V}{T} \quad (25)$$

onde: A = área equivalente de absorção total da sala de ensaios (sabine.m²).

V = volume da sala de ensaios (m³)

T = Tempo de reverberação da sala (seg).

Substituindo (25) em (24), obtém-se a equação (26).

$$W = \frac{P_{rms}^2}{4\rho c} \cdot \frac{0,16.V}{T} \quad (26)$$

Tomando os fatores como níveis sonoros obtém-se:

$$L_W = L_{Prms} - 10 \log \left(\frac{T}{T_0} \right) + 10 \log \left(\frac{V}{V_0} \right) + 10 \log(0,04) \quad (27)$$

A equação (28) é resultado da inserção de dois fatores. O primeiro está associado aos erros existentes ao aumento de pressão e é dado pelo fator $1/(1-\bar{\alpha})$. O segundo vem do parâmetro de reverberação R que conjuntamente com o tempo de reverberação determina o T_{nom} ($T=R.T_{nom}$) (KRISTENSEN, 1976). Dessa forma obtém-se a equação (28).

$$L_W = L_{Prms} - 10 \log \left(\frac{R.T_{nom}}{T_0} \right) + 10 \log \left(\frac{V}{V_0} \right) + 10 \log(0,04) - \log(1/1-\bar{\alpha}) \quad (28)$$

Determinado o valor R da equação (30) e efetuado o ajuste gráfico descrito na figura 15, o termo $R.T_{nom}$ passa a T_{nom} . Nos casos em que o campo é totalmente reverberante o termo $1/(1-\bar{\alpha})$ assume o valor 1, e o valor de seu logaritmo se torna zero na equação (28). Nestas

condições obtém-se a equação (29) que é a equação proposta para a determinação de níveis de potência sonora segundo a ISO 3743/2 (1994).

$$L_W = L_{Prms} - 10\log(T_{nom}/T_0) + 10\log(V/V_0) - 13 \text{ dB} \quad (29)$$

Onde:

L_W = Nível de potência sonora medida da fonte (dB)

L_{Prms} = Média dos níveis de pressão sonora medidos da fonte (dB)

T_0 = 1 seg

V_0 = 1 m³

V = Volume da sala (m³)

T_{nom} = Tempo de reverberação nominal (seg)

A câmara reverberante deve atender a um fator de qualificação chamado de T_{nom} ou tempo de reverberação nominal que se obtém através de uma equalização dos tempos de reverberação da câmara.

Um fator muito importante para a determinação do tempo de reverberação nominal é o parâmetro de reverberação. Segundo a ISO 3741/2 (1994), o cálculo deste parâmetro depende do volume da câmara e da faixa de frequências de medição. A equação (30) mostra este cálculo.

$$R = 1 + 257/(f \cdot V^{1/3}) \quad (30)$$

Onde:

f = é a frequência da banda de terço de oitava que pode variar de 100 a 10k Hz.

V = é o volume da sala.

O parâmetro de reverberação define uma curva ideal de tempos de reverberação normalizados a 1000 Hz para a câmara. Tempos de reverberação normalizados a 1000 Hz são os tempos de reverberação obtidos tomando como referência uma banda de frequência de 1000 Hz, ou seja, dividindo os valores de tempo de reverberação das outras bandas de frequência pelo valor obtido na banda de frequência de 1000 Hz.

A normalização dos tempos de reverberação não é exatamente a curva ideal obtida pelo parâmetro de reverberação. Os tempos de reverberação normalizados a 1000 Hz podem estar entre limites estabelecidos. Os limites são determinados por duas curvas uma a 10% acima da

curva do parâmetro de reverberação (R multiplicado por 1,1) e outra 10% abaixo do mesmo parâmetro (R multiplicado por 0,9). Para as frequências a partir de 6300 Hz as curvas são determinadas a 20% (R x 1,2 e R x 0,8) acima e abaixo do parâmetro de reverberação.

Encontrados os parâmetros de reverberação da sala deve-se normalizar os tempos de reverberação dividindo-os pelo valor do tempo de reverberação em 1000 Hz e obter a curva T/T_{1000} .

Para determinar o T_{nom} deve-se enquadrar graficamente a curva T/T_{1000} entre as curvas limites obtidas do parâmetro de reverberação e ler o valor obtido em $x = 1000$ Hz. Depois, igualando este valor a escala T/T_{1000} obtém-se o T_{nom} , como na figura 17.

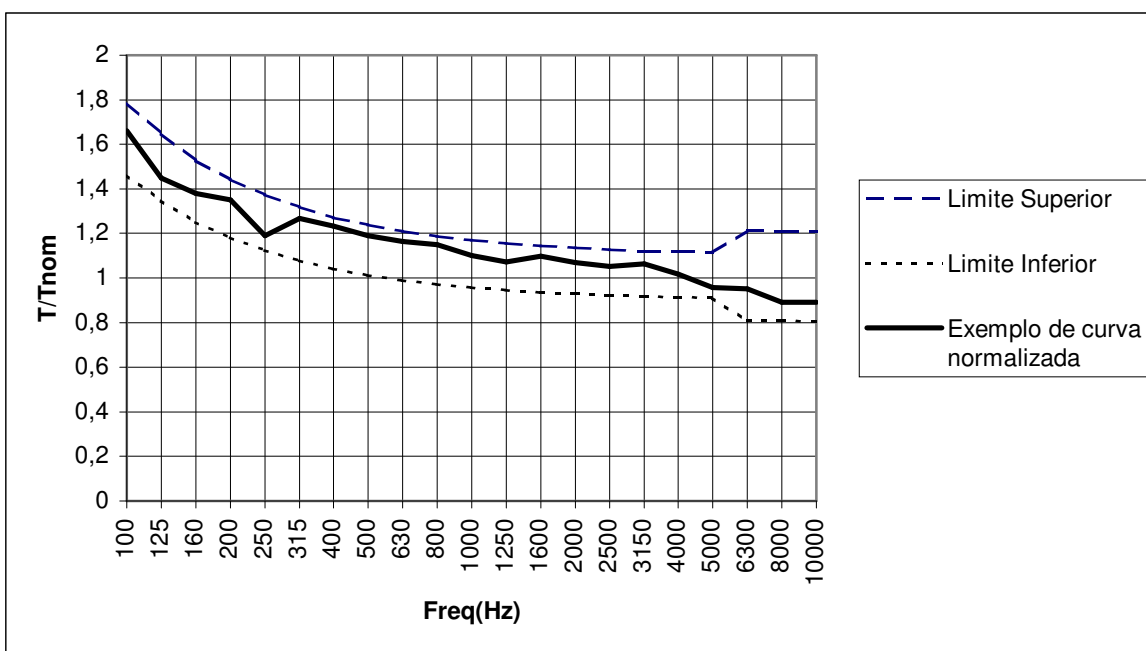


Figura 15 – Curva de normalização para os parâmetros de reverberação. Fonte: Brüel & Kjaer. Application of B&K Equipment to Acoustic Noise Measurements, 1978. p. 146. il.

Ao centralizarmos graficamente a curva T/T_{1000} na figura 15, dentro dos limites do parâmetro de reverberação, teremos um valor em 1000 Hz. Do gráfico na figura 15 tem-se aproximadamente 1,09 para Frequência = 1000 Hz. Com este valor calculamos o T_{nom} igualando as relações dos gráficos para a frequência de 1000 Hz.

$$\frac{T / T_{1000}}{T / T_{nom}} = \frac{1}{1,09} \rightarrow \text{temos que } T_{nom} = T_{1000} / 1,09 \text{ ,portanto } T_{nom} = 0,8/1,09 = 0,73 \text{ s}$$

Caso o tempo de reverberação da sala não seja ajustado dentro dos limites das curvas, os tempos de reverberação devem ser ajustados com elementos de absorção e absorvedores sintonizados. Os absorvedores sintonizados são construídos com uma membrana vibrante que ressoa em determinada frequência conforme características físicas destes absorvedores de acordo com a equação (31) fornecida pela ISO 3743:1994 - Parte 2. Kristensen (1976) realizou um trabalho para a equalização de tempos de reverberação de uma sala de 70 m³ para determinação de potência sonora segundo a metodologia direta descrita na ISO 3743 – Parte 2.

$$f = 60 (l \sigma_A)^{-1/2} \quad (31)$$

onde: σ_A – densidade superficial da placa vibrante.(Kg/m²)

l – distância entre placa e parede.(m)

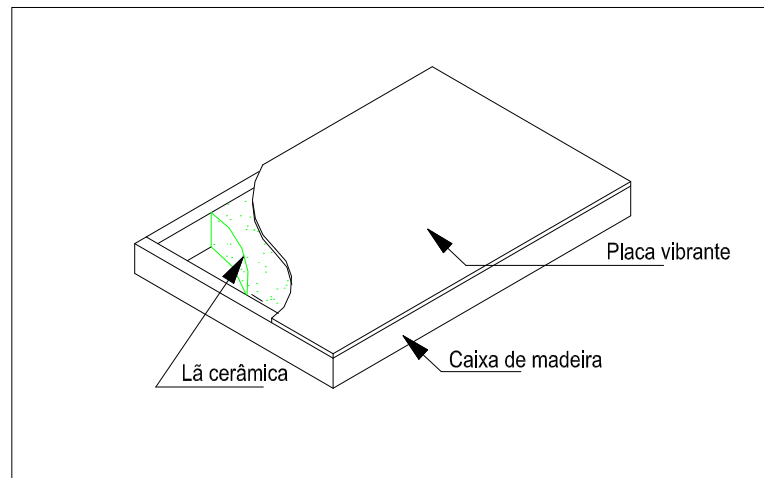


Figura 16 – Absorvedor de membrana vibrante (absorvedor sintonizado) utilizada para equalização de tempos de reverberação.

Os absorvedores sintonizados demonstram ótimos resultados de absorção sonora para baixas frequências. As utilizações destes painéis absorvedores foram estudadas para a qualificação de salas especiais em baixas frequências por Fuchs, Zha e Pommerer (1999).

Tohiana, Imai e Tachiban (1989) comentavam que a utilização de absorção sonora em baixas frequências diminuía o erro derivado da sobreposição modal nestas frequências. Bem

como Mailing (1967) que comentava que para baixas frequências as paredes das salas de ensaios acústicos não deveriam ser necessariamente tão rígidas e reflexivas, mas com alguma absorção para diminuir variâncias encontradas.

Para médias e altas frequências, elementos absorvedores são normalmente utilizados para o controle dos tempos de reverberação. Os elementos absorvedores a serem usados na câmara podem ser escolhidos entre materiais porosos, placas, painéis ou qualquer outro material que possua características próprias de absorção acústica nas frequências em questão.

3 - METODOLOGIA

Para o desenvolvimento da pesquisa adotou-se como metodologia, ensaios utilizando métodos de determinação de potência sonora em ambientes reverberantes. Dentro do método de determinação de potência sonora foram utilizadas as metodologias por comparação e direta para os ambientes reverberantes.

3.1 – Escolha do método

Os métodos utilizados foram baseados nos métodos de ensaio descritos na ISO 3743 - Acoustics – Engineering methods for special reverberations test rooms e na ISO 3741 – Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Precision methods for reverberation rooms.

A norma brasileira para a determinação do nível de potência sonora de fontes, NBR 13910 (1997), faz menção às normas: ISO 3743 (1994), ISO 3744 (1994) e à NBR 7566 (Maquinas elétricas girantes – Nível de ruído transmitido através do ar – Método de medição num campo livre sobre um plano refletor, 1982) para a determinação do nível de potência sonora. Como o objetivo deste trabalho é investigar os métodos de determinação de potência sonora visando programa de etiquetagem de furadeiras elétricas de uso doméstico, serão utilizados os métodos descritos pela ISO 3743 (1994) e ISO 3741 (1999) mais precisamente a metodologia direta. As normas ISO 3744 (1994) e NBR 7566 (1982) são específicas de métodos que determinam o nível de potência sonora de uma fonte utilizando a condição de campo livre. Alguns requisitos das normas ISO 3743/1 e /2 (1994), não possuem a mesma restrição a respeito de níveis máximos de ruído de fundo e posicionamento de microfones do que os permitidos na norma nacional NBR 13910/1 (1997). Nestes requisitos foram utilizadas as restrições citadas na norma nacional, pois o objetivo do método a ser proposto é atender aos requisitos da NBR 13910/1 (1997).

Apesar de ser encontrado nas normas internacionais o termo método direto de ensaio ou método por comparação, optou-se por utilizar o termo metodologia no lugar de método a fim de evitar possíveis equívocos ao longo da leitura do texto.

3.2 – Qualificação do ambiente de ensaio (ISO 3743, 1994)

Para medições de potência sonora em ambiente reverberante é preciso qualificar esse ambiente antes de realizar as medições. Esta qualificação define os parâmetros necessários do ambiente reverberante para a determinação de potência sonora de fontes.

Os ambientes reverberantes em questão foram duas salas especiais ou câmaras reverberantes adaptadas para a determinação dos níveis de potência sonora a partir de medições de níveis pressão sonora.

3.2.1 – Metodologia por Comparação (ISO 3743/1, 1994)

Para aplicação da metodologia por comparação é necessário que o volume mínimo da sala reverberante seja de pelo menos 40 m³.

O coeficiente de absorção das paredes da sala deverá ser menor que 0,20 ($\alpha_{\text{sup}} < 0,20$). As paredes da sala devem ser rígidas com uma isolamento sonora que não permita a interferência do ruído de fundo.

O critério de ruído de fundo exige que a diferença entre o ruído emitido pela fonte e o ruído de fundo da câmara não deve ser menor que 6 dB. O ideal é que o ruído de fundo seja 10 dB menor que o ruído da fonte sonora. Se a diferença entre o ruído da fonte e o ruído de fundo estiver entre 6 e 10 dB, o valor medido do nível de pressão sonora da furadeira deverá ser corrigido segundo item 7.5.2 da NBR 13910/1 (1997), para retirar a influência do ruído de fundo na medição realizada. O critério de ruído de fundo descrito na norma ISO 3743/1 (1994) descreve que o nível de pressão sonora do ruído de fundo deve estar abaixo 6 dB do nível de pressão sonora do ruído medido da fonte sonora. Foram adotados os fatores de correção obtidos da NBR 13910/1 (1997). Pela equivalência existente entre os fatores de correção obtidos da equação (32) existente na norma ISO 3743/1 (1994) e os valores obtidos na tabela 2 existente na norma NBR 13910/1 (1997), optou-se pela utilização da tabela 2, pois o programa Selo Ruído faz menção a norma NBR 13910/1 (1997). A equação (32) é apresentada a seguir:

$$L_{pi} = 10 \log \left[10^{0,1L'_{pi}} - 10^{0,1L''_{pi(B)}} \right] dB \quad (32)$$

Onde:

L'_{pi} – Nível de pressão sonora medido da fonte de ruído. (dB)

$L''_{pi(B)}$ - Nível de pressão sonora do ruído de fundo. (dB)

L_{pi} - Nível de pressão sonora da fonte corrigido. (dB)

As correções do ruído de fundo na norma NBR 13910/1 (1997) são apresentados na tabela 2:

Tabela 2: Correções a serem implementadas nos níveis de pressão sonora medidos com referência ao ruído de fundo.

Diferença entre o nível de pressão sonora medido com a fonte sonora em operação e o nível de pressão sonora do ruído de fundo (dB)	Correções a serem subtraídas do nível de pressão sonora medido com a fonte operando para a obtenção do nível de pressão sonora corrigido da fonte (dB)
< 6	Medições inválidas
6	1,0
7	1,0
8	1,0
9	0,5
10	0,5
> 10	0,0

Fonte: NBR 13910:1997 – Parte 1. Tabela 1

A metodologia por comparação da ISO 3743/1 (1994) exige que seja utilizada uma fonte sonora de referência calibrada. A fonte sonora de referência é uma fonte sonora em que os níveis de potência sonora são conhecidos. A calibração desta fonte garante a veracidade dos valores indicados pelo fabricante. Estes valores, na maioria das vezes, se encontram em uma carta de calibração. A manutenção dos valores indicados na carta de calibração é realizada a partir de recalibrações periódicas em laboratório credenciado.

As condições ambientais devem estar de acordo com o item 6.3 da norma NBR 13910/1 (1997) que estão apresentados na tabela 3:

Tabela 3 - Condições ambientais para ensaios para determinação de potência sonora.

Temperatura	De 15 °C a 30 °C
Umidade Relativa	De 30 % a 70 %
Pressão atmosférica	De 86 kPa a 106 kPa

3.2.2 – Metodologia Direta (ISO 3743/2, 1994).

Para a metodologia direta o volume mínimo da sala reverberante deve ser de pelo menos 70 m³.

O coeficiente de absorção das paredes da sala deverá ser menor que 0,06 ($\alpha_{sup} < 0,06$). As paredes da sala devem ser rígidas com uma isolamento sonora que satisfaça o critério de ruído de fundo.

O critério de ruído de fundo descrito na norma ISO 3743:1994 – Parte 2 exige apenas que o nível de pressão sonora do ruído de fundo deve estar pelo menos 4 dB abaixo do nível de pressão sonora do ruído emitido pela fonte sonora. Adota-se o descrito na NBR 13910:1997 - Parte 1 por esta ser mais restritiva em relação à influência do ruído de fundo. Os valores de correção dos níveis de pressão sonora medidos das furadeiras são os apresentados na tabela 2.

Para a metodologia direta, a câmara ou sala reverberante deverá ter o seu tempo de reverberação equalizado segundo o parâmetro de reverberação descrito no item 2.5.2 dessa dissertação mais precisamente pela equação (18).

Ainda na metodologia direta, a obtenção do T_{nom} deverá ser realizada a partir de uma medição de Tempo de Reverberação da sala segundo a ISO 354 – Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room. Obtido pelo parâmetro de reverberação o T_{nom} é válido desde que não haja uma variação ambiental maior do que a variação estabelecida pelo critério da temperatura e umidade do item 4.6 da ISO 3743/2 (1994).

Segundo o critério da temperatura e umidade, a multiplicação do valor da umidade relativa do ar e da temperatura da sala reverberante, somada de cinco graus, resulta em um valor. Este valor deverá ser calculado no início do ensaio e este critério deverá ser monitorado durante o ensaio para não ultrapassar a variação de 10 % do valor inicial. A equação (33) demonstra este critério.

$$u.r. \times (\theta + 5^\circ C) \leq \pm 10\% \quad (33)$$

onde:

u.r. = umidade relativa do ar dentro da sala reverberante (%).

θ = temperatura ambiente na sala reverberante (°C).

Caso ocorra uma variação maior que 10%, outra medição de tempo de reverberação deverá ser realizada.

Segundo a NBR 13910/1 (1997) as condições ambientais não deverão ultrapassar as variações indicadas na tabela 3.

3.2.3 – Metodologia Direta de precisão (ISO 3741, 1999).

Para a metodologia direta de precisão (ISO 3741, 1999), sem considerar seu anexo E, o volume mínimo de uma sala reverberante depende da frequência mínima da faixa de medição de interesse. Estes limites estão apresentados na Tabela 4:

Tabela 4: Volume mínimo da sala de testes em função da menor frequência da faixa de interesse.

Menor banda em frequência da faixa de interesse. (Hz)	Volume mínimo da sala de testes. (m³)
100	200
125	150
160	100
200 e acima	70

O anexo E da norma ISO 3741 (1999) descreve procedimentos para a qualificação de salas para medições de fontes com um ruído caracterizado como de banda larga e que não se enquadrem nos valores descritos na tabela 4. No caso da furadeira, o ruído característico pode ser considerado de banda larga, porém o procedimento exige uma fonte sonora de referência para realizar a qualificação do ambiente.

O coeficiente de absorção das paredes da sala deverá ser menor que 0,06 ($\alpha_{sup} < 0,06$). O tempo de reverberação da sala, em decorrência ao baixo coeficiente de absorção

de suas superfícies, deve ser numericamente maior que a razão do volume pela superfície da sala. Como representado na equação (34).

$$T_{rev} > V/S \quad (34)$$

onde:

T_{rev} – é o tempo de reverberação expresso em segundos (s);

V – é o volume da sala reverberante expresso em metros cúbicos (m^3);

S – é a área superficial total da sala de testes expressa em metros quadrados (m^2).

As paredes da sala de testes devem ser rígidas com uma isolamento sonora que satisfaça o critério de ruído de fundo. O critério de ruído de fundo para esta norma exige que a diferença entre o ruído emitido pela fonte e o ruído de fundo da câmara não deve ser menor que 10 dB. O ideal é que o ruído de fundo seja 15 dB menor que o ruído da fonte sonora. Estando a diferença entre o ruído da fonte e o ruído de fundo entre 10 e 15 dB, o valor do nível de pressão sonora da fonte de ruído medido deverá ser corrigido segundo a equação (35).

$$K_1 = -10 \log[1 - 10^{-0,1\Delta_L}] \text{ dB} \quad (35)$$

Onde:

K_1 – é a correção para o ruído de fundo expresso em decibéis. (dB)

$$\Delta_L = \overline{L'_p} - \overline{L''_p}$$

L'_p – é a média quadrática dos níveis de pressão sonora medidos da fonte de ruído.(dB)

L''_p – é a média quadrática dos níveis de pressão sonora medidos do ruído de fundo.(dB)

As variações permitidas nas condições ambientais da sala de testes, segundo a ISO 3741:1999, são definidas de acordo com a faixa da temperatura e da umidade relativa medidas. Estas variações estão apresentadas na Tabela 5:

Tabela 5: Limites permissíveis de variação de temperatura e umidade em função da faixa de temperatura e umidade medidas.

Faixas de temperatura θ °C	Faixas de umidade relativa		
	< 30 %	30 % a 50 %	> 50 %
	Limites permissíveis de temperatura e umidade relativa		
$-5 \leq \theta < 10$	± 1 °C	± 1 °C ± 5 %	± 1 °C
$10 \leq \theta < 20$	± 3 %	± 3 °C ± 5 %	± 3 %
$20 \leq \theta < 50$	± 2 °C ± 3 %	± 5 °C ± 5 %	± 5 °C ± 10 %

Fonte: ISO3741:1999 – Tabela 3

A variação de pressão atmosférica permitida na norma ISO 3741 (1999) é de $\pm 1,5$ kPa.

3.3 – Posicionamento de microfones e fontes.

O posicionamento de fontes de ruído e microfones devem obedecer às restrições previstas em normas. Este posicionamento é realizado de acordo com o comprimento de onda do ruído a ser medido e das características geométricas da sala de ensaios.

Para qualquer uma das duas metodologias (de comparação ou a direta) da ISO 3743 (1994) a escolha das posições de microfone deverá ser feita de forma que, a distância entre fonte sonora e microfone respeitem uma distância mínima descrita pela equação (36).

$$d_{minmic} = 0,3 V^{1/3} \quad (36)$$

onde:

V = é o volume da câmara (m^3).

Para a metodologia direta de precisão descrita na ISO 3741 (1999) a distância mínima entre fonte e microfone é dada pela equação (37).

$$d_{\min} = C_1 \sqrt{V / T_{rev}} \quad (37)$$

onde:

$$C_1 = 0,08$$

V – é o volume da sala de testes expresso em metros cúbicos (m^3)

T_{rev} – é o tempo de reverberação da sala expresso em segundos (s).

Lubman (1968) e (1971) comentou a existência da perda de energia próximo às superfícies das salas de ensaios detectada por Waterhouse (1955). Para evitar esta região, a distância entre a fonte sonora e cada uma das paredes da câmara deve ser de pelo menos 1,5 m. Entre as posições de microfone e qualquer parede deve ser adotada a distância mínima de pelo menos 1m. Estas dimensões foram adotadas a partir da norma NBR 13910/1 (1997). As dimensões mínimas entre microfones e superfícies internas da sala de ensaios e dimensões mínimas entre fonte de ruído e superfícies internas foram obtidas da norma NBR 13910/1 (1997) por ser mais restrita que as normas ISO 3743/1 e /2 (1994) e ISO 3741 (1999).

Morrow (1971) estudou a correlação da pressão sonora medida em duas posições dentro de uma câmara reverberante e concluiu que a pressão sonora em dois pontos distintos se correlaciona quando estes pontos estão distantes de menos que metade do comprimento de onda.

A distância entre microfones deve ser de pelo menos meio comprimento de onda, ou seja, a distância mínima entre microfones deve ser de $\lambda/2$, onde λ é o comprimento de onda da menor banda de frequência a ser medida.

As alturas das posições de microfone devem assumir valores diferentes e distanciados de pelo menos 0,2 m. Esta variação de altura é um dos requisitos da NBR 13910/1 (1997) encontrado no item 7.3.9. Caso as posições de microfone estejam contidas em um plano, este plano deve formar um ângulo de pelo menos 10° a qualquer superfície paralela da câmara.

Lubman (1971) mostrou que o número mínimo de medições depende da variância espacial e do erro de amostragem normalizado a 95%. Estes valores são encontrados a partir dos valores de níveis de pressão sonora medidos.

Para a validação do arranjo de microfones e fonte, deve-se primeiramente utilizar 6 posições de microfones com uma posição de fonte de ruído. Depois deverão ser medidos os níveis de pressão sonora para cada arranjo microfone-fonte. Para cada banda de oitava será realizado o cálculo do desvio padrão estimado (s_M) conforme a fórmula (38):

$$s_M = (n - 1)^{-1/2} \left[\sum_{i=1}^n (L_{pi} - \overline{L_p})^2 \right]^{1/2} \quad (38)$$

onde:

L_{pi} = é o nível de pressão sonora no i-ésimo ponto de medição (dB).

$\overline{L_p}$ = é o valor médio dos níveis de pressão sonora medidos nos diversos pontos: L_{p1}, L_{p2}, \dots

n = é o número das posições de microfone

O valor médio dos níveis de pressão sonora medidos nas posições de microfone deverá ser calculado segundo a equação (39).

$$\overline{L_p} = 10 \log \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0,1 \cdot L_{pi}} \right] \quad (39)$$

onde:

L_{pi} = é o nível de pressão sonora no i-ésimo ponto de medição (dB).

n = é o número das posições de microfone

Se o valor do desvio padrão a ser calculado for menor que 2,3, então o arranjo é suficiente para o ensaio a ser realizado. Se o valor do desvio padrão calculado estiver entre 2,3 e 4, inclusive, deve-se acrescentar uma posição de fonte para a realização do ensaio. Se o desvio padrão calculado for maior que 4 então deverão ser utilizadas 12 posições de microfone e 2 posições de fonte sonora. Caso a sala utilizada não disponha de

volume suficiente para o posicionamento do arranjo de ensaio, outra sala deverá ser utilizada.

Para diminuir a quantidade de microfones a serem utilizadas no ensaio um microfone móvel pode ser utilizado. Lubman et al (1973) comentam sobre a necessidade da média espacial para medições de nível de potência sonora. A média quadrática espacial ideal do nível de pressão sonora de uma câmara seria a média do nível de pressão em todos os pontos, porém uma relação da média de uma certa amostragem com a média em todos os pontos da câmara pode ser realizada, e assim obter a média espacial a partir de uma amostragem. Esta técnica detém alguns erros sistêmicos que são consideravelmente pequenos para os ensaios de potência sonora.

Um microfone móvel é aquele que segue uma trajetória conhecida, com o auxílio de algum servo-maquinarío que movimenta o microfone por tal trajetória. A figura 17 ilustra um sistema de rotação com um microfone móvel.

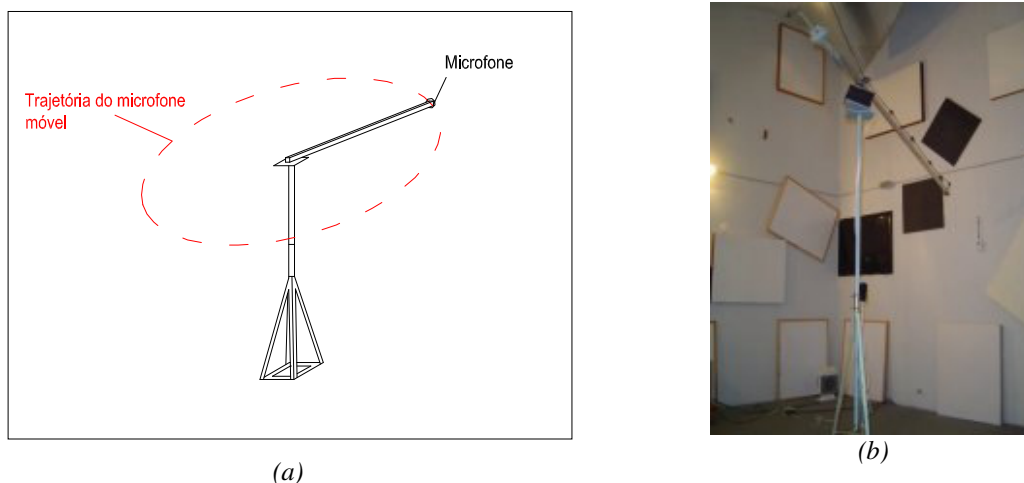


Figura 17 – Sistema de rotação e trajetória de microfone móvel: (a) – Desenho esquemático com descrição da trajetória. (b) – Foto do sistema

Na utilização de um microfone móvel, o caminho a ser percorrido pelo microfone é definido pelo comprimento de onda da menor frequência a ser medida, representada por λ . Alguns casos gerais são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Tamanho mínimo do caminho a ser percorrido pelo microfone móvel

Tipo de caminho	Linha ou Arco	Circular ou Retangular
Descrição	<i>l</i> é o comprimento do caminho a ser percorrido pelo microfone.	<i>A</i> é a área da figura geométrica formada pelo caminho percorrido pelo microfone.
Fórmula	$l = \lambda/2$	$A=(\lambda/2)^2$

Os caminhos obtidos para a medição da média espacial dos níveis de pressão sonora utilizando o pedestal móvel derivam do distanciamento sugerido por Morrow (1971) de meio comprimento de onda entre posições de microfone. Esta relação foi sugerida por Lubman (1971) para a utilização de microfones móveis nas determinações de níveis de potência sonora.

Para a validação do arranjo de ensaio, quando se utiliza um microfone móvel, as posições de microfone devem ser escolhidas em pontos situados no caminho percorrido pelo microfone.

3.4 – Carga e operação das fontes de ruído

Definidas as posições e o arranjo dos microfones, é necessário estabelecer o posicionamento e as condições de operação da fonte sonora. A furadeira deve ser acoplada a um dispositivo de ensaio para que seja acionada sem a intervenção de um operador. Alguns modelos de furadeiras possuem um botão de travamento para acionamento contínuo. No caso de não haver um botão de travamento, algum outro meio de travamento deve ser utilizado.

Os ensaios foram realizados com a furadeira operando em vazio e com a função de impacto acionada. Para cada condição, a furadeira foi acoplada a um dispositivo de ensaio que permitiu a operação da mesma sem a necessidade de um operador. O dispositivo utilizado está ilustrado na figura 18.

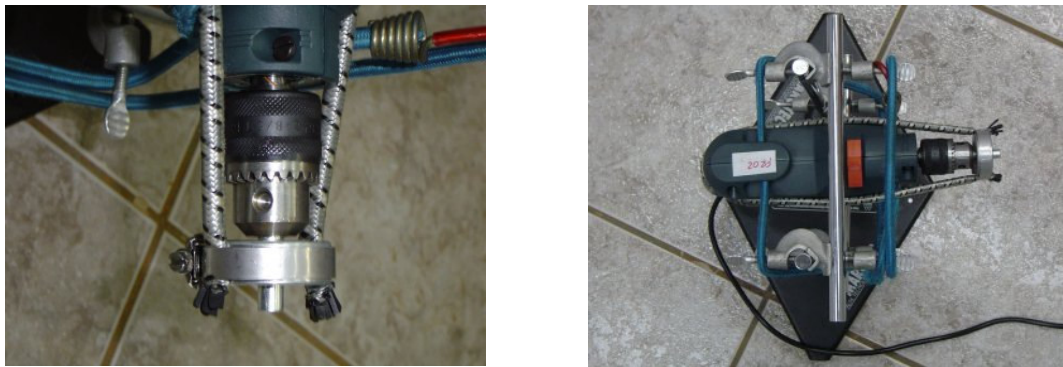


(a)

(b)

Figura 18: (a) – Foto ilustrativa de posicionamento da furadeira com suporte para ensaio em vazio. (b) – Foto do suporte utilizado no ensaio para a 3743:1994 – Parte 2

Para os ensaios utilizando a função de alto impacto, foi utilizado um dispositivo denominado tracionador para que o acionamento da função de impacto fosse possível. O tracionador é constituído por uma tira elástica acoplada a um enrolamento, de modo que permita a rotação da furadeira, exercendo força suficiente no seu eixo para que seja acionado o impacto. O tracionador está ilustrado na figura 19.



(a)

(b)

Figura 19: (a) - Foto do tracionador utilizado para o acionamento do impacto nas furadeiras. (b) – Foto de topo do tracionador acoplado na furadeira.

Como o furadeira é um aparelho de utilização manual, a norma NBR 13910/1 (1997) exige que estes aparelhos sejam instalados de forma a ficarem suspensos por meios elásticos e que seu centro de gravidade fique à uma altura de aproximadamente 0,25 m.

Segundo o item 6.2 da NBR 13910/1 (1997), a tensão de alimentação da fonte sonora não deve variar de mais de 2% do valor nominal da rede de alimentação (127 ou 220 V).

3.5 – Procedimento de medição

Os ensaios realizados foram divididos em três partes: metodologia direta com câmara reverberante (ISO 3743/2, 1994); metodologia por comparação (ISO 3743/1, 1994) e metodologia direta, mas utilizando a norma ISO 3741 (1999).

A Câmara Reverberante do Laboratório de Ensaio Acústicos (LEAC) da Waytech Engenharia e Comércio Ltda foi utilizada nos ensaios de metodologia direta da ISO 3743/2 (1994).

A Sala de Ensaio Acústicos do Laboratório de Conforto da Faculdade de Engenharia Civil da Unicamp foi utilizada para os ensaios da metodologia por comparação segundo a ISO 3743/1 (1994) e para ensaios da metodologia direta segundo a ISO 3741 (1999).

Foram utilizadas três furadeiras novas que passaram pelo período de pré-condicionamento descrito na NBR 13910/1 (1997) e depois ensaiadas para todas as metodologias escolhidas.

3.5.1 – Procedimento de medição para a determinação de potência sonora para metodologia direta segundo ISO 3743/2 (1994).

A câmara utilizada para esta metodologia foi a Câmara Reverberante do LEAC – Waytech. Esta câmara tem 160,2 m³ de volume interno, superfície interna de 172,7 m² e área útil do piso de 13,1 m².

A instrumentação utilizada para a realização dos ensaios para o método direto está relacionada na tabela 7 e estão de acordo com o item 5 da norma NBR 13910/1 (1997).

Tabela 7 – Tabela dos instrumentos utilizados na metodologia direta no LEAC da Waytech Eng. e Com. Ltda.

Aparelho	Marca/Modelo
Analizador de Sinais	Hewlett Packard/3569A
Microfone	Brüel & Kjaer/4192
Pré-Amplificador (Microfone)	G.R.A.S. / 26 AB
Rotating Boom (pedestal giratório)	TRACK
Termo-higrômetro	TFA
Multímetro	Micronta
Barômetro	BARO
Sound Calibrator	Norsonic / CA250
Estabilizador de Tensão	Beta

– *Qualificação da câmara reverberante*

A norma ISO 3743:1994 – Parte 2 exige uma sala reverberante de pelo menos 70 m³, e a Câmara Reverberante do LEAC atende a este requisito já que possui 160,2 m³.

A absorção interna das superfícies da câmara, sem considerar os absorvedores sintonizados, foi calculada de acordo com a fórmula descrita na ISO 354:1985 e apresentada na equação (40).

$$\bar{\alpha}_s = \frac{55,3 \cdot V}{S_{int} \cdot T_{rev} \cdot c} \quad (40)$$

onde:

$\bar{\alpha}_s$ – coeficiente de absorção superficial interno da sala.

S_{int} – área interna da sala (m²)

V – volume interno da sala (m³)

T_{rev} – Tempo de reverberação (s)

c - velocidade do som (m/s)

Para a equação (40) quanto menor o tempo de reverberação, mantendo as outras variáveis da equação, maior o valor do coeficiente de absorção sonora. O menor valor encontrado de tempo de reverberação foi para a frequência de 8000 Hz. Para esta frequência o coeficiente de absorção encontrado foi de 0,06.

Segundo a ISO 3743/2 (1994) no item 4.4 as superfícies da câmara reverberante não devem ter um coeficiente de absorção maior que 0,06.

Para medições de nível de pressão sonora na Câmara Reverberante do LEAC foi utilizado um microfone giratório e quatro posições de fonte de ruído. Para as medições de qualificação foram utilizadas as mesmas posições de microfone utilizado para a medição de tempo de reverberação, ver figura 20. Estas posições fazem parte do caminho percorrido pelo microfone e distam entre si de 1,75 m.

Entre microfones e a superfície interna da câmara, a distância mínima é de 1 m. Neste quesito foi adotada a distância mínima dada pela NBR 13910:1997 – Parte 1, pois a ISO 3743-2:1994 – Parte 2 referencia a distância mínima entre parede e posição de microfone como sendo $\lambda/4$, sendo λ o comprimento de onda da frequência central da menor banda de medida.

A distância mínima permitida entre microfones é dada por $\lambda/2$; sendo $\lambda = 3,5$ m, para medições considerando níveis de pressão sonora ponderados em A (segundo referência da ISO 3743/2 (1994)), $\lambda/2 = 1,75$ m. A distância mínima de cada posição de microfone usada para a qualificação do arranjo de medições é maior que a permitida pela ISO 3743/2 (1994).

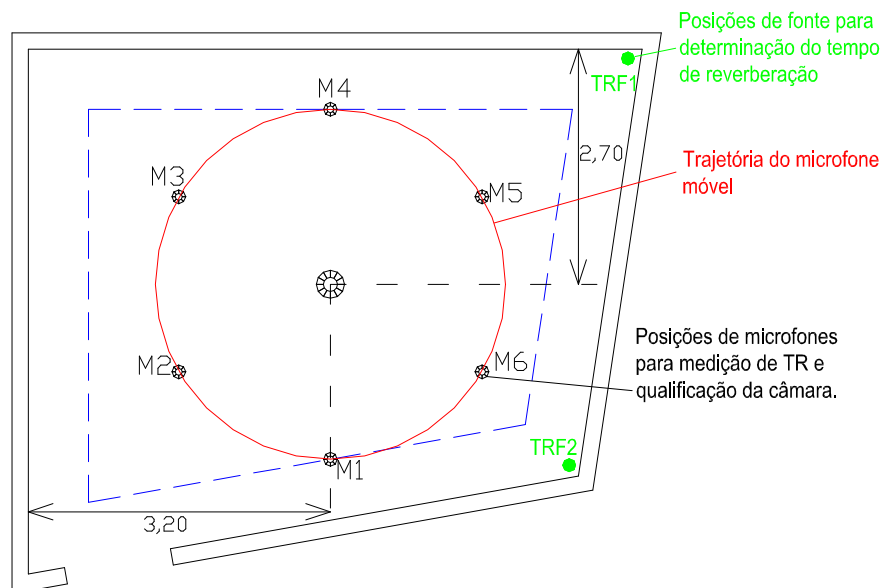


Figura 20: Esquema de posicionamento do microfone para realização de medições para qualificação e ensaio de Tempo de Reverberação da sala para ensaio de potência. Fonte: Adaptado de WAYTECH ENGENHARIA E COMÉRCIO LTDA. NEL 006 – Procedimento de ensaio para ensaios de potência sonora de liquidificadores. Manual da qualidade do LEAC. v.6 . p.6 .2002. il.

Inicialmente foi feita a qualificação da câmara reverberante para os ensaios da metodologia direta. Com a furadeira na condição de operação em vazio foram realizadas medições de nível de pressão sonora para as posições de fonte de ruído pré-estabelecidas (de M1 a M6 na figura 20). Depois das medições de níveis de pressão sonora foi calculado o desvio padrão conforme a equação (38), a partir do qual foi verificado se o arranjo das posições de fonte e microfone é suficiente e atende aos requisitos de desvio padrão para a realização do ensaio.

– Configuração de microfones e posições de fonte na câmara reverberante

A configuração de microfones e posicionamento de fonte utilizada para os ensaios da metodologia direta pela ISO 3743:1994 – Parte 2, foi realizada com a utilização de um microfone móvel. O caminho percorrido pelo microfone móvel é uma circunferência, esta circunferência é feita pelo dispositivo de rotação. O dispositivo de rotação é feito por uma haste metálica de 1,75 m de comprimento que faz o microfone girar em volta de um servo mecanismo.

A equação (41) estabelece a área mínima do caminho a ser percorrido pelo microfone móvel, no caso de um caminho circular.

$$A = \left(\frac{\lambda}{2} \right)^2 \quad (41)$$

A menor área obtida no cálculo, a partir das bandas de frequências de interesse, foi de 3,06 m².

Calculado a área existente na trajetória, foi obtida uma área de 9,62 m². Comparando os valores calculados, observa-se que a trajetória do microfone é qualificada para a medição dos níveis de pressão sonora.

O ângulo de inclinação do plano formado pelo giro da haste é de 20° com o piso da câmara. A menor distância entre o microfone e a fonte sonora atendeu ao especificado pela norma ISO 3743/2 (1994). Segundo a expressão (36), para um volume igual a 160,2 m³, a distância mínima é igual a 1,63m.

O dispositivo de fixação da furadeira para ensaios de medição de níveis de pressão sonora utilizado foi o mesmo que está ilustrado na figura 18. O dispositivo de fixação posiciona a furadeira de modo que seu centro de gravidade fique a 0,25 m do solo. Tiras elásticas foram colocadas para evitar a transmissão de ruído estrutural da furadeira.

– Pré-condicionamento e alimentação da furadeira

Antes das medições, as furadeiras foram colocadas em funcionamento por um período de 2 horas, na maior velocidade selecionável, para pré-condicionamento, visando à estabilização dos circuitos elétricos e acoplamentos mecânicos das furadeiras.

Durante o ensaio a tensão de alimentação da furadeira foi monitorada através de um multímetro para observar a variação da rede de alimentação da furadeira. Se durante o ensaio de medição de nível de pressão sonora da furadeira fosse observada uma variação da rede elétrica maior que $\pm 2\%$ da tensão de alimentação da furadeira, a medição do nível de pressão sonora seria anulada e realizada outra medição.

– Medição do tempo de reverberação

Antes das medições de nível de pressão sonora foi realizada a medição do tempo de reverberação para a determinação do T_{nom} . A medição do tempo de reverberação foi feita para seis posições de microfone e duas posições de geração de ruído, perfazendo assim, um total de doze arranjos entre fonte e microfone, que é o mínimo permitido pela ISO 354 (1985) para a frequência mínima de 100 Hz. O posicionamento da fonte de ruído e do microfone está ilustrado na figura 20.

– Medição do nível de pressão sonora da furadeira.

Inicialmente foram medidos os níveis de ruído de fundo para as mesmas posições de fonte a serem utilizadas no ensaio. Após as medições de ruído de fundo, foram realizadas as medições de níveis de pressão sonora para as furadeiras em vazio. As furadeiras foram acopladas no dispositivo de ensaio de acordo com a figura 18. O

conjunto furadeira-dispositivo foi posicionado em cada um dos quatro pontos de medição indicados na figura 21 como F1, F2, F3 e F4.

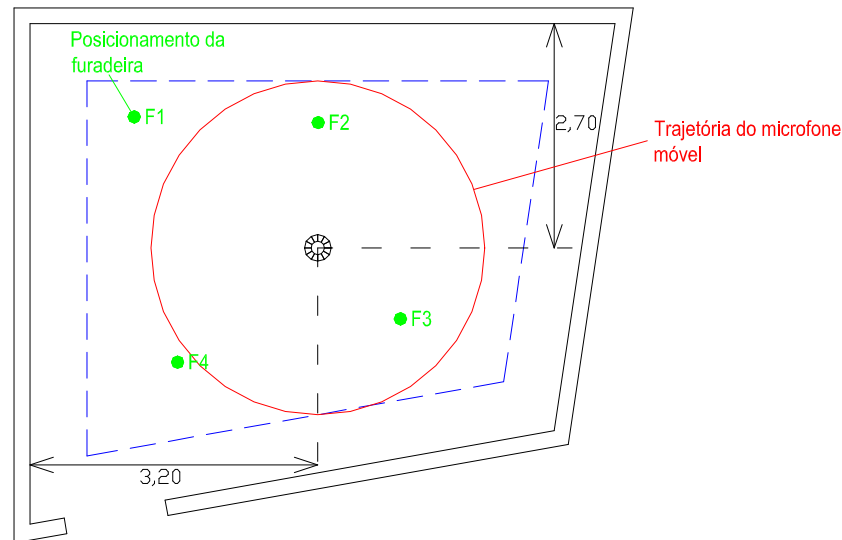


Figura 21 – Posicionamento das furadeiras dentro da Câmara Reverberante do LEAC – Waytech.

Para as medições de níveis de pressão sonora, a velocidade utilizada no pedestal giratório foi de 0,5 rpm. Durante a realização da volta pelo microfone giratório o analisador de sinais, com um cabo acoplado ao microfone, realizou uma medição com um tempo de integração de 2 minutos. Segundo a ISO 3743/2 (1994), item 7.2, o período de observação deve ser de pelo menos 30 s para bandas de frequências centralizadas em 160 Hz e abaixo, e para medições com níveis globais ponderados na curva A. Esta média espacial foi realizada quatro vezes, uma para cada posição de fonte indicada na figura 21.

A furadeira foi ajustada para acionar a função de impacto através do tracionador de impacto foi utilizado o tracionador de impacto descrito no item 4.4 e ilustrado na figura 19. Com a furadeira operando na função de impacto foram realizadas quatro medições, uma para cada posição descrita na figura 21. O pedestal giratório e o analisador de sinais foram ajustados da mesma forma que o ajuste utilizado para as medições de furadeira operando em vazio.

Em seguida foi calculada a média espacial das posições de fonte e assim obtida a média do nível de pressão sonora entre as quatro posições. Este cálculo foi realizado através da equação (38). Calculado o nível de pressão sonora médio entre as quatro

posições de fonte e com o valor do T_{nom} , calculou-se o valor do nível de potência sonora obtida através da equação (29). Os resultados das medições e cálculos realizados estão apresentados no capítulo 4.

3.5.2 – Procedimento de medição para método de determinação de potência sonora para metodologia direta segundo ISO 3741 (1999).

A Sala de Ensaio Acústicos (SEA) do Laboratório de Conforto da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp possui $71,6 \text{ m}^3$ de volume interno, área superficial interna de $105,2 \text{ m}^2$ e área do piso de $21,9 \text{ m}^2$.

A instrumentação utilizada para a realização dos ensaios para este método direto está relacionada na tabela 8 e está de acordo com o item 5 da norma NBR 13910/1 (1997).

Tabela 8 – Tabela dos instrumentos utilizados na metodologia direta no SEA da Unicamp.

Aparelho	Marca/Modelo
Analizador de Sinais	Brüel & Kjaer / 2260
Medidor de Nível de Pressão Sonora	Brüel & Kjaer / 2238
Sound Calibrator	Brüel & Kjaer / 4231
Termo-higrômetro	INSTRUTHERM / HT-100
Multímetro	Minipa / ET 2700
Barômetro	Robotron / MTG
Variac (Transformador com bobina secundária variável)	STP / ATV – 115 – R

– Qualificação da sala reverberante

Segundo a ISO 3741 (1999), o volume mínimo para medições de ruído depende da frequência central da menor banda de frequências a ser medida. Para o caso da SEA que tem um volume de $71,6 \text{ m}^3$, a tabela 4 indica, que a menor frequência da banda de 1/3 de oitava de interesse para este volume é de 200 Hz. Os ensaios foram realizados para bandas de oitava e tiveram como banda central de frequência mínima de 250 Hz.

A norma ISO 3741 (1999) indica, em seu anexo E, um procedimento para qualificação de salas reverberantes, caso estas não se enquadrem no quesito de volume mínimo e a fonte sonora, a ser medida, seja caracterizada por um ruído de banda larga.

Para este procedimento, é necessária a utilização de uma fonte sonora de referência. Devido à indisponibilidade de uma fonte sonora de referência, quando os ensaios para a determinação de potência utilizando a ISO 3741 (1999) foram realizados, optou-se por restringir a faixa de frequência de medição, segundo o volume disponível na SEA.

As frequências para os ensaios foram ajustadas para bandas de oitava para que seja realizado um comparativo entre os níveis de potência sonora que foram determinados pelas metodologias propostas.

A absorção sonora das superfícies internas da câmara não deve ultrapassar 0,06. Este coeficiente de absorção foi calculado de acordo com a fórmula (40) também descrita na ISO 354 (1985).

Para o menor tempo de reverberação medido, na banda de frequência de 8000 Hz, o coeficiente de absorção sonora calculado foi de 0,06.

De acordo com o item 5.3 da ISO 3741 (1999), o tempo de reverberação deve ser maior que a razão entre o volume e a área superficial ($T_{rev} = V/S_{sup}$). Para a SEA, o menor tempo de reverberação medido foi de 1,52 s. Como o volume é de 71,2 m³ e a superfície interna 105,2 m² a relação obtida foi de $V/S_{sup} = 0,68$.

A qualificação dos arranjos de microfone e fonte foi realizada com uma das furadeiras ligada na condição em vazio. O arranjo qualificado está descrito no item intitulado como ‘Configuração do posicionamento de microfone e fonte sonora’ do item 3.5.2 e representado na figura 22. Os resultados estão apresentados no capítulo 5.

– Configuração do posicionamento de microfones e fonte sonora.

As medições de níveis de pressão sonora na SEA foram realizadas para seis posições de microfone e uma posição da fonte. A distância mínima utilizada entre microfones foi de 1,61 m. A ISO 3741 (1999) determina que a distância mínima entre microfones seja obtida pela equação (37), que para uma câmara de 71,6 m³ e com um tempo de reverberação mínimo medido de 1,52 s seria de 0,55 m. A distância mínima encontrada atende inclusive a condição mais restrita que é a descrita pela NBR 13910/1 (1997) (1,50 m como distância mínima entre microfones). A figura 22 mostra a planta da sala com a projeção das posições de microfone e posição de fonte.

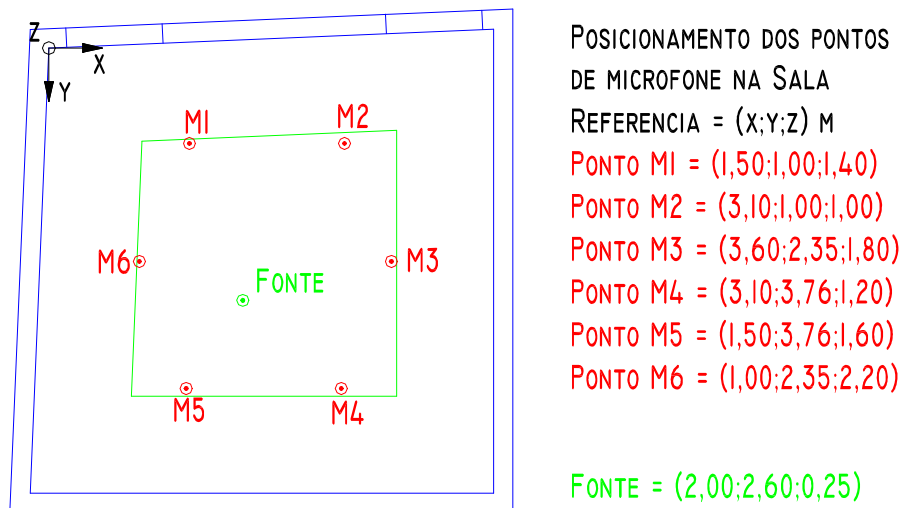


Figura 22 – Posicionamento de microfones e fonte de ruído dentro da Sala de Ensaio Acústico da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp.

A distância mínima utilizada entre fonte e posição de microfone foi de 1,78 m. A ISO 3741 (1999) determina que a distância mínima entre posição de microfone e fonte, pela equação (37), seria de 0,55 m. Porém a NBR 13910/1 (1997) exige uma distância mínima entre fonte e microfone de pelo menos 1,00 m. Como a NBR 13910/1 (1997) é mais restrita e é recomendada para as medições de determinação de potência sonora para o selo ruído, ela foi adotada para determinar a distância mínima entre microfone e fonte. A distância mínima entre microfone e fonte de ruído encontrada no arranjo qualificado para ensaios na SEA segundo a ISO 3741 (1999) atende aos requisitos exigidos na norma.

– Qualificação da sala reverberante

O pré-condicionamento das furadeiras foi realizado colocando-se as furadeiras em funcionamento contínuo, sem carga, por pelo menos duas horas.

A tensão de alimentação da furadeira foi monitorada pelo multímetro (ajustado para a função de medição de tensão alternada) para observar a variação da rede de alimentação da furadeira. Para que não houvesse uma variação maior que 2% do valor nominal da rede elétrica doméstica (127 V) foi utilizado um Variac ou transformador variador de tensão que possui uma bobina secundária ajustável. Dessa forma qualquer variação maior que 2% da tensão nominal de alimentação pode ser compensada com um ajuste do transformador. Com este ajuste a alimentação elétrica da furadeira se mantém dentro da faixa de tolerância durante os ensaios. A figura 23 ilustra o transformador utilizado.



Figura 23 – Transformador variador de tensão utilizado para estabilizar a tensão de alimentação da furadeira.

A furadeira foi colocada em um dispositivo que permite a sua operação sem a intervenção de um operador, este dispositivo coloca a furadeira de maneira que seu centro de gravidade fique aproximadamente a 0,25 m do solo, como requer a norma NBR 13910/1 (1997), no item 6.5.2., o meio elástico ou as tiras elásticas impede que seja transmitido qualquer ruído por via estrutural. O dispositivo junto com a furadeira pode ser visualizado na figura 24.



Figura 24.- Dispositivo de posicionamento da furadeira para ensaios na Sala de Ensaio Acústico da Unicamp.

– Medição do tempo de reverberação

Para cada medição do nível de pressão sonora nos seis pontos descritos na figura 22, foi medido um tempo de reverberação utilizando a mesma projeção ilustrada na figura 25. A medição do tempo de reverberação foi realizada utilizando seis posições de microfone e duas posições de fonte, pelo método da interrupção de ruído como descrito pela ISO 354 (1985). A altura do microfone para a medição do tempo de reverberação foi de 1,20 m. O posicionamento dos microfones e das fontes sonoras estão de acordo com a distância mínima restrita pela ISO 354 (1985). A figura 25 ilustra os pontos de medição dos tempos de reverberação.

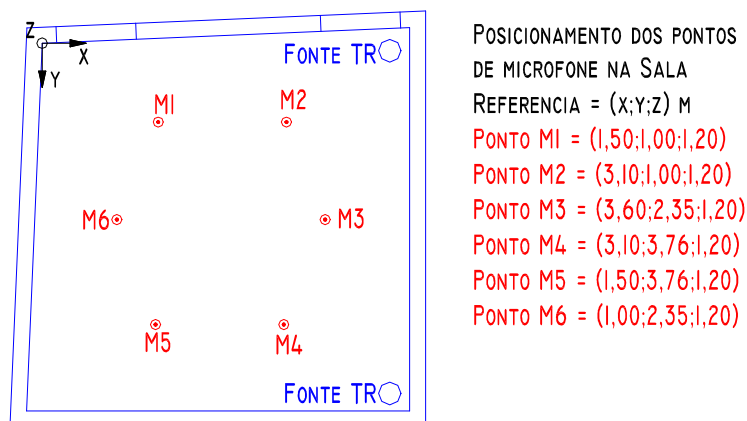


Figura 25 – Posicionamento de microfone e fonte de ruído para a medição de tempo de reverberação na Sala de Ensaio Acústico da Unicamp.

– *Medição do nível de pressão sonora da furadeira.*

Antes das medições do nível de pressão sonora foram realizadas medições de ruído de fundo para verificar o critério de ruído de fundo citado no item 3.2. Após as medições de ruído de fundo, foram realizadas as medições de níveis de pressão sonora para as furadeiras em vazio.

As furadeiras foram acopladas no dispositivo de ensaio de acordo com a figura 24. O conjunto furadeira-dispositivo foi posicionado no ponto descrito como o da fonte na figura 22.

Para as medições de nível de pressão sonora foram utilizados medidores da Brüel & Kjaer descritos na tabela 8. Os medidores foram ajustados para realizarem medições em bandas de oitava com frequências centrais entre 250 e 8000 Hz. O tempo de resposta do instrumento foi ajustado para *slow* ou tempo de resposta maior que 0,125 s. O tempo total de observação foi de 30 s.

Foram realizadas medições de pressão sonora para a furadeira ajustada na função de alto impacto. Para esta medição foi utilizado o tracionador de impacto descrito no item 3.4 na figura 19.

Após as medições dos níveis de pressão sonora da furadeira sem carga e da furadeira com a função impacto acionada, foram calculadas as médias espaciais dos níveis de pressão sonora. Os cálculos e resultados das medições serão tratados no capítulo 4.

3.5.3 – Procedimento de medição para método de determinação de potência sonora para metodologia por comparação segundo ISO 3743:1994 – Parte 1.

Para a metodologia de determinação de potência sonora por comparação foi utilizada a Sala de Ensaio Acústico do Laboratório de Conforto da Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo da Unicamp².

² Esta sala é a mesma utilizada para a determinação de potência sonora pela metodologia direta da ISO 3741 (1999). Suas características estão descritas no item 3.5.2.

A instrumentação utilizada para a realização dos ensaios para este método direto estão de acordo com o item 5 da norma NBR 13910 (1997). A instrumentação utilizada está listada na tabela 9.

Tabela 9 – Tabela dos instrumentos utilizados na metodologia por comparação na SEA da Unicamp.

Aparelho	Marca/Modelo
Analizador de Sinais	Brüel & Kjaer / 2260
Medidor de Nível de Pressão Sonora	Brüel & Kjaer / 2238
Sound Calibrator	Brüel & Kjaer / 4231
Termo-higrômetro	INSTRUTHERM / HT-100
Multímetro	Minipa / ET 2700
Barômetro	Robotron / MTG
Variac (Transformador com bobina secundária variável)	STP / ATV – 115 - R

– *Qualificação da sala de ensaios*

Para a metodologia direta a sala de ensaios deve ter no mínimo 40 m³. A sala deve ter paredes rígidas e dimensões suficientes para que sejam respeitados os limites de distância mínima entre microfones e fonte sonora. A absorção sonora das superfícies internas da câmara não deve ultrapassar 0,20. Como demonstrado no item “Qualificação da sala reverberante” do item 3.5.2, o maior coeficiente de absorção encontrado para a SEA foi de 0,06.

Para cada fonte a ser medida a sala de ensaios deve ser qualificada. Sendo assim a qualificação dos pontos de medição é realizada com o ruído da própria fonte a ser ensaiada. Realizaram-se as medições de nível de pressão sonora da furadeira. As medições foram realizadas para a furadeira numa certa posição, depois a furadeira foi rotacionada em 45° da posição original e realizou-se outra medição, por fim a furadeira foi rotacionada mais duas vezes e, para cada vez, foram realizadas mais medições de nível de pressão sonora. Foi calculado o desvio padrão entre estas medições e comparado com o indicado na Tabela 1 do item 1 da norma ISO 3743/1 (1994).

A qualificação dos arranjos de microfone e fonte foi realizada com uma das furadeiras ligada na condição em vazio. O arranjo qualificado é o descrito no item “Configuração do posicionamento de microfones e fonte sonora” do item 3.5.3 e demonstrado na figura 26. Os resultados desta qualificação e da qualificação descrita no parágrafo anterior estão apresentados no capítulo 5.

– *Configuração do posicionamento de microfones e fonte sonora.*

A configuração de microfone e fonte de ruído utilizada foi diferente da utilizada para o ensaio com a metodologia direta da ISO 3741 (1999). Na figura 30 a alteração realizada está nas alturas das posições de microfone e a utilização de três medidores de níveis de pressão sonora, um para cada dois pontos. A distância mínima encontrada entre microfones foi de 1,50 m. A ISO 3743/1 (1994) determina que a distância mínima entre microfones seja obtida pela equação (37). A distância mínima segundo esta equação já foi calculada (0,55 m) e apresentada no item ‘Configuração do posicionamento de microfones e fonte sonora’ do item 3.5.2. A distância mínima encontrada atende a condição descrita pela NBR 13910/1 (1997) (1,50 m como distância mínima entre microfones). A figura 26 mostra a planta da sala com a projeção das posições de microfone e posição de fonte.

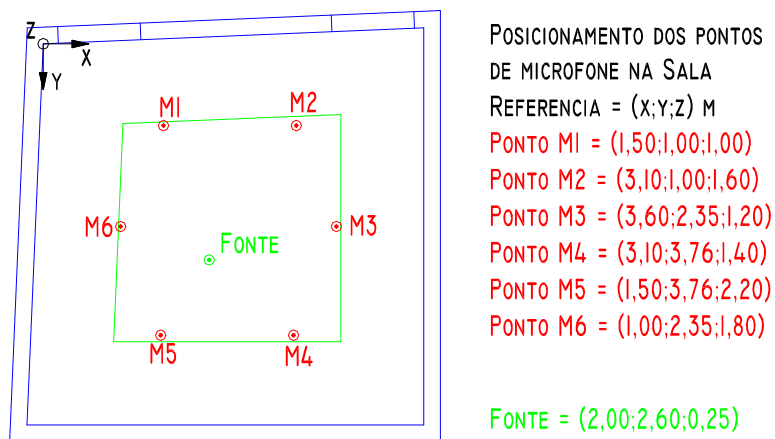


Figura 26 – Posicionamento de microfones e fonte de ruído dentro da salas de ensaios acústicos da Unicamp.

A distância mínima utilizada entre fonte e posição de microfone foi de 1,86 m, entre a posição da fonte e a posição M5 ilustrada na figura 27. A NBR 13910/1 (1997) exige uma distância mínima entre fonte e microfone de pelo menos 1,00 m.

– Pré-condicionamento e alimentação da furadeira

Para o pré-condicionamento, as furadeiras foram colocadas em funcionamento contínuo, sem carga, por pelo menos duas horas.

A tensão de alimentação da furadeira foi monitorada pelo multímetro (ajustado para a função de medição de tensão alternada) para observar a variação da rede de alimentação da furadeira. Da mesma forma que o descrito no item “Qualificação da sala reverberante” do item 3.5.2 a tensão da furadeira foi monitorada para não ocorrer variação na tensão de alimentação maior do que o permitido por norma. Esta monitoração também foi utilizada para a fonte de ruído padrão, porém com a tensão de alimentação de 115 V, esta é a tensão de alimentação utilizada na calibração da fonte de ruído padrão.

O dispositivo utilizado para a fixação da furadeira para o ensaio foi o mesmo que o ilustrado na figura 24. Utilizou-se este dispositivo pelos mesmos motivos descritos no item “Qualificação da sala reverberante” do item 3.5.2.

– Medição do nível de pressão sonora da furadeira e da fonte sonora padrão.

Antes das medições do nível de pressão sonora foram realizadas medições de ruído de fundo para verificar o critério de ruído de fundo citado no item 3.2. Após as medições de ruído de fundo, foram realizadas as medições de níveis de pressão sonora para as furadeiras em vazio, com a função de alto impacto acionada e para a fonte de ruído padrão.

As furadeiras foram acopladas no dispositivo de ensaio de acordo com a figura 24. O conjunto furadeira-dispositivo foi posicionado no ponto descrito como o da fonte na figura 27.

Para as medições de nível de pressão sonora foram utilizados medidores da Brüel & Kjaer descritos na tabela 9. Os medidores foram ajustados para medições em bandas de oitava com frequências centrais de 125 a 8000 Hz. O tempo de resposta do instrumento foi ajustado para *slow* ou tempo de resposta maior que 0,125 s. O tempo total de observação foi de 30 s.

Medições de pressão sonora para a furadeira ajustada na função de alto impacto foram realizadas. Para esta medição foi utilizado o tracionador de impacto descrito no item 3.4 na figura 19.

Segundo o método de comparação é necessária uma fonte de ruído de referência calibrada e com os níveis de potência sonora conhecidos. A fonte de ruído de referência utilizada foi uma fonte da Brüel & Kjaer modelo 4204 gentilmente cedida pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo, por intermédio dos senhores Peter Barry e Mitsuo Yoshimoto. A fonte de ruído de referência está ilustrada na figura 27. Os níveis de pressão sonora da fonte de ruído de referência foram medidos com a fonte na mesma posição que a furadeira. Esta posição é descrita como Fonte na figura 26.



Figura 27– Fonte de ruído de referência B&K 4204 utilizada nos ensaios pela metodologia por comparação da ISO 3743/1 (1994).

Após as medições dos níveis de pressão sonora foram calculadas as médias espaciais dos níveis de pressão sonora. Os cálculos e resultados das medições serão apresentados no capítulo 4.

4 – RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Conforme o item 4.2 da NBR 13910/3 (1998) o número de amostras para a verificação da declaração de nível de potência sonora do Selo Ruído é três. Devido a este fato foram escolhidas três furadeiras do mesmo modelo.

Segundo a NBR 6514 (1986) o aparelho eletrodoméstico é o aparelho elétrico projetado para a utilização doméstica ou semelhante. O modelo escolhido foi o modelo 7935-BR da Black & Decker. Para esta escolha foi considerada a facilidade em encontra-la no mercado e por se tratar de uma furadeira de uso doméstico, como o próprio nome indica “Hobby”.

As medições foram realizadas para as três furadeiras consecutivamente, ou seja, como se fossem amostras de ensaio para etiquetagem do selo ruído. As furadeiras foram denominadas com o código FR01, FR02 e FR03 para discrimina-las nos ensaios e na apresentação de seus resultados.

Os resultados das medições realizadas são apresentados de acordo com a ordem de realização dos ensaios. Alguns detalhes de ordem técnica são convenientemente acrescentados de acordo com a necessidade.

4.1 – Determinação de potência sonora de furadeiras de acordo com a ISO 3743/2 (1994)- (metodologia direta).

As primeiras medições realizadas foram as de Níveis de Pressão Sonora para a qualificação do arranjo de microfone e fonte na Câmara Reverberante do Laboratório de Ensaios Acústicos da Waytech Engenharia e Comércio Ltda.

4.1.1 – Qualificação do arranjo de microfone e fonte

Para a qualificação do arranjo de microfones e fonte sonora foram realizadas medições de nível de pressão sonora com a furadeira em vazio. A partir da configuração descrita no item 3.5.1 – “Qualificação da câmara reverberante” do capítulo 3, foi utilizada uma das furadeiras operando em vazio. A furadeira utilizada foi a discriminada como FR01.

O analisador de sinais foi ajustado para medições em bandas de 1/3 de oitava com frequências centrais entre 100 e 10000 Hz. Para que seja realizada uma análise comparativa e para utilizar programas de tratamento de dados já existentes, os resultados serão expressos em

bandas de 1/1 oitava com frequências centrais de 125 a 8000 Hz. Como cada banda de frequência de 1/1 oitava compreende três bandas de terço de oitava, o cálculo realizado para a conversão das bandas de 1/3 de oitava em 1/1 de oitava foi baseado na equação (42).

$$NPS_{oitava} = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{NPS_{1/3\ ant}}{10}} + 10^{\frac{NPS_{1/3}}{10}} + 10^{\frac{NPS_{1/3\ pos}}{10}} \right) \quad (42)$$

onde:

$NPS_{1/3\ ant}$ – é o nível de pressão sonora da banda de terço de oitava que antecede a banda que coincide com o valor da banda de oitava.

$NPS_{1/3}$ – é o nível de pressão sonora da banda de terço de oitava que coincide com o valor da banda de oitava.

$NPS_{1/3\ pos}$ – é o nível de pressão sonora da banda de terço de oitava posterior a banda que coincide com o valor da banda de oitava.

O tempo de integração do analisador de sinais foi ajustado para uma integração total de 30 segundos. Antes de cada medição realizada a aparelhagem de medição foi aferida pelo Sound Calibrator da B&K 4230 com um nível de pressão sonora de 94 dB a 1000 Hz.

Para cada uma das quatro posições de fonte sonora foram usadas seis posições de microfone. O posicionamento dos microfones segue o arranjo demonstrado na figura 20 a e o posicionamento da furadeira segue o esquema apresentado na figura 21.

Foi realizada uma medição de nível de pressão sonora para cada posição de fonte e microfone totalizando 24 medições realizadas por ensaio. O ensaio foi repetido sete vezes e o desvio padrão calculado para cada ensaio foi realizado de acordo com a equação (38) considerando todas as 24 medições de nível de pressão sonora realizadas.

A tabela 10 apresenta o resultado dos desvios dos ensaios realizados. Cada ensaio foi realizado com 24 medições. Os valores obtidos das medições estão descritos no apêndice B.

Tabela 10 – Desvios padrão calculados segundo a fórmula 22 das medições de pressão sonora para a qualificação dos pontos de medição para a ISO 3743/2 (1994).

Desvios Padrão Encontrados								Valor de desvio máximo permitido segundo a ISO 3743:1994 – Parte 2
Freq(Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	
125	2,2	2,2	2,2	2,3	2,0	2,2	1,9	≤ 2,3 p/ seis posições de microfone e uma de fonte.
250	1,4	1,1	1,6	0,9	1,6	1,7	1,7	
500	1,4	1,1	1,1	0,8	0,7	1,0	0,8	
1000	1,0	0,6	0,6	0,5	0,7	0,6	0,7	
2000	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,5	0,6	
4000	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	
8000	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,6	
dB(A)	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	

Comparando os resultados de desvio padrão calculados com os permitidos pela norma, pode-se concluir que o arranjo de microfone e fonte estão qualificados para as medições de níveis de pressão sonora de furadeiras para a determinação da potência sonora.

4.1.2 – Tempos de reverberação medidos para a determinação do T_{nom} .

Para cada ensaio com três furadeiras foi medido o Tempo de Reverberação e calculado o Tempo de Reverberação Nominal (T_{nom}). Os tempos de reverberação foram determinados com doze decaimentos, um para cada arranjo entre fonte e microfone. O arranjo utilizado está ilustrado na figura 20. Para cada posição ‘M’ de microfone foram realizados dois decaimentos sendo um para a posição de fonte ‘TRF1’ e outro para a posição de fonte ‘TRF2’. Os resultados estão apresentados na tabela 11.

Tabela 11 - Tempos de reverberação medidos para a determinação do T_{nom} (em segundos)

Frequência (Hz)	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Medição 6	Medição 7
100	2.12	2.02	1.99	2.06	2.08	2.05	2.03
125	1.79	1.70	1.70	1.79	1.78	1.78	1.79
160	1.73	1.60	1.58	1.63	1.65	1.62	1.60
200	1.69	1.62	1.60	1.62	1.62	1.61	1.62
250	1.52	1.67	1.64	1.45	1.45	1.44	1.45
315	1.49	1.59	1.49	1.49	1.49	1.48	1.50
400	1.53	1.48	1.52	1.52	1.52	1.56	1.52
500	1.53	1.50	1.42	1.49	1.49	1.48	1.50
630	1.40	1.42	1.39	1.37	1.37	1.36	1.37
800	1.40	1.32	1.32	1.36	1.36	1.35	1.36
1000	1.35	1.30	1.34	1.34	1.35	1.32	1.30
1250	1.30	1.31	1.30	1.31	1.31	1.30	1.31
1600	1.32	1.33	1.34	1.36	1.36	1.35	1.34
2000	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32	1.31	1.32
2500	1.25	1.36	1.37	1.36	1.36	1.35	1.36
3150	1.33	1.39	1.38	1.41	1.41	1.40	1.37
4000	1.20	1.37	1.38	1.35	1.35	1.34	1.35
5000	1.17	1.35	1.34	1.36	1.36	1.35	1.36
6300	1.17	1.29	1.29	1.30	1.30	1.29	1.30
8000	1.16	1.18	1.18	1.16	1.16	1.15	1.16
10000	0.99	1.06	1.09	1.08	1.01	1.07	1.10

Para determinar o T_{nom} deve-se primeiro determinar o parâmetro de reverberação descrito no item 4.3 da ISO 3743/2 (1994). O parâmetro de reverberação deve ser calculado de acordo com o volume da sala de ensaios e pode ser determinado pela equação (43).

$$R = 1 + \frac{257}{(f \cdot V^{1/3})} \quad (43)$$

onde:

R = parâmetro de reverberação.

f = frequência central da banda de terço de oitava (Hz).

V = Volume da sala de ensaios (m^3).

Para a câmara reverberante do LEAC – Waytech, que é uma sala de $160,8 m^3$, o parâmetro de reverberação determinado é apresentado na tabela 12.

Tabela 12 – Parâmetro de reverberação calculado para uma sala com $160,8 m^3$ de volume.

Frequência (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000
R	1,47	1,38	1,30	1,24	1,19	1,15	1,12	1,09	1,08	1,06	1,05
Frequência (Hz)	1250	1600	2000	2500	3150	4000	5000	6300	8000	10000	
R	1,04	1,03	1,02	1,02	1,02	1,01	1,01	1,01	1,01	1,00	

Com o parâmetro de reverberação obtido determinou-se graficamente o T_{nom} com o ajuste da curva do tempo de reverberação normalizada em 1000 Hz com os limites determinados pelas curvas $1,1.R$ e $0,9.R$. Para frequências a partir de 6300 Hz os fatores de multiplicação devem ser $1,2.R$ e $0,8.R$. Um exemplo deste ajuste está ilustrado na figura 28.

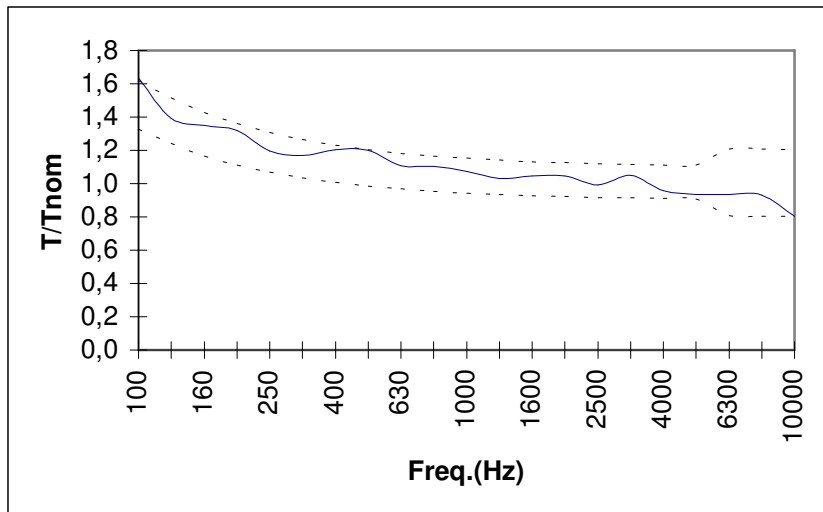


Figura 28 – Exemplo de ajuste da curva de tempo de reverberação normalizado dentro dos limites delimitados por $1,1.R$ e $0,9.R$. A linha tracejada se refere aos limites e a linha contínua os valores normalizados.

A curva normalizada em 1000 Hz é obtida dividindo os valores de tempos de reverberação obtidos para cada banda de terço de oitava, de 100 Hz a 10000 Hz, pelo valor obtido na banda de 1000 Hz. O ajuste gráfico da curva é realizado quando deslizamos os valores dos tempos de reverberação normalizados até que estes se encontrem todos dentro dos limites determinados pelo parâmetro de reverberação. As figuras 29 e 30 mostram um ajuste gráfico realizado para a determinação do T_{nom} .

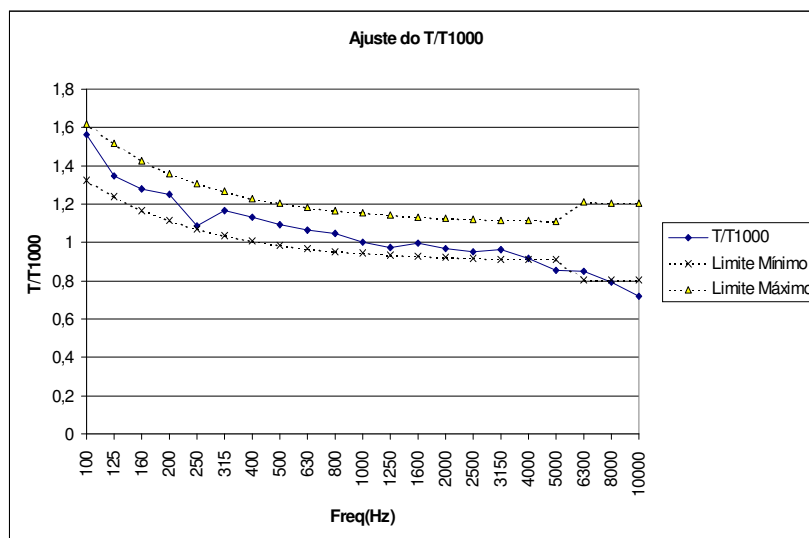


Figura 29 – Ajuste de valores normalizados de tempos de reverberação para a determinação do T_{nom} . Valores antes do ajuste gráfico.

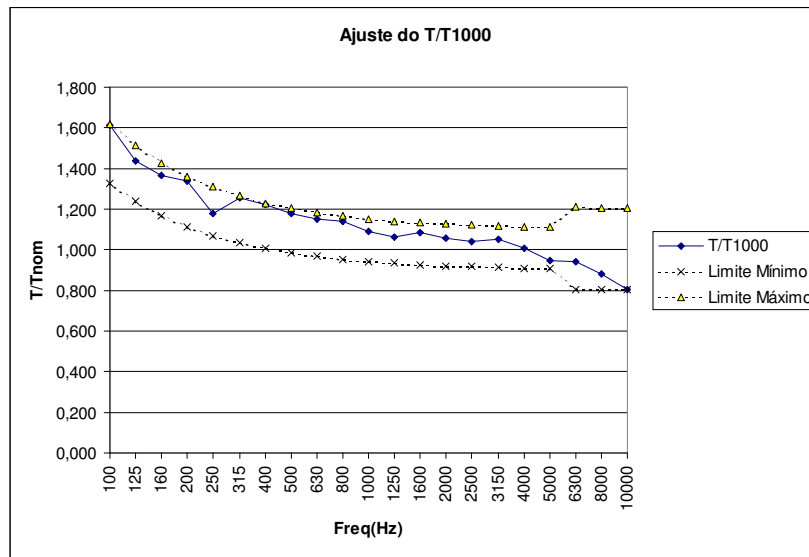


Figura 30 – Ajuste de valores normalizados de tempos de reverberação para a determinação do T_{nom} . Depois do ajuste gráfico realizado.

A partir do deslocamento obtido na banda de frequência de 1000 Hz o T_{nom} pode ser calculado pela proporcionalidade T/T_{1000} e T/T_{nom} obtidos graficamente. Observando que, depois de ajustado graficamente, a curva normalizada dos tempos de reverberação apresenta uma curva normalizada no valor do T_{nom} .

Graficamente pode-se afirmar, segundo o anexo B da ISO 3743/2 (1994), que em 1000 Hz a razão T/T_{1000} corresponde a $T/T_{nom} = 1,09$ (após o ajuste gráfico). A partir desta relação obtém-se:

$$\frac{T / T_{1000}}{T / T_{nom}} = \frac{1}{1,09} \rightarrow T_{nom} = \frac{T_{nom}}{1,09} = \frac{1,35}{1,09} = 1,24(s)$$

$$T_{nom} = 1,24(s)$$

Para cada curva de tempo de reverberação normalizada foi graficamente determinado o T_{nom} . A tabela 13 apresenta os tempos de reverberação nominais dos ensaios.

Tabela 13 – Tempos de reverberação nominais dos ensaios realizados para a determinação da potência sonora pela norma ISO 3743 (1994).

Ensaio	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Medição 6	Medição 7
T_{nom}	1,24	1,30	1,34	1,34	1,28	1,31	1,30

4.1.3 – Medição dos Níveis de pressão sonora para o Ruído de fundo da câmara.

As medições de nível de pressão sonora do ruído de fundo da câmara foram utilizadas para a verificação do critério de ruído de fundo exigido pela norma NBR 13910/1 (1997). Foram realizadas quatro medições, uma correspondente a cada posição de fonte sonora conforme figura 21.

Os níveis de pressão sonora do ruído de fundo foram medidos com o pedestal móvel acionado. Durante a medição de nível de pressão sonora o ruído produzido pelo pedestal móvel também deve ser considerado como ruído de fundo.

O analisador de sinais foi ajustado para realizar medições em bandas de 1/3 de oitava com frequências centrais compreendidas na faixa de 100 a 10000 Hz. Os resultados estão apresentados em bandas de oitava para que possam ser comparados aos resultados de níveis de pressão sonora da furadeira em funcionamento.

O tempo de integração adotado foi de 120 segundos. Este tempo equivale a uma volta completa do pedestal móvel, deste modo foi realizada uma média temporal e espacial do nível de pressão sonora do ruído de fundo da câmara para cada posição de fonte. Os resultados das medições do nível de pressão sonora do ruído de fundo que foram realizadas estão apresentados no Apêndice C. A tabela 14 apresenta a media logaritma dos quatro níveis de pressão sonora do ruído de fundo medidos para cada ensaio antes dos ensaios das três furadeiras.

Tabela 14 - Médias das medições de níveis de pressão sonora do ruído de fundo da câmara para determinação de potência sonora segundo ISO 3743/2 (1994).

Para ensaios com a Furadeira FR01							
Frequência (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7
125	28,5	29,3	24,1	25,7	27,9	26,0	27,7
250	25,4	24,1	22,5	21,8	26,1	24,5	25,6
500	22,7	16,6	17,2	13,8	24,3	15,8	16,5
1000	16,2	13,3	10,3	9,4	18,4	14,4	14,5
2000	17,9	17,3	8,8	8,4	22,1	20,5	20,5
4000	17,1	17,5	12,1	11,9	22,2	19,7	20,4
8000	14,2	15,8	12,0	11,9	17,6	13,0	13,4
Global(dBA)	25,6	24,3	20,4	19,6	28,7	25,7	26,2
Para ensaios com a Furadeira FR02							
Frequência (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7
125	27,5	27,0	26,7	28,6	29,1	29,7	30,4
250	27,2	26,5	25,6	27,3	27,0	28,1	28,6
500	17,8	21,9	16,6	23,6	17,6	19,1	19,3
1000	16,6	18,1	15,1	18,6	16,8	17,1	17,7
2000	22,5	22,6	22,3	22,7	22,9	24,1	24,7
4000	22,6	22,6	22,3	22,5	22,4	22,7	23,4
8000	13,8	15,4	13,6	17,5	14,0	13,0	13,2
Global(dBA)	28,1	28,5	27,6	29,0	28,2	29,0	29,6
Para ensaios com a Furadeira FR03							
Frequência (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7
125	29,7	29,5	29,9	30,0	26,9	26,9	30,2
250	29,8	30,0	24,7	24,9	29,9	29,9	28,9
500	20,0	20,1	22,2	22,6	25,8	25,8	26,9
1000	18,4	17,5	15,7	15,8	27,3	27,3	28,0
2000	24,7	24,4	22,7	22,8	25,6	25,6	27,3
4000	23,6	23,0	21,4	21,6	26,1	26,1	26,1
8000	14,0	13,4	13,2	13,3	16,2	16,2	16,3
Global(dBA)	29,9	29,5	27,9	28,1	32,8	32,8	33,5

4.1.4 – Medição dos Níveis de pressão sonora com as furadeiras em operação.

Os níveis de pressão sonora medidos com as furadeiras em operação foram medidos com a mesma configuração utilizada para a medição dos níveis de pressão sonora do ruído de fundo. O analisador foi ajustado para realizar medições em bandas de 1/3 de oitava com frequências centrais de 100 a 10000 Hz e com um tempo de integração de 120 segundos. O pedestal móvel foi ajustado para uma velocidade de 0,5 rpm.

A furadeira a ser medida (no caso, a primeira: denominada FR01) foi colocada em cada uma das quatro posições de fonte ilustradas na figura 21. Para cada posição de fonte foi realizada uma medição do nível de pressão sonora com a furadeira operando em vazio e com a chave seletora de função na função de furação sem impacto. Dessa forma, para cada posição de fonte sonora, foi realizada uma média espacial do nível de pressão sonora produzido pela furadeira na câmara. Os ensaios foram repetidos para as outras duas furadeiras (FR02 e FR03) da mesma forma que para a furadeira FR01.

O posicionamento da furadeira no dispositivo de sustentação para a realização das medições está ilustrado na figura 31. Para que a furadeira fosse acionada sem a intervenção de um operador, foi utilizada uma trava de funcionamento existente na própria furadeira.



Figura 31 – Suporte para realização de ensaio de medição do nível de pressão sonora da furadeira em operação.

Com os valores obtidos dos níveis de pressão sonora das furadeiras operando em vazio, foi realizada, quando necessária, a correção dos valores de acordo com o ruído de fundo medido e aos valores das diferenças indicados na tabela 2. Os níveis de pressão sonora medidos com as furadeiras em vazio estão descritos no Apêndice D.

Foi calculada a média logarítmica das quatro posições de fonte para cada ensaio. O cálculo foi realizado de acordo com a equação (44).

$$\overline{NPS} = 10 \cdot \log \left(\left(\frac{1}{4} \right) \left(10^{(NPS_{pto1}/10)} + 10^{(NPS_{pto2}/10)} + 10^{(NPS_{pto3}/10)} + 10^{(NPS_{pto4}/10)} \right) \right) (dB) \quad (44)$$

onde:

NPS_{pto1} = Nível de pressão sonora medido no ponto 1 de fonte (dB).

NPS_{pto2} = Nível de pressão sonora medido no ponto 2 de fonte (dB).

NPS_{pto3} = Nível de pressão sonora medido no ponto 3 de fonte (dB).

NPS_{pto4} = Nível de pressão sonora medido no ponto 4 de fonte (dB).

A tabela 15 apresenta a média dos níveis de pressão sonora medidos com a furadeira em vazio.

Tabela 15 - Resultados das médias das medição dos níveis de pressão sonora das furadeiras operando em vazio para determinação de potência sonora segundo ISO 3743/2 (1994)

Furadeira FR01							
Frequência (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7
125	41,1	43,0	43,2	44,0	44,5	44,0	43,7
250	56,4	57,5	57,2	58,5	58,6	58,4	58,7
500	69,6	69,7	69,5	70,5	70,7	70,4	70,5
1000	77,8	78,1	78,0	78,9	78,8	79,0	78,8
2000	79,6	80,0	80,0	80,6	80,6	80,6	80,5
4000	81,2	81,5	81,6	82,1	82,1	82,2	82,1
8000	81,4	82,1	82,0	82,5	82,5	82,5	82,5
dB(A)	86,6	87,0	87,0	87,6	87,6	87,7	87,6
Furadeira FR02							
Frequência (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7
125	44,0	43,9	44,0	44,3	43,6	44,2	44,0
250	57,4	57,9	57,8	57,5	58,1	58,2	58,2
500	69,9	70,0	69,9	70,0	70,7	70,7	70,9
1000	77,2	77,3	77,3	77,4	78,1	78,3	78,2
2000	79,7	79,8	79,8	79,9	80,7	80,7	80,7
4000	80,5	80,7	80,6	80,7	81,4	81,5	81,6
8000	80,2	80,3	80,4	80,5	81,2	81,4	81,3
dB(A)	86,1	86,2	86,2	86,3	87,0	87,1	87,1
Furadeira FR03							
Frequência (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7
125	42,7	43,3	43,2	42,9	43,7	43,2	43,2
250	56,7	57,9	57,8	57,7	58,0	57,5	57,5
500	70,2	71,0	70,9	70,5	70,6	70,6	70,6
1000	78,7	78,5	78,6	78,4	78,8	78,8	78,7
2000	79,9	80,4	80,3	80,2	80,5	80,5	80,3
4000	80,5	81,3	81,3	81,2	81,5	81,1	81,1
8000	81,1	81,9	81,7	81,8	82,0	81,9	81,7
dB(A)	86,5	87,1	87,0	87,0	87,2	87,1	87,0

A NBR 13910/1 (1997) indica que os ensaios realizados para aparelhos que provém várias funções devem ser realizados para todas as funções especificadas e principalmente para as funções operacionais que apresentem uma repetibilidade e reprodutibilidade satisfatória. No caso da furadeira Black & Decker 7935 – BR os ensaios também foram realizados para a função de alto impacto acionada. Para este acionamento foi utilizado o tracionador de impacto ilustrado na figura 19.

O ruído produzido pelo tracionador de impacto é desprezível diante do ruído produzido pela furadeira. Para demonstrar esta afirmação foram realizados ensaios com a furadeira equipada com o tracionador, mas com a função de operação para alto impacto desacionada. Foi realizada uma comparação entre a média logarítmica dos níveis de pressão sonora medidos para as quatro posições de fonte descritas na figura 21 na condição da furadeira em vazio e para a furadeira com o tracionador de impacto. A tabela 16 apresenta os valores obtidos da média de quatro medições e os desvios encontrados. A figura 32 ilustra o gráfico comparativo dos valores obtidos.

Tabela 16 - Resultado de ensaios comparativos com furadeira com e sem o tracionador de impacto.

Freqüência Hz	Furadeira com tracionador	Desvio	Furadeira sem tracionador	Desvio
125	43,7	2,0	44,0	1,4
250	58,7	1,0	58,4	0,8
500	70,5	0,5	70,4	0,5
1000	78,8	0,3	79,0	0,3
2000	80,5	0,2	80,6	0,2
4000	82,1	0,2	82,2	0,2
8000	82,5	0,3	82,5	0,2
dB(A)	87,6	0,2	87,7	0,2

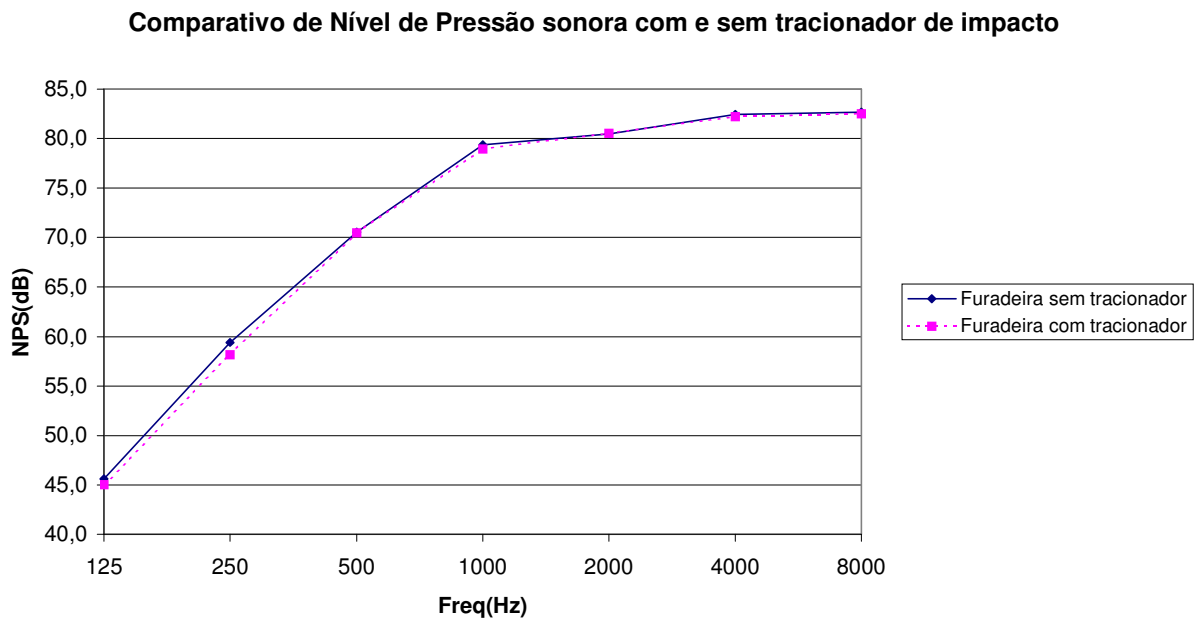


Figura 32 – Gráfico comparativo de níveis de pressão sonora medidos de furadeira com tracionador e furadeira sem tracionador.

As variações encontradas entre os valores de níveis de pressão sonora medidos com e sem o tracionador de impacto são menores que os desvios calculados entre as posições de fonte dentro da câmara de ensaios. Pode-se afirmar que a contribuição do ruído do tracionador de impacto na medição de níveis de pressão sonora para furadeiras não influencia as medições realizadas.

Para os ensaios de medição de níveis de pressão sonora com a furadeira operando com o impacto acionado, os pontos de medição foram os mesmos que os utilizados para os ensaios com a furadeira em vazio. O analisador de sinais e o pedestal móvel também foram ajustados da mesma forma que o ajuste utilizado para os ensaios da furadeira em vazio.

Os níveis de pressão sonora medidos foram corrigidos de acordo com a diferença encontrada entre os níveis medidos das furadeiras e ruído de fundo. As médias foram calculadas segundo a equação (44) para os níveis de pressão sonora das quatro posições de fonte utilizadas para o ensaio e descritas na figura 21.

Os ensaios foram realizados para as três furadeiras com o mesmo procedimento e com os mesmos ajustes de instrumentação. A média logarítmica dos níveis de pressão sonora medidos

para os ensaios com as furadeiras ajustadas para alto impacto está apresentada na tabela 17. Os resultados dos níveis de pressão sonora medidos para as furadeiras estão no Apêndice D.

Tabela 17 - Resultados das médias das medições dos níveis de pressão sonora das furadeiras operando na função de alto impacto.

Furadeira FR01							
Frequência (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7
125	42,8	44,7	43,8	46,8	46,1	47,8	46,9
250	57,7	58,1	58,0	59,0	58,8	59,3	58,9
500	70,2	70,9	71,2	72,2	72,1	72,2	72,2
1000	79,3	79,5	79,4	81,1	81,2	81,0	81,3
2000	83,4	83,6	83,7	84,2	84,3	84,2	84,0
4000	87,1	86,9	87,2	87,6	87,6	87,7	87,5
8000	84,9	85,7	85,8	87,1	86,9	87,3	87,1
dB(A)	91,0	91,2	91,3	92,0	92,0	92,1	92,0
Furadeira FR02							
Frequência (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7
125	41,2	40,9	41,7	41,0	43,1	44,0	43,6
250	57,2	57,2	57,3	57,0	56,7	56,9	56,8
500	70,3	70,2	70,3	70,4	70,1	70,5	70,2
1000	78,5	78,3	78,4	78,5	78,6	78,8	78,7
2000	83,4	83,5	83,4	83,4	82,9	83,0	82,9
4000	85,6	85,8	85,7	85,8	85,1	85,1	85,2
8000	84,5	84,6	84,5	84,5	84,0	84,2	84,1
dB(A)	90,2	90,3	90,2	90,2	89,7	89,8	89,8
Furadeira FR03							
Frequência (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7
125	40,9	42,3	41,5	42,1	40,8	43,1	43,4
250	56,9	57,3	57,3	57,3	57,4	58,1	58,4
500	70,7	71,0	70,9	71,2	70,8	70,9	71,2
1000	80,0	80,0	79,9	80,3	79,9	79,9	80,3
2000	84,1	83,9	83,5	84,0	83,8	83,1	83,3
4000	86,6	86,6	86,4	86,7	86,5	86,5	86,3
8000	86,1	86,2	86,0	86,3	86,1	85,8	86,3
dB(A)	91,3	91,2	91,0	91,3	91,1	90,9	91,0

4.1.5 – Cálculo dos níveis de potência sonora

Com os valores médios dos níveis de pressão sonora medidos e os valores de T_{nom} foram realizados os cálculos do nível de potência sonora de acordo com a equação (45).

$$L_w = NPS_{rms} - 10 \log\left(\frac{T_{nom}}{T_0}\right) + 10 \log\left(\frac{V}{V_0}\right) - 13dB \quad (45)$$

onde:

L_w – Nível de potência sonora determinado pela equação.(dB)

NPS_{rms} – Nível de pressão sonora médio obtido pela média das medições.(dB)

T_{nom} – Tempo de reverberação nominal determinado (s).

T_0 – Tempo de reverberação de referência = 1 s.

V – Volume da câmara de ensaios (m³).

V_0 – Volume de referência = 1 m³.

Os resultados dos cálculos do nível de potência sonora estão apresentados nas tabelas 18 e 19, em vazio e com o tracionador de impacto respectivamente.

Tabela 18 – Níveis de potência sonora obtidos pela metodologia direta segundo a ISO 3743/2 (1994) para furadeira operando em vazio.

Furadeira 1								
Freq (Hz)	Ensaio em vazio							Desvio Padrão
	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	
125	49,1	50,8	51,0	51,8	52,5	52,0	51,6	1,1
250	64,5	65,4	65,0	66,3	66,5	66,4	66,6	0,9
500	77,6	77,6	77,3	78,3	78,7	78,4	78,4	0,5
1000	85,9	86,0	85,9	86,6	86,8	86,9	86,7	0,5
2000	87,6	87,9	87,9	88,3	88,6	88,6	88,4	0,4
4000	89,3	89,4	89,5	89,9	90,1	90,2	90,0	0,4
8000	89,4	90,0	89,9	90,2	90,5	90,5	90,4	0,4
dB(A)	94,6	94,9	94,9	95,4	95,6	95,6	95,5	0,4
Furadeira 2								
Freq(Hz)	Ensaio em vazio							Desvio Padrão
	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	
125	52,0	51,8	51,8	52,1	51,6	52,1	51,9	0,2
250	65,4	65,7	65,6	65,3	66,1	66,1	66,1	0,3
500	77,9	77,9	77,7	77,8	78,7	78,6	78,8	0,5
1000	85,3	85,2	85,1	85,2	86,1	86,2	86,1	0,5
2000	87,7	87,7	87,6	87,7	88,7	88,6	88,6	0,5
4000	88,6	88,6	88,4	88,5	89,4	89,4	89,5	0,5
8000	88,3	88,2	88,2	88,2	89,2	89,3	89,2	0,5
dB(A)	94,1	94,1	94,0	94,1	95,0	95,0	95,0	0,5
Furadeira 3								
Freq(Hz)	Ensaio em vazio							Desvio Padrão
	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	
125	50,8	51,1	51,0	50,7	51,7	51,1	51,1	0,3
250	64,7	65,7	65,6	65,5	66,0	65,4	65,4	0,4
500	78,2	78,9	78,7	78,3	78,6	78,5	78,5	0,2
1000	86,7	86,4	86,3	86,2	86,7	86,7	86,6	0,2
2000	87,9	88,3	88,1	88,0	88,5	88,4	88,2	0,2
4000	88,6	89,2	89,0	89,0	89,5	89,0	89,0	0,3
8000	89,1	89,8	89,5	89,6	90,0	89,8	89,6	0,3
dB(A)	94,5	95,0	94,8	94,8	95,2	95,0	94,9	0,2

Tabela 19 - Níveis de potência sonora determinados a partir da metodologia direta segundo a ISO 3743/2 (1994) para furadeira operando com a função de alto impacto acionada.

Furadeira 1								
Freq(Hz)	Ensaio com impacto acionado							Desvio Padrão
	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	
125	50,8	52,6	51,6	54,6	54,1	55,8	54,8	1,8
250	65,7	66,0	65,8	66,7	66,8	67,2	66,8	0,6
500	78,2	78,8	79,0	80,0	80,1	80,2	80,1	0,8
1000	87,3	87,4	87,2	88,9	89,2	89,0	89,2	0,9
2000	91,4	91,5	91,5	92,0	92,3	92,2	91,9	0,4
4000	95,1	94,8	95,0	95,3	95,5	95,7	95,4	0,3
8000	93,0	93,6	93,6	94,8	94,9	95,2	95,0	0,9
dB(A)	99,0	99,0	99,1	99,8	100,0	100,1	99,9	0,5
Furadeira 2								
Freq(Hz)	Ensaio com impacto acionado							Desvio Padrão
	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	
125	49,3	48,8	49,4	48,8	51,0	51,9	51,5	1,3
250	65,2	65,1	65,1	64,8	64,7	64,7	64,7	0,2
500	78,3	78,1	78,1	78,2	78,1	78,4	78,1	0,1
1000	86,5	86,2	86,2	86,2	86,6	86,7	86,6	0,2
2000	91,4	91,4	91,2	91,2	90,9	90,9	90,8	0,3
4000	93,7	93,7	93,4	93,5	93,1	93,0	93,1	0,3
8000	92,5	92,5	92,3	92,2	91,9	92,1	92,0	0,2
dB(A)	98,2	98,2	98,0	98,0	97,7	97,7	97,7	0,2
Furadeira 3								
Freq(Hz)	Ensaio com impacto acionado							Desvio Padrão
	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	
125	49,0	50,2	49,3	49,9	48,8	51,0	51,3	1,0
250	64,9	65,2	65,1	65,1	65,4	66,0	66,3	0,5
500	78,8	78,9	78,6	79,0	78,7	78,8	79,1	0,2
1000	88,0	87,9	87,6	88,1	87,9	87,8	88,2	0,2
2000	92,2	91,7	91,3	91,8	91,8	91,0	91,2	0,4
4000	94,6	94,5	94,2	94,4	94,5	94,4	94,2	0,2
8000	94,2	94,1	93,8	94,0	94,1	93,7	94,2	0,2
dB(A)	99,3	99,1	98,8	99,1	99,1	98,8	98,9	0,2

A figura 33 mostra os valores dos níveis de potência sonora calculados para todas as três furadeiras em função da banda de frequência em oitava. As curvas apresentadas representam a média logarítmica dos valores obtidos para os sete ensaios realizados para cada furadeira.

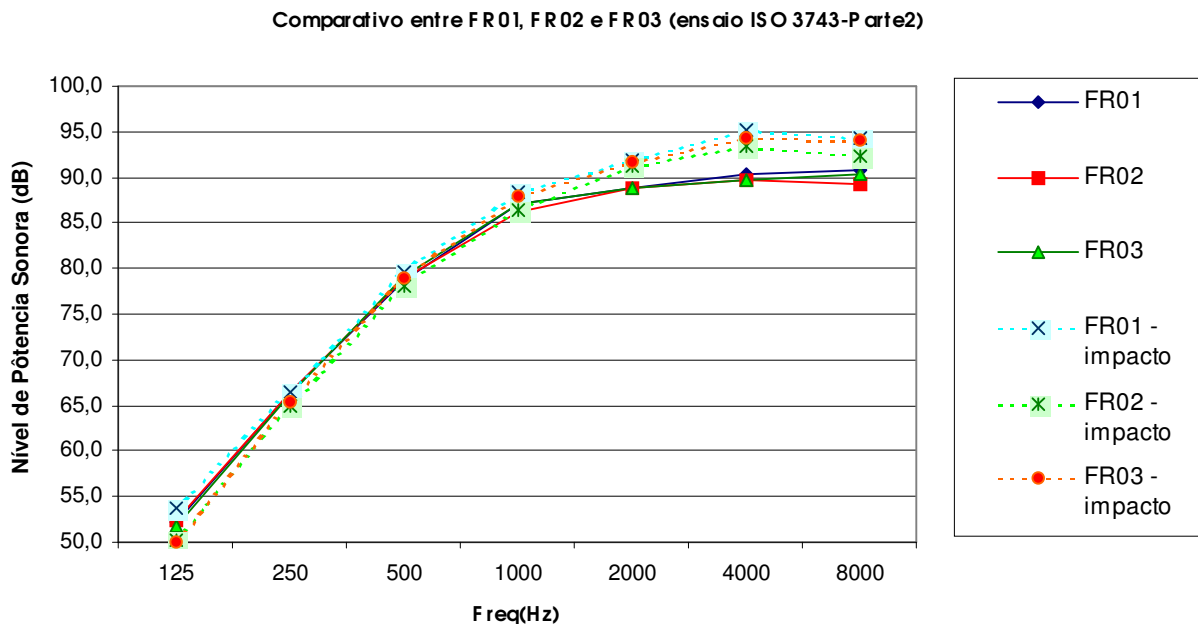


Figura 33 – Gráfico comparativo dos valores de potência sonora determinados para as furadeiras conforme ensaio segundo norma ISO 3743/2 (1994).

Os desvios de repetibilidade obtidos e apresentados na última coluna da tabela estão abaixo dos desvios máximos permitidos pela norma ISO 3743/2 (1994) e apresentados na tabela 20.

Tabela 20 – Valores de desvios máximos permitidos para ensaios de determinação de níveis de potência sonora segundo ISO 3743/2 (1994)

Frequência em bandas de oitava (Hz)	Valores máximos de desvios permitidos segundo ISO 3743/2 (1994)
125	5,0
250	3,0
500	2,0
1000	2,0
2000	2,0
4000	2,0
8000	3,0
Global (dB(A))	2,0

A partir da comparação realizada pode-se afirmar que a metodologia direta utilizada para as configurações de ensaio descritas para furadeira, produz um desvio aceitável para ensaios realizados.

4.2 – Determinação de potência sonora de furadeiras de acordo com a ISO 3741 (1999)- (metodologia direta).

Os ensaios de determinação de nível de potência sonora de furadeiras segundo a ISO 3741 (1999) foram realizados na Sala de Ensaios Acústicos do Laboratório de conforto da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo e foram utilizados para a verificação da metodologia direta de precisão. Esta metodologia se mostra restritiva com relação às bandas de frequência a serem medidas de acordo com o volume da sala, porém aplicável para o caso de furadeiras.

4.2.1 – Qualificação do arranjo de microfone e fonte de ruído.

Para realizar a qualificação do arranjo de microfone e fonte de ruído foram medidos níveis de pressão sonora da furadeira operando sem carga. O posicionamento utilizado é o mesmo que o indicado pela figura 22 do capítulo 3.

Os medidores de níveis de pressão sonora foram ajustados para realizarem medições em bandas de oitava com frequências centrais compreendidas entre 250 e 8000 Hz. As bandas de oitavas com frequências inferiores a 250 Hz não foram consideradas devido ao limite imposto pelo tamanho mínimo requerido pela norma de ensaio ISO 3741 (1999) e demonstrado na tabela 4 no capítulo 3.

O tempo de integração utilizado para este ensaio foi de 30 segundos com uma resposta de medição ajustada para *slow* ou maior que 0,125 s. Para esta medição de qualificação foi utilizada a furadeira denominada FR01. A furadeira foi ajustada para operar em vazio e sem função de impacto acionada.

Os resultados das medições realizadas para o ensaio de qualificação estão no apêndice E. Os desvios encontrados são apresentados na tabela 21.

Tabela 21 - Desvios padrão calculados segundo a fórmula 22 das medições de pressão sonora para a qualificação dos pontos de medição para a ISO 3741(1999).

Frequência (Hz)	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Medição 6	Medição 7	Valores máximos permitidos segundo a ISO 3741:1999
250	0,7	0,6	0,8	0,4	0,6	0,4	0,4	≤ 1,5 para seis posições de microfone e uma posição de fonte
500	0,5	0,7	0,9	0,4	1,0	0,7	0,9	
1000	0,6	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,6	
2000	0,3	0,3	0,5	0,4	0,2	0,4	0,3	
4000	0,4	0,2	0,3	0,3	0,2	0,4	0,2	
8000	0,6	0,3	0,4	0,6	0,4	0,5	0,5	
dB(A)	0,3	0,2	0,4	0,1	0,2	0,3	0,2	

Os ensaios de qualificação foram repetidos sete vezes para a verificação da repetitividade dos ensaios. Pela comparação dos desvios calculados pode-se afirmar que o arranjo de microfone e fonte foi qualificado.

4.2.2 – Tempos de reverberação medidos para a determinação da potência sonora.

Para a determinação do nível de potência sonora da furadeira foi medido o tempo de reverberação da sala de ensaios. Neste procedimento a norma exige que a cada ensaio de cada furadeira seja medido o tempo de reverberação da sala, portanto para os sete ensaios das três furadeiras obteve-se um total de 21 medições de tempo de reverberação.

Os ensaios foram realizados para a determinação dos decaimentos por interrupção e foi utilizada a projeção dos pontos de medição ilustrados na figura 22 do capítulo 3. As alturas do microfone estavam todas a 1,20 m do solo. O equipamento utilizado para obter os decaimentos foi o analisador de sinais da Brüel & Kjaer modelo 2260. O analisador de sinais foi ajustado para realizar a média de três decaimentos para cada ponto e seguindo os requisitos da ISO 354:1985. Os ensaios foram realizados para bandas de oitava com frequências centrais de 250 a 8000 Hz. O resultado das médias dos tempos de reverberação das doze medições correspondentes a 6 pontos de microfone com 2 pontos de fonte, para cada ensaio, está apresentado na tabela 22.

Tabela 22 - Média dos tempos de reverberação medidos para a determinação da potência sonora segundo ISO 3741(1999).

TR medido para Furadeira - FR01								
Freq (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Desvio
250	8,61	9,50	8,71	8,96	8,84	8,48	8,63	0,34
500	6,07	5,78	5,87	5,83	5,82	6,00	5,87	0,10
1000	3,49	3,55	3,51	3,62	3,53	3,52	3,62	0,05
2000	3,09	3,16	3,22	3,26	3,17	3,15	3,22	0,06
4000	2,55	2,60	2,64	2,68	2,61	2,65	2,66	0,04
8000	1,65	1,60	1,64	1,73	1,71	1,72	1,74	0,05
TR medido para Furadeira - FR02								
Freq (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Desvio
250	9,28	8,59	8,68	8,69	9,02	8,36	8,22	0,36
500	5,96	5,62	5,86	5,85	5,89	6,03	5,84	0,13
1000	3,77	3,47	3,38	3,52	3,50	3,51	3,53	0,12
2000	3,38	3,19	3,10	3,19	3,14	3,17	3,14	0,09
4000	2,69	2,58	2,58	2,62	2,59	2,62	2,61	0,04
8000	1,67	1,61	1,62	1,72	1,70	1,72	1,71	0,05
TR medido para Furadeira - FR03								
Freq (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Desvio
250	8,69	8,92	8,59	8,75	9,04	8,38	8,29	0,27
500	5,96	5,53	5,80	5,88	5,85	6,00	5,71	0,16
1000	3,46	3,50	3,41	3,53	3,49	3,54	3,53	0,05
2000	3,08	3,22	3,08	3,18	3,10	3,18	3,12	0,06
4000	2,56	2,61	2,55	2,64	2,60	2,60	2,59	0,03
8000	1,64	1,61	1,61	1,72	1,69	1,71	1,71	0,05

4.2.3 – Medição dos Níveis de pressão sonora para o ruído de fundo da sala de ensaios.

A ISO 3741 (1999) exige um critério de ruído de fundo, onde o nível de pressão sonora do ruído de fundo deve estar 15 dB abaixo do nível de pressão sonora da fonte a ser medida. Quando a diferença dos níveis de pressão sonora está entre 10 e 15 dB as correções nos níveis de pressão sonora da fonte de ruído devem ser implementadas de acordo com a equação (35) do capítulo 3.

Nos ensaios realizados não foi necessário realizar nenhuma correção nos níveis de pressão sonora medidos das furadeiras. Todos os níveis de pressão sonora de ruído de fundo medidos estavam, pelo menos, 15 dB abaixo do nível de pressão sonora medido das furadeiras.

Foram realizadas médias logarítmicas dos seis pontos de microfone para cada medição realizada. As médias foram calculadas de acordo com a equação (46).

$$\overline{NPS} = 10 \log \left(\frac{1}{6} \left(10^{(NPS_{P_{t01}}/10)} + 10^{(NPS_{P_{t02}}/10)} + 10^{(NPS_{P_{t03}}/10)} + 10^{(NPS_{P_{t04}}/10)} + 10^{(NPS_{P_{t05}}/10)} + 10^{(NPS_{P_{t06}}/10)} \right) \right) (dB) \quad (46)$$

onde: $NPS_{P_{t01}}$ = Nível de pressão sonora medido no ponto 1 de fonte (dB).

$NPS_{P_{t02}}$ = Nível de pressão sonora medido no ponto 2 de fonte (dB).

$NPS_{P_{t03}}$ = Nível de pressão sonora medido no ponto 3 de fonte (dB).

$NPS_{P_{t04}}$ = Nível de pressão sonora medido no ponto 4 de fonte (dB).

$NPS_{P_{t05}}$ = Nível de pressão sonora medido no ponto 5 de fonte (dB).

$NPS_{P_{t06}}$ = Nível de pressão sonora medido no ponto 6 de fonte (dB).

A tabela 23 mostra os níveis de pressão sonora médio do ruído de fundo da sala de ensaios. Os valores medidos de ruído de fundo estão no apêndice F.

Tabela 23 - Média dos níveis de pressão sonora do ruído de fundo da sala de ensaios acústicos para determinação de potência sonora segundo ISO 3741(1999).

Furadeira FR01							
Frequência (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7
250	31,2	33,1	34,8	41,4	38,0	36,0	40,7
500	25,4	28,2	24,2	35,6	25,4	27,9	27,2
1000	14,5	23,2	12,3	25,5	17,9	18,1	19,8
2000	12,8	21,7	11,1	20,9	27,3	17,8	16,8
4000	19,4	16,3	12,7	19,9	12,8	25,1	19,2
8000	16,3	18,9	15,8	21,0	18,4	21,6	22,1
dB(A)	29,9	35,2	30,0	39,3	31,0	33,2	37,7
Furadeira FR02							
Frequência (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7
250	32,7	30,4	34,3	38,3	38,2	35,5	36,6
500	26,1	27,9	24,8	32,5	26,5	27,6	27,8
1000	15,4	13,9	12,7	34,6	20,9	28,9	24,7
2000	13,0	11,0	11,3	22,7	17,6	15,2	13,6
4000	15,1	17,5	13,7	16,7	15,9	15,1	16,9
8000	15,4	17,2	15,9	19,8	16,0	17,9	19,2
dB(A)	32,6	30,2	30,3	38,8	33,2	33,1	36,6
Furadeira FR03							
Frequência (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7
250	36,9	34,5	32,6	37,8	38,8	39,4	36,9
500	27,1	25,7	26,2	27,8	29,0	33,7	26,7
1000	15,0	17,6	13,7	19,6	22,3	23,5	20,6
2000	11,2	14,8	12,0	15,0	21,0	18,8	17,6
4000	11,8	15,4	12,6	15,0	26,6	17,9	19,0
8000	14,5	17,3	15,5	23,8	20,2	18,3	18,5
dB(A)	32,6	31,5	30,7	36,2	35,3	36,8	33,6

4.2.4 – Medição dos Níveis de pressão sonora das furadeiras em operação.

As medições de nível de pressão sonora das furadeiras em operação foram realizadas de acordo com o esquema apresentado na figura 26. Foram realizadas medições para as três furadeiras (denominadas FR01, FR02 e FR03). As medições foram realizadas para pontos discretos sendo estes indicados na figura 26.

Foram utilizados dois medidores de níveis de pressão sonora para realizar as medições. Os medidores utilizados são da marca Brüel & Kjaer modelo 2238 e cada um realizou medições em três dos seis pontos descritos na figura 27. Os medidores foram ajustados para realizar medições em bandas de oitava com frequências centrais de 250 a 8000 Hz.

Com a furadeira ajustada para operar em vazio foram realizadas medições de níveis de pressão sonora. Para cada um dos seis pontos foi realizada uma medição de nível de pressão sonora com os medidores de níveis de pressão sonora ajustados para um tempo de integração de 30 s com a resposta ajustada para *slow*.

Com a medição dos níveis de pressão sonora da furadeira operando em vazio, foi realizada uma média espacial dos níveis de pressão sonora medidos entre as posições de microfone descritas na figura 22. As tabelas 24, 25 e 26 apresentam os níveis de pressão sonora médios medidos. As medições dos níveis de pressão sonora da furadeira em vazio para cada ponto medido estão no apêndice G.

Tabela 24 - Níveis de pressão sonora medidos para a furadeira FR01 operando em vazio para determinação de potência sonora segundo ISO 3741(1999).

Furadeira - FR01							
Frequência (Hz)	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Medição 6	Medição 7
250	67,7	67,7	67,7	67,3	67,4	66,5	66,4
500	77,5	77,3	77,1	78,0	77,2	77,8	77,8
1000	84,1	84,7	84,4	85,6	84,9	84,5	84,6
2000	86,1	85,9	85,7	86,6	86,1	85,9	85,7
4000	87,1	87,1	86,4	88,2	87,1	87,2	86,7
8000	88,2	87,2	86,9	88,2	86,8	86,9	86,6
dB(A)	93,0	92,7	92,4	93,7	92,8	92,7	92,4

Tabela 25 - Níveis de pressão sonora medidos para a furadeira FR02 operando em vazio para determinação de potência sonora segundo ISO 3741(1999).

Furadeira - FR02							
Frequência (Hz)	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Medição 6	Medição 7
250	67,7	67,7	67,7	67,3	67,4	66,5	66,4
500	77,5	77,3	77,1	78,0	77,2	77,8	77,8
1000	84,1	84,7	84,4	85,6	84,9	84,5	84,6
2000	86,1	85,9	85,7	86,6	86,1	85,9	85,7
4000	87,1	87,1	86,4	88,2	87,1	87,2	86,7
8000	88,2	87,2	86,9	88,2	86,8	86,9	86,6
dB(A)	93,0	92,7	92,4	93,7	92,8	92,7	92,4

Tabela 26 - Níveis de pressão sonora medidos para a furadeira FR03 operando em vazio para determinação de potência sonora segundo ISO 3741(1999).

Furadeira - FR03							
Frequência (Hz)	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Medição 6	Medição 7
250	67,7	67,7	67,7	67,3	67,4	66,5	66,4
500	77,5	77,3	77,1	78,0	77,2	77,8	77,8
1000	84,1	84,7	84,4	85,6	84,9	84,5	84,6
2000	86,1	85,9	85,7	86,6	86,1	85,9	85,7
4000	87,1	87,1	86,4	88,2	87,1	87,2	86,7
8000	88,2	87,2	86,9	88,2	86,8	86,9	86,6
dB(A)	93,0	92,7	92,4	93,7	92,8	92,7	92,4

Atendendo aos requisitos descritos na NBR 13910/1 (1997) com relação ao funcionamento do aparelho sob ensaio, medições com todas as funções de operação do aparelho devem ser realizadas.

Para as medições dos níveis de pressão sonora da furadeira operando na função de alto impacto, foi utilizado o tracionador de impacto descrito no capítulo 3. Para cada ensaio foi realizada a média espacial dos pontos de medição a partir da equação (46). Os resultados dos níveis de pressão sonora medidos para as furadeiras na função de alto impacto estão apresentados na tabela 27. As medições dos níveis de pressão sonora da furadeira operando com impacto acionado para cada ponto medido estão no apêndice G.

Tabela 27 - Níveis de pressão sonora médios medidos para a furadeira operando com a função de alto impacto acionada.

Furadeira - FR01							
Frequência (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7
250	68,6	68,7	69,2	68,7	69,0	69,0	68,9
500	79,6	80,9	81,0	81,1	80,2	80,7	80,9
1000	86,9	88,1	88,3	88,0	87,8	87,7	87,3
2000	89,8	90,2	90,0	90,2	89,7	89,6	89,0
4000	92,4	92,6	92,4	92,6	92,4	92,1	91,9
8000	90,7	90,9	90,6	91,4	90,7	90,7	90,5
dB(A)	96,9	97,3	97,1	97,4	97,0	96,8	96,5
Furadeira - FR02							
Frequência (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7
250	66,2	66,8	66,6	66,1	66,7	66,4	68,9
500	78,2	79,2	78,5	78,4	79,3	78,7	80,9
1000	85,9	86,1	86,0	85,8	86,0	85,8	87,3
2000	88,3	88,7	88,2	88,3	88,4	88,4	89,0
4000	91,0	90,9	90,3	90,3	90,8	90,2	91,9
8000	90,7	90,9	90,5	90,4	90,7	90,7	90,5
dB(A)	95,8	96,0	95,5	95,4	95,8	95,5	96,5
Furadeira - FR03							
Frequência (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7
250	65,5	66,2	66,5	66,5	66,3	66,5	65,8
500	78,0	78,9	77,8	77,8	77,6	78,2	79,0
1000	86,1	87,6	88,1	88,1	86,5	86,7	87,6
2000	88,1	89,3	89,9	89,9	89,8	88,8	90,1
4000	91,4	92,8	91,8	91,8	91,6	91,1	91,3
8000	90,7	91,8	91,5	91,5	90,9	90,8	91,3
dB(A)	96,0	97,2	97,0	97,0	96,6	96,1	96,7

4.2.5 – Cálculo dos níveis de potência sonora

Utilizando os níveis de pressão sonora medidos, os tempos de reverberação, os valores de temperatura e pressão atmosférica efetuou-se o cálculo dos níveis de potência sonora segundo a ISO 3741 (1999) segundo a equação (47).

$$L_w = \bar{L}_p + \left\{ 10 \log \frac{A}{A_o} + 4,34 \frac{A}{S} + 10 \log \left(1 + \frac{Sc}{8Vf} \right) - 25 \log \left[\frac{423}{400} \sqrt{\frac{273}{273 + \theta}} \cdot \frac{B}{B_o} \right] - 6 \right\} dB \quad (47)$$

onde: L_w = potência sonora da fonte sob teste (dB).

L_p = média da pressão sonora medida na sala (dB).

A = área equivalente de absorção da sala (m^2)

$A_o = 1 m^2$

S = área total da superfície da câmara (m^2).

V = volume da câmara (m^3).

f = frequência de medição (Hz).

C = é a velocidade do som a temperatura $\theta \Rightarrow c = 20,05 \cdot \sqrt{273 + \theta}$ (m/s).

B = é a pressão atmosférica (Pa).

$B_o = 10^5$ Pa.

Os resultados dos cálculos realizados para a determinação do nível de potência sonora para as furadeiras ensaiadas na função de perfuração normal estão apresentados na tabela 28.

Tabela 28 – Níveis de potência sonora determinados para as furadeiras operando em vazio.

Furadeira 1								
Ensaio sem carga								
Freq(Hz)	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	Desvio
250	65,2	64,6	65,0	64,4	64,6	63,9	63,7	0,5
500	75,9	76,0	75,6	76,5	75,8	76,2	76,4	0,3
1000	84,2	85,2	85,0	86,0	85,4	85,0	85,0	0,5
2000	86,6	86,7	86,5	87,3	86,9	86,8	86,5	0,3
4000	88,8	88,8	88,0	89,7	88,7	88,8	88,3	0,5
8000	91,7	90,9	90,6	91,6	90,2	90,3	90,0	0,7
dB(A)	94,7	94,6	94,1	95,3	94,4	94,4	94,1	0,4
Furadeira 2								
Ensaio sem carga								
Freq(Hz)	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	Desvio
250	64,3	64,7	63,8	62,8	63,6	63,8	63,9	0,6
500	77,7	77,4	75,6	76,9	76,8	75,9	76,4	0,8
1000	84,9	85,4	84,5	85,3	84,7	84,4	85,1	0,4
2000	86,7	87,1	85,9	87,0	86,8	86,1	86,6	0,5
4000	87,5	87,9	86,6	87,7	87,3	87,1	88,4	0,6
8000	90,1	89,8	89,1	88,9	88,6	88,7	90,1	0,6
dB(A)	93,9	94,1	93,0	93,7	93,4	93,1	94,2	0,5
Furadeira 3								
Ensaio sem carga								
Freq(Hz)	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	Desvio
250	63,6	64,4	64,9	63,9	63,2	63,6	64,0	0,6
500	77,3	79,1	76,6	76,5	77,5	77,4	77,9	0,9
1000	84,9	86,6	85,4	85,1	85,7	85,1	85,5	0,6
2000	86,6	87,5	86,6	86,3	86,4	86,3	86,3	0,4
4000	87,8	88,6	87,2	86,7	87,8	87,0	87,2	0,6
8000	90,3	90,8	89,9	89,4	89,5	88,8	89,1	0,7
dB(A)	94,0	94,9	93,8	93,4	93,9	93,3	93,5	0,5

Os resultados dos níveis de potência sonora determinados segundo a ISO 3741 (1999) para as furadeiras operando na função de alto impacto estão na tabela 29.

Tabela 29 – Níveis de potência sonora determinados para as furadeiras operando na função de alto impacto.

Furadeira 1								
Ensaio com impacto acionado								
Freq(Hz)	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	Desvio
250	55,8	55,6	56,7	55,7	56,4	55,9	54,7	0,6
500	65,9	65,6	66,5	65,9	66,2	66,4	66,3	0,3
1000	78,0	79,5	79,6	79,7	78,8	79,1	79,4	0,6
2000	87,4	88,6	88,9	88,4	88,3	88,3	87,7	0,5
4000	90,8	91,1	90,8	91,0	90,6	90,5	89,8	0,4
8000	94,1	94,3	94,0	94,1	94,0	93,7	93,4	0,3
dB(A)	94,3	94,6	94,3	94,8	94,2	94,1	93,9	0,3
Furadeira 2								
Ensaio com impacto acionado								
Freq(Hz)	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	Desvio
250	53,3	55,4	55,5	54,9	56,1	55,1	54,7	0,9
500	63,2	64,1	63,9	63,4	63,8	63,9	66,1	0,9
1000	76,6	77,9	77,1	77,0	77,9	77,2	79,5	0,9
2000	86,0	86,6	86,8	86,4	86,5	86,4	87,8	0,6
4000	88,9	89,5	89,1	89,1	89,3	89,3	89,9	0,3
8000	92,4	92,6	92,0	91,9	92,5	91,9	93,5	0,6
dB(A)	94,2	94,6	94,2	93,9	94,2	94,2	93,9	0,2
Furadeira 3								
Ensaio com impacto acionado								
Freq(Hz)	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	Desvio
250	51,1	53,2	54,1	54,8	53,1	52,1	52,9	1,2
500	62,8	63,4	64,0	63,8	63,4	64,0	63,4	0,4
1000	76,5	77,8	77,7	76,4	76,2	76,7	77,7	0,7
2000	86,7	88,2	87,3	88,7	87,1	87,2	88,2	0,7
4000	89,1	90,1	89,4	90,8	90,8	89,7	91,0	0,8
8000	93,2	94,4	93,3	93,4	93,3	92,8	93,0	0,5
dB(A)	94,3	95,5	95,1	94,9	94,4	94,3	94,8	0,5

A figura 34 mostra um gráfico comparativo entre os valores de níveis de potência sonora determinados para as furadeiras operando em vazio e equipadas com o dispositivo tracionador. Os valores do gráfico são as médias logarítmicas dos sete ensaios realizados para cada furadeira.

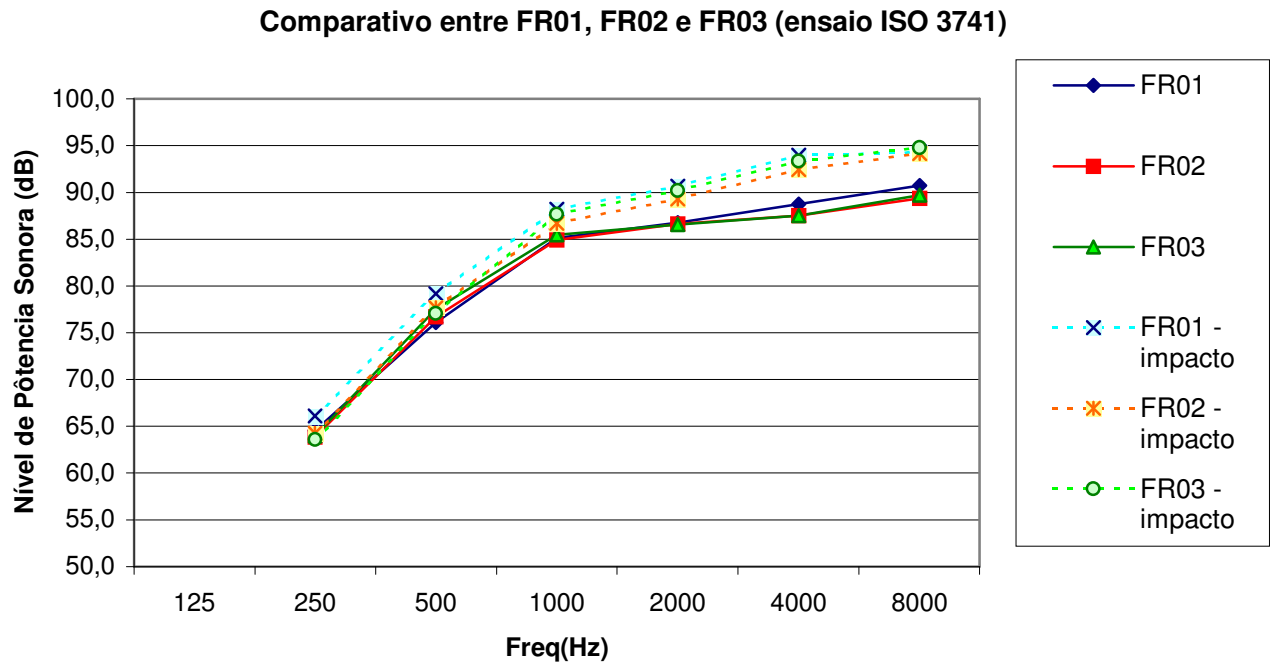


Figura 34 – Níveis de potência sonora das furadeiras determinados de acordo com a ISO 3741(1999). Valores de níveis de potência sonora em função da frequência em bandas de oitava.

4.3 – Determinação de potência sonora de furadeiras de acordo com a ISO 3743/1 (1994)- (metodologia por comparação).

Os ensaios realizados para a determinação da potência sonora de furadeiras segundo a ISO 3743 (1994) utilizaram-se da metodologia por comparação. A metodologia por comparação exige que se utilize uma fonte sonora de referência com os níveis de potência sonora conhecidos. Os níveis de pressão sonora medidos podem ser correlacionados comparativamente com os níveis de potência sonora das fontes. Com esta metodologia é completada a recomendação de ensaios descrita na norma NBR 13910/1 (1997) a respeito de ensaios de determinação de potência sonora utilizando ambientes reverberantes especiais.

4.3.1 – Qualificação do arranjo de microfones e fonte sonora.

Os ensaios de qualificação do arranjo de microfones e fonte sonora foram realizados com a medição do nível de pressão sonora emitido pela furadeira denominada como FR03. Os ensaios foram realizados com a furadeira operando em vazio O arranjo de microfones utilizado foi o mesmo descrito na figura 26 do capítulo 3.

Foram utilizados dois medidores de níveis de pressão sonora da marca Brüel & Kjaer modelo 2238. Os medidores de nível de pressão sonora foram ajustados para uma resposta de medição *slow* e um tempo de integração de 30 segundos.

O cálculo do desvio padrão obtido da média espacial das medições realizadas segue a equação 38. O resultado dos desvios padrão calculados estão descritos na tabela 30. Os valores de níveis de pressão sonora medidos estão apresentados no apêndice H.

Tabela 30 - Desvios padrão calculados das medições de pressão sonora para a qualificação dos pontos de medição para a ISO 3743 (1994) com a furadeira sem carga.

Frequência (Hz)	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Medição 6	Medição 7	Valores máximos permitidos segundo a ISO 3743/1 (1994)
250	0,6	0,7	1,0	1,3	0,8	0,5	1,4	≤ 2,5 para seis posições de microfone e uma posição de fonte
250	0,4	1,1	0,4	1,0	0,8	0,8	0,5	
500	0,9	1,0	0,9	1,4	1,3	1,2	1,1	
1000	1,7	0,6	1,4	1,3	0,9	0,7	1,2	
2000	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,3	
4000	0,4	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	
8000	0,6	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	
dB(A)	0,5	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	

Considerando o especificado na norma ISO 3743/1 (1994) a qualificação deve ser realizada para cada aparelho a ser ensaiado. Como a função de alto impacto gera um tipo de ruído diferenciado ao ruído da furadeira ajustada para perfuração normal, foram realizados ensaios de qualificação para a furadeira FR03 ajustada para perfuração com alto impacto e com o tracionador de impacto. Os resultados dos desvios padrão calculados para a furadeira ajustada para perfuração em alto impacto estão apresentados na tabela 31 e os valores de níveis de pressão medidos estão no apêndice H.

Tabela 31 - Desvios padrão calculados das medições de pressão sonora para a qualificação dos pontos de medição para a ISO 3743/1 (1994) com furadeira ajustada para alto impacto.

Frequência (Hz)	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Medição 6	Medição 7	Valores máximos permitidos segundo a ISO 3743/1 (1994)
125	1,1	1,0	0,6	1,0	0,9	0,6	1,0	≤ 2,5 para seis posições de microfone e uma posição de fonte
250	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	0,5	0,4	
500	0,4	0,9	0,6	0,7	0,9	0,6	1,3	
1000	1,0	1,4	1,1	0,9	1,1	1,0	1,1	
2000	0,4	1,0	1,1	0,9	1,2	1,1	1,3	
4000	0,7	0,2	0,3	0,9	0,4	0,3	0,5	
8000	0,3	0,4	0,4	0,3	0,3	1,1	0,5	
dB(A)	0,3	0,3	0,2	0,5	0,3	0,2	0,3	

Para a qualificação da furadeira operando na função de perfuração comum os desvios padrão calculados obtiveram valores abaixo de 2,5. O mesmo aconteceu com os desvios padrão calculados para a furadeira ajustada para alto impacto.

Parte da qualificação da sala de ensaios para a realização de ensaios de determinação de potência sonora segundo a ISO 3743/1 (1994) trata da adequação da sala de ensaios para fontes de ruído altamente diretivas.

Através dos ensaios realizados pode-se estimar que a furadeira não apresenta características tão direcionais a ponto de causar um desvio padrão acima do esperado para a qualificação dos pontos de medição, porém foram realizados ensaios para a comprovação deste fenômeno.

Segundo a norma ISO 3743/1 (1994) os ensaios para a qualificação dos pontos de microfone e fonte de ruído visando a direcionalidade da fonte foram realizados a partir de uma medição dos níveis de pressão sonora da furadeira em uma determinada posição. Após esta média foi realizada outra medição para a furadeira deslocada de 45° de seu eixo simétrico da posição inicial. Mais outras duas médias foram realizadas para a furadeira deslocada de 90° e 135° da sua posição inicial. Foi realizado o cálculo do desvio padrão para todas as medições realizadas. Os desvios padrão obtidos foram comparados com os desvios máximos de repetibilidade.

Os medidores de níveis de pressão sonora foram ajustados para medir bandas de oitava com frequências centrais compreendidas entre 125 e 8000 Hz. O tempo de integração utilizado foi de 30 segundos.

Para estes ensaios de verificação foram utilizadas as mesmas posições de microfone e fonte sonora descrito na figura 26 do capítulo 3. Os níveis de pressão sonora medidos e os desvios encontrados estão descritos na tabela 32.

Tabela 32 – Níveis de pressão sonora medidos para a verificação de desvios provenientes da diretividade do aparelho sob ensaio.

Frequência (Hz)	Ref a 0°	Ref a 45°	Ref a 90°	Ref a 135°	Desvio Padrão	Valores máximos permitidos segundo a ISO 3743/1 (1994)
125	56,2	55,9	56,2	56,2	0,2	3,0
250	66,6	66,3	66,4	66,3	0,1	2,0
500	78,6	78,0	78,0	78,1	0,3	1,5
1000	86,8	87,2	86,8	87,1	0,2	1,5
2000	90,0	89,8	90,0	90,0	0,1	1,5
4000	92,8	92,7	92,6	92,4	0,2	1,5
8000	92,0	92,0	92,1	91,8	0,1	2,5
dB(A)	97,3	97,3	97,3	97,2	0,1	1,5

Os valores obtidos para as medições de verificação de desvios provenientes de componentes tonais e diretividade determinaram um desvio padrão menor que o permitido pela ISO 3743/1 (1994). O arranjo de microfone e fonte de ruído proposto está qualificado segundo os requisitos da ISO 3743/1 (1994).

4.3.2 – Medição do Nível de Pressão sonora do Ruído de fundo da sala de ensaios.

Para a verificação do critério de ruído de fundo foram realizadas medições de níveis de pressão sonora do ruído de fundo da sala de ensaios. Os pontos de medição utilizados para estas medições foram os mesmos ilustrados na figura 26 e qualificados no item 4.3.1.

Os aparelhos utilizados foram três medidores de nível de pressão sonora da marca Brüel & Kjaer modelo 2238, onde cada medidor realizou medições em dois pontos distintos de microfone. A resposta dos medidores foi *slow* com um tempo de integração de 30 segundos. Cada medidor foi ajustado para realizar medições de níveis de pressão sonora em bandas de oitava com frequências centrais compreendidas entre 125 e 8000 Hz. Os medidores foram aferidos antes das medições pelo mesmo aparelho de referência o “Sound Calibrator” da Brüel & Kjaer modelo 2241.

Os resultados das medições dos níveis de pressão sonora do ruído de fundo para a metodologia por comparação da norma ISO 3743/1 (1994) se encontram no apêndice I. As médias espaciais dos níveis de pressão sonora para cada uma das sete medições realizadas estão na tabela 33.

Tabela 33 – Valor médio dos níveis de pressão sonora medidos do ruído de fundo da sala de ensaios para a ISO 3743/1 (1994).

Furadeira 1							
Frequência (Hz)	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Medição 6	Medição 7
125	41,5	34,2	36,0	44,4	39,5	34,2	35,8
250	38,0	32,1	34,6	38,0	38,0	38,6	36,4
500	27,0	24,8	28,7	32,0	26,8	27,4	25,4
1000	21,7	19,5	28,0	25,6	33,1	15,3	14,8
2000	15,9	19,9	29,7	21,3	13,9	18,4	14,7
4000	16,8	27,0	28,0	20,0	16,1	20,6	18,9
8000	16,2	24,0	30,2	18,5	18,4	15,7	17,9
dB(A)	32,4	31,7	36,4	34,8	35,4	32,1	30,3
Furadeira 2							
Frequência (Hz)	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Medição 6	Medição 7
125	42,7	42,5	36,6	32,9	36,7	35,6	34,1
250	36,0	34,6	32,8	38,1	36,0	36,7	35,3
500	30,8	24,3	29,9	24,6	25,6	26,5	25,8
1000	27,0	16,5	20,0	15,4	16,9	19,0	14,4
2000	22,7	17,0	15,1	20,2	25,0	17,8	22,7
4000	20,1	14,9	17,0	19,9	22,4	12,8	16,3
8000	22,6	20,4	22,4	15,7	16,6	23,6	18,6
dB(A)	34,2	30,8	30,7	31,5	31,9	31,2	30,4
Furadeira 3							
Frequência (Hz)	Medição 1	Medição 2	Medição 3	Medição 4	Medição 5	Medição 6	Medição 7
125	45,6	32,6	35,8	32,4	39,3	36,1	33,1
250	36,2	33,6	34,8	31,5	36,9	37,7	33,2
500	32,0	24,6	24,9	24,4	26,1	28,0	24,9
1000	37,3	15,1	15,3	15,3	16,0	17,3	13,7
2000	24,6	17,6	14,0	21,3	21,9	17,1	13,2
4000	17,9	13,3	16,7	18,1	18,7	22,5	15,7
8000	18,6	22,6	20,7	16,2	17,1	19,8	23,4
dB(A)	39,1	28,9	29,4	28,4	31,6	32,1	28,8

4.3.3 – Medição dos níveis de pressão sonora da fonte sonora de referência.

A metodologia por comparação define que o nível de potência sonora de uma fonte pode ser obtido a partir de medições do nível de pressão sonora desde que se conheça o nível de potência sonora de uma fonte, para que esta seja utilizada como referência. A fonte sonora de referência utilizada no ensaio pode ser visualizada na figura 30.

A fonte sonora de referência é uma fonte que possui uma baixa variação dos valores dos níveis de potência sonora. Estas variações podem ser determinadas segundo o previsto em especificação técnica da fonte de ruído padrão.

A fonte sonora padrão utilizada foi uma fonte Brüel & Kjaer, modelo 4204. Esta fonte de ruído foi calibrada no Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) na Alemanha. Na calibração os níveis de potência sonora foram medidos com a fonte alimentada por uma tensão de 115 Vac. Os ensaios foram realizados com o Variac ajustado para alimentar a fonte com 115 Vac.

As variações atmosféricas podem alterar a potência sonora da fonte de ruído, portanto o nível de pressão sonora medido da fonte de referência deve ser corrigido de acordo com o manual técnico da fonte.

Para variações entre a pressão atmosférica do local de ensaio e a pressão atmosférica na calibração da fonte a equação para obter o fator de correção é a equação (48).

$$\Delta L_p = 10 \cdot \log \left(\frac{B}{B_{cal}} \right) \quad (48)$$

onde: ΔL_p - fator de correção a ser somado ao nível de pressão sonora medido (dB).

B – pressão barométrica ambiente (mbar).

B_{cal} – pressão barométrica dada na carta de calibração (mbar).

A variação entre a temperatura ambiente do ensaio e a temperatura ambiente no momento da calibração deve ser considerada para obter o fator de correção de nível de pressão sonora medido descrito na equação (49).

$$\Delta L_T = 5 \cdot \log \left(\frac{T_{cal}}{T} \right) \quad (49)$$

onde: ΔL_T - fator de correção a ser somado ao nível de pressão sonora medido (dB).

T – temperatura ambiente ($^{\circ}\text{K}$).

T_{cal} – temperatura ambiente dada na carta de calibração ($^{\circ}\text{K}$).

Os resultados das médias espaciais dos níveis de pressão medidos para a fonte sonora de referência estão apresentados na tabela 34. Os resultados obtidos com as medições do nível de pressão sonora da fonte sonora de referência estão apresentados no apêndice K.

Tabela 34 – Média dos níveis de pressão sonora espaciais da fonte sonora de referência para a ISO 3743:1994 – Parte 1.

Para comparação com a furadeira FR01								
Frequencia (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Desvio Padrão
125	84,5	83,7	85,0	84,9	85,7	85,1	85,1	0,6
250	86,7	85,8	85,9	86,2	85,9	85,7	85,7	0,3
500	84,0	84,3	84,5	84,1	84,2	84,6	84,6	0,2
1000	86,8	86,6	87,0	86,6	86,6	86,4	86,4	0,2
2000	87,5	87,3	87,6	87,4	87,3	87,5	87,5	0,1
4000	85,3	85,2	85,1	85,2	85,3	85,3	85,3	0,1
8000	81,1	81,4	81,1	81,4	81,3	81,4	81,4	0,1
dB(A)	92,9	92,7	92,9	92,8	92,8	92,8	92,8	0,1
Para comparação com a furadeira FR02								
Frequencia (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Desvio Padrão
125	85,0	85,0	85,5	85,9	84,9	85,4	85,0	0,4
250	86,0	86,1	86,2	85,3	86,5	86,0	86,4	0,4
500	84,9	84,4	84,6	84,6	84,7	84,7	84,1	0,2
1000	87,0	86,7	86,8	86,5	86,7	86,5	86,6	0,2
2000	87,6	87,4	87,6	87,7	87,3	87,4	87,5	0,1
4000	85,2	85,2	85,2	85,5	85,2	85,3	85,2	0,1
8000	81,3	81,3	81,3	81,5	81,5	81,3	81,4	0,1
dB(A)	93,0	92,8	93,0	92,9	92,8	92,8	92,8	0,1
Para comparação com a furadeira FR03								
Frequencia (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Desvio Padrão
125	85,7	87,1	85,1	84,9	85,7	85,1	84,9	0,8
250	86,0	86,3	85,7	85,8	86,1	86,2	86,2	0,2
500	84,6	84,2	83,9	84,1	84,4	84,2	84,4	0,2
1000	86,5	86,4	86,6	86,7	86,4	86,5	86,6	0,1
2000	87,4	87,7	87,4	87,3	87,3	87,4	87,2	0,1
4000	85,3	85,0	85,2	85,2	85,3	85,2	85,2	0,1
8000	81,4	80,9	81,4	81,4	81,5	81,3	81,4	0,2
dB(A)	92,8	92,8	92,8	92,7	92,8	92,7	92,7	0,0

4.3.4 – Medição do nível de pressão sonora das furadeiras em operação

Os ensaios de medição da média espacial do nível de pressão sonora das furadeiras para a determinação da potência sonora segundo a ISO 3743/1 (1994) foram realizados primeiramente para as furadeiras operando em vazio.

Os pontos utilizados para o ensaio são os mesmos utilizados para a medição do nível de pressão sonora da fonte sonora de referência e que foram qualificados no item 4.3.1 ilustrados na figura 26.

Para as medições de nível de pressão sonora, foram utilizados três medidores da marca Brüel & Kjaer modelo 2238. Cada medidor realizou medições em dois pontos diferentes, perfazendo todas as seis posições de microfone qualificadas para o ensaio.

Os aparelhos foram regulados para realizarem medições de níveis de pressão sonora em bandas de oitava com frequências centrais de 125 Hz a 8000 Hz. A resposta do aparelho foi ajustada para *slow* e o tempo de integração foi de 30 segundos.

Foram realizadas medições para as três furadeiras operando em vazio. Os resultados das medições de níveis de pressão encontram-se no apêndice J. As médias espaciais das medições dos níveis de pressão para os sete ensaios realizados estão apresentadas na tabela 35.

Tabela 35 – Médias dos níveis de pressão sonora das furadeira operando em vazio para cada ensaio, para a ISO 3743/1 (1994).

Furadeira FR01								
Frequencia (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Desvio Padrão
125	56,6	56,3	55,8	57,6	55,6	56,6	57,2	0,7
250	67,2	66,7	67,1	67,0	67,4	67,2	66,7	0,3
500	77,2	76,1	76,9	76,5	76,9	77,1	77,0	0,4
1000	84,0	83,8	84,0	84,3	84,3	83,8	83,5	0,3
2000	86,0	86,0	85,9	86,1	85,7	86,1	85,8	0,2
4000	87,1	87,0	86,9	87,2	87,1	87,3	87,1	0,1
8000	87,5	87,4	87,0	87,5	87,7	87,5	88,0	0,3
DB(A)	92,8	92,7	92,5	92,9	92,8	92,8	92,7	0,1
Furadeira FR02								
Frequencia (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Desvio Padrão
125	56,0	56,9	55,0	55,3	57,2	56,1	54,8	0,9
250	66,7	66,6	66,4	66,2	66,1	66,3	66,3	0,2
500	77,4	77,4	77,3	77,6	78,7	76,8	78,0	0,6
1000	83,5	84,1	83,7	84,0	84,1	83,7	83,5	0,3
2000	85,7	85,9	85,8	85,7	86,1	85,9	85,8	0,1
4000	85,8	85,9	85,8	86,1	86,1	86,1	85,9	0,1
8000	86,0	86,2	85,9	86,0	86,3	86,5	86,0	0,2
DB(A)	91,8	92,0	91,9	92,0	92,2	92,1	91,9	0,1
Furadeira FR03								
Frequencia (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Desvio Padrão
125	57,2	57,0	56,7	55,6	56,3	56,9	56,8	0,6
250	67,2	67,0	66,0	66,2	66,4	66,3	66,2	0,5
500	78,0	77,4	77,6	78,3	78,0	77,3	77,3	0,4
1000	85,2	84,9	86,6	84,9	84,9	84,3	84,5	0,8
2000	85,9	86,0	86,1	86,0	85,6	86,1	86,0	0,2
4000	86,0	85,9	86,3	85,9	86,3	86,3	86,2	0,2
8000	86,5	86,3	85,8	86,7	86,6	87,1	86,4	0,4
DB(A)	92,4	92,3	92,7	92,4	92,3	92,5	92,3	0,1

Mantendo o procedimento de ensaio, em que ensaios devem ser realizados para todas as funções disponíveis da fonte a ser avaliada, foram realizados também ensaios de medição de níveis de pressão sonora com as furadeiras ajustadas para perfuração em alto impacto. Para esta função, foi utilizado o dispositivo tracionador de impacto ilustrado na figura 19 do capítulo 3.

Os equipamentos de medição, regulagens dos aparelhos e os pontos de medição (figura 26) são os mesmos utilizados para os ensaios das furadeiras sem carga. Os valores das medições dos níveis de pressão sonora das furadeiras operando na função impacto estão no apêndice J. Os valores da média espacial dos níveis de pressão sonora medidos estão apresentados na tabela 36.

Tabela 36 – Médias dos níveis de pressão espaciais das furadeira operando em alto impacto para a ISO 3743/1 (1994).

Furadeira FR01								
Frequencia (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Desvio Padrão
125	61,2	58,1	57,1	57,4	57,9	57,2	57,4	1,4
250	69,7	69,3	68,2	69,2	68,7	69,0	68,5	0,5
500	81,4	81,0	80,9	81,4	80,8	80,6	81,1	0,3
1000	88,1	88,1	87,3	87,9	87,4	87,4	87,6	0,3
2000	90,4	90,3	90,1	90,3	89,9	89,9	89,9	0,2
4000	93,0	92,9	92,5	93,1	92,2	92,2	92,1	0,4
8000	91,1	91,3	90,9	91,8	91,1	90,9	90,7	0,4
dB(A)	97,5	97,5	97,1	97,7	97,0	96,9	96,9	0,3
Furadeira FR02								
Frequencia (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Desvio Padrão
125	59,4	57,9	57,2	56,2	57,5	57,7	56,6	1,0
250	67,4	67,1	66,6	66,1	67,3	66,5	66,9	0,5
500	79,5	79,4	78,6	79,5	79,2	79,1	79,2	0,3
1000	86,2	86,2	85,5	86,7	85,9	85,4	85,9	0,4
2000	89,5	89,1	88,9	89,4	88,8	88,7	89,2	0,3
4000	91,5	90,9	91,0	91,4	91,1	90,8	91,1	0,2
8000	91,6	91,1	91,1	91,4	91,2	91,3	91,6	0,2
dB(A)	96,6	96,1	96,0	96,5	96,1	96,0	96,3	0,2
Furadeira FR03								
Frequencia (Hz)	Ensaio 1	Ensaio 2	Ensaio 3	Ensaio 4	Ensaio 5	Ensaio 6	Ensaio 7	Desvio Padrão
125	58,0	56,8	56,3	56,0	55,8	55,9	55,8	0,8
250	66,9	67,1	66,7	66,5	66,8	66,4	66,7	0,2
500	78,5	78,4	77,9	78,1	78,9	78,6	78,2	0,3
1000	87,0	87,2	87,3	86,5	87,2	87,5	86,0	0,5
2000	90,1	89,9	91,5	90,1	90,0	90,8	90,0	0,6
4000	93,0	92,5	92,7	92,5	92,9	92,3	93,2	0,3
8000	91,6	91,4	91,8	91,9	92,1	91,7	92,0	0,2
dB(A)	97,4	97,2	97,7	97,2	97,5	97,4	97,5	0,2

4.3.5 – Cálculos dos níveis de potência sonora

Com a média espacial dos níveis de pressão sonora calculados para a furadeira operando em vazio e ajustada para perfurar em alto impacto os níveis de potência sonora foi calculado a partir das médias espaciais de níveis de pressão sonora para a fonte sonora de referência. A equação (50) indica os cálculos a serem realizados para a determinação dos níveis de potência sonora.

$$L_W = L_{WREF} - \overline{L_{REF}} + \overline{L_P} \quad (50)$$

onde: L_W – Nível de potência sonora da furadeira (dB).

L_{WREF} – Nível de potência sonora da fonte sonora de referência (dB).

$\overline{L_{PREF}}$ - Média espacial dos níveis de pressão sonora da fonte sonora de referência (dB).

$\overline{L_{PREF}}$ - Média espacial dos níveis de pressão sonora da furadeira (dB).

Os níveis de potência sonora determinados para as furadeiras operando em vazio, calculado segundo a equação (50) estão na tabela 37. Os níveis de pressão sonora utilizados para determinar os níveis de potência foram devidamente corrigidos de acordo com o critério de ruído de fundo e estão apresentados no Apêndice I.

Tabela 37 – Níveis de potência sonora calculados para as furadeiras operando em vazio para a ISO 3743/1 (1994).

Furadeira FR01 – Ensaio sem carga								
Freqüência (Hz)	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	Desvio
125	56,4	56,8	55,0	56,8	54,1	55,7	56,3	1,0
250	65,0	65,4	65,7	65,3	66,0	65,9	65,4	0,4
500	77,8	76,4	77,1	77,1	77,4	77,2	77,1	0,4
1000	85,8	85,8	85,6	86,2	86,2	85,9	85,6	0,3
2000	88,0	88,2	87,8	88,2	87,9	88,1	87,8	0,2
4000	89,3	89,3	89,2	89,5	89,3	89,5	89,3	0,1
8000	91,0	90,6	90,5	90,8	91,0	90,7	91,2	0,2
dB(A)	95,2	95,1	94,9	95,3	95,2	95,2	95,2	0,1
Furadeira FR02 – Ensaio sem carga								
Freqüência (Hz)	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	Desvio
125	55,2	56,1	53,6	53,5	56,5	54,8	53,9	1,2
250	65,2	64,9	64,8	65,4	64,1	64,8	64,3	0,4
500	77,3	77,8	77,4	77,7	78,7	76,8	78,5	0,7
1000	85,0	85,9	85,4	86,0	85,9	85,8	85,4	0,4
2000	87,6	87,9	87,7	87,5	88,3	88,0	87,7	0,3
4000	88,1	88,2	88,0	88,2	88,4	88,3	88,2	0,1
8000	89,3	89,6	89,3	89,2	89,5	89,8	89,3	0,2
dB(A)	94,1	94,4	94,2	94,2	94,6	94,5	94,3	0,2
Furadeira FR03 – Ensaio sem carga								
Freqüência (Hz)	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	Desvio
125	55,7	54,1	55,7	54,8	54,8	55,9	56,1	0,7
250	65,7	65,2	64,8	64,9	64,8	64,5	64,5	0,4
500	78,1	77,8	78,4	78,9	78,3	77,7	77,5	0,5
1000	87,2	86,9	88,6	86,8	87,0	86,4	86,4	0,7
2000	88,0	87,8	88,1	88,2	87,8	88,2	88,2	0,2
4000	88,2	88,4	88,6	88,2	88,4	88,5	88,5	0,1
8000	89,8	90,2	89,1	90,0	89,7	90,4	89,7	0,4
dB(A)	94,7	94,8	95,0	94,8	94,7	94,9	94,7	0,1

Os níveis de potência sonora determinados para as furadeiras operando ajustadas para operar em função de alto impacto estão apresentados na tabela 38.

Tabela 38 – Níveis de potência sonora calculados para as furadeiras operando em função de alto impacto para a ISO 3743/1 (1994).

Furadeira FR03 – Ensaio com impacto acionado								
Freqüência (Hz)	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	Desvio
125	60,9	58,6	56,3	56,7	56,4	56,3	56,4	1,7
250	67,5	68,0	66,8	67,5	67,3	67,7	67,3	0,4
500	82,1	81,3	81,1	82,0	81,2	80,7	81,2	0,5
1000	89,9	90,0	88,8	89,8	89,3	89,5	89,7	0,4
2000	92,4	92,6	92,0	92,4	92,0	91,9	91,9	0,3
4000	95,2	95,1	94,9	95,4	94,4	94,4	94,3	0,4
8000	94,7	94,6	94,4	95,1	94,5	94,1	94,0	0,4
dB(A)	99,9	99,9	99,5	100,1	99,4	99,3	99,2	0,3
Furadeira FR03 – Ensaio com impacto acionado								
Freqüência (Hz)	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	Desvio
125	58,5	57,1	55,8	54,4	56,8	56,4	55,7	1,3
250	65,9	65,5	64,9	65,3	65,3	65,0	64,9	0,3
500	79,3	79,7	78,7	79,6	79,3	79,1	79,8	0,4
1000	87,7	88,0	87,2	88,7	87,8	87,5	87,8	0,5
2000	91,4	91,2	90,7	91,2	91,0	90,8	91,1	0,2
4000	93,8	93,2	93,3	93,4	93,4	93,0	93,5	0,2
8000	94,9	94,5	94,5	94,6	94,4	94,6	94,9	0,2
dB(A)	99,0	98,6	98,4	98,8	98,6	98,4	98,8	0,2
Furadeira FR03 – Ensaio com impacto acionado								
Freqüência (Hz)	Ensaio-1	Ensaio-2	Ensaio-3	Ensaio-4	Ensaio-5	Ensaio-6	Ensaio-7	Desvio
125	56,5	53,9	55,3	55,2	54,2	54,9	55,1	0,9
250	65,4	65,3	65,5	65,2	65,2	64,7	65,0	0,3
500	78,6	78,8	78,6	78,6	79,2	79,0	78,5	0,3
1000	89,1	89,3	89,2	88,4	89,3	89,6	87,9	0,6
2000	92,2	91,7	93,5	92,3	92,2	92,9	92,2	0,6
4000	95,2	95,1	95,0	94,8	95,1	94,6	95,5	0,3
8000	94,9	95,3	95,1	95,2	95,2	95,0	95,3	0,1
dB(A)	99,8	99,8	100,1	99,7	99,9	99,8	100,0	0,1

A figura 35 mostra os níveis de potência sonora calculados para as três furadeiras segundo a norma ISO 3743/1 (1994). A figura mostra os valores obtidos das furadeiras operando em vazio e com o dispositivo tracionador para o acionamento do impacto. As curvas representam a média das sete medições realizadas para cada furadeira.

Comparativo entre FR01, FR02 e FR03 (ensaio ISO 3743-Parte1)

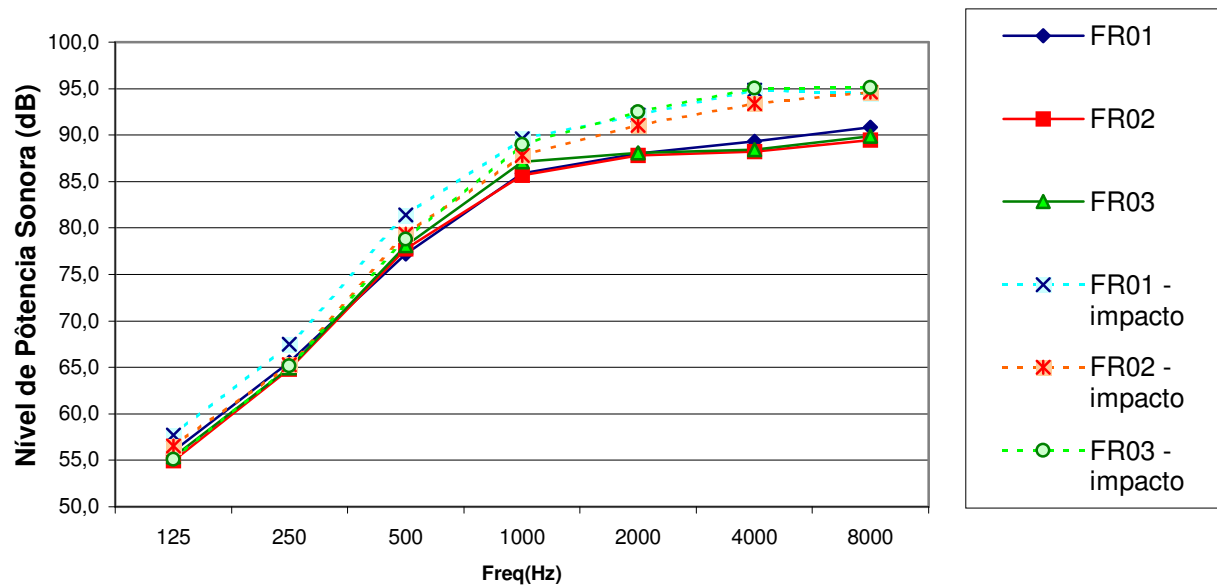


Figura 35 – Gráfico comparativo entre os valores de níveis de potência sonora determinados para as furadeiras de acordo com a ISO 3743/1 (1994). Gráfico dos níveis de potência sonora em função da frequência em bandas de oitava

Os níveis de potência sonora obtidos para as metodologias da ISO 3743 (1994) (metodologia direta e por comparação) e da ISO 3741 (1999) (metodologia direta) serão comentados e comparados os desvios padrões obtidos com os permitidos por norma. Das comparações serão levantados os pontos pertinentes para a elaboração do procedimento de ensaio da furadeira. Toda esta análise está contida no Capítulo 5.

5 – DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Os ensaios realizados, conforme proposto na introdução desse trabalho, foram utilizados para realizar um comparativo interlaboratorial de três metodologias: a metodologia direta segundo a ISO 3741 (1999), a metodologia por comparação segundo a ISO 3743/1 (1994) e a metodologia direta segundo a ISO 3743/2 (1994). Para cada uma destas metodologias foram realizados ensaios para três furadeiras de mesma marca e mesmo modelo obedecendo ao item 4.2 da NBR 13910/3 (1998) que indica o número de amostras, para determinar o nível global ponderado na curva “A” para o Selo Ruído, igual a três.

O comparativo citado acima foi feito para que se obtivesse uma proposta de método para ensaios de determinação de nível de potência sonora para furadeiras. Os requisitos que foram avaliados para a obtenção do método de ensaio foram: os detalhes de operação, as condições ou funções mais ruidosas dos aparelhos sob ensaio, os desvios encontrados com os ensaios realizados, os desvios dos ensaios realizados nas sete repetições e o nível global encontrado.

5.1 – Utilização das normas ISO 3741 (1999) e ISO 3743/1 e /2 (1994).

A NBR 13910/1 (1997) é a norma utilizada para os ensaios de determinação de potência sonora de aparelhos eletrodomésticos para o programa Selo Ruído. No capítulo 4 da NBR 13910/1 (1997) são apresentadas as metodologias utilizadas para os ensaios e os ambientes acústicos utilizados para tal. As metodologias referenciadas são as das normas ISO 3743, ISO 3744 e NBR 7566, sendo a ISO 3743 referente a ambientes reverberantes e a ISO 3744 e NBR 7566 referentes a ambientes semi anecóicos.

Os ensaios segundo a metodologia da ISO 3741 (1999) foram realizados porque, no princípio dos trabalhos, não havia fonte sonora padrão disponível para a realização dos ensaios de determinação de potência sonora por comparação segundo a ISO 3743/1 (1994). Foi escolhido o método da ISO 3741 (1999), pois havia a intenção realizar comparativos entre duas metodologias similares, que seriam da ISO 3743 (1994) e da ISO 3741 (1994), que utilizam a relação da absorção interna da câmara e a média espacial dos níveis de pressão sonora da câmara reverberante.

Depois de realizados os ensaios com os dois métodos diretos utilizando câmara reverberante, uma fonte sonora padrão foi gentilmente cedida pelo Instituto de Pesquisas e Tecnológicas de São Paulo por intermédio dos Srs Peter Barry e Mitsuo Yoshimoto. Com a fonte

sonora de referência foram realizados os ensaios de determinação de potência sonora através do método da comparação segundo a ISO 3743/1 (1994).

A ISO 3741 (1999) é bem mais restritiva que a ISO 3743/2 (1994) por se tratar de um método de precisão. Esta norma pode ser utilizada para a determinação de potência sonora de eletrodomésticos, no caso da Sala de Ensaios Acústicos da Faculdade de Engenharia Civil Arquitetura e Urbanismo, as restrições de volume mínimo, de ruído de fundo mínimo exigido e a quantidade de tempos de reverberação a serem medidos tornam-se empecilhos para a realização dos ensaios. Mesmo com o procedimento descrito no anexo E da ISO 3741 (1999), utilizado para o caso da câmara não se enquadrar nos requisitos de volume e a fonte a ser medida for caracterizada por um ruído de banda larga, necessita da utilização de uma fonte sonora de referência para realizar os ensaios de qualificação.

Para que se realizem ensaios de determinação de níveis de potência sonora com uma faixa de frequências considerável para um caráter investigativo, frequências a partir de 100 Hz para bandas de terço de oitava ou 125 Hz para bandas de oitava, o volume mínimo exigido é de pelo menos 200 m³. O que não acontece para os ensaios da ISO 3743 (1994) que necessitam de um volume mínimo de 70 m³ para a Parte 2 (método direto) e de 40 m³ para a Parte 1 (método por comparação). Considerando o Selo Ruído como um programa que visa informar o nível de potência sonora global ponderado em “A”, e os desvios obtidos com as metodologias da norma ISO 3743 (1994), os ensaios com precisão de engenharia são mais que suficientes para os objetivos atuais do Selo Ruído.

As medições de tempo de reverberação devem ser realizadas para todos os ensaios segundo a ISO 3741 (1999). Para a ISO 3743 (1994) os tempos de reverberação são medidos para a determinação do T_{nom} numa certa faixa de temperatura e umidade relativa, o que, depois de um mapeamento das faixas de condições ambientais, não é necessária a medição dos tempos de reverberação, desde que não se alterem as condições ambientais de ensaio.

No caso da aplicação da ISO 3741 (1999) utilizando a Sala de Ensaios Acústicos da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, a frequência mínima analisada foi da banda de oitava de 250 Hz (para um volume de 71,6 m³). Para o caso da furadeira tipo “hobby” utilizada a banda de oitava de 125 Hz não era predominante para a obtenção do nível global ponderado em “A”, que é o nível sonoro obtido para a declaração do nível de potência sonora do Selo Ruído. Considerando que, para a curva “A”, a atenuação exigida na banda de oitava de 125 Hz é de 16,1 dB, os valores obtidos nesta banda de frequência com o ensaio da furadeira não

influenciaram os resultados obtidos. Para um comparativo visual, a figura 33 ilustra dois gráficos das frequências divididas em bandas de oitava em função dos níveis de potência sonora medidos da mesma furadeira com a última barra à direita representando o nível global ponderado na curva “A”.

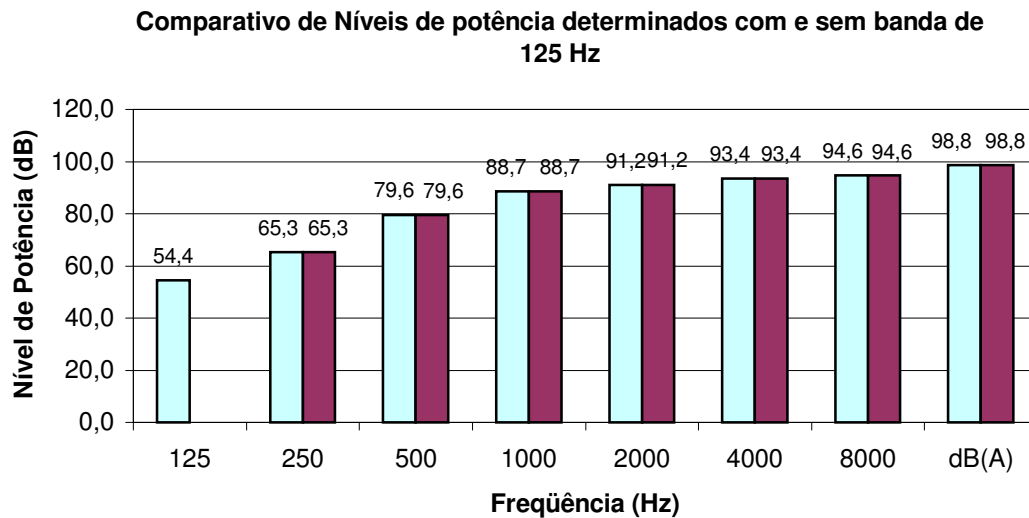


Figura 36 – Comparativo entre níveis globais de potência sonora determinados com e sem a banda de frequência de 125 Hz.

As últimas barras da direita no gráfico da figura 36 são níveis globais de potência sonora ponderados em “A” calculados com (barras claras) e sem (barras escuras) o nível de potência sonora obtido para a banda de oitava na frequência de 125 Hz.

Para o caso de outro tipo de fonte de ruído, uma geladeira, por exemplo, onde o ruído emitido possui maior distribuição de energia em baixas frequências, o método direto pela ISO 3741 (1999) não seria recomendado para a Sala de Ensaio Acústicos.

5.2 – Escolha da furadeira e operação para ensaio.

A escolha da furadeira para os ensaios teve como objetivo realizar ensaios com uma ferramenta de uso doméstico antecipando dessa forma, os trabalhos para qualificação de métodos e abrir um caminho para o Selo Ruído no requisito de ferramentas domésticas.

As furadeiras tipo ‘hobby’ foram escolhidas de acordo com a terminologia da norma NBR 6514 (1982) os aparelhos eletrônicos são considerados eletrodomésticos (de uso doméstico) quando este é projetado para uso residencial ou semelhante. O Selo Ruído tem como objetivo

etiquetar os aparelhos de uso doméstico, portanto a escolha da furadeira foi realizada considerando a família de furadeiras do tipo “hobby”.

Para os ensaios realizados, as furadeiras foram operadas em vazio, sem realizar perfurações. Esta condição foi considerada devido à grande dificuldade de implementação de um ensaio de perfuração para a medição de nível de pressão sonora.

Considerando um ensaio de perfuração haveria o risco de medição da interferência do ruído da broca perfurando um material. Esta interferência comprometeria os ensaios e o objetivo do Selo Ruído, que é determinar um parâmetro do ruído emitido pela furadeira e não da perfuração. Caso a furadeira fosse operada perfurando algum material, este material, deveria ser um material que não tivesse muitas variações na sua composição para homogeneizar ao máximo as perfurações. As brocas utilizadas também deveriam apresentar uma certa condição que não variasse de uma perfuração para a outra. Por fim a utilização da furadeira operando em perfuração seria inviável economicamente e o tempo necessário para a realização dos ensaios seria bem maior.

A norma NBR 13910/1 (1997) indica que devem ser realizados ensaios com todas as funções do aparelho sob ensaio. Foram realizados ensaios com as furadeiras ajustadas para perfuração de alto impacto. Para acionar o alto impacto foi criado um dispositivo que gerasse uma força no eixo da furadeira, esta força deveria ser suficiente apenas para acionar a vibração da função de alto impacto. O uso deste dispositivo pode ser recomendado de acordo com o modelo de furadeira a ser ensaiado, bem como uma ilustração do dispositivo. Normalmente, ou pelo menos nos ensaios realizados, a operação em alto impacto produz mais ruído. Portanto é conveniente que seja referenciado o ensaio preferencial da furadeira operando na função de perfuração com alto impacto.

Atende-se para o fato de que seja possível que a furadeira tenha várias velocidades. Segundo a NBR 13910/1 (1997) os aparelhos devem ser operados na maior velocidade selecionável.

A fixação da furadeira deve ser feita de forma a não permitir ruídos provenientes de vibração devidos à sua operação. Quando possível colocar a furadeira em funcionamento sem a intervenção de um operador. Segundo a NBR 13910/1 (1997) os aparelhos de uso manual devem ser colocados em um suporte e alocados no chão da sala de ensaios com o seu centro de gravidade a uma distância de 0,25 m aproximadamente. Como ilustrado na figura 18 do capítulo 3.

Caso haja alguma função ou acessório que produza ruído, eventuais ensaios devem ser realizados e o valor final considerado para o certificado de ensaio deve ser o maior obtido.

5.3 – Analise dos resultados e desvios obtidos.

O número mínimo de repetições para um nível de confiança de 95 % é de cinco. Considerando possíveis perdas de dados, foi escolhido um número maior de repetições para os ensaios. Como para ensaios de repetitividade deve-se evitar repetições pares para que se verifique uma tendência dos resultados, optou-se pelo número ímpar maior e mais próximo de cinco que é o sete.

Para cada metodologia foi calculado o desvio padrão entre os resultados de ensaios para cada ensaio e o desvio padrão dos sete ensaios realizados. Considerando o descrito nas normas de ensaio, os ensaios realizados segundo os critérios impostos pelas mesmas devem obter um desvio padrão menor que os listados nas normas.

As normas de ensaio discriminam valores de desvio padrão para ensaios realizados numa mesma fonte com o mesmo método, mas com instalações diferentes. Segundo o Vocabulário Internacional de termos fundamentais e gerais de Metrologia (VIM) quando se realiza a medição de um mensurando a condições adversas de medição, como operador, instrumentação ou laboratório utilizado, o grau de concordância dos resultados obtidos nestas condições adversas é chamado de reprodutibilidade. Quando são realizadas medições sucessivas nas mesmas condições de ensaio para um mesmo mensurando tem-se a repetitividade.

A ISO 3743/2 (1994) descreve que para uma mesma amostra ensaiada os desvios calculados provavelmente não excederão os desvios estabelecidos na tabela 39.

Tabela 39 – Valores mínimos de desvio padrão estimados segundo a ISO 3743/2 (1994)

Frequência em bandas de oitava (Hz)	Desvio Padrão Permitido
125	5,0
250	3,0
500 a 4000	2,0
8000	3,0
Global ponderado na curva “A”	2,0

Fonte: ISO 3743:1994 – Parte 2 – Tabela 1

Comparando os valores obtidos com o cálculo dos desvios padrão dos ensaios realizados para a metodologia direta segundo a ISO 3743/2 (1994) pode-se observar que todos os desvios

encontrados estão abaixo dos valores estimados pela norma de ensaio. Estes desvios estão apresentados na tabela 40 para furadeira operando em alto impacto e 41 para furadeira operando em vazio.

Tabela 40 – Desvios calculados para os ensaios de determinação de potência sonora para furadeiras operando em função de alto impacto segundo a ISO 3743/2 (1994)

Frequência (Hz)	Ensaio 1			Ensaio 2			Ensaio 3			Ensaio 4			Ensaio 5			Ensaio 6			Ensaio 7		
	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03
125	1,6	1,6	1,0	1,2	1,2	1,9	1,1	2,4	1,3	0,4	2,2	1,0	0,7	1,0	2,3	1,1	0,5	1,7	0,6	0,6	1,5
250	0,4	0,3	0,5	0,1	0,5	0,4	0,5	0,5	0,3	0,1	0,4	0,6	0,2	0,4	0,5	0,3	0,5	0,3	0,2	0,3	0,3
500	0,4	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,9	0,7	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,6	0,7	0,4	0,5	0,3	0,2	0,1	0,4
1000	0,3	0,2	0,4	0,1	0,2	0,2	0,6	0,5	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,1	0,4	0,3	0,4	0,2	0,4
2000	0,2	0,2	0,4	0,4	0,2	0,1	0,6	0,6	0,2	0,1	0,5	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,4	0,1	0,1	0,2	0,3
4000	0,4	0,1	0,4	0,4	0,2	0,2	0,5	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3
8000	0,2	0,1	0,4	0,2	0,5	0,1	0,5	0,6	0,1	0,2	0,5	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,1	0,2	0,4	0,3
dB(A)	0,2	0,1	0,4	0,3	0,2	0,1	0,5	0,4	0,2	0,1	0,4	0,2	0,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2

Tabela 41 – Desvios calculados para os ensaios de determinação de potência sonora para furadeiras operando em vazio segundo a ISO 3743/2 (1994)

Frequência (Hz)	Ensaio 1			Ensaio 2			Ensaio 3			Ensaio 4			Ensaio 5			Ensaio 6			Ensaio 7		
	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03
125	1,1	0,6	0,4	0,8	0,6	0,4	0,8	1,1	0,4	1,2	0,7	1,0	0,8	1,0	0,3	1,4	0,6	0,4	2,0	0,5	0,4
250	1,0	0,4	0,2	0,4	0,3	0,1	0,4	0,4	0,1	0,8	0,2	0,4	0,8	0,3	0,2	0,8	0,4	0,4	1,0	0,3	0,6
500	0,5	0,2	0,2	0,3	0,1	0,5	0,4	0,6	0,5	0,3	0,4	0,5	0,2	0,6	0,6	0,5	0,5	0,3	0,5	0,3	0,3
1000	0,3	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2
2000	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,1	0,3	0,5	0,2	0,1	0,3	0,3	0,1	0,4	0,2	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3
4000	0,1	0,0	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,4	0,4
8000	0,4	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,5	0,1	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,5	0,4
dB(A)	0,2	0,1	0,3	0,1	0,1	0,1	0,2	0,4	0,2	0,2	0,3	0,3	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3

Era esperado que os desvios calculados estivessem abaixo dos estimados pela norma, pois a norma ISO 3743/2 (1994) prevê os desvios para ensaios de reprodutibilidade. Como os ensaios realizados foram praticamente de repetitividade, são esperados desvios padrão menores. Uma observação pode ser levantada a partir da definição de fator de reprodutibilidade, pois este seria obtido com ensaios derivados de várias condições abrindo margem a um desvio padrão maior, porém na própria ISO 3743/2 (1994) há um parecer em que ensaios no mesmo laboratório produziram resultados com uma certa dispersão e os desvios calculados desta dispersão deveriam estar abaixo dos descritos na tabela 39. Considerando então esta posição comparou-se

os desvios calculados para os ensaios realizados com os permitidos pela norma, descritos na tabela 39. A partir desta comparação pode-se afirmar que a metodologia utilizada para os ensaios de determinação de potência sonora segundo a ISO 3743/2 (1994) está qualificada.

Para a metodologia de determinação de potência sonora segundo a ISO 3741 (1999) os ensaios foram realizados, devido ao limite mínimo de volume imposto pela norma, para frequências de banda de oitava a partir de uma frequência central de 125 Hz. O desvio padrão calculado para os ensaios foi comparado aos valores descritos na tabela 42, que são os desvios padrão estimados para ensaios de determinação de potência sonora utilizando a ISO 3741 (1999).

Tabela 42 – Valores máximos de desvio padrão estimados segundo a ISO 3741 (1999)

Frequência em bandas de oitava (Hz)	Desvio padrão máximo permitido
250	1,5
500 a 4000	1,0
8000	2,0
Global ponderado na curva “A”	0,5

Fonte: ISO 3741:1999 – Tabela 2

Os valores calculados de desvios padrão estão apresentados na tabela 43. Na tabela 44 estão os valores calculados a partir dos resultados das furadeiras operando com a função de alto impacto acionado.

Tabela 43 – Desvios padrão calculados a partir dos ensaios de determinação de níveis de potência sonora para furadeiras operando em vazio segundo método direto da norma ISO 3741(1999)

Frequência (Hz)	Ensaio 1			Ensaio 2			Ensaio 3			Ensaio 4			Ensaio 5			Ensaio 6			Ensaio 7		
	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03
250	0,6	0,6	0,8	0,6	0,3	0,7	0,8	0,9	0,6	1,3	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,7	0,6	0,6	0,5	0,7	0,7
500	0,6	1,0	0,8	0,8	0,8	1,0	0,4	0,5	1,0	0,7	0,6	0,6	0,8	0,3	1,0	0,6	0,4	0,8	0,4	0,8	1,2
1000	0,6	0,6	0,9	0,5	0,4	1,3	0,4	0,4	1,0	0,3	0,5	0,8	0,5	0,3	0,9	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,7
2000	0,3	0,3	0,5	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,2	0,4	0,1	0,4	0,2	0,3	0,5	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4
4000	0,3	0,6	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,6	0,3	0,5	0,3	0,1	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,6	0,2
8000	0,6	0,7	0,4	0,9	0,5	0,6	0,5	0,3	0,4	0,7	0,6	0,4	0,4	0,4	0,2	0,5	0,4	0,5	0,2	0,8	0,3
dB(A)	0,4	0,5	0,4	0,4	0,2	0,3	0,3	0,1	0,3	0,4	0,2	0,5	0,2	0,1	0,4	0,2	0,1	0,3	0,2	0,4	0,1

Tabela 44 – Desvios padrão calculados a partir dos ensaios de determinação de níveis de potência sonora para furadeiras operando na função de alto impacto segundo método direto da norma ISO 3741 (1999)

Frequência (Hz)	Ensaio 1			Ensaio 2			Ensaio 3			Ensaio 4			Ensaio 5			Ensaio 6			Ensaio 7		
	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03
250	0,2	0,6	0,4	0,6	0,6	0,5	0,4	1,2	0,9	0,8	0,4	0,4	0,4	0,6	0,6	0,5	1,0	0,7	0,6	0,9	0,4
500	0,6	0,9	1,0	0,6	0,4	0,9	0,8	0,8	0,8	0,3	0,6	0,8	0,8	0,8	0,4	0,6	0,4	0,8	0,4	0,6	1,0
1000	0,8	0,8	0,8	0,3	0,5	0,8	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,9	0,9	0,3	0,7	0,5	0,5	0,6	0,4	0,2	0,8
2000	0,7	0,4	0,5	0,3	0,3	1,0	0,4	0,4	0,7	0,5	0,5	1,0	0,4	0,6	1,0	0,5	0,3	0,7	0,5	0,4	1,0
4000	0,8	0,5	0,8	0,4	0,2	0,5	0,5	0,3	0,8	0,2	0,4	0,1	0,3	0,3	0,6	0,3	0,1	0,5	0,3	0,5	0,3
8000	0,7	0,3	0,5	0,7	0,2	0,4	0,5	0,5	0,7	0,3	0,3	0,5	0,4	0,2	0,2	0,4	0,2	0,5	0,4	0,5	0,2
dB(A)	0,5	0,3	0,4	0,3	0,1	0,4	0,3	0,3	0,4	0,1	0,1	0,2	0,3	0,1	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,1

Os desvios padrão calculados para os ensaios realizados estão com seus valores menores que os valores da tabela de máximos permitidos para ensaios. Sendo a ISO 3741 (1999) uma norma que exige condições de ensaio mais restritivas que as outras metodologias adotadas, os desvios dos resultados obtidos sendo menores que os permitidos na norma, qualifica a metodologia utilizada.

Os resultados dos ensaios realizados para a determinação dos níveis de potência sonora segundo a norma ISO 3743/1 (1994) foram utilizados para o cálculo do desvio padrão para cada um dos sete ensaios realizados. Como descrito na parte dois desta norma (ISO 3743/2, 1994), quando ensaios são realizados num mesmo laboratório, para um mesmo aparelho a ser ensaiado, os resultados se apresentarão como uma dispersão, o desvio padrão desta dispersão não deve ser maior que os valores descritos na tabela 45.

Tabela 45 – Valores mínimos de desvio padrão estimados segundo a ISO 3743/1 (1994)

Frequência em bandas de oitava (Hz)	Desvio Padrão Permitido
125	3,0
250	2,0
500 a 4000	1,5
8000	2,5
Global ponderado na curva "A"	1,5

Fonte: ISO 3743/1 (1994) – Tabela 1

Os valores obtidos dos cálculos dos desvios padrão de medição para as furadeiras operando em vazio estão apresentados na tabela 46.

Tabela 46 – Desvios padrão calculados a partir dos ensaios de determinação de nível de potência sonora para furadeiras operado em vazio segundo a ISO 3743/1 (1994)

Frequência (Hz)	Ensaio 1			Ensaio 2			Ensaio 3			Ensaio 4			Ensaio 5			Ensaio 6			Ensaio 7		
	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03
125	0,7	1,5	0,6	1,7	1,3	0,7	0,8	1,4	1,9	1,6	1,5	0,8	0,9	1,6	1,4	0,9	1,1	1,2	1,0	0,7	1,2
250	0,5	0,7	0,5	0,4	0,6	0,4	0,8	0,3	1,7	0,6	0,6	0,3	1,4	0,3	0,3	1,0	0,5	0,6	0,9	0,6	0,7
500	0,4	0,9	1,1	0,7	0,5	0,9	0,6	0,6	0,7	0,2	2,6	1,5	0,5	1,3	1,7	0,9	0,5	0,8	0,7	1,7	1,1
1000	0,4	0,2	1,3	0,5	0,2	0,8	0,5	0,6	2,1	0,7	0,3	0,8	0,3	0,2	0,9	0,4	0,5	0,3	0,3	0,6	0,6
2000	0,4	0,4	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,2	0,5	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4	0,2	0,4	0,2	0,2	0,4	0,5
4000	0,1	0,3	0,3	0,4	0,3	0,2	0,4	0,4	0,8	0,1	0,4	0,2	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
8000	0,5	0,5	0,4	0,7	0,4	0,2	0,3	0,4	2,3	0,6	0,5	0,2	0,5	0,6	0,3	0,4	0,4	0,4	0,8	0,3	0,3
dB(A)	0,2	0,1	0,4	0,4	0,2	0,2	0,3	0,2	0,7	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2

Os valores obtidos de desvios padrão referentes aos ensaios de determinação de potência sonora segundo ISO 3743/1 (1994) estão apresentados na tabela 47.

Tabela 47 – Desvios padrão calculados a partir dos ensaios de determinação de nível de potência sonora para furadeiras operando em função de alto impacto segundo a ISO 3743/1 (1994)

Frequência (Hz)	Ensaio 1			Ensaio 2			Ensaio 3			Ensaio 4			Ensaio 5			Ensaio 6			Ensaio 7		
	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03	FR01	FR02	FR03
125	1,8	2,1	1,5	0,7	1,3	0,7	1,1	1,8	0,9	1,0	1,5	0,8	1,3	1,6	0,9	1,5	1,8	1,1	1,0	1,0	1,1
250	0,8	0,9	0,6	0,6	0,4	0,6	0,8	0,6	0,4	0,7	0,3	0,4	0,8	0,4	0,9	0,7	0,8	0,5	0,8	0,8	1,0
500	0,6	0,7	1,1	1,1	0,7	1,0	0,6	0,5	0,7	0,6	0,4	0,7	0,3	0,4	1,2	0,4	0,4	1,4	0,5	0,8	0,7
1000	0,5	0,3	0,9	0,9	0,5	1,2	0,5	0,5	0,9	0,2	1,1	0,8	0,6	0,7	1,2	0,7	0,5	1,4	0,6	0,6	1,1
2000	0,2	0,5	0,5	0,3	0,2	0,7	0,5	0,4	1,4	0,3	0,8	0,6	0,4	0,4	0,9	0,3	0,4	0,9	0,4	0,4	1,1
4000	0,2	0,3	0,4	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4	0,2	0,4	0,8	0,2	0,4	0,1	0,5	0,3	0,2	0,5	0,2	0,2	0,5
8000	0,1	0,3	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,7	0,1	0,3	0,3	0,5	0,2	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4
dB(A)	0,1	0,3	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	0,7	0,3	0,3	0,1	0,1	0,2	0,1	0,4	0,2	0,2	0,5

Observando os valores obtidos e os valores estimados segundo a norma ISO 3743/1 (1994) observa-se que os valores calculados estão abaixo dos valores descritos na tabela 45. Como descrito pela norma se os valores estão abaixo dos desvios padrão máximos requisitados pode-se afirmar que a metodologia utilizada está qualificada para ensaios de furadeira.

Os resultados finais obtidos (Tabelas 40, 41, 43, 44, 46 e 47) mostram que os desvios padrão calculados para todos os sete ensaios realizados estão abaixo dos desvios estimados por cada uma das normas utilizadas, ISO 3743/1 e /2 (1994) e ISO 3741 (1999). Estes ensaios seguem cada um a sua metodologia de medição. Para cada metodologia existem determinados

valores de desvios estimados. Os desvios obtidos dos resultados de ensaio foram comparados com os desvios estimados e estavam abaixo dos valores estimados para cada metodologia.

Os diversos resultados obtidos com as três metodologias podem ser utilizados para calcular desvios dos resultados de medição de acordo com cada uma das normas de ensaio. Para um comparativo de diferentes técnicas realizou-se um cálculo dos desvios encontrados entre as técnicas utilizadas para cada uma das medições realizadas. Estes desvios estão apresentados na tabela 48.

Tabela 48 – Desvios padrão calculados entre as metodologias de ensaio para cada furadeira e cada função selecionada.

Furadeira 1															
Ensaio sem carga								Ensaio com impacto acionado							
Freq(Hz)	Med-1	Med-2	Med-3	Med-4	Med-5	Med-6	Med-7	Freq(Hz)	Med-1	Med-2	Med-3	Med-4	Med-5	Med-6	Med-7
125	3,8	3,3	2,5	2,6	1,5	1,9	2,4	125	5,0	3,0	2,9	1,0	1,3	0,3	1,0
250	0,4	0,5	0,4	0,9	1,0	1,3	1,5	250	1,0	1,3	0,5	0,8	0,6	0,7	0,5
500	1,1	0,8	0,9	0,9	1,4	1,1	1,0	500	2,3	1,3	1,1	1,3	1,2	0,8	0,9
1000	0,9	0,4	0,5	0,3	0,7	1,0	0,8	1000	1,4	1,3	0,9	0,7	0,5	0,6	1,0
2000	0,8	0,8	0,8	0,6	0,8	0,9	1,0	2000	0,8	0,8	0,6	0,7	0,9	0,9	1,2
4000	0,3	0,3	0,8	0,2	0,7	0,7	0,9	4000	0,6	0,4	0,6	0,7	0,8	1,0	1,0
8000	1,2	0,5	0,4	0,7	0,4	0,2	0,6	8000	0,9	0,6	0,4	0,1	0,4	0,6	0,6
dB(A)	0,3	0,3	0,4	0,0	0,6	0,6	0,7	dB(A)	0,6	0,5	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9
Furadeira 2															
Ensaio sem carga								Ensaio com impacto acionado							
Freq(Hz)	Med-1	Med-2	Med-3	Med-4	Med-5	Med-6	Med-7	Freq(Hz)	Med-1	Med-2	Med-3	Med-4	Med-5	Med-6	Med-7
125	1,8	4,3	1,2	1,7	2,5	1,5	1,0	125	4,6	4,4	3,6	3,4	3,1	2,3	2,2
250	0,6	0,6	0,9	1,5	1,4	1,1	1,1	250	1,4	0,7	0,6	1,0	0,7	0,6	1,0
500	0,3	0,2	1,1	0,5	1,1	1,4	1,3	500	1,4	1,0	0,8	1,3	0,7	1,0	0,9
1000	0,2	0,4	0,5	0,5	0,7	0,9	0,5	1000	0,8	0,9	0,5	1,4	0,7	0,6	0,7
2000	0,5	0,4	1,0	0,3	1,0	1,3	1,0	2000	1,5	1,0	1,1	1,2	1,0	0,9	0,6
4000	0,5	0,4	1,0	0,4	1,1	1,1	0,7	4000	0,7	0,6	0,8	0,9	0,5	0,7	0,2
8000	0,9	0,9	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	8000	1,2	1,2	1,2	1,2	1,3	1,3	1,5
dB(A)	0,1	0,2	0,6	0,3	0,8	1,0	0,5	dB(A)	0,7	0,3	0,5	0,7	0,5	0,5	0,6
Furadeira 3															
Ensaio sem carga								Ensaio com impacto acionado							
Freq(Hz)	Med-1	Med-2	Med-3	Med-4	Med-5	Med-6	Med-7	Freq(Hz)	Med-1	Med-2	Med-3	Med-4	Med-5	Med-6	Med-7
125	2,5	1,9	2,7	2,5	1,6	2,4	2,5	125	3,9	2,0	3,2	3,0	2,9	2,0	1,9
250	1,0	0,7	0,4	0,8	1,4	0,9	0,8	250	1,4	1,1	0,8	0,8	1,1	1,0	1,5
500	0,5	0,7	1,1	1,2	0,6	0,6	0,5	500	1,3	0,6	0,5	1,4	1,6	1,3	0,7
1000	1,2	0,3	1,6	0,9	0,7	0,9	0,6	1000	1,2	0,7	1,0	0,3	1,1	1,2	0,2
2000	0,8	0,4	0,9	1,1	1,0	1,1	1,1	2000	1,7	1,0	2,1	0,7	0,7	1,6	0,6
4000	0,4	0,4	0,9	1,1	0,8	1,0	0,9	4000	1,0	0,4	0,8	0,7	0,9	1,0	1,2
8000	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,8	0,3	8000	0,4	0,7	0,8	0,6	0,6	0,7	0,5
dB(A)	0,4	0,1	0,6	0,8	0,7	1,0	0,7	dB(A)	1,0	0,4	0,9	0,5	0,7	0,9	0,7

Os desvios calculados para os três ensaios realizados para cada furadeira mostram valores maiores para baixas frequências. Para estes valores, o desvio foi calculado para dois valores apenas pois, para os ensaios segundo a ISO 3741 (1999), a banda em frequência de 125 Hz não foi considerada.

De acordo com Shultz (1971), o comprimento de onda em baixa frequência é maior, e de acordo com o tamanho da sala de ensaios, a sobreposição dos modos acústicos é menor nas baixas frequências. Sendo assim a difusidade do campo tende a ser menor para as baixas frequências, sendo assim, os desvios padrão nestas frequências aumentam de acordo com a dispersão dos valores obtidos.

A tabela 49 apresenta os valores de desvios padrão obtido a partir dos valores médios dos ensaios realizados para as três furadeiras.

Tabela 49- Desvios padrão calculados a partir das médias das medições realizadas para cada furadeira.

Freq(Hz)	Furadeira 1		Furadeira 2		Furadeira 3	
	Vazio	Impacto	Vazio	Impacto	Vazio	Impacto
125	2,7	2,8	1,8	4,4	2,6	3,6
250	1,0	0,7	1,3	0,5	1,1	1,0
500	1,3	1,2	1,1	0,9	0,8	1,0
1000	1,0	0,7	0,7	0,7	0,9	0,7
2000	1,1	0,8	1,1	1,0	1,1	1,2
4000	0,8	0,7	1,1	0,5	1,1	0,8
8000	0,1	0,1	0,1	1,3	0,3	0,6
dB(A)	0,7	0,5	0,7	0,5	0,8	0,7

Para uma melhor visualização dos resultados obtidos para cada furadeira em cada um dos ensaios realizados, as figuras 37, 38 e 39 mostram os valores médios dos sete ensaios realizados para cada furadeira em cada um das normas de ensaio.

Valores de Níveis de Potência Sonora Obtidos dos Ensaios para a furadeira FR 01

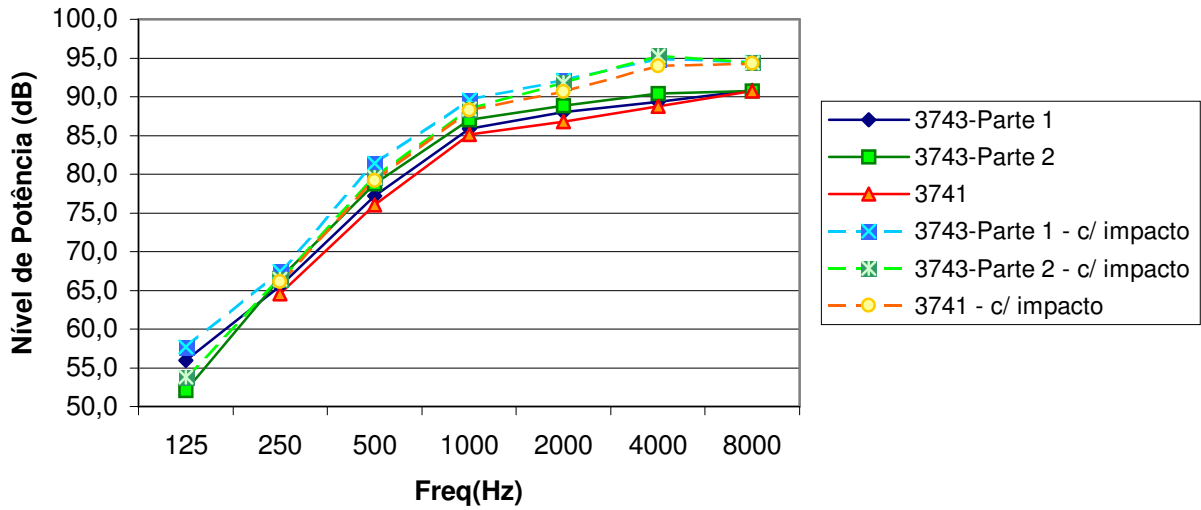


Figura 37 – Resultados dos Níveis de Potência Sonora para a furadeira FR01. Curvas de todos os métodos para a furadeira com e sem impacto acionado.

Valores de Níveis de Potência Sonora Obtidos dos Ensaios para a furadeira FR 02

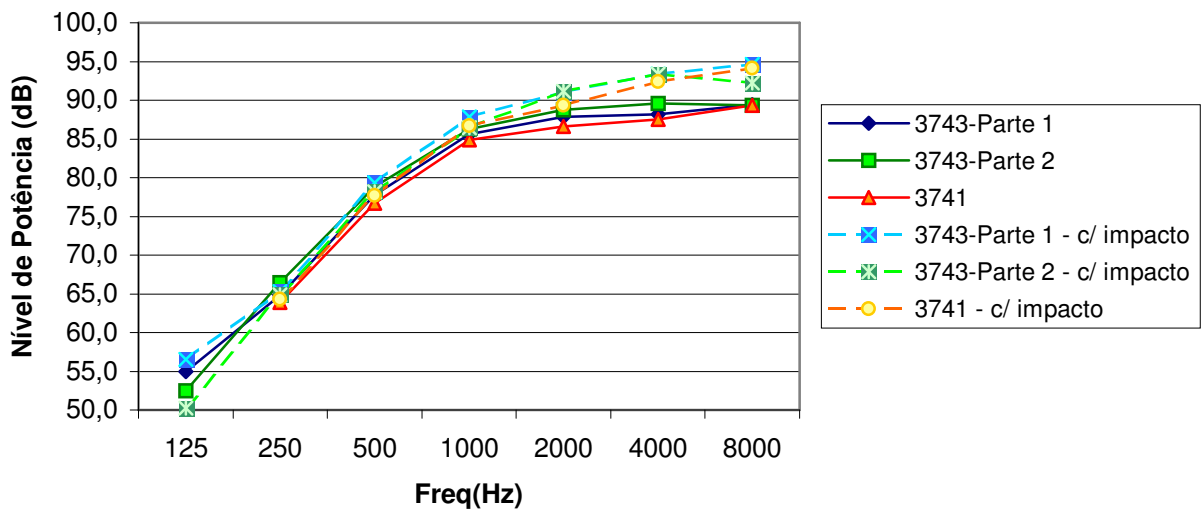


Figura 38 – Resultados dos Níveis de Potência Sonora para a furadeira FR02. Curvas de todos os métodos para a furadeira com e sem impacto acionado.

Valores de Níveis de Potência Sonora Obtidos dos Ensaios para a furadeira FR 03

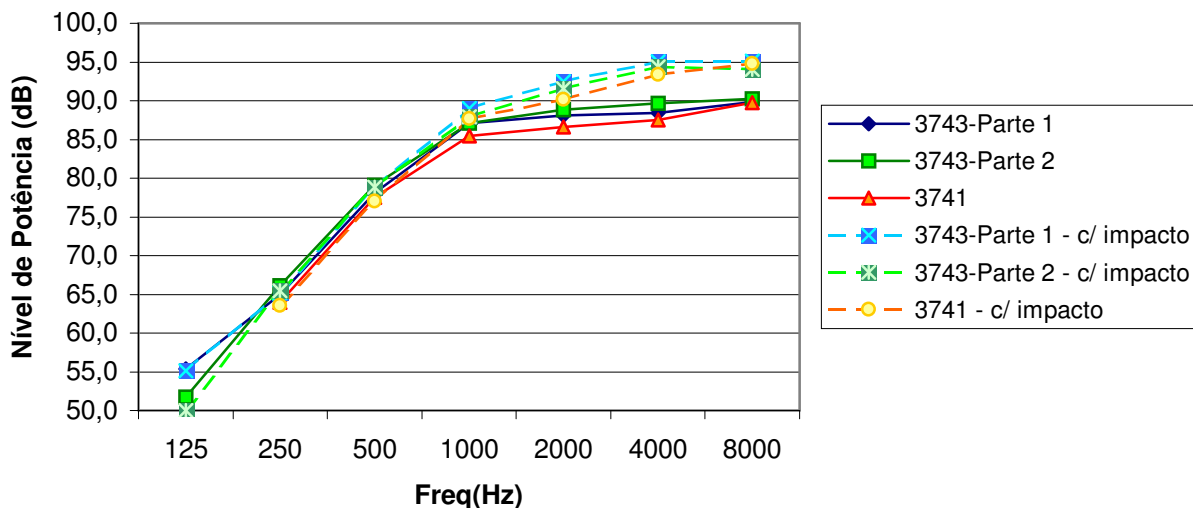


Figura 39 – Resultados dos Níveis de Potência Sonora para a furadeira FR03. Curvas de todos os métodos para a furadeira com e sem impacto acionado.

Os valores obtidos nas bandas de baixa frequência refletem o descrito no parágrafo anterior, mesmo considerando os dados calculados como resultados de uma média realizada primeiramente para as sete medições e depois para as três metodologias utilizadas. Considerando os desvios padrão máximos prescritos na norma ISO 3743/2 (1994) (tabela 39), os valores de desvios padrão encontrados satisfazem as condições máximas. Porém se forem considerados os desvios padrão descritos na ISO 3743/1 (1994) (tabela 45) as baixas frequências (125 Hz) não satisfazem a condição de desvio máximo permitido por esta parte da norma.

Para comparar os dados obtidos de cada uma das metodologias entre si, os ensaios foram considerados ensaios resultantes de uma comparação interlaboratorial. Para determinar a reprodutibilidade de uma comparação interlaboratorial pode-se utilizar a norma ISO 5725 (1986) (Precision of test methods – Determination of repeatability and reproducibility for a standard test method by inter-laboratory test).

A norma ISO 5725 (1986), determina a reprodutibilidade de um comparativo interlaboratorial de acordo com um teste normalizado realizado nos laboratórios participantes. Utilizando as técnicas estatísticas dadas pela norma considerou-se que cada norma de ensaio para a determinação de nível de potência sonora corresponderia a um laboratório de ensaio participante do comparativo interlaboratorial. As metodologias de ensaio são diferentes para cada ‘laboratório’ participante.

Com as técnicas da ISO 5725 (1986) foram calculados os fatores de reprodutibilidade dos resultados obtidos, para cada furadeira e para cada tipo de operação de furadeira. Os resultados dos coeficientes calculados e os resultados dos desvios obtidos dos ensaios realizados estão apresentados na tabela 50.

Tabela 50 – Valores de fatores de reprodutibilidade calculados segundo a ISO 5725 (1986) e dos valores de desvios padrão de reprodutibilidade entre as metodologias utilizadas.

	Furadeira 1				Furadeira 2				Furadeira 3			
	Vazio		Impacto		Vazio		Impacto		Vazio		Impacto	
Freq(Hz)	R Calc.	Desvio	R Calc.	Desvio	R Calc.	Desvio	R Calc.	Desvio	R Calc.	Desvio	R Calc.	Desvio
125	7,0	2,7	5,7	2,8	5,6	1,8	5,5	4,4	5,6	2,6	5,5	3,6
250	1,2	1,0	0,8	0,7	1,4	1,3	1,2	0,5	1,2	1,1	1,1	1,0
500	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	1,1	1,2	0,9	1,0	0,8	1,1	1,0
1000	1,0	1,0	0,9	0,7	0,8	0,7	0,8	0,7	1,1	0,9	0,9	0,7
2000	1,1	1,1	0,9	0,8	1,1	1,1	1,2	1,0	1,2	1,1	1,3	1,2
4000	0,9	0,8	0,7	0,7	1,1	1,1	0,9	0,5	1,1	1,1	0,9	0,8
8000	0,4	0,1	0,6	0,1	0,5	0,1	0,6	1,3	0,5	0,3	0,6	0,6
dB(A)	0,7	0,7	0,6	0,5	0,8	0,7	0,7	0,5	0,9	0,8	0,7	0,7

O desvio de reprodutibilidade foi calculado para as três metodologias de ensaio. Para a frequência de banda central de 125 Hz foi realizado o cálculo do desvio considerando apenas as metodologias da ISO 3743 (1994).

Analisando os resultados obtidos, os desvios dos ensaios demonstram estar abaixo dos calculados com as técnicas da norma ISO 5725 (1986) na banda de oitava de 125 Hz. Considerando que a diferença entre os valores nesta banda de frequência chega a 5 dB, para a banda de oitava de 125 Hz, e foram tomados apenas dois valores para os cálculos realizados, o desvio obtido foi um dos mais altos.

Os valores em outras frequências também se apresentaram menores que os calculados segundo as técnicas da norma ISO 5725 (1986). Com estes resultados, é qualificado o intercomparativo laboratorial segundo a norma ISO 5725 (1986), o que representa a qualificação dos resultados obtidos na utilização das normas para determinação de potência sonora de furadeiras.

Se considerado os níveis que são utilizados na etiquetagem do Selo Ruído, que são os níveis globais ponderados em “A”, o desvio máximo obtido para os desvios calculados a partir dos resultados das três metodologias foi de 1 dB. Considerando os desvios permitidos para a reprodutibilidade das técnicas de ensaio segundo a ISO 3743/1 (1994) os desvios calculados para níveis globais ponderados na curva de atenuação “A” não devem exceder 1,5 dB. A ISO 3743/1

(1994) define valores mais restritos para os desvios padrão de ensaio que a Parte 2. A Parte 2 define como desvio padrão máximo para níveis globais ponderados em curva “A” o valor de 2 dB.

Por fim a norma brasileira NBR 13910/1 (1997) indica que, para níveis de potência sonora ponderados em “A” as medições não devem resultar em desvios padrão maiores que 2 dB. As técnicas utilizadas para as medições na norma NBR 13910/1 (1997) referem-se à norma ISO 3743 (1994).

Considerando os desvios analisados, a investigação dos métodos de determinação de potência sonora de fontes de ruído, foi considerada uma ferramenta importante para a compreensão e utilização das normas de ensaio visando um programa de etiquetagem para furadeiras elétricas. O resultado dessa investigação originou uma proposta de método de ensaio para a determinação da potência sonora de furadeiras domésticas, visando o “Selo Ruído”.

Na segunda parte de normas ou normas específicas existe uma referência direta à norma principal, NBR 13910/1 (1997). Cada um dos itens é especificado como “aplicável” ou “não aplicável” a cada um dos requisitos da norma. Os devidos de talhes específicos são descritos de acordo com as modificações a serem implantadas em cada requisito da norma, estes aparecem como “adição” ou “substituição”.

Alguns critérios importantes a serem descritos no método proposto são a utilização das furadeiras operando em alto impacto. Esta função demonstrou níveis de ruído maiores, entre 2,5 e 6 dB, que para a condição de furadeira em vazio. Apenas uma ressalva deve ser colocada para o caso de alguma função da furadeira produzir mais ruído que a função de alto impacto, medições devem ser realizadas para esta função e os valores emitidos em certificado de ensaio devem ser do maior nível determinado.

6 – CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O trabalho foi conduzido realizando os ensaios de determinação de nível de potência sonora de furadeiras em ambientes reverberantes. Os métodos investigados foram: o método direto (de precisão e de engenharia) e método por comparação. Todos os métodos se mostram viáveis de serem aplicados a furadeira.

Os resultados de nível de potência sonora e os desvios padrão obtidos ao longo do trabalho permitiram elaborar um procedimento de ensaio que poderá ser utilizado no programa de etiquetagem (Selo Ruído).

A investigação dos métodos de determinação de potência sonora foi de extrema importância para obtenção dos detalhes funcionais da furadeira que são fundamentais para a realização de ensaios que visam a etiquetagem de equipamentos.

Destacam-se, dessa investigação, aspectos importantes quanto aos ambientes utilizados nos ensaios, posicionamento e operação do equipamento e desenvolvimento do ensaio em si.

Os ambientes utilizados foram diferentes entre si e as configurações utilizadas de aparelhagem e arranjo de microfones foram distintas para cada ensaio. Mesmo com estas condições, os desvios padrões calculados para níveis de potência sonora globais ponderados em “A” obtidos para cada norma de ensaio, estão abaixo do máximo permitido segundo as próprias normas utilizadas e dos cálculos dos desvios para intercomparativos laboratoriais.

Uma possível continuação dos trabalhos realizados é a realização de ensaios para a determinação da potência sonora de furadeiras em mais salas de ensaios para aumentar o espaço comparativo. Convenientemente poderia ser utilizado o procedimento proposto no Apêndice A para que também seja realizada uma avaliação deste procedimento.

A realização de ensaios num espaço de tempo maior, uma vez que as repetições dos ensaios foram realizadas num período de tempo não maior que um mês. Esta repetição mais espaçada dos ensaios poderia verificar possíveis variações com o envelhecimento da amostra, o que se qualificaria como um histórico de funcionamento da amostra.

Outros modelos de furadeira poderiam ser ensaiados para a verificação de possíveis variações de modelos existentes no mercado e da necessidade de possíveis ajustes do procedimento de ensaio. Os ajustes seriam referentes a condições, acessórios e tipos de operação não previstos neste trabalho ou que possam ser criados futuramente.

Outro trabalho que poderia ser realizado seria o estudo para ensaios de determinação de potência sonora em câmaras anecóicas ou semi-aneecóicas. Como a norma NBR 13910/1 (1997) referencia as normas ISO 3744 e NBR 7566, que utilizam estes ambientes, o estudo das mesmas praticamente completaria uma norma para determinação de potência sonora de furadeiras visando o Selo Ruído.

O cálculo de desvio padrão de reprodutibilidade para ensaios realizados em diversos laboratórios, com as diferentes técnicas de determinação de potência sonora, é um trabalho interessante que pode ser realizado visando uma comparação entre os ensaios realizados com diferentes métodos.

O cálculo da incerteza de medição para ensaios acústicos de determinação de potência é um tema que poderia ser utilizado como continuação deste trabalho. A incerteza de medição depende de vários fatores podendo ser de ordem sistêmica ou de ordem aleatória. Portanto seria possível obter uma incerteza de medição para cada tipo de ensaio, mas o procedimento para determiná-la pode seguir alguns passos que chegassem á determinação da incerteza.

Outros aparelhos da mesma linha poderiam ser estudados de modo a obter procedimentos específicos para a determinação de níveis de potência sonora como, por exemplo, serra tipo tico-tico, politriz, lixadeiras de pequeno porte, etc.

APÊNDICE A – PROPOSTA DE METODO DE ENSAIO PARA DETERMINAÇÃO DE POTÊNCIA SONORA DE FURADEIRAS UTILIZANDO AMBIENTES REVERBERANTES VISANDO O SELO RUÍDO.

A proposta do método de ensaios para a determinação da potência sonora de furadeiras visando o selo ruído foi formatada como a segunda parte de uma norma NBR, ou seja, uma norma de requisitos particulares que complementam os requisitos existentes em uma primeira parte. A primeira parte em questão é a NBR 13910:1997 – Diretrizes de ensaios para a determinação de ruído acústico de aparelhos eletrodomésticos e similares – Parte1: Requisitos gerais. O título sugerido para esta segunda parte é ‘Requisitos particulares para furadeiras.

Os itens das normas de requisitos específicos são citados como aplicáveis ou não. O título ‘Substituição’ indica que o texto substitui o texto correspondente na norma. O título ‘Adição’ indica que o texto dado complementa o texto correspondente na norma. A proposta de norma é apresentado como segue:

Sumário

Prefácio

Introdução

1 Campo de aplicação e objetivo

2 Referências normativas

3 Definições

4 Métodos de medição e ambientes acústicos

5 Instrumentação

6 Operação e localização de aparelhos de ensaio

7 Medição dos níveis sonoros

8 Cálculo dos níveis de pressão sonora e de potência sonora

9 Informações a serem reportadas

10 Informações a serem relatadas

Prefácio

Esta proposta de método de ensaio para a determinação de potência sonora de furadeiras visando o selo ruído deve ser observada como uma primeira formatação para futuras discussões com relação a uma segunda parte da NBR 13910:1997 como requisitos particulares para furadeiras.

Esta proposta refere-se à NBR 13910:1997– Diretrizes de ensaios para a determinação de ruído acústico de aparelhos eletrodomésticos e similares – Parte1: Requisitos gerais,

completando os itens ou informando a adição ou substituição de termos específicos referentes a características típicas da furadeira.

Introdução

Adição

Esta proposta trata apenas de ruído de transmissão aérea resultante da operação de furadeiras do tipo hobby.

1 Campo de aplicação e objetivo

Introdução

Esta seção da Parte 1 se aplica.

1.1 Campo de aplicação

Substituição

Esta proposta se aplica a aparelhos elétricos do tipo furadeira. Estes aparelhos elétricos não devem ter sido projetados exclusivamente para propósitos industriais. É comum a utilização da denominação do tipo ‘hobby’, caso não houver distinção do tipo do aparelho deve-se consultar literaturas pertinentes para a determinação de uso doméstico do aparelho.

1.2 Objetivo

Adição

O objetivo desta proposta é a determinação de potência sonora de furadeiras do tipo hobby ponderado em curva de atenuação do tipo “A”.

2 Referências normativas

Esta seção da parte 1 se aplica.

3 Definições

Adição

3.8 função de alto impacto – função selecionável em furadeiras para perfurações que exijam uma certa vibração no eixo de perfuração em superfícies compostas como concreto e alvenaria.

3.9 dispositivo tracionador – dispositivo que realiza o tracionamento suficiente do eixo da furadeira para que seja produzido o ruído característico da função de alto impacto.

4 Métodos de medição e ambientes acústicos.

4.1 Informações gerais

Esta seção da parte 1 se aplica

4.2 Método direto

Esta seção da parte 1 é aplicável exceto para – em condições de campo livre sobre um plano refletor

4.3 Método da comparação

Esta seção da parte 1 é aplicável exceto para - referências a medições de campo livre e norma NBR 7566

4.4 Ambientes acústicos

4.4.1 Condições de campo livre sobre plano(s) refletor(es)

Não aplicável

4.4.2 Salas reverberantes especiais

Esta seção da parte 1 se aplica

5 Instrumentação

Esta seção da parte 1 se aplica

6 Operação e localização de aparelhos em ensaios

6.1 Montagem e condicionamento dos aparelhos

6.1.1 Substituição

A furadeira deve ser equipada com acessórios apenas quando estes forem relacionados á função de perfuração e produzirem quantidade significativa de ruído.

6.1.2 Substituição

Deve se tomar o cuidado de se colocar a furadeira em um dispositivo de sustentação de modo que elementos elásticos possam isolá-la do pedestal a fim de evitar ruídos provenientes de transmissão vibracional.

6.1.3 *Esta seção da parte 1 se aplica*

6.1.4 *Esta seção da parte 1 se aplica*

6.2 Alimentação de energia elétrica e de água ou gás

6.2.1 *Adição*

Para furadeiras a tensão de alimentação deve ser a nominal da rede elétrica (127 V ou 220 V) com uma variação máxima de $\pm 2\%$.

As furadeiras com faixa de tensão devem ser alimentadas com a tensão média da faixa, para o caso da faixa de tensão ser maior que 10% do valor médio da faixa, os ensaios devem ser realizados na tensão máxima da faixa.

6.2.2 *Esta seção da parte 1 se aplica* – para o caso de furadeiras portáteis movidas à bateria.

6.2.3 e 6.2.4 *Não aplicável*

6.3 Condições ambientais

Esta seção da parte 1 se aplica.

6.4 Carga e operação do aparelho

6.4.1 *Substituição*

Os ensaios devem ser realizados com a furadeira operando em vazio e sem a intervenção de um operador. Para o caso da furadeira possuir uma trava para o botão de acionamento, a mesma deve ser utilizada. Caso não possua tal trava, deve-se utilizar algum meio para mantê-lo pressionado como, por exemplo, uma fita adesiva.

6.4.2 *Substituição*

Para furadeiras com ajuste de velocidade, deve-se operá-la na maior velocidade durante o ensaio.

Caso a furadeira possua a função de perfuração em alto impacto deve-se dar preferência para que os ensaios sejam realizados com esta função acionada. Para o acionamento total desta função, evitando assim a trepidação no eixo da broca, deve-se utilizar algum dispositivo que mantenha a parte do mandril pressionada contra o corpo da furadeira.

Um dispositivo tracionador sugerido está ilustrado na figura 2. Para a utilização deste dispositivo, deve ser certificado de que ele não exercerá nenhuma força a mais do que o necessário para manter a função de impacto acionada. Esta força demasiada pode alterar a rotação da furadeira e conseqüentemente o ruído emitido pela mesma.

Se algum outro acessório ou alguma outra função produzir mais ruído que a função de alto impacto, ensaios deverão ser realizados com esta função acionada e o valor a ser relatado deverá ser o maior nível de ruído obtido.

6.4.3 *Não aplicável*

6.4.4 *Substituição*

Cuidados devem ser tomados no caso da furadeira possuir um tempo máximo de funcionamento. Este limite pode ser verificado na documentação técnica cedida pelo fabricante. Os ensaios devem ser realizados respeitando este limite para que não ocorra nenhum dano a furadeira.

6.5 Localização e montagem dos aparelhos

6.5.1 *Não aplicável*

6.5.2 *Esta seção da parte 1 se aplica* – com a figura 1 ilustrando o posicionamento na furadeira num dispositivo sugerido.

6.5.3 a 6.5.7 *Não aplicável*

7 Medição dos níveis sonoras

Esta seção da parte 1 se aplica

7.1 Arranjo de microfone e superfície de medição para condição essencialmente de campo livre sobre um plano refletor/

Não aplicável – por se tratar de ensaios com campos reverberantes.

7.1.2 a 7.1.10 *Não aplicável*

7.2 Arranjo de microfones e localização das fontes sonoras de referência em condições de campo livre.

7.2.1 e 7.2.2 *Não aplicável*

7.3 Arranjo de microfones e localização da fonte sonora de referência em câmaras reverberantes especiais

7.3.1 a 7.3.13 *Estas seções da parte 1 se aplicam*

7.4 Arranjo de microfones e localização das fontes sonoras de referência em condições de campos reverberantes

7.4.1 e 7.4.2 *Estas seções da parte 1 se aplicam*

7.5 Medições do nível de pressão sonora

Esta seção da parte 1 se aplica

8 Cálculo dos níveis de pressão sonora e de potência sonora

8.1 Cálculo de níveis de pressão sonora

Esta seção da parte 1 se aplica

8.2 Cálculo dos níveis de potência sonora através do método da comparação

Esta seção da parte 1 se aplica

8.3 Cálculo de níveis de potência sonora através de medições pelo método direto em condições de campo livre qualificado de acordo com a ISO 3744

Não aplicável

8.4 Cálculo de níveis de potência sonora ponderados em A para medições com o método direto em câmaras reverberantes especiais de acordo com a ISO 3743.

Esta seção da parte 1 se aplica

9 Informações a serem registradas

9.1 Dados gerais

Esta seção da parte 1 se aplica

9.2 Descrição do aparelho em ensaio

Esta seção da parte 1 se aplica

9.3 Métodos de medição

Esta seção da parte 1 se aplica

9.4 Ambiente acústico

9.4.1 *Aplicável* para campo reverberante

9.4.2 a 9.4.5 *Estas seções da parte 1 se aplicam*

9.5 Instrumentação

Esta seção da parte 1 se aplica

9.6 Aparelho e procedimento do aparelho em ensaio

Esta seção da parte 1 se aplica

9.7 Alimentação elétrica, alimentação de água, etc.

Esta seção da parte 1 se aplica

9.7.3 Não aplicável

9.7.4 Não aplicável

9.8 Condições ambientais

Esta seção da parte 1 se aplica

9.9 Operação do aparelho em ensaio

9.9.1 *Não aplicável*

9.9.2 e 9.9.3 *Estas seções da parte 1 se aplicam*

9.10 Localização e montagem do aparelho de ensaio

Esta seção da parte 1 se aplica

9.11 Configurações de microfones

Esta seção da parte 1 se aplica exceto para 9.11.3

9.12 Dados de medição

Esta seção da parte 1 se aplica exceto para 9.12.5

9.13 Níveis de pressão sonora e de potência sonora calculados

Esta seção da parte 1 se aplica

10 Informações a serem relatadas

10.1 Dados gerais

10.2 Aparelho em ensaio

Esta seção da parte 1 se aplica

10.3 Condições de ensaio para aparelho

Esta seção da parte 1 se aplica

10.4 Dados acústicos

Esta seção da parte 1 se aplica

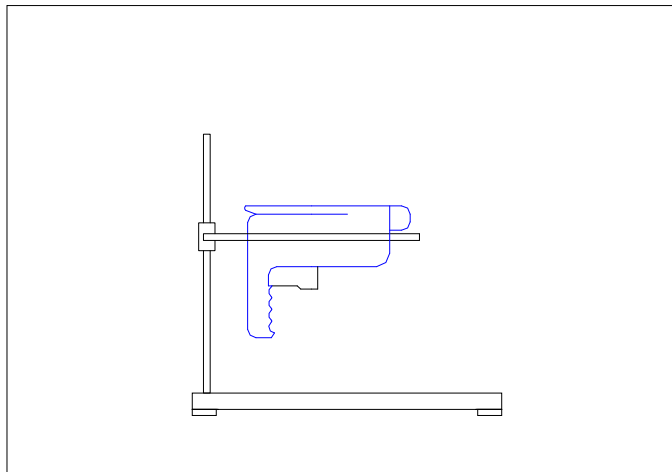


Figura 1 – Dispositivo de fixação para ensaio com a furadeira

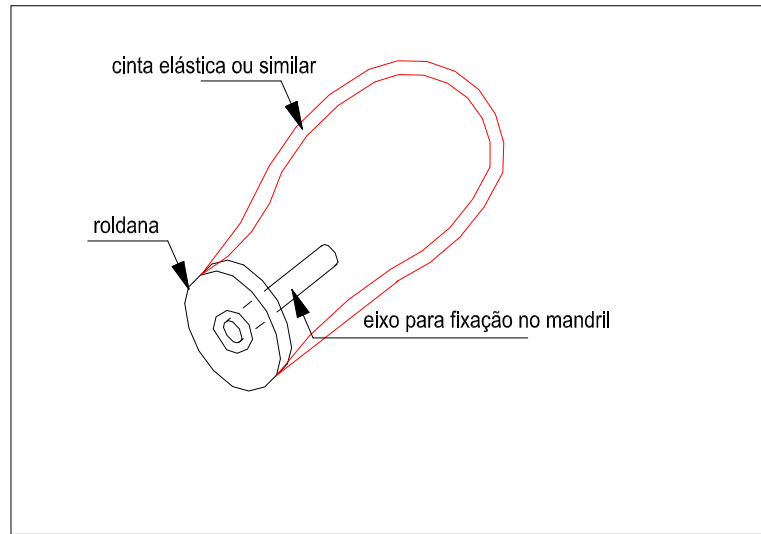


Figura 2 – Dispositivo de acionamento de alto impacto sugerido

Apêndice B

Resultados das medições de qualificação do arranjo de microfone e posicionamento de fonte para ensaios segundo a ISO 3743/2 (1994)

1a. Medição NPS da furadeira FR01 para qualificação de arranjo de microfone e posição de fonte sonora.																												
Posição de Fonte 1						Posição de fonte 2						Posição de fonte 3						Posição de fonte 4										
Frequência	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.
	M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6	
125	40,3	42,4	44,3	42,5	40,4	39,0	1,9	41,5	42,2	43,2	44,0	43,5	39,5	1,6	44,9	42,8	45,5	40,0	43,2	45,5	2,1	41,6	42,1	43,0	39,9	47,9	43,7	2,7
250	56,0	56,9	56,3	53,7	56,0	56,1	1,1	57,1	58,2	58,3	59,2	57,1	59,2	0,9	57,4	57,4	56,9	57,3	57,9	59,8	1,0	56,2	57,6	59,2	58,6	55,8	57,1	1,3
500	69,2	68,4	70,3	72,3	70,0	68,5	1,5	70,9	71,4	70,5	68,6	69,3	70,5	1,0	70,0	69,3	71,9	71,6	67,9	72,8	1,8	70,1	72,1	71,8	71,9	70,4	68,5	1,4
1000	77,5	78,9	79,7	77,9	77,1	78,2	0,9	78,5	80,3	79,1	77,8	79,2	78,6	0,8	77,0	80,6	78,3	79,5	78,2	79,7	1,3	78,9	79,0	79,3	79,7	78,5	77,4	0,8
2000	79,5	80,6	80,3	80,2	80,0	80,5	0,4	81,3	80,5	80,7	80,5	80,2	80,2	0,4	80,0	80,4	81,7	81,0	80,0	79,8	0,7	81,0	80,9	80,1	80,2	80,3	79,9	0,5
4000	82,0	81,7	83,0	81,5	81,7	81,3	0,6	81,2	82,0	82,4	82,2	81,7	82,3	0,4	82,6	82,0	81,8	82,3	82,4	81,8	0,3	82,2	81,8	82,4	81,6	81,9	82,3	0,3
8000	81,0	81,8	82,8	82,1	81,9	81,2	0,6	82,4	81,5	82,7	83,4	82,5	83,1	0,7	82,6	82,0	81,4	82,1	82,8	82,3	0,5	82,1	81,6	81,9	82,4	82,5	82,0	0,3
dB(A)	86,8	87,3	88,0	87,1	86,9	86,9	0,5	87,4	87,6	87,8	87,7	87,4	87,7	0,2	87,5	87,7	87,6	87,8	87,5	87,4	0,1	87,7	87,4	87,5	87,4	87,4	87,2	0,2

2a. Medição NPS da furadeira FR01 para qualificação de arranjo de microfone e posição de fonte sonora.																												
Posição de Fonte 1						Posição de fonte 2						Posição de fonte 3						Posição de fonte 4										
Frequência	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.
	M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6	
125	43,3	44,1	42,3	44,3	45,0	45,6	1,2	39,9	41,7	44,4	44,9	45,8	45,0	2,3	47,3	43,8	42,9	44,2	43,2	49,3	2,6	41,4	48,3	44,5	45,3	47,1	45,9	2,4
250	57,0	56,4	56,7	58,3	57,7	59,2	1,1	56,7	59,8	57,8	61,5	61,7	60,3	2,0	56,1	57,2	56,2	58,2	58,8	59,8	1,5	58,7	57,0	60,8	59,3	59,7	59,9	1,3
500	69,8	68,9	71,8	69,9	69,1	70,2	1,0	70,0	72,3	70,7	70,7	70,9	71,0	0,8	72,1	71,7	72,1	70,2	69,5	70,4	1,1	70,6	68,6	69,2	71,1	71,3	71,1	1,1
1000	78,8	79,2	79,7	79,1	78,6	79,3	0,4	79,0	78,7	79,7	78,3	79,2	78,6	0,5	78,1	79,2	78,0	79,4	78,9	78,9	0,5	80,3	79,0	78,3	79,4	80,3	79,3	0,8
2000	80,7	81,0	80,9	80,5	80,3	80,5	0,3	80,3	80,8	80,8	81,0	80,1	80,3	0,4	80,1	81,7	80,7	80,4	80,5	81,3	0,6	80,8	81,2	79,9	80,4	81,5	80,1	0,6
4000	81,7	81,7	82,2	82,2	81,5	81,8	0,3	81,6	82,4	82,6	82,4	82,0	81,7	0,4	82,2	82,9	81,9	82,2	81,9	82,2	0,4	82,3	82,2	81,6	82,0	83,0	82,3	0,4
8000	82,0	82,1	82,0	82,1	81,8	82,1	0,1	82,0	81,5	83,5	82,3	82,1	82,5	0,7	82,9	83,2	82,8	83,0	81,8	83,0	0,5	83,3	82,8	82,1	82,9	84,4	83,1	0,8
dB(A)	87,4	87,5	87,7	87,6	87,1	87,5	0,2	87,3	87,6	88,2	87,7	87,4	87,3	0,3	87,6	88,4	87,5	87,8	87,3	88,0	0,4	88,1	87,9	87,1	87,7	88,8	87,7	0,6

3a. Medição NPS da furadeira FR01 para qualificação de arranjo de microfone e posição de fonte sonora.																												
Posição de Fonte 1						Posição de fonte 2						Posição de fonte 3						Posição de fonte 4										
Frequência	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.
	M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6	
125	41,9	40,0	45,1	42,8	44,0	39,4	2,2	45,6	44,8	44,2	41,8	44,4	46,8	1,7	44,3	44,6	42,6	41,8	41,5	44,6	1,5	46,0	48,9	42,6	45,2	43,7	45,4	2,2
250	56,3	55,5	57,5	58,1	58,2	58,0	1,1	55,6	58,7	58,3	59,9	59,3	57,0	1,6	56,5	60,7	57,6	59,2	59,7	60,0	1,6	60,1	59,0	57,8	55,6	60,2	59,6	1,8
500	71,0	71,0	70,6	68,6	70,7	71,0	0,9	71,8	69,4	71,1	70,3	71,1	72,1	1,0	71,6	71,1	69,4	72,0	69,5	71,9	1,2	69,2	69,8	71,0	72,0	71,3	68,9	1,2
1000	78,5	79,3	78,6	78,2	78,5	78,6	0,3	80,2	78,5	78,7	79,2	78,2	78,3	0,7	79,3	78,9	77,7	79,5	78,7	79,3	0,7	78,7	79,5	78,6	79,7	79,4	78,4	0,6
2000	80,5	80,9	80,9	80,8	81,4	80,0	0,5	79,9	80,7	80,8	80,8	79,9	80,6	0,4	79,9	81,9	80,5	80,5	79,6	80,6	0,8	80,2	80,8	79,7	80,0	81,9	80,1	0,8
4000	82,0	82,1	82,3	82,0	81,4	81,7	0,3	81,8	82,3	82,5	82,1	82,6	82,0	0,3	81,9	83,0	81,7	82,0	81,8	82,1	0,4	82,2	82,4	81,7	82,3	82,9	82,5	0,4
8000	81,9	82,4	81,8	82,4	81,4	82,1	0,4	81,8	81,9	83,6	82,8	82,4	81,5	0,8	82,8	83,5	82,0	82,8	82,0	82,9	0,6	82,7	82,8	82,3	82,3	83,8	82,5	0,6
dB(A)	87,4	87,7	87,6	87,5	87,3	87,2	0,2	87,4	87,5	88,1	87,8	87,5	87,3	0,3	87,5	88,5	87,2	87,7	87,1	87,8	0,5	87,6	87,9	87,1	87,6	88,6	87,6	0,5

4a. Medição NPS da furadeira FR01 para qualificação de arranjo de microfone e posição de fonte sonora.																												
Posição de Fonte 1						Posição de fonte 2						Posição de fonte 3						Posição de fonte 4										
Frequência	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.
	M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6	
125	40,1	44,3	43,3	43,9	44,2	38,7	2,4	39,9	44,4	48,1	43,2	40,6	44,3	3,0	42,2	40,8	41,2	43,4	43,0	46,7	2,1	45,5	50,4	43,8	40,8	44,5	43,4	3,2
250	57,0	57,5	57,3	58,5	59,5	57,8	0,9	57,7	59,0	58,7	59,9	57,9	59,2	0,8	58,2	58,7	59,0	59,1	60,2	59,1	0,7	58,5	60,8	59,7	58,7	58,8	58,7	0,9
500	69,8	70,8	71,1	70,6	70,5	70,0	0,5	71,1	71,1	71,4	69,2	70,7	70,5	0,8	70,5	71,0	71,5	71,7	68,9	72,2	1,2	70,6	69,9	71,6	71,9	71,0	71,1	0,7
1000	78,5	79,2	79,1	78,9	79,3	78,5	0,4	78,8	78,8	79,3	78,6	78,5	79,0	0,3	79,0	79,4	78,7	79,7	79,8	79,4	0,4	79,7	78,8	78,9	80,5	79,1	79,5	0,6
2000	79,8	80,7	80,5	81,3	80,3	80,3	0,5	80,8	80,7	80,6	80,1	80,3	79,9	0,4	79,6	81,8	80,2	79,8	79,6	81,5	1,0	80,8	80,4	80,6	79,9	81,5	79,6	0,7
4000	81,7	82,1	82,2	82,7	81,1	82,3	0,6	81,4	82,2	82,6	82,2	82,9	81,9	0,6	82,4	82,9	82,3	82,1	82,1	82,4	0,3	82,2	82,5	81,7	81,8	82,9	82,4	0,4
8000	81,8	82,4	82,4	82,6	81,9	82,6	0,4	82,1	82,1	83,8	82,5	81,7	82,5	0,7	82,8	83,2	82,3	82,6	82,1	82,8	0,4	83,3	82,9	82,3	82,1	84,1	82,8	0,7
dB(A)	87,0	87,7	87,6	88,1	87,1	87,6	0,4	87,3	87,6	88,2	87,5	87,6	87,4	0,3	87,6	88,4	87,6	87,6	87,4	88,1	0,4	88,0	87,8	87,4	87,5	88,5	87,7	0,4

Apêndice B – (continuação)

5a. Medição NPS da furadeira FR01 para qualificação de arranjo de microfone e posição de fonte sonora.																													
		Posição de Fonte 1						Posição de fonte 2						Posição de fonte 3						Posição de fonte 4									
		Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.
Frequência	M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		
125	41,5	45,2	40,5	42,2	43,4	44,4	1,8	43,0	44,9	45,5	42,5	43,4	44,6	1,2	44,6	45,0	42,1	41,5	41,6	47,5	2,4	41,3	46,7	42,1	40,4	47,0	43,5	2,8	
250	57,1	55,7	57,7	58,1	58,8	58,8	1,2	58,7	59,1	57,4	59,8	59,7	61,5	1,3	56,6	58,2	56,6	57,7	58,0	62,1	2,0	56,5	58,5	59,4	60,6	60,4	56,9	1,7	
500	70,0	70,6	70,8	68,8	70,9	70,1	0,8	70,7	70,5	70,4	70,3	71,6	71,2	0,5	70,7	70,9	69,8	71,4	69,4	71,5	0,8	70,7	70,6	70,6	70,2	71,2	69,6	0,5	
1000	78,6	78,6	79,4	78,2	78,1	78,8	0,5	79,7	78,4	80,1	79,8	78,9	78,6	0,7	79,2	79,3	78,6	78,1	79,1	78,8	0,4	80,0	79,5	78,1	79,4	80,1	78,3	0,9	
2000	80,7	80,3	81,0	80,4	80,0	80,6	0,4	80,4	80,6	80,8	80,8	80,6	80,5	0,2	79,8	82,0	80,8	81,0	80,3	81,0	0,8	80,6	80,7	79,7	80,6	81,6	80,0	0,7	
4000	81,6	81,7	82,9	82,0	81,7	82,3	0,5	81,4	81,9	82,2	81,9	82,4	82,0	0,3	81,8	83,2	82,0	82,1	81,6	82,2	0,5	82,2	82,8	82,0	82,3	82,6	82,0	0,3	
8000	82,1	83,1	82,2	82,2	81,4	82,3	0,5	81,5	81,8	83,6	82,8	82,1	81,9	0,8	83,1	83,4	82,4	82,9	82,3	83,1	0,4	83,7	83,1	82,1	82,3	84,0	83,3	0,7	
dB(A)	87,3	87,5	88,0	87,3	87,0	87,6	0,4	87,2	87,3	88,1	87,8	87,6	87,4	0,4	87,5	88,7	87,6	87,7	87,3	87,9	0,5	88,1	88,1	87,2	87,7	88,8	87,5	0,5	

6a. Medição NPS da furadeira FR01 para qualificação de arranjo de microfone e posição de fonte sonora.																													
		Posição de Fonte 1						Posição de fonte 2						Posição de fonte 3						Posição de fonte 4									
		Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.
Frequência	M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		
125	43,3	44,1	42,3	44,3	45,0	45,6	1,2	39,9	41,7	44,4	44,9	45,8	45,0	2,3	47,3	43,8	42,9	44,2	43,2	49,3	2,6	41,4	48,3	44,5	45,3	47,1	45,9	2,4	
250	57,0	56,4	56,7	58,3	57,7	59,2	1,1	56,7	59,8	57,8	61,5	61,7	60,3	2,0	56,1	57,2	56,2	58,2	58,8	59,8	1,5	58,7	57,0	60,8	59,3	59,7	59,9	1,3	
500	69,8	68,9	71,8	69,9	69,1	70,2	1,0	70,0	72,3	70,7	70,7	70,9	71,0	0,8	72,1	71,7	72,1	70,2	69,5	70,4	1,1	70,6	68,6	69,2	71,1	71,3	71,1	1,1	
1000	78,8	79,2	79,7	79,1	78,6	79,3	0,4	79,0	78,7	79,7	78,3	79,2	78,6	0,5	78,1	79,2	78,0	79,4	78,9	78,9	0,5	80,3	79,0	78,3	79,4	80,3	79,3	0,8	
2000	80,7	81,0	80,9	80,5	80,3	80,5	0,3	80,3	80,8	80,8	81,0	80,1	80,3	0,4	80,1	81,7	80,7	80,4	80,5	81,3	0,6	80,8	81,2	79,9	80,4	81,5	80,1	0,6	
4000	81,7	81,7	82,2	82,2	81,5	81,8	0,3	81,6	82,4	82,6	82,4	82,0	81,7	0,4	82,2	82,9	81,9	82,2	81,9	82,2	0,4	82,3	82,2	81,6	82,0	83,0	82,3	0,4	
8000	82,0	82,1	82,0	82,1	81,8	82,1	0,1	82,0	81,5	83,5	82,3	82,1	82,5	0,7	82,9	83,2	82,8	83,0	81,8	83,0	0,5	83,3	82,8	82,1	82,9	84,4	83,1	0,8	
dB(A)	87,4	87,5	87,7	87,6	87,1	87,5	0,2	87,3	87,6	88,2	87,7	87,4	87,3	0,3	87,6	88,4	87,5	87,8	87,3	88,0	0,4	88,1	87,9	87,1	87,7	88,8	87,7	0,6	

7a. Medição NPS da furadeira FR01 para qualificação de arranjo de microfone e posição de fonte sonora.																													
		Posição de Fonte 1						Posição de fonte 2						Posição de fonte 3						Posição de fonte 4									
		Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.	Posições de Microfone						Desv.
Frequência	M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		M1	M2	M3	M4	M5	M6		
125	42,9	44,0	44,5	44,7	44,4	45,9	1,0	41,3	44,8	45,8	42,1	44,8	47,6	2,3	44,3	47,8	43,1	43,8	41,5	45,1	2,1	44,0	46,3	45,9	45,0	48,9	45,7	1,7	
250	57,6	57,1	57,5	57,7	57,5	58,6	0,5	58,7	60,2	58,4	57,2	60,5	56,9	1,5	55,5	59,2	59,2	59,4	61,0	61,4	2,1	60,3	60,3	58,3	59,6	62,4	60,7	1,3	
500	70,8	70,1	71,7	71,3	71,7	70,1	0,7	70,3	70,5	69,9	69,3	71,5	72,6	1,2	72,5	71,3	71,3	70,4	70,0	71,5	0,9	70,8	71,7	70,2	70,6	70,9	70,1	0,6	
1000	78,2	79,0	79,4	79,2	78,6	78,5	0,5	78,8	78,7	79,5	79,4	78,4	78,7	0,4	78,3	79,8	77,6	78,2	79,3	79,4	0,8	79,4	79,4	78,3	80,5	80,6	79,9	0,9	
2000	80,4	80,6	80,3	81,0	79,6	80,8	0,5	81,2	80,7	80,5	80,9	80,9	80,1	0,4	79,9	82,1	80,1	80,4	80,0	81,2	0,9	80,4	81,0	79,8	80,0	81,4	80,2	0,6	
4000	81,6	82,2	82,6	82,0	81,3	81,8	0,4	82,2	82,2	82,2	82,1	82,3	81,9	0,1	82,3	82,9	82,3	81,9	81,8	82,3	0,4	82,5	82,3	82,7	82,2	82,8	82,7	0,3	
8000	81,7	82,4	81,9	82,3	81,7	82,3	0,3	82,4	82,3	83,3	82,6	82,6	83,1	0,4	82,9	83,3	82,5	83,0	81,8	82,6	0,5	82,9	82,4	81,7	82,3	84,0	83,1	0,8	
dB(A)	87,1	87,6	87,7	87,7	86,9	87,5	0,3	87,8	87,6	87,9	87,8	87,7	87,6	0,1	87,6	88,6	87,4	87,5	87,2	88,0	0,5	87,9	87,9	87,4	87,7	88,7	88,0	0,4	

Apêndice C
Valores de ruído de fundo medidos para a determinação de potência sonora
segundo a ISO 3743/2 (1994)

Furadeira FR01																
Frequência (Hz)	Ensaio 1				Ensaio 2				Ensaio 3				Ensaio 4			
	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4
125	30,8	28,2	26,5	27,1	31,9	29,9	27,4	25,6	19,3	24,9	26,0	24,0	25,8	25,2	26,4	25,4
250	27,5	25,5	23,7	23,7	24,4	24,4	24,8	22,6	21,8	23,6	23,3	20,9	21,9	21,4	22,3	21,4
500	27,9	19,0	13,4	13,9	18,9	17,0	15,2	13,7	11,9	18,8	18,8	16,6	12,6	14,3	14,4	13,8
1000	20,5	15,3	10,2	9,7	16,5	13,4	9,8	9,7	10,5	10,8	9,8	9,9	9,7	9,3	9,6	9,1
2000	19,1	21,8	8,6	8,4	20,7	19,2	8,8	8,5	9,8	8,8	8,2	8,3	8,4	8,4	8,3	8,3
4000	19,2	19,7	11,7	11,7	21,2	17,9	11,7	11,7	12,6	11,8	12,1	11,8	11,6	12,1	12,0	11,8
8000	17,4	12,7	12,0	12,0	20,0	12,9	12,1	12,1	12,0	12,1	12,0	12,0	12,0	12,0	11,8	12,0
Global(dBA)	28,9	26,7	20,2	20,3	27,5	24,9	20,8	19,8	19,5	21,1	21,0	19,8	19,4	19,6	19,9	19,4
Frequência (Hz)	Ensaio 5				Ensaio 6				Ensaio 7							
	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4				
125	28,8	27,2	25,6	29,2	28,0	27,6	20,2	24,6	28,4	26,3	27,2	28,4				
250	29,2	25,2	19,8	25,5	27,0	24,9	19,5	23,5	26,3	24,5	25,8	25,8				
500	29,8	16,8	15,3	16,0	17,8	16,9	13,1	13,7	16,1	15,5	16,2	17,8				
1000	22,6	16,0	15,2	13,7	17,2	15,3	10,4	11,5	14,6	14,0	14,4	14,8				
2000	25,1	22,8	16,6	19,1	24,1	21,8	11,3	14,3	20,2	19,9	20,7	20,9				
4000	24,8	22,5	19,9	19,1	23,1	20,4	13,9	15,0	20,2	20,1	19,8	21,2				
8000	19,3	13,7	20,1	13,0	13,8	13,1	12,4	12,5	13,2	13,5	13,0	13,8				
Global(dBA)	32,2	27,9	25,2	25,3	28,9	26,7	19,9	21,8	26,1	25,6	26,1	26,8				

Furadeira FR02																
Frequência (Hz)	Ensaio 1				Ensaio 2				Ensaio 3				Ensaio 4			
	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4
125	28,8	27,8	26,0	26,8	27,1	26,8	27,5	26,6	25,3	25,7	28,1	27,0	29,2	29,4	29,5	24,9
250	28,3	27,9	26,4	25,6	27,7	26,0	26,4	25,7	25,7	25,7	25,5	25,5	29,8	26,8	26,5	23,9
500	19,8	18,1	15,8	16,0	26,8	16,9	17,5	16,3	17,5	16,4	16,1	16,1	28,9	16,5	17,2	16,1
1000	18,1	15,8	15,3	16,5	21,5	15,5	15,7	16,4	15,0	15,1	15,0	15,5	21,9	16,7	17,0	15,4
2000	25,0	22,1	20,8	20,8	22,3	22,8	22,5	22,9	22,9	22,4	21,7	22,2	24,6	22,9	23,1	17,6
4000	25,4	22,2	20,6	19,9	22,1	22,9	22,3	22,9	22,9	20,7	22,1	23,1	23,4	23,0	23,0	20,1
8000	14,7	13,9	13,1	13,2	18,4	13,7	13,5	13,9	13,8	13,3	13,5	13,7	18,8	13,8	13,7	20,0
Global(dBA)	30,4	27,9	26,4	26,3	29,8	28,1	27,8	28,1	28,1	27,1	27,2	27,8	31,4	28,3	28,4	25,8
Frequência (Hz)	Ensaio 5				Ensaio 6				Ensaio 7							
	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4				
125	29,1	27,7	29,9	29,6	29,3	30,1	29,7	29,7	30,5	30,9	29,7	30,5				
250	27,4	27,5	26,6	26,4	27,3	27,6	28,5	28,8	27,2	28,0	28,5	30,3				
500	17,4	16,9	17,9	18,1	18,6	19,2	19,2	19,4	18,5	20,1	19,0	19,5				
1000	16,2	16,7	17,1	17,2	17,1	16,4	17,1	17,6	17,5	18,2	17,1	18,0				
2000	22,2	23,1	22,9	23,4	24,6	23,6	24,3	23,8	25,1	25,3	24,0	24,3				
4000	21,9	22,2	22,6	22,8	23,1	22,0	22,3	23,5	23,2	23,8	22,8	23,9				
8000	13,6	14,3	13,6	14,3	13,0	12,6	12,7	13,5	13,1	13,6	13,0	13,1				
Global(dBA)	27,7	28,2	28,3	28,5	29,2	28,5	29,0	29,2	29,5	30,0	29,0	29,8				

Apêndice C (continuação)

Furadeira FR03																
Frequência (Hz)	Ensaio 1				Ensaio 2				Ensaio 3				Ensaio 4			
	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4
125	30,4	29,9	30,2	27,6	27,9	31,3	30,3	27,3	30,0	30,6	28,4	30,5	30,0	30,2	30,4	29,2
250	30,2	29,7	30,0	29,3	29,4	30,6	30,4	29,4	26,0	23,8	23,6	25,1	25,2	25,3	24,3	24,7
500	21,4	18,2	20,8	18,7	18,9	20,9	21,1	18,9	23,3	21,1	21,2	22,7	22,8	23,0	21,9	22,8
1000	19,5	17,4	18,5	18,1	17,5	18,4	16,6	17,6	15,8	15,0	15,7	16,2	16,0	15,8	16,0	15,6
2000	25,1	24,9	24,6	24,3	24,4	24,9	24,0	24,4	23,3	21,8	22,1	23,3	23,3	22,9	22,6	22,4
4000	24,7	22,8	23,5	23,1	22,8	24,2	21,9	22,9	21,4	20,7	21,1	22,3	22,1	21,5	21,7	21,1
8000	16,0	13,0	13,1	13,0	13,2	14,7	12,6	12,9	13,2	12,9	13,1	13,5	13,3	13,3	13,5	13,2
Global(dBA)	30,6	29,5	29,8	29,3	29,3	30,3	29,1	29,3	28,4	27,1	27,3	28,5	28,5	28,2	28,0	27,7
Frequência (Hz)	Ensaio 5				Ensaio 6				Ensaio 7							
	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto4				
125	27,0	27,0	26,8	26,8	27,0	27,0	26,8	26,8	32,6	28,6	28,0	30,1				
250	28,4	28,4	31,0	31,0	28,4	28,4	31,0	31,0	24,2	30,0	29,1	30,2				
500	22,7	22,7	27,6	27,6	22,7	22,7	27,6	27,6	19,7	28,5	28,3	26,9				
1000	25,7	25,7	28,4	28,4	25,7	25,7	28,4	28,4	17,2	30,6	28,4	27,8				
2000	24,6	24,6	26,5	26,5	24,6	24,6	26,5	26,5	19,9	29,7	28,3	26,2				
4000	24,8	24,8	27,1	27,1	24,8	24,8	27,1	27,1	21,7	26,7	26,4	27,6				
8000	16,1	16,1	16,2	16,2	16,1	16,1	16,2	16,2	14,0	16,8	16,6	17,3				
Global(dBA)	31,3	31,3	33,8	33,8	31,3	31,3	33,8	33,8	27,1	35,5	34,2	33,6				

Apêndice D
Resultado dos níveis de pressão sonora medidos para a determinação dos níveis de
potência sonora das furadeiras ensaiadas

Furadeira FR01 operando em vazio																								
Frequência (Hz)	Ensaio - 1						Ensaio - 2						Ensaio - 3						Ensaio - 4					
	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio
	P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4		
125	39,7	40,6	41,8	41,9	41,1	1,1	43,2	43,4	41,8	43,3	43,0	0,8	41,9	43,6	43,7	43,3	43,2	0,8	42,3	44,1	43,6	45,4	44,0	1,2
250	54,9	57,3	56,8	56,4	56,4	1,0	56,9	57,4	57,9	57,6	57,5	0,4	56,8	57,6	56,9	57,3	57,2	0,4	57,3	58,6	58,8	59,3	58,5	0,8
500	68,9	69,6	69,7	70,0	69,6	0,5	69,5	70,1	69,3	69,7	69,7	0,3	68,9	69,7	69,8	69,8	69,5	0,4	70,1	70,5	70,9	70,5	70,5	0,3
1000	77,3	78,1	78,0	77,9	77,8	0,3	78,1	78,3	77,8	78,1	78,1	0,2	77,6	78,2	78,1	78,2	78,0	0,3	78,7	78,8	78,7	79,2	78,9	0,2
2000	79,4	79,8	79,7	79,6	79,6	0,2	79,9	79,9	80,0	80,3	80,0	0,2	79,6	80,2	80,0	80,3	80,0	0,3	80,5	80,7	80,6	80,5	80,6	0,1
4000	81,0	81,3	81,4	81,2	81,2	0,1	81,5	81,4	81,4	81,8	81,5	0,2	81,3	81,6	81,6	81,7	81,6	0,2	81,9	82,1	82,2	82,3	82,1	0,2
8000	81,0	81,9	81,4	81,3	81,4	0,4	82,1	82,2	82,0	82,1	82,1	0,1	81,8	82,0	82,1	82,2	82,0	0,2	82,1	82,4	82,6	82,7	82,5	0,3
dB(A)	86,3	86,8	86,7	86,6	86,6	0,2	87,0	87,0	86,9	87,2	87,0	0,1	86,7	87,1	87,1	87,2	87,0	0,2	87,4	87,6	87,7	87,8	87,6	0,2
Frequência (Hz)	Ensaio - 5						Ensaio - 6						Ensaio - 7											
	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio						
	P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4		
125	43,8	43,7	45,4	44,9	44,5	0,8	42,4	44,8	42,9	45,4	44,0	1,4	41,1	43,8	42,5	45,9	43,7	2,0						
250	57,4	58,9	58,4	59,4	58,6	0,8	57,5	58,1	58,7	59,3	58,4	0,8	57,2	58,8	59,3	59,3	58,7	1,0						
500	71,0	70,5	70,8	70,6	70,7	0,2	69,7	70,4	71,0	70,5	70,4	0,5	69,9	70,7	71,0	70,3	70,5	0,5						
1000	78,9	78,8	78,6	79,0	78,8	0,2	78,8	78,9	78,8	79,3	79,0	0,3	78,5	78,6	78,8	79,2	78,8	0,3						
2000	80,7	80,8	80,5	80,5	80,6	0,1	80,6	80,5	80,8	80,5	80,6	0,2	80,4	80,7	80,5	80,5	80,5	0,2						
4000	81,9	82,2	82,2	82,2	82,1	0,2	81,9	82,2	82,3	82,4	82,2	0,2	81,9	82,1	82,1	82,4	82,1	0,2						
8000	82,1	82,3	82,6	82,8	82,5	0,3	82,2	82,5	82,6	82,7	82,5	0,2	82,0	82,5	82,7	82,7	82,5	0,3						
dB(A)	87,5	87,6	87,6	87,7	87,6	0,1	87,4	87,6	87,7	87,8	87,7	0,2	87,3	87,6	87,6	87,8	87,6	0,2						

Furadeira FR02 operando em vazio																								
Frequência (Hz)	Ensaio - 1						Ensaio - 2						Ensaio - 3						Ensaio - 4					
	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio
	P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4		
125	43,3	44,2	43,8	44,6	44,0	0,6	44,4	43,8	43,1	44,3	43,9	0,6	42,5	43,9	44,3	45,0	44,0	1,1	43,4	45,0	44,1	44,6	44,3	0,7
250	56,9	57,5	57,7	57,6	57,4	0,4	57,5	57,8	58,2	57,9	57,9	0,3	57,4	57,6	58,2	58,0	57,8	0,4	57,3	57,9	57,5	57,4	57,5	0,2
500	69,6	70,0	69,9	69,9	69,9	0,2	70,1	69,8	69,9	70,0	70,0	0,1	69,1	70,3	70,2	69,8	69,9	0,6	69,6	70,6	69,9	70,0	70,0	0,4
1000	77,0	77,3	77,4	77,3	77,2	0,2	77,2	77,2	77,3	77,4	77,3	0,1	76,7	77,2	77,7	77,3	77,3	0,4	77,2	77,9	77,3	77,4	77,4	0,3
2000	79,3	79,7	79,8	79,8	79,7	0,2	79,5	79,7	79,9	80,1	79,8	0,2	79,3	79,7	80,4	79,9	79,8	0,5	79,6	80,2	79,8	80,0	79,9	0,3
4000	80,5	80,6	80,6	80,6	80,5	0,0	80,7	80,5	80,6	80,8	80,7	0,1	80,3	80,4	81,0	80,8	80,6	0,3	80,5	81,2	80,7	80,6	80,7	0,3
8000	80,2	80,2	80,3	80,2	80,2	0,1	80,5	80,2	80,3	80,4	80,3	0,1	79,8	80,1	81,0	80,7	80,4	0,5	80,2	80,9	80,4	80,3	80,5	0,3
dB(A)	85,9	86,1	86,2	86,1	86,1	0,1	86,1	86,0	86,2	86,3	86,2	0,1	85,7	86,0	86,7	86,3	86,2	0,4	86,0	86,7	86,2	86,2	86,3	0,3
Frequência (Hz)	Ensaio - 5						Ensaio - 6						Ensaio - 7											
	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio						
	P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4		
125	42,1	43,9	44,3	43,8	43,6	1,0	43,5	44,6	44,0	44,7	44,2	0,6	44,2	44,4	43,3	44,1	44,0	0,5						
250	57,7	58,3	58,3	58,3	58,1	0,3	57,7	58,7	58,4	58,0	58,2	0,4	58,1	58,5	58,2	57,8	58,2	0,3						
500	69,9	70,8	71,1	71,0	70,7	0,6	70,1	71,2	70,9	70,8	70,7	0,5	70,7	70,6	71,2	71,0	70,9	0,3						
1000	77,8	78,0	78,3	78,3	78,1	0,3	77,8	78,7	78,4	78,3	78,3	0,4	78,1	78,4	77,9	78,2	78,2	0,2						
2000	80,2	80,5	81,1	81,0	80,7	0,4	80,2	81,0	81,0	80,8	80,7	0,4	80,4	81,0	80,7	80,9	80,7	0,3						
4000	81,2	81,3	81,6	81,7	81,4	0,2	81,5	81,7	81,4	81,5	81,5	0,1	82,0	81,8	81,3	81,3	81,6	0,4						
8000	81,0	81,1	81,3	81,3	81,2	0,2	81,3	81,6	81,4	81,4	81,4	0,1	81,9	81,5	81,0	80,9	81,3	0,5						
dB(A)	86,7	86,9	87,2	87,3	87,0	0,3	86,9	87,4	87,2	87,1	87,1	0,2	87,3	87,3	86,9	87,0	87,1	0,2						

Apêndice D (continuação)

Furadeira FR03 operando em vazio																									
		Ensaio - 1						Ensaio - 2						Ensaio - 3						Ensaio - 4					
Frequência (Hz)	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	
	P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1
125	42,1	42,8	43,0	42,9	42,7	0,4	42,6	43,4	43,3	43,6	43,3	0,4	43,0	42,8	43,6	43,5	43,2	0,4	41,6	43,0	42,8	44,0	42,9	1,0	
250	56,4	56,7	56,9	56,6	56,7	0,2	57,7	57,9	58,0	57,8	57,9	0,1	57,8	57,8	57,7	57,7	57,8	0,1	57,5	57,4	58,3	57,7	57,7	0,4	
500	70,2	70,2	70,3	70,0	70,2	0,2	71,5	70,5	71,3	70,8	71,0	0,5	70,8	70,2	71,5	71,0	70,9	0,5	70,2	70,1	71,2	70,6	70,5	0,5	
1000	78,3	78,9	78,9	78,6	78,7	0,3	78,2	78,5	78,4	78,8	78,5	0,2	78,5	78,2	78,3	79,1	78,6	0,4	77,9	78,1	78,5	78,9	78,4	0,4	
2000	79,5	80,0	80,0	80,0	79,9	0,3	80,2	80,5	80,3	80,5	80,4	0,1	80,2	80,2	80,3	80,6	80,3	0,2	79,9	80,0	80,5	80,4	80,2	0,3	
4000	80,1	80,6	80,7	80,7	80,5	0,3	81,2	81,4	81,2	81,5	81,3	0,1	81,1	81,1	81,3	81,5	81,3	0,2	81,1	80,9	81,4	81,5	81,2	0,3	
8000	80,6	81,2	81,3	81,1	81,1	0,3	81,8	81,9	81,8	81,9	81,9	0,1	81,6	81,6	81,8	81,7	81,7	0,1	81,6	81,5	82,2	82,1	81,8	0,4	
dB(A)	86,1	86,6	86,7	86,6	86,5	0,3	86,9	87,1	87,0	87,2	87,1	0,1	86,9	86,9	87,0	87,3	87,0	0,2	86,7	86,7	87,2	87,3	87,0	0,3	
		Ensaio - 5						Ensaio - 6						Ensaio - 7											
Frequência (Hz)	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio							
	P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4									
125	43,4	44,0	43,8	43,7	43,7	0,3	42,6	43,3	43,4	43,4	43,2	0,4	42,7	43,7	43,4	43,1	43,2	0,4							
250	57,7	58,0	58,3	58,2	58,0	0,2	56,9	57,6	57,7	57,5	57,5	0,4	56,7	58,0	57,9	57,4	57,5	0,6							
500	71,2	70,5	70,7	69,8	70,6	0,6	70,2	70,9	70,8	70,5	70,6	0,3	70,2	70,8	70,8	70,6	70,6	0,3							
1000	78,4	78,9	79,1	78,6	78,8	0,3	78,7	79,0	78,7	78,8	78,8	0,2	78,7	78,8	78,5	78,8	78,7	0,2							
2000	80,2	80,4	80,8	80,5	80,5	0,2	80,1	80,5	80,6	80,6	80,5	0,3	79,8	80,5	80,4	80,4	80,3	0,3							
4000	81,3	81,4	81,6	81,6	81,5	0,2	80,8	81,0	81,2	81,4	81,1	0,3	80,5	81,4	81,3	81,0	81,1	0,4							
8000	81,9	81,9	82,1	82,1	82,0	0,1	81,6	81,9	82,1	82,0	81,9	0,2	81,0	82,0	81,9	81,9	81,7	0,4							
dB(A)	87,0	87,2	87,4	87,3	87,2	0,2	86,8	87,1	87,2	87,3	87,1	0,2	86,5	87,2	87,1	87,0	87,0	0,3							

Furadeira FR01 operando em função de alto impacto																									
		Ensaio - 1						Ensaio - 2						Ensaio - 3						Ensaio - 4					
Frequência (Hz)	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	
	P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1
125	40,8	42,2	42,4	44,6	42,8	1,6	45,3	45,6	42,9	44,7	44,7	1,2	42,9	44,4	42,6	44,8	43,8	1,1	46,8	46,8	46,4	47,3	46,8	0,4	
250	57,1	57,7	58,1	57,7	57,7	0,4	58,0	58,2	58,3	57,9	58,1	0,1	57,5	58,8	57,8	57,9	58,0	0,5	59,0	59,1	58,8	59,0	59,0	0,1	
500	69,7	70,3	70,4	70,4	70,2	0,4	70,7	70,9	70,7	71,2	70,9	0,3	70,0	72,2	71,1	71,4	71,2	0,9	72,2	72,4	72,1	72,1	72,2	0,2	
1000	78,9	79,3	79,4	79,5	79,3	0,3	79,4	79,6	79,4	79,7	79,5	0,1	78,8	80,2	79,4	79,3	79,4	0,6	81,1	80,9	81,2	81,3	81,1	0,2	
2000	83,1	83,5	83,4	83,4	83,4	0,2	83,1	83,6	83,8	83,8	83,6	0,4	82,9	84,4	83,6	83,8	83,7	0,6	84,2	84,3	84,1	84,1	84,2	0,1	
4000	87,6	87,3	86,8	86,6	87,1	0,4	86,3	87,0	87,2	87,2	86,9	0,4	86,5	87,7	87,3	87,2	87,2	0,5	87,6	87,7	87,3	87,7	87,6	0,2	
8000	84,8	84,6	85,1	85,1	84,9	0,2	85,6	86,0	85,6	85,6	85,7	0,2	85,3	86,5	85,6	85,7	85,8	0,5	87,1	87,3	86,8	87,1	87,1	0,2	
dB(A)	91,2	91,1	90,9	90,8	91,0	0,2	90,7	91,2	91,3	91,3	91,2	0,3	90,7	92,0	91,3	91,3	91,3	0,5	92,0	92,2	91,8	92,1	92,0	0,1	
		Ensaio - 5						Ensaio - 6						Ensaio - 7											
Frequência (Hz)	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio							
	P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4									
125	46,0	46,5	45,1	46,6	46,1	0,7	47,5	46,4	47,6	49,2	47,8	1,1	46,7	47,8	46,7	46,4	46,9	0,6							
250	58,8	58,8	58,9	58,6	58,8	0,2	59,2	59,4	58,9	59,5	59,3	0,3	58,9	59,0	58,6	59,0	58,9	0,2							
500	72,1	72,0	72,3	72,1	72,1	0,1	72,2	72,8	71,9	72,1	72,2	0,4	72,2	72,4	72,1	72,2	72,2	0,2							
1000	81,2	81,2	80,9	81,4	81,2	0,2	81,0	80,9	81,1	80,9	81,0	0,1	81,2	80,6	81,5	81,6	81,3	0,4							
2000	84,3	84,7	83,9	84,4	84,3	0,3	84,2	84,4	84,3	84,0	84,2	0,2	84,0	84,0	84,2	84,0	84,0	0,1							
4000	87,6	87,8	87,2	87,6	87,6	0,2	87,7	87,8	87,4	87,8	87,7	0,2	87,5	87,4	87,3	87,7	87,5	0,2							
8000	86,9	87,3	86,5	86,9	86,9	0,3	87,2	87,5	87,1	87,2	87,3	0,1	87,1	87,1	86,9	87,3	87,1	0,2							
dB(A)	92,0	92,3	91,7	92,1	92,0	0,3	92,1	92,3	92,0	92,1	92,1	0,1	92,0	91,9	91,9	92,2	92,0	0,1							

Apêndice D

(continuação)

Furadeira FR02 operando em função de alto impacto																											
Ensaio - 1							Ensaio - 2							Ensaio - 3							Ensaio - 4						
Frequência (Hz)	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio			
	P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3
125	39,5	40,7	40,7	43,3	41,2	1,6	40,7	39,5	42,5	40,5	40,9	1,2	41,3	40,1	43,7	42,6	41,7	2,3	37,7	41,1	42,9	41,0	41,0	2,2			
250	56,8	57,3	57,5	57,1	57,2	0,3	56,6	57,0	57,6	57,4	57,2	0,5	56,5	57,3	57,8	57,5	57,3	0,5	56,5	57,5	57,0	57,0	57,0	0,4			
500	70,1	70,3	70,5	70,2	70,3	0,2	69,9	70,0	70,3	70,4	70,2	0,2	69,3	70,9	70,5	70,4	70,3	0,7	69,9	70,6	70,6	70,4	70,4	0,3			
1000	78,3	78,6	78,5	78,6	78,5	0,2	78,1	78,2	78,5	78,6	78,3	0,2	77,7	78,5	78,8	78,7	78,4	0,5	78,2	78,8	78,4	78,5	78,5	0,3			
2000	83,2	83,5	83,6	83,3	83,4	0,2	83,6	83,2	83,5	83,7	83,5	0,2	82,8	83,7	84,1	83,1	83,4	0,6	82,7	83,9	83,5	83,4	83,4	0,5			
4000	85,5	85,7	85,7	85,6	85,6	0,1	86,1	85,6	85,7	85,8	85,8	0,2	85,6	85,6	85,9	85,6	85,7	0,1	85,5	86,2	85,7	85,6	85,8	0,3			
8000	84,4	84,5	84,6	84,4	84,5	0,1	85,3	84,0	84,6	84,6	84,6	0,5	83,7	84,4	85,2	84,7	84,5	0,6	83,7	85,0	84,7	84,3	84,5	0,5			
dB(A)	90,0	90,2	90,3	90,2	90,2	0,1	90,6	90,0	90,3	90,3	90,3	0,2	89,8	90,2	90,7	90,1	90,2	0,4	89,8	90,7	90,3	90,2	90,2	0,4			
Ensaio - 5							Ensaio - 6							Ensaio - 7													
Frequência (Hz)	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio									
	P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4					
125	42,3	44,0	43,6	42,0	43,1	1,0	43,8	44,1	44,6	43,4	44,0	0,5	43,6	44,3	43,2	42,9	43,6	0,6									
250	56,1	56,7	56,9	57,1	56,7	0,4	56,1	57,1	57,1	57,0	56,9	0,5	56,4	56,7	56,9	57,0	56,8	0,3									
500	69,3	70,1	70,7	70,3	70,1	0,6	69,8	70,8	70,8	70,4	70,5	0,5	70,2	70,2	70,0	70,3	70,2	0,1									
1000	78,1	78,5	78,7	78,9	78,6	0,3	78,3	79,1	79,0	78,7	78,8	0,4	78,6	78,9	78,5	78,7	78,7	0,2									
2000	82,4	82,7	83,2	83,3	82,9	0,4	82,7	83,5	83,1	82,6	83,0	0,4	83,1	83,0	82,7	82,9	82,9	0,2									
4000	84,9	84,9	85,3	85,2	85,1	0,2	85,0	85,4	85,2	85,0	85,1	0,2	85,3	85,4	85,1	85,0	85,2	0,2									
8000	83,8	83,9	84,3	83,9	84,0	0,2	84,2	84,5	84,4	83,9	84,2	0,3	84,6	84,2	83,9	83,6	84,1	0,4									
dB(A)	89,4	89,6	89,9	89,9	89,7	0,3	89,6	90,1	90,0	89,6	89,8	0,3	90,0	89,9	89,6	89,6	89,8	0,2									

Furadeira FR03 operando em função de alto impacto																											
Ensaio - 1							Ensaio - 2							Ensaio - 3							Ensaio - 4						
Frequência (Hz)	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio			
	P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3
125	42,2	39,8	40,4	41,0	40,9	1,0	39,8	43,7	41,1	43,5	42,3	1,9	40,4	43,2	40,9	41,0	41,5	1,3	41,1	41,9	43,4	41,6	42,1	1,0			
250	56,1	56,9	57,3	57,2	56,9	0,5	56,7	57,5	57,7	57,3	57,3	0,4	56,9	57,7	57,4	57,2	57,3	0,3	56,6	58,0	57,4	57,3	57,3	0,6			
500	70,2	70,8	71,2	70,7	70,7	0,4	70,7	70,9	71,2	71,0	71,0	0,2	71,0	70,8	70,6	71,0	70,9	0,2	71,1	71,4	71,2	71,0	71,2	0,2			
1000	79,3	80,0	80,4	80,1	80,0	0,4	79,8	80,3	79,9	80,0	80,0	0,2	80,1	80,0	79,6	79,7	79,9	0,2	79,8	80,8	80,3	80,2	80,3	0,4			
2000	83,5	84,3	84,2	84,4	84,1	0,4	83,9	83,9	83,9	83,8	83,9	0,1	83,6	83,4	83,7	83,3	83,5	0,2	83,6	84,5	84,0	83,8	84,0	0,4			
4000	86,0	86,6	86,9	86,8	86,6	0,4	86,9	86,7	86,6	86,4	86,6	0,2	86,7	86,4	86,4	86,2	86,4	0,2	86,9	86,9	86,5	86,3	86,7	0,3			
8000	85,6	86,0	86,5	86,4	86,1	0,4	86,4	86,2	86,3	86,1	86,2	0,1	86,2	86,0	86,1	85,8	86,0	0,1	86,2	86,5	86,2	86,1	86,3	0,2			
dB(A)	90,7	91,3	91,5	91,5	91,3	0,4	91,4	91,3	91,2	91,1	91,2	0,1	91,2	91,0	91,0	90,8	91,0	0,2	91,3	91,7	91,2	91,1	91,3	0,2			
Ensaio - 5							Ensaio - 6							Ensaio - 7													
Frequência (Hz)	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio	Posição da Furadeira				Média	Desvio									
	P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4			P1	P2	P3	P4					
125	37,6	43,1	41,2	39,7	40,8	2,3	40,8	44,3	44,1	42,2	43,1	1,7	44,8	43,6	43,2	41,3	43,4	1,5									
250	56,6	57,7	57,7	57,4	57,4	0,5	57,6	58,3	58,3	58,0	58,1	0,3	58,2	58,7	58,3	58,2	58,4	0,3									
500	70,4	70,1	71,6	70,8	70,8	0,7	70,6	71,1	71,2	70,8	70,9	0,3	71,7	71,1	71,3	70,7	71,2	0,4									
1000	79,6	79,7	80,3	80,0	79,9	0,3	79,6	80,1	80,1	79,9	79,9	0,3	80,3	80,8	79,7	80,3	80,3	0,4									
2000	83,4	83,7	84,0	83,9	83,8	0,3	82,9	83,2	83,2	83,0	83,1	0,1	83,0	83,3	83,2	83,7	83,3	0,3									
4000	86,4	86,4	86,7	86,4	86,5	0,1	86,7	86,6	86,4	86,2	86,5	0,2	86,6	86,3	85,9	86,3	86,3	0,3									
8000	85,9	86,0	86,4	86,2	86,1	0,2	85,9	85,8	85,8	85,6	85,8	0,1	86,4	86,5	85,9	86,3	86,3	0,3									
dB(A)	90,9	91,0	91,4	91,2	91,1	0,2	91,0	91,0	90,9	90,7	90,9	0,1	91,1	91,1	90,6	91,1	91,0	0,2									

Apêndice E
Medições de níveis de pressão sonora para a qualificação de arranjo de microfones e fonte de ruído segundo ISO 3741 (1999).

Medição 1							
Freq (Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desv
250	64,8	65,7	66,3	66,0	66,8	65,9	0,7
500	77,5	78,2	78,3	78,2	77,3	78,7	0,5
1000	83,7	83,6	84,2	82,9	84,2	84,4	0,6
2000	85,9	85,4	85,7	85,6	86,0	85,1	0,3
4000	85,8	85,6	85,5	85,9	85,6	84,7	0,4
8000	85,9	84,6	84,8	85,0	84,9	83,9	0,6
dB(A)	91,9	91,5	91,7	91,6	91,8	91,1	0,3

Medição 2							
Freq (Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desv
250	67,1	65,4	66,4	66,4	65,6	65,8	0,6
500	77,7	77,1	78,1	78,1	77,4	79,0	0,7
1000	83,3	84,7	83,6	83,6	83,9	83,7	0,5
2000	85,9	85,8	86,1	86,1	85,7	85,4	0,3
4000	85,3	85,3	85,4	85,4	85,3	84,9	0,2
8000	84,1	84,1	84,5	84,5	84,9	84,2	0,3
dB(A)	91,4	91,6	91,6	91,6	91,5	91,2	0,2

Medição 3							
Freq (Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desv
250	67,2	67,2	65,6	65,5	66,4	65,9	0,8
500	76,5	76,5	77,9	78,9	77,4	77,0	0,9
1000	84,8	84,8	84,1	83,6	83,9	84,0	0,5
2000	86,3	86,3	86,2	85,3	86,1	85,1	0,5
4000	85,7	85,7	85,8	85,1	85,1	85,1	0,3
8000	85,0	85,0	85,3	84,6	85,2	84,3	0,4
dB(A)	92,0	92,0	92,0	91,3	91,7	91,2	0,4

Medição 4							
Freq (Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desv
250	67,2	66,2	66,2	66,2	66,8	66,4	0,4
500	76,5	77,2	77,1	77,1	76,7	77,6	0,4
1000	84,8	84,7	84,2	84,2	83,9	83,4	0,5
2000	86,3	86,2	85,5	85,5	86,2	86,2	0,4
4000	85,7	85,7	85,9	85,9	85,4	85,3	0,3
8000	85,0	84,6	86,0	86,0	84,9	84,9	0,6
dB(A)	92,0	91,9	91,9	91,9	91,7	91,7	0,1

Medição 5							
Freq (Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desv
250	66,1	66,0	66,0	66,9	67,4	66,5	0,6
500	78,8	76,6	76,6	77,6	76,1	77,0	1,0
1000	83,3	84,0	84,0	84,4	84,0	83,6	0,4
2000	85,6	85,9	85,9	85,9	85,9	85,5	0,2
4000	85,2	85,7	85,7	85,3	85,7	85,3	0,2
8000	84,6	85,3	85,3	84,9	84,9	84,3	0,4
dB(A)	91,4	91,8	91,8	91,7	91,7	91,3	0,2

Medição 6							
Freq (Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desv
250	65,8	65,6	65,7	66,6	66,1	65,5	0,4
500	78,2	76,4	77,9	77,4	77,4	76,8	0,7
1000	83,8	83,8	83,7	84,1	84,7	83,7	0,4
2000	85,3	85,5	86,3	86,2	86,2	85,7	0,4
4000	85,5	85,5	85,0	85,7	85,4	84,7	0,4
8000	84,7	84,8	84,6	84,9	85,3	83,8	0,5
dB(A)	91,4	91,5	91,6	91,9	92,0	91,2	0,3

Medição 7							
Freq (Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desv
250	65,7	66,8	66,7	66,4	66,7	66,2	0,4
500	78,7	76,9	78,7	76,7	77,4	78,1	0,9
1000	83,8	83,3	83,4	84,3	84,8	84,0	0,6
2000	85,9	86,4	85,6	86,4	86,1	85,9	0,3
4000	85,1	85,4	85,2	85,6	85,6	85,1	0,2
8000	85,6	85,3	84,6	85,0	84,9	84,1	0,5
dB(A)	91,7	91,8	91,4	92,0	91,9	91,5	0,2

Apêndice F
Resultados das medições de nível de pressão sonora de ruído de fundo para
determinação de níveis de potência sonora segundo a ISO 3741 (1999)

Furadeira FR01																								
Ensaio 1 - Ruído de fundo						Ensaio 2 - Ruído de fundo						Ensaio 3 - Ruído de fundo						Ensaio 4 - Ruído de fundo						
Freq (Hz)	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6
250	28,7	28,7	28,1	32,3	35,3	28,0	34,3	34,9	33,4	34,1	30,1	27,6	36,7	31,7	32,2	33,8	38,3	30,1	46,4	36,4	39,7	39,5	37,6	40,6
500	25,8	25,8	24,6	22,3	27,3	25,2	30,1	30,0	26,1	27,7	27,1	26,7	26,8	27,8	17,2	21,4	22,3	21,9	41,2	34,3	29,4	29,3	35,9	26,5
1000	15,2	15,2	13,4	12,1	13,4	16,3	25,3	24,5	24,5	23,1	20,1	14,9	12,0	11,4	10,8	13,9	13,2	12,0	25,4	23,6	19,2	30,4	24,5	19,8
2000	14,2	14,2	10,6	13,9	10,8	11,2	18,2	27,1	22,2	19,1	16,7	10,8	10,0	10,0	13,0	11,0	10,8	10,8	22,6	17,8	15,9	25,4	18,0	16,9
4000	23,4	23,4	12,6	12,6	12,1	15,6	17,4	14,8	15,2	19,7	12,8	14,3	13,3	12,5	13,2	12,0	12,0	13,0	15,9	19,6	13,0	24,3	20,3	17,9
8000	14,8	14,8	16,6	14,8	15,3	19,4	19,1	15,1	17,6	17,6	18,3	22,4	15,4	14,4	16,5	14,8	17,5	15,3	16,0	23,0	15,7	17,8	25,5	18,6
dB(A)	28,4	28,4	29,6	29,1	31,6	31,0	38,7	37,7	32,0	32,6	32,3	31,3	29,7	28,0	28,0	29,3	32,9	30,2	41,9	35,6	38,7	40,3	34,7	40,4
Furadeira FR02																								
Ensaio 5 - Ruído de fundo						Ensaio 6 - Ruído de fundo						Ensaio 7 - Ruído de fundo												
Freq (Hz)	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6
250	25,4	40,8	42,0	30,4	33,8	37,9	35,9	35,2	36,0	36,0	35,5	37,3	39,2	43,8	37,0	37,0	43,6	36,8						
500	24,1	25,6	25,9	24,4	27,0	25,0	28,3	25,9	28,4	28,7	25,9	29,1	29,5	26,8	24,4	28,0	27,8	24,7						
1000	13,0	14,5	17,8	11,6	22,8	17,8	17,5	17,1	17,7	18,5	19,8	17,7	19,2	18,4	17,4	18,9	18,6	23,3						
2000	10,0	14,4	32,0	10,0	10,0	32,0	20,3	14,3	13,8	14,8	21,7	13,6	18,3	16,5	15,4	15,4	15,4	18,7						
4000	11,2	11,6	14,0	11,4	14,2	13,3	24,0	16,4	13,2	13,0	32,0	13,0	18,7	18,3	17,8	16,3	17,1	23,1						
8000	14,7	15,6	17,0	15,5	23,1	17,5	25,0	18,6	18,6	24,5	16,9	18,5	27,0	21,7	18,9	17,3	19,1	20,1						
dB(A)	26,4	30,8	32,3	27,4	33,0	32,3	34,4	35,8	30,8	32,3	32,3	31,7	41,9	33,7	31,4	33,2	33,1	40,8						

Furadeira FR02																								
Ensaio 1 - Ruído de fundo						Ensaio 2 - Ruído de fundo						Ensaio 3 - Ruído de fundo						Ensaio 4 - Ruído de fundo						
Freq (Hz)	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6
250	33,3	32,1	33,0	34,0	32,4	30,9	30,3	28,5	27,8	33,7	29,5	29,9	33,5	31,5	33,3	38,8	32,8	28,4	36,4	38,9	36,7	38,8	37,9	40,1
500	27,0	29,4	25,3	22,2	24,8	24,1	23,0	31,8	23,5	24,6	26,6	30,2	27,3	22,1	24,0	22,6	26,0	24,4	28,7	33,7	36,5	29,1	29,2	31,6
1000	17,5	13,4	17,2	13,0	12,6	16,1	14,5	16,3	11,4	12,3	12,1	14,6	13,3	14,0	12,1	11,2	13,3	11,6	24,4	42,1	21,8	21,8	24,8	23,3
2000	14,1	11,0	14,0	14,5	12,6	10,0	11,0	10,6	10,0	11,6	10,0	12,1	11,0	10,6	10,8	10,0	13,4	11,4	21,4	28,0	19,0	19,7	19,4	20,0
4000	19,4	12,3	13,6	15,1	11,6	12,6	15,9	22,6	12,1	12,9	11,6	18,2	13,8	14,9	14,3	11,6	12,3	14,3	15,5	14,9	19,9	14,2	15,7	17,3
8000	14,7	16,5	14,7	14,1	14,1	17,1	16,6	14,9	18,0	19,2	15,2	17,9	14,4	14,5	15,7	14,6	17,9	17,0	14,0	14,9	25,0	15,1	16,0	21,3
dB(A)	35,7	29,6	35,2	29,3	28,3	31,3	31,4	29,3	31,9	28,5	28,2	30,4	29,2	28,6	32,8	32,7	28,6	26,4	41,1	40,2	36,2	40,6	35,2	35,3
Furadeira FR02																								
Ensaio 5 - Ruído de fundo						Ensaio 6 - Ruído de fundo						Ensaio 7 - Ruído de fundo												
Freq (Hz)	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto-2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6
250	37,3	37,5	36,5	41,4	36,9	37,7	35,8	33,7	36,3	35,7	34,3	36,6	37,5	35,0	35,0	39,3	33,4	36,9						
500	26,0	27,2	26,6	24,2	25,9	28,0	25,2	27,2	31,1	23,4	27,7	27,1	29,1	23,5	23,5	30,0	28,3	28,3						
1000	18,2	21,6	24,3	17,4	20,0	20,0	16,5	34,3	17,1	15,9	32,6	17,2	28,2	24,7	24,7	26,2	16,0	17,4						
2000	17,3	18,0	18,6	15,9	17,8	17,6	13,4	14,2	17,2	12,6	13,4	17,6	13,9	12,9	12,9	13,2	12,9	15,1						
4000	13,8	13,9	16,2	16,2	13,8	19,0	13,3	14,2	18,3	14,0	14,2	14,6	15,9	16,7	16,7	16,7	17,5	17,8						
8000	15,9	14,8	14,9	16,7	16,1	17,2	17,4	15,9	19,1	17,2	16,0	20,1	17,2	20,1	20,1	17,2	19,6	19,9						
dB(A)	31,7	34,5	32,7	33,1	33,8	33,0	30,7	34,1	33,2	31,1	34,3	34,0	39,3	34,0	34,0	39,8	32,8	34,2						

**Apêndice F
(continuação)**

Furadeira FR03																									
Ensaio 1 - Ruído de fundo							Ensaio 2 - Ruído de fundo						Ensaio 3 - Ruído de fundo						Ensaio 4 - Ruído de fundo						
Freq (Hz)	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	
250	38,0	31,5	41,6	30,1	32,2	36,6	40,1	33,5	29,0	31,4	31,0	29,2	35,6	30,6	23,4	31,2	36,5	23,8	42,1	36,5	31,9	36,5	35,7	37,4	
500	28,5	26,9	29,7	24,3	28,2	10,0	28,8	25,6	24,4	21,9	24,3	25,9	26,9	29,7	23,9	25,6	21,8	25,4	24,7	24,4	25,4	24,1	25,0	33,3	
1000	15,0	14,7	19,1	12,0	13,5	10,0	20,5	18,2	19,0	13,6	15,9	14,0	11,0	13,5	11,4	10,3	18,3	11,6	18,0	21,5	16,4	16,3	23,3	16,2	
2000	10,3	13,3	11,6	10,8	10,1	10,0	19,1	14,6	14,9	12,3	11,8	10,0	10,0	10,1	10,6	10,0	10,0	16,4	13,8	16,8	14,4	13,5	15,6	14,9	
4000	12,0	12,1	12,3	12,3	11,8	10,0	12,3	11,8	21,0	11,8	12,8	11,4	11,2	11,4	13,2	12,0	11,6	14,8	12,1	12,1	12,6	12,6	19,7	14,3	
8000	14,5	14,4	16,4	14,9	14,7	10,0	14,6	15,2	20,0	14,7	19,9	14,8	15,1	14,0	14,9	14,7	14,7	18,1	14,4	30,9	13,6	15,9	17,7	18,5	
dB(A)	33,0	32,3	35,5	27,5	30,5	32,8	36,1	30,2	30,5	29,7	28,6	27,0	29,7	28,6	26,2	29,0	29,4	35,1	35,5	35,6	31,8	37,3	36,1	38,3	
Ensaio 5 - Ruído de fundo																									
Ensaio 5 - Ruído de fundo							Ensaio 6 - Ruído de fundo						Ensaio 7 - Ruído de fundo												
Freq (Hz)	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	
250	39,5	37,6	37,7	38,8	40,5	37,9	42,4	39,4	39,5	38,7	37,6	36,4	39,3	34,3	34,8	38,9	34,0	36,8							
500	27,7	32,6	28,9	26,7	25,7	28,4	30,0	35,6	29,4	25,8	38,6	29,7	29,5	23,3	27,1	28,1	23,6	25,3							
1000	21,5	24,5	22,6	20,5	21,4	22,3	20,4	26,6	22,7	20,9	23,9	23,5	20,0	16,6	18,6	19,4	16,5	25,4							
2000	17,2	16,5	22,4	23,6	21,7	20,2	19,2	20,7	17,6	16,7	19,6	17,4	15,7	14,1	18,2	16,6	13,6	21,7							
4000	12,3	14,9	14,4	18,1	34,0	18,6	17,0	18,3	18,3	17,1	18,7	17,8	17,9	17,4	19,3	18,3	17,5	21,8							
8000	14,1	15,5	26,1	17,8	17,3	16,0	16,8	19,1	17,9	17,5	18,6	19,4	18,1	17,8	17,0	17,5	17,5	21,4							
dB(A)	34,2	36,6	35,9	33,7	36,1	34,8	34,3	38,6	37,2	34,0	37,8	37,1	32,3	33,7	33,0	32,6	30,9	36,8							

Apêndice G
Resultados de medições de nível de pressão sonora de furadeiras em operação para
determinação de níveis de potência sonora segundo ISO 3741 (1999).

Furadeira FR01																															
Ensaio 1 - NPS s/ vazio								Ensaio 2 - NPS s/ vazio								Ensaio 3 - NPS s/ vazio								Ensaio 4 - NPS s/ vazio							
Freq (Hz)	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio			
250	67,7	68,7	68,3	68,2	68,2	69,5	0,6	66,7	67,9	68	67,1	68	68,1	0,6	67,3	67,8	67,8	66,7	67,2	69,1	0,8	67,7	65,9	64,5	68,2	66,8	66,5	1,3			
500	78,5	79,1	78,2	78,3	77,5	77,8	0,6	77,2	77,9	77	78,3	76	77,3	0,8	77,6	76,8	76,8	77,1	77,3	76,7	0,4	77,4	78	77,1	78	76,7	76,4	0,7			
1000	84,4	85,8	85,1	84,2	84,5	84,5	0,6	85,2	84,9	84,3	85,2	84	84,4	0,5	85,1	84,3	84,3	84,2	84,7	84	0,4	84,5	84,4	84,7	84,9	84,4	85	0,3			
2000	86,6	86,8	87,4	86,6	87	86,5	0,3	85,6	85,9	86,2	85,7	85,9	85,8	0,2	85,7	85,6	86	85,5	86,2	85	0,4	85,3	86,3	85,3	85,3	85,7	85,4	0,4			
4000	87,4	88,3	87,9	87,6	88	87,8	0,3	86,7	87,3	87,4	87,6	87	86,6	0,4	86,6	86,8	86	86,1	86,6	86,3	0,3	86,6	87,6	86,6	86,3	87	85,9	0,6			
8000	88,7	89,7	89	88,3	89,2	88,2	0,6	85,9	87,1	87,3	88	88,1	86,1	0,9	87,8	87,3	86,8	86,7	86,5	86,4	0,5	86,8	88,1	87,1	86,1	87	87,4	0,7			
dB(A)	93,5	94,5	93,7	93,6	93,9	93,6	0,4	92,4	93,1	93,1	93,4	92,8	92,4	0,4	92,8	92,9	92,4	92,5	92,5	92,2	0,3	92,4	93,3	92,5	92,2	92,8	92,3	0,4			
Ensaio 5 - NPS s/ vazio								Ensaio 6 - NPS s/ vazio								Ensaio 7 - NPS s/ vazio															
Freq (Hz)	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio										
250	67,2	68,2	67,1	67,2	67,3	67,2	0,4	66,7	66,3	65,2	66,3	66,8	67,2	0,7	66,5	66,7	66,4	66	65,6	66,9	0,5										
500	77,4	78,3	77,5	76,8	76,9	76	0,8	78,8	77,3	77,7	77,8	77,6	77,1	0,6	77,4	78	77,4	78,2	78,1	77,6	0,4										
1000	85,1	85,5	84,8	85	84,8	84,1	0,5	84,3	84,6	84,7	84,7	84	84,7	0,3	84,7	84,9	84,1	85	84,6	84,2	0,4										
2000	86	86,2	85,8	86,4	86,2	85,9	0,2	86	85,7	85,8	86,1	86,1	85,5	0,2	85,6	85,9	85,3	85,6	85,8	85,9	0,2										
4000	87,1	87,1	86,8	87,7	87,1	86,8	0,3	87,2	87,5	86,8	87,7	87	86,8	0,4	86,2	87,1	86,6	86,8	86,9	86,6	0,3										
8000	86,8	86,7	86,3	87,5	86,7	86,4	0,4	87,4	86,9	86,3	87,2	87,1	86,1	0,5	86,5	87	86,3	86,7	86,6	86,6	0,2										
dB(A)	92,3	92,1	92	92,5	92,2	92	0,2	92,2	92,4	92,1	92,4	92	91,9	0,2	91,5	92,1	91,7	91,8	91,9	91,8	0,2										

Furadeira FR02																															
Ensaio 1 - NPS s/ vazio								Ensaio 2 - NPS s/ vazio								Ensaio 3 - NPS s/ vazio								Ensaio 4 - NPS s/ vazio							
Freq (Hz)	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio			
250	67,1	66,7	66,8	67,7	66,8	68,3	0,6	67,1	67,6	67,5	67,5	67,5	66,9	0,3	66,1	66,8	65,5	65,6	67,9	66,8	0,9	65,7	66,4	64,2	65,6	65,6	65,1	0,7			
500	78,7	80,8	78	79,6	79,5	78,3	1,0	79,4	79	77,9	77,3	78,6	78,5	0,8	77,1	76,3	77,8	77,1	76,9	77,4	0,5	79,1	78,2	77,6	77,7	78,8	78,1	0,6			
1000	85,2	85,5	84,2	84,6	84,6	84	0,6	84,9	85,6	84,3	84,7	84,7	84,9	0,4	83,7	83,6	83,5	84,4	84,1	83,5	0,4	84,6	84,5	84,5	85,7	84,2	84,6	0,5			
2000	86,4	86,5	86,3	86,2	86,1	85,6	0,3	86,6	86,8	86	86,6	86,7	86	0,4	84,7	84,7	85,1	84,8	85	85,5	0,3	86,3	86,4	86,1	86	86,1	86,2	0,1			
4000	86,6	86,8	86,1	86,1	85,5	85,2	0,6	86,4	86,2	86	86,2	86,2	86,3	0,1	84,7	85	84,8	85,1	85,2	84,7	0,2	85,8	86,4	86,4	85,7	85,8	86	0,3			
8000	87	87,2	86,3	87,2	86,1	85,4	0,7	86,3	86	85,7	87,1	86,1	85,6	0,5	85,3	85,8	85,6	85,1	85,6	85,2	0,3	85,1	86,7	85,3	85,2	85,3	84,9	0,6			
dB(A)	93,1	93,2	92,4	93	91,9	92,6	0,5	92,7	92,6	92,2	92,8	92,5	92,6	0,2	91,4	91,5	91,3	91,4	91,6	91,4	0,1	91,3	91,7	91,4	91,4	91,4	91,1	0,2			
Ensaio 5 - NPS s/ vazio								Ensaio 6 - NPS s/ vazio								Ensaio 7 - NPS s/ vazio															
Freq (Hz)	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio										
250	66	66	66,3	66,5	66,8	66,7	0,3	66,5	65,9	65,4	67,1	66,2	66,6	0,6	65,9	64,7	66,5	66,1	66,3	65,3	0,7										
500	78	78,2	78,8	78	78,2	78	0,3	77,9	77,1	77,8	76,9	77,2	77,4	0,4	78	78,6	77,7	77,8	76,3	77,5	0,8										
1000	84,1	84,8	83,9	84	83,9	84	0,3	84,3	83,5	83,7	84,1	83,3	84,1	0,4	83,5	83,6	84,2	83,7	83,4	84,8	0,5										
2000	86,2	85,9	85,8	85,6	86,4	85,6	0,3	85,6	85,4	84,8	85,1	85,4	85	0,3	85,8	85,4	85,7	86	85,2	85,3	0,3										
4000	85,6	85,6	85,6	85,7	85,7	85,5	0,1	85,2	85,5	85,6	86	85,4	85,3	0,3	85,2	85,8	85,5	86,1	84,6	85,4	0,5										
8000	85,2	84,8	85,1	85,7	85,2	84,6	0,4	85,3	84,8	85,7	85,5	85,6	84,8	0,4	85,5	85,5	85	86,8	84,8	84,6	0,8										
dB(A)	91,2	91,2	91	91,3	91,1	91	0,1	91	90,9	91	91,2	91,1	90,9	0,1	91,2	91,1	90,9	91,5	90,5	90,9	0,3										

Apêndice G (continuação)

Furadeira FR03																															
Ensaio 1 - NPS s/ vazio								Ensaio 2 - NPS s/ vazio								Ensaio 3 - NPS s/ vazio								Ensaio 4 - NPS s/ vazio							
Freq (Hz)	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio			
250	67,5	66,8	66,2	66,1	65,7	65,3	0,8	67,7	66,7	66,9	66	67,7	67,8	0,7	67,4	67,5	67,8	67,1	66,8	68,4	0,6	65,7	66,7	67	65,8	66,3	67,7	0,8			
500	78,5	78	78,9	78	79,1	80,2	0,8	79,3	79,7	80,8	79,7	79,6	82	1,0	78,2	76,5	79,4	77	77,9	78,4	1,0	77,6	77,3	79	77,5	77,8	78,1	0,6			
1000	85,1	84,7	84,2	83,8	83,3	82,8	0,9	87,9	84,7	85,2	85,4	84,8	87	1,3	85,2	86	83,3	85,1	84,1	83,9	1,0	85,6	84,5	83,5	84	84	83,7	0,8			
2000	86,4	85,4	85,4	85,8	85,4	85	0,5	86,3	86,8	87	86,4	87	86,9	0,3	85,5	85,6	85,7	85,9	85,4	85,4	0,2	85,5	85,5	85,5	84,6	85,7	85,4	0,4			
4000	86,6	86,4	85,8	85,9	85,9	85,9	0,3	87,3	87	87,1	86,7	86,7	86,8	0,2	85,3	85,6	85,5	85,7	85,3	85,4	0,2	85,6	85,7	84,7	84,6	85	85	0,5			
8000	86,9	87,3	86,6	86,5	86,4	86,3	0,4	87,2	87,9	87,4	86,2	86,6	87	0,6	86,3	86,8	86	86,3	86,1	85,7	0,4	86,1	86,6	85,9	85,4	86	85,6	0,4			
dB(A)	93	92,8	92,3	92,3	92,1	91,9	0,4	93,6	93,7	93,5	92,9	93,1	93,6	0,3	92,2	92,4	92,1	92,1	92	91,6	0,3	92,1	92,2	91,7	90,8	91,8	91,8	0,5			
Ensaio 5 - NPS s/ vazio								Ensaio 6 - NPS s/ vazio								Ensaio 7 - NPS s/ vazio															
Freq (Hz)	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio			
250	65,6	66,6	66,7	65,7	65,9	65,4	0,5	66,1	65,2	66,4	66	65,7	66,8	0,6	66,2	66,9	66,4	65,4	65,9	67,4	0,7	66,2	66,9	66,4	65,4	65,9	67,4	0,7			
500	78,5	79,3	80,4	77,4	78,4	78,6	1,0	77,9	79	78,4	78,6	80,2	79	0,8	77,4	78,8	78,2	80,7	78,9	80,2	1,2	77,4	78,8	78,2	80,7	78,9	80,2	1,2			
1000	85	85,1	85,2	84,2	83,2	86,9	1,2	84,6	85	84,8	83,8	84,4	84,4	0,4	86,3	84,8	84,5	84,8	84,2	84,5	0,7	86,3	84,8	84,5	84,8	84,2	84,5	0,7			
2000	86,3	85,7	85,3	85,2	85,1	85	0,5	85,1	85,7	84,9	85,5	85,9	85,4	0,4	84,9	86	85	85,4	85,3	85,3	0,4	84,9	86	85	85,4	85,3	85,3	0,4			
4000	86,1	86	85,7	86,2	86,7	86,2	0,3	85,2	85,4	85,1	85,9	85,2	85,3	0,3	85,1	85,6	85,3	85,8	85,4	85,5	0,2	85,1	85,6	85,3	85,8	85,4	85,5	0,2			
8000	86	85,5	86	86,1	86,2	86,1	0,2	85,2	85,8	85,2	85,9	84,8	84,9	0,5	85,5	86,1	85,5	85,6	85,3	85,9	0,3	85,5	86,1	85,5	85,6	85,3	85,9	0,3			
dB(A)	91,9	91,5	91,7	91,6	92,6	92,2	0,4	91,3	91,6	90,9	91,4	91,4	91	0,3	91,3	91,4	91,3	91,3	91,1	91,4	0,1	91,3	91,4	91,3	91,3	91,1	91,4	0,1			

Furadeira FR01																															
Ensaio 1 - NPS c/ alto impacto								Ensaio 2 - NPS c/ alto impacto								Ensaio 3 - NPS c/ alto impacto								Ensaio 4 - NPS c/ alto impacto							
Freq (Hz)	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio			
250	68,5	68,8	68,4	68,4	68,4	68,8	0,2	69,1	68,2	68,5	67,8	69,3	68,9	0,6	68,5	69,1	69,6	69	69,7	69	0,4	69,7	68,7	69,2	68,7	68,1	67,5	0,8			
500	80,1	79,7	80,3	79,4	78,5	79,5	0,6	81,5	80,2	81,1	80,4	80,2	81,5	0,6	79,9	81,9	80,6	80,8	81,8	80,9	0,8	81,1	80,6	81,1	80,9	81,2	81,5	0,3			
1000	86	87,6	87,9	86,6	86,5	86,2	0,8	88	87,9	88,5	88	88,4	87,6	0,3	88,8	88,3	87,5	88	88,6	88,5	0,5	88,2	88,3	88,2	88,9	87,7	86,5	0,8			
2000	89,4	90,6	90,6	89,1	89,5	89,2	0,7	90,5	90,2	90,3	89,7	90,3	90,1	0,3	89,9	90,3	90,5	89,7	90,1	89,4	0,4	90,2	90	90,5	89,5	90,2	90,9	0,5			
4000	92,5	93,7	92,4	91,6	91,7	92	0,8	92,4	93,1	93,1	92,6	92,3	92,3	0,4	92,3	93	92	92,4	92,7	91,7	0,5	92,5	92,3	92,8	92,9	92,7	92,5	0,2			
8000	90,8	91,7	90,9	89,7	90,3	90,8	0,7	91,1	91,4	90,4	91,6	90,8	89,8	0,7	91,1	91	90,5	90,6	90,8	89,6	0,5	91,8	91,7	90,9	91,2	91,4	91,6	0,3			
dB(A)	96,6	97,7	97,5	96,6	96,8	96,7	0,5	97,4	97,8	97,4	97,4	97,1	97	0,3	97,4	97,6	97,2	97,2	97,4	96,6	0,3	97,5	97,7	97,4	97,6	97,5	97,4	0,1			
Ensaio 5 - NPS c/ alto impacto								Ensaio 6 - NPS c/ alto impacto								Ensaio 7 - NPS c/ alto impacto															
Freq (Hz)	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio			
250	69,6	68,7	68,8	69	68,4	69,2	0,4	68,9	68,4	69,2	68,4	68,9	69,8	0,5	69,7	68,8	68,7	68,2	68,4	69,5	0,6	69,7	68,8	68,7	68,2	68,4	69,5	0,6			
500	81,1	80,9	79,3	79,3	80	80,3	0,8	79,8	80,4	81	81,6	80,2	80,7	0,6	80,3	81,3	81,4	81	80,7	80,5	0,4	80,3	81,3	81,4	81	80,7	80,5	0,4			
1000	87,4	88,8	87	87	88,9	87,3	0,9	88,4	86,9	87,9	87,7	87,5	87,8	0,5	87,1	88,1	87,5	87	86,9	87,1	0,4	87,1	88,1	87,5	87	86,9	87,1	0,4			
2000	89,8	89,9	89,5	89,9	90	89	0,4	89,6	89,1	89,9	89,5	89,1	90,5	0,5	88,1	89,3	89,4	88,6	89	89,3	0,5	88,1	89,3	89,4	88,6	89	89,3	0,5			
4000	92,6	92,5	92,1	92,3	92,6	92	0,3	92,4	91,7	92,3	92,2	91,7	92,2	0,3	91,7	91,6	91,9	92,4	91,8	91,8	0,3	91,7	91,6	91,9	92,4	91,8	91,8	0,3			
8000	91,2	90,4	90,3	91,2	90,6	90,5	0,4	90,7	91,2	90,5	91	90,2	90,5	0,4	90,5	91,2	90,4	90,6	89,9	90,2	0,4	90,5	91,2	90,4	90,6	89,9	90,2	0,4			
dB(A)	97,2	97,2	96,8	97,4	97,3	96,8	0,3	96,8	96,9	97,1	97,2	96,6	97	0,2	96,4	96,9	96,7	96,6	96,6	96,7	0,2	96,4	96,9	96,7	96,6	96,6	96,7	0,2			

Apêndice G (continuação)

Furadeira FR02																															
Ensaio 1 - NPS c/ alto impacto								Ensaio 2 - NPS c/ alto impacto								Ensaio 3 - NPS c/ alto impacto								Ensaio 4 - NPS c/ alto impacto							
Freq (Hz)	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio			
250	65,2	66,4	65,6	66,9	66,4	66,4	0,6	66,2	66,3	66,9	67,9	66,8	66,5	0,6	66,1	67,2	66,6	65	65,5	67,3	1,0	65,4	66,4	66	66,6	66	66,2	0,4			
500	77,3	78,7	78,6	79,2	77,85	77	0,9	79,6	79,2	79,3	79,6	78,4	79,1	0,4	79,2	78,2	79	79,3	77,3	77,9	0,8	79,1	77,8	78,3	79,1	78,3	77,9	0,6			
1000	85,1	85,2	86,5	86,7	85,05	84,9	0,8	85,3	86,7	86,5	86,3	85,9	85,6	0,5	85,6	86,6	85,8	86,6	86,1	85,3	0,5	87,2	85,1	85	86,1	85,7	85,5	0,8			
2000	88,4	88,4	87,6	88,9	88,35	88,3	0,4	88,7	88,2	89,1	88,8	89	88,6	0,3	87,7	88,5	88,4	88,2	88,5	87,5	0,4	87,7	88,1	88,9	87,8	88,9	88,2	0,5			
4000	91	91,5	90,2	91,3	91,1	90,7	0,5	90,9	90,5	91	90,8	91,1	91,2	0,2	90,3	90,4	90	90,7	89,9	90,5	0,3	89,9	90,5	90,8	90,2	90,2	89,9	0,4			
8000	90,8	90,6	90,4	91,1	90,55	90,5	0,3	91	90,7	91	90,8	91,1	91	0,2	90,4	91,4	90,3	90,5	90,4	90,1	0,5	90,5	90,8	90,6	90,4	90,2	90,1	0,3			
dB(A)	96	96,2	95,7	96,6	96	95,8	0,3	96,2	96,1	96,3	96,3	96,4	96,3	0,1	95,7	96,2	95,7	96	95,6	95,2	0,3	95,7	95,7	95,9	95,6	95,6	95,6	0,1			
Ensaio 5 - NPS c/ alto impacto								Ensaio 6 - NPS c/ alto impacto								Ensaio 7 - NPS c/ alto impacto															
Freq (Hz)	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio										
250	67,2	66,6	66,1	66,6	66	67,4	0,6	65,8	65,9	65,7	65,7	66,4	68,3	1,0	65,3	64,9	66,4	66,6	66,9	67,3	0,9										
500	79,2	78,5	79,2	79,1	78,8	80,7	0,8	78,8	78,7	79,2	78,9	78,4	78,2	0,4	79,1	78,3	79	77,7	78,5	78,4	0,5										
1000	86,2	85,8	85,7	85,5	86,1	86,4	0,3	85,1	86,2	86,2	86,1	85,3	85,8	0,5	86	86,3	85,7	85,8	85,9	85,4	0,3										
2000	89,4	88,3	88,1	88	88,6	87,7	0,6	88,1	88	88,8	88,4	88,6	88,7	0,3	87,8	88,2	87,5	88,5	88,2	88	0,4										
4000	90,9	91,1	91	90,4	90,7	90,7	0,3	90,1	90,2	90,4	90,4	90,1	90,2	0,1	90,3	90,8	90	90,3	89,5	89,4	0,5										
8000	90,6	90,8	90,6	90,5	91,1	90,5	0,2	90,7	90,8	90,5	91	90,7	90,6	0,2	90,9	91,4	90,6	91,5	90,3	89,8	0,7										
dB(A)	95,9	96	96	95,8	96,2	95,9	0,1	95,6	95,7	95,9	95,9	95,8	95,9	0,1	95,8	96	95,3	96	95,4	95,1	0,4										

Furadeira FR03																															
Ensaio 1 - NPS c/ alto impacto								Ensaio 2 - NPS c/ alto impacto								Ensaio 3 - NPS c/ alto impacto								Ensaio 4 - NPS c/ alto impacto							
Freq (Hz)	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio			
250	64,9	65,8	65,8	65,1	65,7	65,4	0,4	65,4	66,4	66,6	65,9	66,5	66,2	0,5	66,4	66,7	66,5	65,1	66,8	67,8	0,9	67,2	66,2	66,5	66,8	66	66,3	0,4			
500	75,8	77,3	78,5	78,5	78,1	78,2	1,0	78,6	78	77,8	78,5	80,4	78,1	0,9	78,5	79,2	79	77,9	80,2	78,3	0,8	78,1	78,3	77,6	76,9	78,8	77	0,8			
1000	86	87,1	85,7	86,6	86,2	84,7	0,8	86,5	87,5	87,6	87,3	89,1	87,4	0,8	87	86,9	86,5	85,1	85,6	85,5	0,8	85,7	86,2	88,1	87	87,5	87,5	0,9			
2000	88,1	88,7	87,4	88,1	87,9	88,5	0,5	87,8	88,4	90	89,4	90,6	88,8	1,0	88,7	88,7	88,6	88,9	88,2	87	0,7	88,6	89,2	90,1	90,7	88,6	90,7	1,0			
4000	91,5	91,6	91,1	90,3	92,7	91	0,8	92,4	91,9	93	93	93,1	93,2	0,5	92,1	92,2	91,6	92,2	90,7	90,3	0,8	91,8	91,6	91,7	91,8	92	91,8	0,1			
8000	90,4	91,7	90,4	90,4	90,6	90,3	0,5	91,5	92,2	91,2	91,4	92,1	92	0,4	91,7	92,6	90,8	91,1	91,4	90,5	0,7	91,4	91,1	91,7	92,3	91,1	91,1	0,5			
dB(A)	95,7	96,7	95,6	96	96,1	95,9	0,4	96,9	97,1	97,3	97,5	98	97,5	0,4	96,9	97,3	96,6	96,7	96,2	96,3	0,4	96,5	96,8	96,8	96,8	97,1	97	0,2			
Ensaio 5 - NPS c/ alto impacto								Ensaio 6 - NPS c/ alto impacto								Ensaio 7 - NPS c/ alto impacto															
Freq (Hz)	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio	Pto-1	Pto- 2	Pto-3	Pto-4	Pto-5	Pto-6	Desvio										
250	67	66,4	66,7	65,9	65,4	66,1	0,6	67,1	66,9	65,6	66,2	65,8	67	0,7	65,1	65,7	66	65,8	65,9	66,4	0,4										
500	77,6	76,9	78,2	77,4	77,6	77,5	0,4	79,1	78,4	77,3	79,1	77,6	77,8	0,8	79	79,8	78,3	77,1	79,2	79,9	1,0										
1000	85,3	85,2	85,8	86,1	85,9	87,2	0,7	85,6	87	87,1	86,7	87	86,5	0,6	86,5	88,4	87,1	86,3	87,7	86,5	0,8										
2000	89,7	88,6	91,2	89,7	88,6	90,3	1,0	89,4	88,3	89,8	88,7	88,1	88,2	0,7	88,4	88,8	89,8	90,4	88	90,2	1,0										
4000	91,9	91,5	92,5	91,1	90,9	91,8	0,6	90,9	91,4	90,6	91,7	91,5	90,4	0,5	91,6	91	91,3	91,8	91	91,1	0,3										
8000	90,7	91,1	91,2	90,9	90,8	90,8	0,2	91,2	91,3	90	90,6	91,1	90,4	0,5	91	91,4	91,2	91,3	91,2	91,6	0,2										
dB(A)	96,7	96,6	97	96,6	96,2	97,1	0,3	96,3	96,3	95,9	96,3	96,5	95,8	0,3	96,5	96,7	96,7	96,8	96,7	96,9	0,1										

Apêndice H

Resultado de medições de níveis de pressão sonora para qualificação dos pontos de medição conforme ISO 3743/1 (1994).

Medição 1 - Sem Impacto Acionado								Medição 1 - Com Impacto Acionado							
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio
125	57,9	56,4	57,7	57,7	57,4	56,9	0,6	125	57,0	55,3	57,9	58,6	57,5	57,5	1,1
250	66,7	66,0	66,4	67,2	66,9	67,0	0,4	250	66,6	67,2	67,9	67,2	66,4	68,4	0,8
500	78,4	76,7	75,8	76,4	76,4	77,3	0,9	500	77,8	78,1	78,3	78,1	77,2	77,4	0,4
1000	84,3	87,6	85,8	83,1	84,6	83,0	1,7	1000	85,0	87,3	85,6	85,9	85,2	84,2	1,0
2000	86,0	85,8	85,4	85,7	85,9	85,1	0,3	2000	88,9	89,0	89,9	89,2	89,1	89,6	0,4
4000	86,5	85,9	85,6	85,5	85,6	85,4	0,4	4000	92,4	91,6	91,4	92,8	92,1	91,0	0,7
8000	87,0	85,9	85,9	85,0	86,1	86,1	0,6	8000	91,3	91,7	91,6	91,3	91,4	90,9	0,3
dB(A)	92,5	92,8	92,1	91,5	92,0	91,5	0,5	dB(A)	96,6	96,6	96,6	97,0	96,6	96,1	0,3

Medição 2 - Sem Impacto Acionado								Medição 2 - Com Impacto Acionado							
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio
125	56,8	56,7	56,5	58,3	56,7	56,6	0,7	125	55,7	56,7	58,2	56,0	57,2	58,0	1,0
250	66,2	64,4	66,4	66,0	66,1	67,7	1,1	250	66,9	66,6	67,5	67,4	67,1	68,4	0,6
500	76,7	76,8	77,1	79,1	76,5	77,4	1,0	500	77,7	79,7	78,6	77,3	77,8	77,2	0,9
1000	83,7	85,0	83,7	83,7	83,6	84,7	0,6	1000	85,6	88,1	85,5	85,6	88,2	85,3	1,4
2000	85,4	85,4	85,4	85,8	85,9	86,1	0,3	2000	88,8	89,6	89,5	89,5	91,6	90,6	1,0
4000	85,6	85,8	85,7	86,1	85,6	86,1	0,2	4000	92,3	91,9	92,3	92,2	92,1	92,5	0,2
8000	86,7	86,8	86,6	86,8	86,4	86,3	0,2	8000	91,6	92,2	91,4	91,2	91,0	91,2	0,4
dB(A)	91,9	92,2	91,9	92,2	91,9	92,3	0,2	dB(A)	96,7	97,1	96,8	96,7	97,5	97,1	0,3

Medição 3 - Sem Impacto Acionado								Medição 3 - Com Impacto Acionado							
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio
125	56,9	55,4	56,5	58,2	55,8	56,6	1,0	125	56,3	56,3	57,2	57,8	57,4	56,9	0,6
250	66,7	66,4	66,7	66,6	66,2	67,4	0,4	250	66,7	65,9	68,0	67,3	66,3	68,2	0,9
500	76,9	77,2	77,2	79,0	76,3	77,5	0,9	500	77,7	77,4	77,3	78,0	78,4	78,7	0,6
1000	84,1	87,0	83,5	84,9	84,0	83,1	1,4	1000	87,0	85,8	86,4	85,7	85,8	88,5	1,1
2000	85,8	85,8	85,7	86,3	86,0	85,0	0,4	2000	88,5	88,8	89,0	90,4	91,2	90,1	1,1
4000	85,9	85,8	85,7	86,0	85,9	85,7	0,1	4000	92,4	92,6	92,2	92,1	92,1	92,8	0,3
8000	87,0	86,4	86,5	86,7	86,8	86,2	0,3	8000	91,6	91,4	91,8	91,4	91,5	90,7	0,4
dB(A)	92,2	92,7	91,9	92,5	92,2	91,6	0,4	dB(A)	96,8	96,8	96,8	97,0	97,2	97,3	0,2

Medição 4 - Sem Impacto Acionado								Medição 4 - Com Impacto Acionado							
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio
125	56,4	56,4	54,7	58,4	57,9	56,8	1,3	125	56,0	56,4	58,2	57,6	56,2	57,9	1,0
250	66,0	66,1	67,9	66,8	66,1	68,2	1,0	250	66,3	66,3	67,3	66,7	67,0	67,1	0,4
500	78,5	77,4	79,7	76,7	77,8	80,4	1,4	500	77,9	77,8	78,5	78,6	78,0	76,7	0,7
1000	84,5	87,1	85,4	83,5	83,8	84,6	1,3	1000	84,4	85,0	86,3	85,5	86,6	84,6	0,9
2000	85,2	86,0	86,0	85,7	86,0	85,5	0,3	2000	88,8	89,4	89,7	91,3	89,4	90,3	0,9
4000	85,6	85,8	85,8	85,7	85,5	85,6	0,1	4000	94,0	92,6	91,6	93,5	92,7	91,9	0,9
8000	86,5	86,3	86,2	86,2	86,7	86,9	0,3	8000	91,9	91,6	91,0	91,4	91,5	91,3	0,3
dB(A)	91,9	92,7	92,4	91,8	92,1	92,2	0,3	dB(A)	97,5	96,9	96,5	97,8	97,1	96,7	0,5

**Apêndice H
(continuação)**

Medição 5 - Sem Impacto Acionado								Medição 5 - Com Impacto Acionado							
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio
125	57,0	55,5	56,3	57,6	57,2	57,1	0,8	125	58,1	56,6	57,4	56,9	56,1	58,5	0,9
250	66,1	66,2	67,8	65,7	66,7	67,0	0,8	250	66,0	67,0	67,9	67,2	66,4	66,5	0,7
500	77,5	77,1	80,1	79,1	76,9	79,2	1,3	500	77,6	77,2	78,3	78,1	79,9	78,0	0,9
1000	83,6	86,1	85,8	84,8	85,4	84,8	0,9	1000	85,8	84,6	85,9	87,1	87,0	87,4	1,1
2000	85,7	85,8	85,4	86,3	86,0	85,7	0,3	2000	89,7	88,5	88,5	90,3	91,2	91,1	1,2
4000	85,7	85,6	85,4	86,0	85,4	85,6	0,2	4000	92,7	92,9	92,1	92,3	92,7	91,8	0,4
8000	86,4	86,6	86,5	86,9	85,9	85,8	0,4	8000	91,8	91,6	91,7	91,8	91,1	91,2	0,3
dB(A)	91,9	92,4	92,2	92,5	92,1	92,0	0,2	dB(A)	97,1	96,8	96,6	97,2	97,5	97,2	0,3

Medição 6 - Sem Impacto Acionado								Medição 6 - Com Impacto Acionado							
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio
125	56,3	56,5	56,3	57,6	57,2	57,1	0,5	125	56,9	55,2	56,7	56,7	56,5	56,3	0,6
250	66,8	65,9	67,8	65,7	66,7	67,0	0,8	250	66,4	66,8	66,5	67,4	66,2	66,2	0,5
500	77,9	76,9	80,1	79,1	77,9	79,2	1,2	500	77,2	78,4	76,9	77,1	77,9	78,2	0,6
1000	84,2	83,8	85,8	84,8	85,4	84,8	0,7	1000	87,3	86,2	86,7	84,8	87,7	85,9	1,0
2000	85,4	85,9	85,4	86,3	86,0	85,7	0,4	2000	88,8	88,4	88,5	90,1	91,0	90,4	1,1
4000	85,8	85,6	85,4	86,0	85,4	85,6	0,2	4000	92,0	91,9	92,5	92,1	91,7	92,0	0,3
8000	86,7	86,8	86,5	86,9	85,9	85,8	0,5	8000	91,5	91,8	91,6	91,8	89,1	91,7	1,1
dB(A)	92,0	92,1	92,2	92,5	92,1	92,0	0,2	dB(A)	96,7	96,5	96,8	96,9	96,8	97,0	0,2

Medição 7 - Sem Impacto Acionado								Medição 7 - Com Impacto Acionado							
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio
125	57,4	56,6	55,4	57,6	58,8	55,3	1,4	125	57,7	55,7	56,7	54,9	56,1	55,8	1,0
250	65,7	65,8	66,3	66,6	66,8	66,8	0,5	250	65,9	66,8	66,8	66,7	67,2	66,5	0,4
500	79,3	79,9	78,1	78,7	80,3	77,3	1,1	500	78,1	79,8	76,9	79,0	76,4	78,0	1,3
1000	84,1	86,2	85,4	84,4	86,0	83,1	1,2	1000	84,2	86,7	85,2	85,4	85,9	87,1	1,1
2000	86,0	86,3	85,4	86,1	85,8	86,2	0,3	2000	91,0	88,1	90,0	89,3	88,9	91,5	1,3
4000	86,0	85,7	85,7	86,1	86,1	85,9	0,2	4000	92,9	91,9	92,5	93,1	93,1	92,7	0,5
8000	86,9	86,7	86,4	87,0	86,3	86,4	0,3	8000	91,7	92,5	91,6	91,4	91,3	91,1	0,5
dB(A)	92,3	92,7	92,2	92,4	92,5	92,1	0,2	dB(A)	97,4	96,7	97,0	97,1	97,0	97,6	0,3

Apêndice I
Resultados de medições de ruído de fundo para ensaios de determinação de potência sonora segundo ISO 3743/1 (1994).

Furadeira FR01 - Ensaio 1							Furadeira FR01 - Ensaio 2						Furadeira FR01 - Ensaio 3						Furadeira FR01 - Ensaio 4					
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6
125	34,1	41,9	45,0	37,7	44,1	35,6	31,3	36,2	33,8	36,5	33,5	30,1	41,0	29,4	30,7	36,7	30,1	35,3	35,4	44,8	38,7	47,8	37,3	41,0
250	33,3	34,4	40,2	33,2	42,6	34,0	29,3	36,2	32,8	29,6	29,5	30,5	28,4	31,8	38,4	38,1	30,7	28,3	32,9	40,8	35,9	39,6	36,5	38,0
500	27,0	26,0	28,6	25,3	28,7	24,3	25,2	22,1	23,7	23,5	24,6	27,5	24,5	31,7	25,0	24,8	32,6	23,2	27,3	31,2	29,2	33,0	31,6	35,4
1000	17,5	23,6	16,9	19,3	18,1	26,1	21,8	20,3	21,1	16,9	15,4	18,4	17,0	32,4	20,8	18,6	32,4	16,9	19,9	19,9	21,2	26,1	19,2	31,4
2000	14,1	14,1	14,3	15,0	12,8	20,2	21,1	14,1	17,6	18,8	19,1	23,3	20,4	33,9	21,6	21,6	34,3	20,6	14,3	19,1	26,5	21,9	18,1	15,7
4000	19,4	15,0	15,9	17,7	15,4	15,2	30,2	15,9	23,1	25,1	25,3	30,3	24,0	27,3	32,3	26,7	26,9	25,2	12,0	26,9	12,3	15,7	12,6	13,4
8000	14,7	15,3	17,2	16,2	18,0	15,0	21,3	19,8	20,6	24,5	18,7	29,0	19,7	34,7	25,3	20,6	34,2	21,9	15,8	20,8	15,4	19,6	18,9	18,1
dB(A)	29,1	31,1	34,4	29,2	35,7	30,7	33,1	30,1	29,9	30,5	29,7	34,4	30,5	39,5	35,9	33,2	39,5	30,1	29,0	37,0	32,8	36,5	32,3	36,4
Furadeira FR01 - Ensaio 5							Furadeira FR01 - Ensaio 6						Furadeira FR01 - Ensaio 7											
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6
125	42,3	42,0	35,7	32,9	36,4	40,4	36,5	32,7	33,6	35,5	32,6	32,8	37,9	34,6	37,0	33,8	35,0	35,2	37,9	34,6	37,0	33,8	35,0	35,2
250	41,5	32,9	37,5	37,3	34,3	38,9	32,6	36,9	37,4	40,7	42,3	33,6	31,1	35,0	38,5	39,7	31,5	35,9	31,1	35,0	38,5	39,7	31,5	35,9
500	24,0	26,4	25,1	26,2	30,5	25,2	25,3	27,1	30,0	26,2	26,9	27,0	26,2	21,8	27,0	26,6	24,7	24,1	26,2	21,8	27,0	26,6	24,7	24,1
1000	40,3	25,6	12,5	17,6	18,3	30,3	14,3	15,0	16,6	15,6	14,0	15,9	14,5	15,1	15,1	14,5	14,5	14,8	14,5	15,1	15,1	14,5	14,5	14,8
2000	14,3	11,2	13,5	14,8	13,8	14,9	21,0	18,6	13,9	18,5	16,0	19,0	12,6	12,0	12,1	14,9	17,7	15,8	12,6	12,0	12,1	14,9	17,7	15,8
4000	19,9	13,4	12,0	14,8	16,0	16,0	21,0	12,8	21,6	12,6	12,0	25,6	25,2	12,0	12,3	18,1	13,3	12,0	25,2	12,0	12,3	18,1	13,3	12,0
8000	18,0	15,3	19,9	16,9	18,4	19,9	15,5	15,7	17,0	15,5	15,5	14,6	20,1	15,4	17,1	20,1	16,1	15,5	20,1	15,4	17,1	20,1	16,1	15,5
dB(A)	41,3	31,1	30,7	30,7	30,9	34,4	29,6	30,6	32,0	33,2	34,4	30,9	30,3	28,3	31,6	32,5	27,6	29,4	30,3	28,3	31,6	32,5	27,6	29,4

Furadeira FR02 - Ensaio 1							Furadeira FR02 - Ensaio 2						Furadeira FR02 - Ensaio 3						Furadeira FR02 - Ensaio 4					
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6
125	44,1	35,8	36,7	39,3	37,1	44,8	34,7	43,5	43,1	35,0	33,2	32,2	34,6	37,1	39,6	27,5	33,1	38,7	33,2	32,4	31,5	33,2	34,9	31,5
250	36,9	31,6	32,4	37,8	34,8	38,4	32,9	29,7	33,3	39,4	30,5	33,6	29,3	32,1	34,9	34,5	32,6	30,7	28,4	27,4	26,4	35,8	45,2	26,4
500	32,1	24,8	26,0	32,7	30,7	32,6	25,7	19,2	23,2	25,9	24,0	24,9	24,9	24,2	23,5	36,1	29,4	22,7	23,7	23,9	24,1	25,1	26,1	24,1
1000	23,2	22,7	33,4	24,0	20,8	19,3	16,6	14,6	16,1	17,2	18,1	15,2	15,9	12,6	9,3	26,0	20,4	14,8	13,4	15,6	17,8	13,2	8,6	17,8
2000	14,4	19,9	21,1	14,1	28,9	17,4	15,3	20,2	15,4	16,7	15,7	16,1	15,8	12,9	10,0	3,9	12,1	20,3	13,2	18,6	24,0	13,9	3,8	24,0
4000	17,0	22,6	18,5	18,1	22,8	17,9	15,0	12,5	13,0	15,2	15,7	16,5	17,9	16,1	14,3	17,1	17,5	17,9	19,3	16,6	13,8	19,4	25,0	13,8
8000	18,5	17,8	28,7	20,2	15,7	19,0	17,0	18,4	20,3	22,3	23,5	15,7	15,4	21,8	28,2	13,5	17,1	20,7	14,1	15,3	16,5	15,9	15,3	16,5
dB(A)	34,5	30,1	35,5	33,8	34,0	35,2	28,4	32,5	32,0	32,4	28,2	28,3	27,2	28,4	31,2	34,5	29,8	28,9	26,4	26,5	28,3	29,7	37,2	28,3
Furadeira FR02 - Ensaio 5							Furadeira FR02 - Ensaio 6						Furadeira FR02 - Ensaio 7											
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6
125	33,2	36,2	40,4	35,1	36,3	35,5	37,8	34,0	35,9	35,9	35,1	33,2	36,2	31,6	34,7	33,2	32,1	34,8	36,2	31,6	34,7	33,2	32,1	34,8
250	31,9	32,8	30,5	40,8	37,6	31,1	33,3	31,7	42,4	32,4	32,3	35,8	28,8	27,8	29,7	40,0	30,8	38,2	28,8	27,8	29,7	40,0	30,8	38,2
500	23,0	24,4	26,5	25,2	27,0	26,5	28,0	22,8	29,2	24,4	26,0	25,8	28,4	23,1	26,7	26,8	24,4	21,8	28,4	23,1	26,7	26,8	24,4	21,8
1000	12,9	18,2	16,1	17,3	19,3	14,4	16,9	13,0	20,3	14,1	13,8	24,0	14,8	14,3	15,3	13,5	14,1	14,4	14,8	14,3	15,3	13,5	14,1	14,4
2000	12,6	29,1	15,1	28,6	24,0	17,6	11,4	17,0	11,8	20,4	16,5	21,1	25,6	14,4	14,0	24,6	12,9	26,0	25,6	14,4	14,0	24,6	12,9	26,0
4000	19,8	24,2	20,7	24,4	24,5	12,6	12,5	12,3	12,0	12,3	13,2	14,0	18,3	15,0	13,8	17,3	13,2	17,5	18,3	15,0	13,8	17,3	13,2	17,5
8000	14,6	15,7	16,7	16,5	15,2	19,2	19,3	25,5	16,3	26,2	26,4	17,1	14,4	19,7	20,5	16,2	21,3	14,6	14,4	19,7	20,5	16,2	21,3	14,6
dB(A)	27,4	33,0	29,6	35,2	32,9	28,3	29,5	28,7	34,9	29,9	29,8	31,0	30,6	25,9	27,8	33,4	27,2	32,3	30,6	25,9	27,8	33,4	27,2	32,3

**Apêndice I
(continuação)**

Furadeira FR03 - Ensaio 1							Furadeira FR03 - Ensaio 2						Furadeira FR03 - Ensaio 3						Furadeira FR03 - Ensaio 4					
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6
125	43,6	35,9	35,1	39,2	36,1	52,5	34,7	30,6	33,0	32,3	32,7	30,7	32,7	31,9	38,7	38,3	32,3	35,3	29,0	31,6	32,1	33,3	35,3	30,3
250	34,5	35,5	38,4	36,0	36,6	35,2	30,1	30,2	34,0	37,0	33,3	32,9	34,8	34,4	31,5	38,0	34,6	33,0	25,9	27,9	29,1	37,0	28,6	29,6
500	31,7	30,6	29,6	30,1	32,1	35,3	26,0	21,0	24,0	27,6	23,4	22,4	25,0	24,5	24,3	26,0	24,7	24,4	25,2	25,9	23,7	23,1	23,7	24,2
1000	29,3	23,0	22,9	28,1	29,5	44,7	15,2	12,0	16,6	16,8	12,6	15,5	15,3	15,0	13,2	17,6	15,2	14,1	15,9	13,8	12,8	13,9	13,3	18,8
2000	16,1	25,1	21,7	26,0	29,0	15,9	16,4	23,0	14,9	14,9	13,6	12,5	14,5	13,7	13,2	15,0	14,1	13,4	24,4	19,5	19,9	14,0	14,4	24,8
4000	20,4	17,0	19,4	16,4	14,9	17,0	12,8	13,4	13,0	12,5	14,0	14,1	13,2	13,5	16,6	21,4	13,4	15,1	14,9	18,7	22,1	16,1	17,7	13,8
8000	17,1	20,7	19,6	15,4	20,3	14,9	16,4	18,2	20,0	18,6	17,2	28,8	18,6	21,5	21,9	19,4	20,1	21,7	15,8	15,7	15,8	17,7	14,9	16,5
dB(A)	34,4	32,8	33,1	34,0	35,5	45,6	27,4	27,7	28,5	30,7	27,5	30,3	28,8	28,8	28,6	32,0	28,8	28,4	28,5	27,6	28,1	30,0	26,5	29,1
Furadeira FR03 - Ensaio 5							Furadeira FR03 - Ensaio 6						Furadeira FR03 - Ensaio 7											
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6
125	39,1	39,3	41,3	37,7	37,3	39,9	34,4	36,7	38,1	33,0	36,6	35,7	34,7	31,0	34,3	31,6	32,8	33,2						
250	35,3	31,8	30,8	41,6	37,9	33,8	31,1	34,4	33,6	42,7	38,7	35,0	31,4	28,1	29,0	36,5	31,5	35,9						
500	25,3	26,8	25,0	27,5	26,5	24,7	26,0	24,0	27,4	30,3	29,7	27,8	26,4	21,9	27,6	19,6	23,6	25,7						
1000	15,4	17,0	15,8	16,5	14,0	16,9	21,0	15,0	14,1	13,8	19,2	14,9	16,6	13,2	13,0	11,2	10,3	14,9						
2000	15,8	22,7	13,5	22,3	26,9	14,1	17,0	19,5	13,5	14,0	14,9	19,4	14,8	13,8	12,5	10,6	11,0	14,5						
4000	22,6	18,6	16,3	16,1	13,9	19,0	19,4	21,3	20,3	23,0	25,8	22,1	16,3	18,5	12,9	12,6	12,1	17,4						
8000	14,9	17,7	17,7	17,9	14,5	18,2	14,5	22,1	18,2	16,3	14,8	23,9	24,6	14,9	22,5	14,9	14,6	28,8						
dB(A)	30,7	30,3	29,1	34,4	32,8	29,8	28,8	30,3	29,9	35,4	33,4	31,3	29,2	25,6	28,2	28,9	26,2	31,7						

Apêndice J
Resultados das medições de níveis de pressão sonora das furadeiras operando para
a determinação do nível de potência sonora segundo ISO 3743/1 (1994)

-Furadeiras operando em vazio

Furadeira FR01 - Ensaio 1								Furadeira FR01 - Ensaio 2								Furadeira FR01 - Ensaio 3								Furadeira FR01 - Ensaio 4							
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio			
125	57,6	57,0	56,5	56,0	55,7	56,8	0,7	55,7	54,6	58,8	54,9	54,7	57,2	1,7	56,1	55,8	55,3	56,3	54,3	56,6	0,8	57,3	56,7	56,9	60,1	55,3	57,6	1,6			
250	67,6	66,8	66,9	66,6	68,0	67,2	0,5	67,1	67,2	66,1	66,6	66,4	66,8	0,4	67,7	67,0	67,8	65,6	67,2	66,8	0,8	66,8	66,9	66,1	66,7	67,9	67,1	0,6			
500	77,2	77,6	77,6	76,7	77,1	76,7	0,4	76,2	76,4	74,9	77,0	76,0	75,8	0,7	77,5	76,3	77,1	77,6	76,6	76,4	0,6	76,2	76,8	76,3	76,7	76,4	76,6	0,2			
1000	83,3	84,2	84,2	84,1	84,3	83,9	0,4	83,5	83,9	83,6	83,7	84,8	83,4	0,5	84,2	83,9	83,0	84,3	84,2	84,3	0,5	84,1	84,9	84,9	83,1	84,5	84,1	0,7			
2000	85,9	86,7	86,2	85,6	86,0	85,8	0,4	85,6	86,5	85,9	85,7	86,3	86,1	0,3	85,8	86,4	85,3	86,3	86,0	85,6	0,4	86,0	86,4	85,8	86,3	85,9	86,2	0,2			
4000	87,2	87,2	87,0	87,0	87,3	87,1	0,1	87,4	87,1	86,7	86,5	87,4	86,7	0,4	86,7	87,3	86,6	86,9	87,3	86,4	0,4	87,2	87,0	87,2	87,2	87,3	87,2	0,1			
8000	87,5	87,0	88,4	87,0	87,6	87,1	0,5	86,5	87,4	86,7	87,3	88,4	87,8	0,7	86,7	87,0	86,5	87,0	87,4	87,2	0,3	86,9	87,1	88,5	87,3	87,6	87,7	0,6			
dB(A)	92,7	92,9	93,0	92,5	92,9	92,6	0,2	92,5	92,9	92,3	92,4	93,2	92,6	0,4	92,4	92,8	92,0	92,7	92,8	92,4	0,3	92,7	92,9	93,1	92,7	92,9	92,9	0,2			
Furadeira FR01 - Ensaio 5								Furadeira FR01 - Ensaio 6								Furadeira FR01 - Ensaio 7															
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio										
125	54,3	55,4	55,7	57,0	55,5	55,2	0,9	56,1	56,7	58,3	56,2	55,9	55,9	0,9	57,3	58,0	57,8	57,8	56,4	55,6	1,0										
250	66,9	70,0	66,7	66,3	66,9	66,6	1,4	68,8	66,0	66,8	67,6	66,6	66,7	1,0	68,1	65,8	66,5	67,0	65,8	66,6	0,9										
500	76,4	77,6	76,6	76,7	76,5	77,5	0,5	77,0	75,9	78,3	77,6	76,4	77,0	0,9	77,9	76,6	76,8	77,7	76,3	76,6	0,7										
1000	84,3	84,7	83,8	84,0	84,5	84,4	0,3	83,5	83,5	84,0	83,4	84,1	84,2	0,4	83,6	83,1	83,5	83,8	83,7	83,3	0,3										
2000	86,0	85,5	85,9	85,6	85,7	85,7	0,2	86,0	86,3	86,3	86,0	85,9	86,0	0,2	85,5	85,9	85,8	85,5	86,0	85,9	0,2										
4000	87,0	86,7	87,0	87,6	86,8	87,5	0,4	87,1	87,1	87,2	87,4	87,3	87,6	0,2	87,0	86,9	86,9	87,4	87,1	87,3	0,2										
8000	87,8	86,9	87,2	88,1	87,8	88,3	0,5	87,6	87,1	87,0	87,5	88,2	87,5	0,4	87,3	87,6	87,0	87,8	88,9	88,8	0,8										
dB(A)	92,8	92,5	92,6	93,0	92,7	93,1	0,2	92,7	92,7	92,8	92,8	93,0	93,0	0,1	92,5	92,6	92,4	92,8	93,1	93,0	0,3										

Furadeira FR02 - Ensaio 1								Furadeira FR02 - Ensaio 2								Furadeira FR02 - Ensaio 3								Furadeira FR02 - Ensaio 4							
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio			
125	55,5	55,7	55,0	58,6	54,4	55,4	1,5	57,8	55,6	55,6	58,8	56,6	56,0	1,3	54,3	54,5	55,6	56,6	52,6	55,2	1,4	53,9	54,5	55,1	57,9	54,8	54,1	1,5			
250	67,6	66,4	66,9	67,0	65,5	66,2	0,7	66,7	66,7	65,8	65,8	67,5	66,6	0,6	66,3	65,9	66,5	66,4	66,9	66,5	0,3	66,0	65,8	65,6	66,2	67,2	66,0	0,6			
500	76,9	78,8	76,9	77,1	78,1	76,3	0,9	77,8	77,1	76,9	78,1	76,8	77,8	0,5	77,9	76,8	77,6	77,6	77,6	76,3	0,6	72,9	75,8	78,7	78,0	76,7	80,3	2,6			
1000	83,3	83,3	83,7	83,2	83,7	83,7	0,2	84,5	84,1	83,8	84,1	84,0	83,9	0,2	83,5	83,5	83,4	83,4	83,4	84,9	0,6	84,4	84,2	84,0	83,5	84,2	83,8	0,3			
2000	86,3	85,9	85,5	85,3	85,7	85,5	0,4	85,6	86,6	85,5	85,6	85,8	86,0	0,4	86,1	85,5	85,9	85,9	85,9	85,7	0,2	85,4	85,8	86,2	85,5	85,5	85,9	0,3			
4000	85,7	85,8	85,7	85,8	86,2	85,4	0,3	85,8	86,0	85,8	86,3	85,5	86,0	0,3	86,1	86,0	85,0	85,8	86,0	85,7	0,4	86,7	86,3	85,9	86,1	85,6	86,0	0,4			
8000	85,7	85,5	86,4	85,7	85,7	86,6	0,5	85,5	86,7	86,3	86,4	86,1	85,8	0,4	85,5	85,7	85,5	85,8	86,5	86,4	0,4	85,1	85,8	86,5	86,1	86,0	86,5	0,5			
dB(A)	91,9	91,8	91,9	91,6	92,0	91,8	0,1	91,9	92,4	91,9	92,2	91,9	92,0	0,2	92,0	91,8	91,6	91,9	92,1	92,1	0,2	92,0	92,1	92,2	91,9	91,8	92,2	0,2			
Furadeira FR02 - Ensaio 5								Furadeira FR02 - Ensaio 6								Furadeira FR02 - Ensaio 7															
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio										
125	59,6	56,1	57,8	55,8	57,1	55,2	1,6	56,1	55,4	57,1	56,6	54,0	56,5	1,1	54,5	53,8	55,0	56,0	54,6	54,4	0,7										
250	66,0	66,1	65,6	66,3	66,4	66,4	0,3	66,6	65,8	66,8	66,4	66,7	65,6	0,5	66,8	66,3	65,6	65,6	66,1	67,1	0,6										
500	79,0	77,5	79,7	79,5	79,1	76,5	1,3	76,8	76,9	76,3	77,3	76,2	77,3	0,5	76,7	80,1	77,5	77,1	75,6	79,3	1,7										
1000	83,9	84,3	83,8	83,9	84,1	84,3	0,2	83,4	83,5	84,0	83,8	84,4	83,0	0,5	82,9	84,4	83,8	83,4	83,4	83,0	0,6										
2000	86,3	86,0	85,9	86,3	86,1	86,0	0,2	85,5	86,4	86,0	85,9	86,3	85,4	0,4	85,5	86,1	85,4	86,0	85,3	86,2	0,4										
4000	85,7	86,1	85,8	86,1	86,5	86,2	0,3	86,0	85,9	86,3	86,1	86,1	86,2	0,1	86,1	85,9	85,6	86,0	85,7	86,1	0,2										
8000	85,8	85,7	86,4	85,9	86,4	87,3	0,6	86,1	86,3	86,1	86,6	87,0	86,6	0,4	86,0	85,9	85,7	85,9	86,4	86,3	0,3										
dB(A)	92,1	92,1	92,1	92,2	92,4	92,4	0,2	91,8	92,2	92,2	92,2	92,5	91,9	0,2	91,8	92,2	91,7	92,0	91,7	92,1	0,2										

**Apêndice J
(continuação)**

Furadeira FR03 - Ensaio 1								Furadeira FR03 - Ensaio 2						Furadeira FR03 - Ensaio 3						Furadeira FR03 - Ensaio 4								
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio
125	57,0	57,7	57,2	57,0	56,3	58,0	0,6	56,7	58,1	57,1	56,9	57,1	56,1	0,7	55,6	54,0	55,8	57,6	59,4	55,8	1,9	56,4	55,6	55,1	56,2	54,3	55,4	0,8
250	67,3	66,4	67,0	68,0	67,2	67,2	0,5	66,6	67,0	67,7	66,8	66,8	67,0	0,4	66,1	68,1	66,4	64,7	63,0	66,3	1,7	66,4	66,1	66,3	66,4	65,9	65,8	0,3
500	77,3	78,0	79,7	77,7	78,2	76,5	1,1	76,7	76,3	77,6	78,0	76,5	78,6	0,9	77,0	76,9	77,5	78,1	78,7	77,4	0,7	78,3	77,0	76,9	78,9	80,6	77,0	1,5
1000	83,7	84,5	87,5	85,4	84,5	84,6	1,3	84,3	84,7	85,2	84,0	86,1	84,5	0,8	83,5	87,0	84,5	87,0	89,5	85,5	2,1	84,8	83,5	84,8	85,9	85,1	84,9	0,8
2000	85,9	85,9	85,9	86,2	85,9	85,7	0,2	85,6	86,4	85,6	86,0	86,1	86,5	0,4	86,0	86,9	86,1	85,8	85,5	86,2	0,5	86,1	86,0	85,6	85,9	86,6	86,0	0,3
4000	85,8	86,3	85,8	86,2	86,2	85,6	0,3	85,7	85,9	86,0	86,1	85,5	86,0	0,2	85,9	85,1	86,1	86,8	87,5	86,0	0,8	85,6	85,9	85,8	86,0	86,1	86,2	0,2
8000	86,2	86,0	86,6	87,1	86,3	86,8	0,4	86,2	86,4	86,3	86,1	86,7	86,3	0,2	86,5	80,8	86,6	86,6	86,6	85,1	2,3	86,7	86,5	86,7	86,7	87,0	86,5	0,2
dB(A)	92,0	92,2	92,9	92,7	92,3	92,1	0,4	91,9	92,4	92,2	92,1	92,5	92,4	0,2	92,1	92,2	92,3	93,0	93,9	92,3	0,7	92,3	92,1	92,2	92,6	92,7	92,4	0,3
Furadeira FR03 - Ensaio 5								Furadeira FR03 - Ensaio 6						Furadeira FR03 - Ensaio 7														
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio							
125	56,9	55,0	55,9	58,4	54,6	56,0	1,4	56,2	56,1	57,7	58,8	55,5	56,2	1,2	56,1	55,3	58,1	58,1	55,8	56,6	1,2							
250	66,3	66,7	66,5	66,0	66,7	66,3	0,3	66,9	66,3	66,5	65,5	66,8	65,4	0,6	66,7	66,0	65,3	65,3	67,1	66,3	0,7							
500	76,4	79,6	77,2	79,6	78,2	75,6	1,7	77,3	77,4	77,0	75,8	78,2	77,5	0,8	79,1	76,0	77,1	77,1	76,4	77,4	1,1							
1000	86,3	84,8	85,0	85,0	84,0	83,8	0,9	84,0	84,3	84,1	84,7	84,0	84,6	0,3	84,7	85,0	84,5	84,5	83,3	85,0	0,6							
2000	86,3	85,3	85,3	85,6	85,5	85,7	0,4	85,8	86,2	86,1	86,3	86,3	85,9	0,2	85,4	86,4	86,3	86,3	85,2	86,1	0,5							
4000	86,3	86,2	86,0	86,4	86,6	86,0	0,2	86,3	86,3	86,3	86,3	86,4	85,9	0,2	86,1	86,0	86,1	86,1	86,0	86,6	0,2							
8000	86,3	86,5	86,6	86,3	86,7	87,0	0,3	86,6	87,0	86,9	87,8	87,1	86,9	0,4	86,0	86,1	86,5	86,5	86,8	86,5	0,3							
dB(A)	92,7	92,2	92,2	92,4	92,3	92,1	0,2	92,2	92,5	92,4	92,7	92,5	92,3	0,2	92,1	92,4	92,4	92,4	91,9	92,6	0,2							

-Furadeiras operando com a função de alto impacto acionada

Furadeira FR01 - Ensaio 1								Furadeira FR01 - Ensaio 2						Furadeira FR01 - Ensaio 3						Furadeira FR01 - Ensaio 4								
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio
125	59,9	61,6	58,4	63,9	60,4	60,7	1,8	59,9	61,6	58,4	63,9	60,4	60,7	1,8	59,9	61,6	58,4	63,9	60,4	60,7	1,8	58,3	57,0	57,6	58,5	56,6	56,0	1,0
250	68,9	71,0	69,3	69,1	70,1	69,4	0,8	68,9	71,0	69,3	69,1	70,1	69,4	0,8	68,9	71,0	69,3	69,1	70,1	69,4	0,8	69,0	70,3	68,6	68,2	69,1	69,6	0,7
500	81,8	81,1	80,6	81,7	82,2	80,7	0,6	81,8	81,1	80,6	81,7	82,2	80,7	0,6	81,8	81,1	80,6	81,7	82,2	80,7	0,6	81,7	81,7	81,5	81,7	80,2	81,6	0,6
1000	87,2	88,5	88,1	87,8	88,6	88,1	0,5	87,2	88,5	88,1	87,8	88,6	88,1	0,5	87,2	88,5	88,1	87,8	88,6	88,1	0,5	88,0	87,4	88,1	87,9	87,8	87,9	0,2
2000	90,6	90,5	90,0	90,5	90,3	90,5	0,2	90,6	90,5	90,0	90,5	90,3	90,5	0,2	90,6	90,5	90,0	90,5	90,3	90,5	0,2	89,9	90,9	90,1	90,5	90,2	90,3	0,3
4000	93,0	92,7	92,7	93,1	93,3	93,0	0,2	93,0	92,7	92,7	93,1	93,3	93,0	0,2	93,0	92,7	92,7	93,1	93,3	93,0	0,2	93,1	93,5	92,5	92,8	92,7	93,6	0,4
8000	91,1	90,9	91,2	91,3	91,1	91,2	0,1	91,1	90,9	91,2	91,3	91,1	91,2	0,1	91,1	90,9	91,2	91,3	91,1	91,2	0,1	91,5	91,9	91,8	91,9	91,9	91,9	0,2
dB(A)	97,5	97,4	97,3	97,6	97,7	97,6	0,1	97,5	97,4	97,3	97,6	97,7	97,6	0,1	97,5	97,4	97,3	97,6	97,7	97,6	0,1	97,5	98,0	97,4	97,6	97,5	97,9	0,2
Furadeira FR01 - Ensaio 5								Furadeira FR01 - Ensaio 6						Furadeira FR01 - Ensaio 7														
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio							
125	56,2	57,1	59,4	57,3	59,3	57,1	1,3	56,9	57,0	55,2	56,7	56,5	59,7	1,5	56,0	56,7	57,9	56,5	58,8	57,6	1,0							
250	68,5	70,0	68,8	68,0	67,7	69,0	0,8	70,1	68,8	67,8	68,9	69,2	68,8	0,7	69,3	68,8	68,4	67,4	69,3	67,5	0,8							
500	80,4	80,8	80,8	80,6	81,3	80,8	0,3	80,0	80,9	80,4	81,0	80,5	80,8	0,4	80,9	81,8	81,2	81,3	80,5	80,8	0,5							
1000	87,4	86,9	87,3	87,1	86,8	88,5	0,6	88,6	86,7	87,0	87,1	87,2	87,6	0,7	86,8	88,5	87,0	87,4	88,0	87,4	0,6							
2000	90,2	89,6	89,4	90,4	89,7	89,8	0,4	90,3	89,8	89,6	89,4	90,0	90,1	0,3	89,8	90,3	89,6	89,7	89,5	90,4	0,4							
4000	92,2	91,6	92,0	92,4	92,3	92,7	0,4	91,9	91,9	92,1	92,2	92,4	92,8	0,3	91,9	92,2	92,1	92,0	92,5	92,0	0,2							
8000	91,0	90,8	90,9	91,2	91,6	91,2	0,3	90,8	91,1	90,5	90,9	90,9	91,1	0,2	90,0	90,6	91,1	90,8	91,2	90,5	0,4							
dB(A)	97,0	96,5	96,7	97,2	97,0	97,3	0,3	97,0	96,8	96,7	96,8	97,0	97,3	0,2	96,6	97,1	96,8	96,8	97,1	96,9	0,2							

**Apêndice J
(continuação)**

Furadeira FR02 - Ensaio 1								Furadeira FR02 - Ensaio 2						Furadeira FR02 - Ensaio 3						Furadeira FR02 - Ensaio 4								
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio
125	56,5	58,4	62,5	59,7	59,0	57,3	2,1	55,7	57,5	58,5	59,5	57,2	58,2	1,3	56,7	59,2	58,6	55,9	56,5	54,3	1,8	56,2	56,1	57,3	57,2	53,1	56,1	1,5
250	68,7	67,5	67,8	66,4	66,4	66,9	0,9	66,7	67,7	67,4	66,5	67,2	67,1	0,4	67,3	67,0	66,5	66,3	66,7	65,6	0,6	66,6	66,3	66,1	65,8	66,1	65,7	0,3
500	79,4	78,8	79,8	79,5	80,6	78,5	0,7	78,4	80,3	79,0	79,2	80,0	79,0	0,7	78,8	78,9	79,2	78,3	78,5	77,8	0,5	79,9	79,8	79,3	79,7	78,9	79,5	0,4
1000	85,8	86,3	86,0	85,9	86,7	86,3	0,3	85,4	86,3	86,0	86,7	86,5	85,9	0,5	85,0	85,8	85,9	86,1	85,0	84,9	0,5	86,3	85,6	87,1	85,7	88,5	86,0	1,1
2000	89,4	89,5	89,0	89,7	90,4	89,0	0,5	88,8	89,5	88,9	89,1	89,2	89,2	0,2	88,5	89,2	89,2	88,6	89,3	88,4	0,4	89,3	89,0	89,0	88,6	88,9	90,9	0,8
4000	91,3	91,4	91,2	91,3	91,8	91,8	0,3	90,4	91,0	90,6	91,0	90,8	91,3	0,3	90,5	91,4	90,8	91,0	91,6	90,7	0,4	90,6	91,0	90,8	90,8	92,8	91,8	0,8
8000	91,4	91,3	91,4	91,8	91,6	92,0	0,3	90,8	90,4	90,8	91,3	91,7	91,2	0,5	90,8	91,5	91,0	90,6	91,6	91,2	0,4	90,7	91,2	91,2	90,7	92,3	92,2	0,7
dB(A)	96,4	96,5	96,3	96,6	97,0	96,7	0,3	95,7	96,1	95,8	96,2	96,3	96,3	0,3	95,6	96,4	96,0	95,9	96,4	95,7	0,3	96,0	96,1	96,2	95,8	97,4	97,2	0,7
Furadeira FR02 - Ensaio 5								Furadeira FR02 - Ensaio 6						Furadeira FR02 - Ensaio 7														
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio							
125	57,2	55,0	56,8	60,0	57,1	57,4	1,6	56,7	55,3	60,2	56,5	56,5	58,8	1,8	55,7	57,2	56,4	56,8	57,8	55,0	1,0							
250	66,8	67,5	67,6	67,2	67,6	66,9	0,4	67,4	67,0	65,9	65,3	66,4	66,9	0,8	67,5	65,8	67,0	67,6	65,8	67,2	0,8							
500	79,3	78,8	79,0	79,3	78,9	80,0	0,4	79,0	79,3	79,1	79,1	78,6	79,7	0,4	79,3	78,2	79,9	79,7	78,1	79,9	0,8							
1000	85,3	85,5	86,0	85,6	85,7	87,2	0,7	85,4	85,1	85,3	86,2	85,6	84,9	0,5	85,3	85,4	85,4	86,8	86,3	85,9	0,6							
2000	88,8	89,0	88,6	89,3	89,1	88,2	0,4	88,6	89,3	88,7	88,8	88,1	88,6	0,4	88,4	89,1	89,6	89,4	89,2	89,2	0,4							
4000	91,1	90,9	91,1	91,2	91,0	91,0	0,1	90,8	90,9	90,8	90,8	90,6	91,1	0,2	91,1	91,3	91,3	91,2	91,1	90,8	0,2							
8000	90,8	91,0	91,5	91,1	91,1	91,5	0,3	90,8	91,1	91,0	91,6	92,1	91,1	0,5	91,5	91,3	91,4	91,7	91,9	92,0	0,3							
dB(A)	95,9	96,0	96,1	96,2	96,1	96,2	0,1	95,8	96,1	95,9	96,1	96,0	95,9	0,1	96,0	96,2	96,4	96,5	96,4	96,3	0,2							

Furadeira FR03 - Ensaio 1								Furadeira FR03 - Ensaio 2						Furadeira FR03 - Ensaio 3						Furadeira FR03 - Ensaio 4								
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio
125	57,0	58,7	59,7	55,3	58,2	58,0	1,5	57,6	56,6	57,2	56,3	57,0	55,7	0,7	56,9	56,4	54,9	57,3	55,7	56,4	0,9	55,7	55,8	54,6	56,7	56,0	56,7	0,8
250	66,8	67,4	67,0	65,7	67,0	67,3	0,6	67,6	66,5	67,6	67,1	66,1	67,5	0,6	67,0	67,0	65,9	67,0	66,5	66,7	0,4	66,6	66,6	67,2	66,0	66,5	66,0	0,4
500	79,8	77,1	79,1	76,9	78,8	78,5	1,1	79,2	76,6	78,4	78,5	79,2	77,8	1,0	78,3	77,6	77,0	78,9	77,3	77,9	0,7	78,2	78,1	79,2	77,4	77,7	77,4	0,7
1000	85,8	88,1	87,0	87,9	86,5	86,5	0,9	87,1	85,3	88,8	87,8	86,2	87,0	1,2	86,7	85,8	88,6	87,6	87,2	87,2	0,9	86,3	86,7	86,5	85,7	87,8	85,7	0,8
2000	89,5	89,5	90,8	90,4	90,3	89,8	0,5	90,5	89,4	89,6	89,4	89,5	91,0	0,7	92,1	93,3	89,1	90,9	91,2	91,4	1,4	90,1	90,2	90,8	89,4	90,4	89,4	0,6
4000	92,4	92,8	93,4	92,7	93,2	93,3	0,4	92,4	92,7	92,4	92,8	92,2	92,7	0,2	92,8	92,4	92,7	93,1	92,6	92,7	0,2	92,4	92,5	92,4	92,4	92,8	92,4	0,2
8000	91,2	91,4	91,7	91,3	92,2	91,9	0,4	91,1	91,2	91,5	91,5	91,7	91,6	0,2	91,7	91,4	92,0	92,0	91,7	91,8	0,2	91,9	91,9	92,0	91,8	91,9	91,8	0,1
dB(A)	96,8	97,3	97,8	97,4	97,6	97,5	0,3	97,2	96,9	97,2	97,2	96,9	97,5	0,2	97,9	98,1	97,3	97,8	97,6	97,7	0,3	97,2	97,3	97,4	96,9	97,5	96,9	0,3
Furadeira FR03 - Ensaio 5								Furadeira FR03 - Ensaio 6						Furadeira FR03 - Ensaio 7														
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio							
125	56,2	54,6	55,9	57,1	54,8	55,5	0,9	55,9	55,3	54,5	56,1	57,7	54,9	1,1	55,5	56,0	56,3	56,5	56,3	53,6	1,1							
250	66,2	68,3	66,3	67,1	65,6	67,0	0,9	67,2	66,6	66,6	66,3	66,0	65,8	0,5	68,0	67,5	66,1	65,3	66,7	66,3	1,0							
500	80,1	79,7	78,2	79,3	78,4	76,8	1,2	77,4	80,8	77,1	77,7	78,3	78,9	1,4	78,6	78,4	78,7	78,3	76,7	78,4	0,7							
1000	88,8	87,4	85,4	87,3	86,2	87,6	1,2	85,9	87,2	86,7	88,2	89,7	86,2	1,4	84,6	85,3	86,5	87,6	86,0	85,1	1,1							
2000	91,6	89,0	89,8	90,2	89,6	89,4	0,9	91,4	92,2	90,7	90,2	89,7	90,0	0,9	90,9	89,1	89,0	91,3	88,8	90,4	1,1							
4000	92,0	93,3	92,8	93,3	92,8	93,2	0,5	92,1	93,2	92,6	92,1	91,6	92,2	0,5	93,2	93,3	93,1	93,9	92,3	93,1	0,5							
8000	91,7	91,7	92,5	91,6	92,6	92,4	0,5	91,5	91,4	91,7	91,6	91,5	92,3	0,3	91,7	91,6	91,7	92,5	92,0	92,3	0,4							
dB(A)	97,7	97,4	97,3	97,6	97,4	97,6	0,1	97,3	98,1	97,4	97,2	97,1	97,1	0,4	97,6	97,2	97,2	98,4	96,8	97,6	0,5							

Apêndice K

Resultados de medição de níveis de pressão sonora para a fonte de ruído de referência para a determinação de níveis de potência sonora segundo a ISO 3743/1 (1994) (resultados corrigidos)

Furadeira FR01 - Ensaio 1								Furadeira FR01 - Ensaio 2								Furadeira FR01 - Ensaio 3								Furadeira FR01 - Ensaio 4							
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio			
125	84,0	86,2	83,4	83,8	83,9	84,9	1,0	82,5	83,7	82,6	86,7	81,6	82,8	1,8	85,2	85,8	84,6	85,5	83,0	85,1	1,0	84,6	84,8	86,4	85,8	83,8	83,4	1,1			
250	88,8	87,2	85,4	86,2	85,7	85,7	1,3	86,1	85,3	86,8	86,4	85,4	84,4	0,9	86,3	85,6	85,8	86,0	85,4	86,2	0,3	86,2	87,0	86,1	86,4	85,9	85,2	0,6			
500	84,2	84,2	84,5	83,5	84,0	83,6	0,4	83,5	84,5	84,4	83,6	85,3	84,5	0,7	84,3	84,2	85,0	84,3	84,8	84,4	0,3	84,0	84,0	83,5	83,8	84,9	84,4	0,5			
1000	86,7	86,7	87,0	86,5	86,9	86,8	0,2	86,6	86,8	86,4	86,3	86,6	86,8	0,2	87,5	86,7	86,7	87,1	86,7	87,1	0,3	86,6	86,6	86,8	86,3	86,6	86,8	0,2			
2000	87,8	87,6	87,4	87,0	88,0	87,2	0,4	86,8	87,1	86,7	87,4	87,6	87,8	0,4	87,3	88,0	87,6	87,7	87,7	87,5	0,2	87,8	87,4	87,2	87,3	87,1	87,4	0,2			
4000	85,3	85,5	85,2	85,5	85,4	85,1	0,2	84,7	85,5	85,3	85,0	85,7	85,1	0,4	85,2	85,0	84,8	85,1	85,3	85,4	0,2	85,1	85,0	85,3	85,3	85,1	85,2	0,1			
8000	80,9	80,7	80,9	81,5	81,1	81,7	0,4	80,9	81,4	81,2	81,3	81,9	81,8	0,4	80,9	80,8	81,2	80,9	81,5	81,4	0,3	80,9	81,3	81,5	81,3	81,7	81,6	0,3			
dB(A)	93,1	93,0	92,8	92,6	93,1	92,7	0,2	92,4	92,8	92,5	92,6	93,0	93,0	0,3	93,0	93,0	92,8	92,9	93,0	93,0	0,1	92,9	92,7	92,7	92,7	92,7	92,8	0,1			
Furadeira FR01 - Ensaio 5								Furadeira FR01 - Ensaio 6								Furadeira FR01 - Ensaio 7															
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio										
125	83,9	87,4	84,0	87,9	84,6	84,4	1,8	85,3	86,7	86,5	84,3	81,9	84,0	1,8	85,3	86,7	86,5	84,3	81,9	84,0	1,8										
250	86,6	86,5	86,7	84,9	86,1	83,9	1,1	87,1	85,6	85,0	85,7	84,3	86,2	1,0	87,1	85,6	85,0	85,7	84,3	86,2	1,0										
500	84,2	84,3	83,1	83,9	84,8	84,8	0,6	85,7	84,3	84,8	83,9	83,7	84,7	0,7	85,7	84,3	84,8	83,9	83,7	84,7	0,7										
1000	86,7	86,7	86,5	87,0	86,8	85,9	0,4	86,2	86,3	86,3	87,0	86,4	86,0	0,3	86,2	86,3	86,3	87,0	86,4	86,0	0,3										
2000	87,1	87,4	87,4	87,6	87,4	87,0	0,2	87,6	87,4	87,4	87,4	87,4	87,5	0,1	87,6	87,4	87,4	87,4	87,4	87,5	0,1										
4000	85,3	85,1	85,0	85,5	85,3	85,4	0,2	84,8	85,3	85,4	85,3	85,4	85,5	0,2	84,8	85,3	85,4	85,3	85,4	85,5	0,2										
8000	81,1	80,9	81,2	81,4	81,7	81,7	0,3	80,7	81,4	81,2	81,5	82,1	81,5	0,5	80,7	81,4	81,2	81,5	82,1	81,5	0,5										
dB(A)	92,7	92,8	92,6	93,0	92,9	92,5	0,2	92,8	92,7	92,8	92,9	92,7	92,8	0,1	92,8	92,7	92,8	92,9	92,7	92,8	0,1										

Furadeira FR02 - Ensaio 1								Furadeira FR02 - Ensaio 2								Furadeira FR02 - Ensaio 3								Furadeira FR02 - Ensaio 4							
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio			
125	83,4	83,0	83,7	88,2	83,5	85,7	2,0	84,3	84,0	83,4	88,1	82,7	84,9	1,9	82,5	86,3	87,9	86,0	84,0	84,4	1,9	86,6	86,6	84,7	88,3	83,9	83,4	1,9			
250	87,3	86,4	86,5	84,0	86,0	85,1	1,2	87,8	86,1	85,1	86,1	86,0	85,2	1,0	87,4	85,9	86,9	86,9	83,3	85,4	1,5	84,8	84,8	84,9	86,7	84,9	85,3	0,7			
500	85,2	84,5	84,4	84,4	85,6	84,9	0,5	84,9	83,8	83,9	84,2	84,8	84,5	0,5	85,1	84,1	84,5	84,4	85,2	84,1	0,5	84,4	84,4	84,9	84,8	84,2	84,7	0,3			
1000	86,5	87,3	86,2	87,7	87,0	87,3	0,6	87,1	86,8	86,7	85,9	86,7	86,8	0,4	86,7	86,8	86,9	87,2	86,4	86,9	0,3	86,1	86,1	86,6	86,9	87,2	86,0	0,5			
2000	87,3	87,7	87,1	87,8	87,9	87,8	0,3	87,5	87,3	87,0	87,4	87,5	87,6	0,2	87,6	86,9	88,0	88,1	87,2	87,9	0,5	87,4	87,4	87,5	87,9	87,8	87,9	0,2			
4000	85,1	85,3	84,8	85,5	85,1	85,5	0,3	85,2	85,0	84,8	85,3	85,3	85,6	0,3	84,9	85,4	85,4	85,1	85,7	84,9	0,3	85,6	85,6	85,4	85,1	85,5	85,5	0,2			
8000	80,7	80,9	81,4	81,5	81,6	81,8	0,4	81,2	80,8	81,1	81,1	81,6	81,7	0,3	81,0	81,1	81,2	81,0	81,6	81,9	0,4	81,4	81,4	81,4	81,1	81,8	81,7	0,3			
dB(A)	92,8	93,1	92,5	93,3	93,2	93,2	0,3	93,0	92,7	92,5	92,6	92,9	93,0	0,2	92,9	92,7	93,2	93,2	92,8	93,0	0,2	92,7	92,7	92,9	93,1	93,1	92,9	0,2			
Furadeira FR02 - Ensaio 5								Furadeira FR02 - Ensaio 6								Furadeira FR02 - Ensaio 7															
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio										
125	84,9	83,3	84,9	85,9	85,9	83,9	1,0	82,1	87,5	85,5	86,6	84,8	84,2	1,9	83,0	85,9	84,3	85,2	84,6	86,2	1,2										
250	85,9	88,2	86,0	86,6	86,1	85,7	0,9	86,0	86,3	86,2	86,6	86,0	85,0	0,5	88,8	85,6	85,5	86,0	85,0	86,5	1,4										
500	83,9	85,6	84,7	84,5	84,9	84,1	0,6	86,3	84,3	84,1	84,4	83,9	84,8	0,9	85,1	83,7	84,4	83,8	83,2	84,4	0,7										
1000	86,3	86,8	86,7	86,7	86,4	87,0	0,3	86,5	86,3	86,4	87,2	86,3	86,0	0,4	86,4	86,6	87,0	86,3	86,7	86,5	0,2										
2000	87,0	86,6	87,4	87,7	87,2	87,7	0,4	86,8	87,4	87,1	88,1	87,6	87,0	0,5	87,4	87,4	87,3	87,6	87,9	87,3	0,2										
4000	85,4	85,0	85,0	85,0	85,3	85,2	0,2	85,4	85,3	85,0	85,2	85,3	85,5	0,2	84,9	85,0	85,0	85,4	85,4	85,3	0,2										
8000	81,3	81,3	81,4	81,2	81,4	82,1	0,3	81,1	81,1	81,5	81,2	81,7	81,4	0,2	80,9	81,0	81,6	81,5	81,7	81,4	0,3										
dB(A)	92,6	92,7	92,8	92,9	92,7	93,0	0,2	92,7	92,7	92,6	93,2	92,8	92,6	0,2	92,8	92,7	92,8	92,8	93,0	92,8	0,1										

**Apêndice K
(continuação)**

Furadeira FR03 - Ensaio 1							Furadeira FR03 - Ensaio 2							Furadeira FR03 - Ensaio 3							Furadeira FR03 - Ensaio 4							
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio
125	84,5	87,6	86,7	85,2	83,1	85,6	1,6	83,8	88,1	86,0	88,6	86,0	88,1	1,8	83,4	86,2	84,9	86,4	84,5	84,7	1,1	85,5	85,5	85,4	83,1	84,9	84,7	0,9
250	86,8	85,7	85,8	86,7	85,8	85,2	0,6	86,5	85,6	86,2	86,7	87,1	85,6	0,6	86,6	86,0	85,0	86,2	85,4	84,7	0,7	85,0	85,5	84,6	85,9	87,7	85,3	1,1
500	84,5	84,8	84,3	84,6	84,7	84,6	0,2	85,1	83,4	84,2	84,7	84,2	83,4	0,7	82,8	83,7	84,3	83,4	84,6	84,6	0,7	84,1	84,4	84,1	83,8	84,2	84,1	0,2
1000	86,5	86,0	86,1	86,8	87,1	86,6	0,4	86,2	86,4	87,0	86,1	86,5	86,4	0,3	86,5	86,9	87,0	86,1	86,5	86,4	0,3	86,8	86,2	87,2	86,6	86,4	86,7	0,3
2000	87,5	87,5	87,9	87,2	86,9	87,4	0,3	87,7	88,0	87,3	87,2	87,8	88,0	0,3	87,1	87,7	87,3	88,0	87,2	87,2	0,4	87,2	87,4	87,1	87,3	87,3	87,3	0,1
4000	85,0	85,1	85,4	85,4	85,8	85,1	0,3	84,7	84,7	85,0	85,2	85,4	84,7	0,3	85,2	85,4	84,9	85,4	85,4	85,1	0,2	85,3	85,8	84,8	85,2	85,0	85,3	0,3
8000	81,0	80,8	81,4	81,3	81,9	81,8	0,4	80,6	80,7	80,9	81,0	81,2	80,7	0,2	80,9	81,5	81,4	81,4	81,5	81,5	0,2	81,8	81,7	81,3	81,4	80,7	81,2	0,4
dB(A)	92,8	92,7	92,9	92,8	92,9	92,8	0,1	92,7	92,8	92,8	92,6	93,0	92,8	0,1	92,5	93,0	92,8	92,9	92,7	92,6	0,2	92,8	92,8	92,7	92,7	92,7	92,7	0,1
Furadeira FR03 - Ensaio 5							Furadeira FR03 - Ensaio 6							Furadeira FR03 - Ensaio 7														
Freq(Hz)	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio	Pto1	Pto2	Pto3	Pto4	Pto5	Pto6	Desvio							
125	86,7	85,8	86,9	84,9	84,3	85,0	1,0	84,9	83,2	85,0	87,7	84,1	84,4	1,5	84,5	86,1	83,4	85,7	84,1	84,9	1,0							
250	85,7	87,1	85,9	86,5	85,1	86,3	0,7	85,8	87,4	85,8	85,8	86,0	86,3	0,6	86,2	86,6	86,0	85,7	85,2	87,1	0,7							
500	83,7	84,7	84,6	84,6	84,3	84,3	0,4	84,1	84,6	83,8	84,2	84,5	84,1	0,3	85,0	84,5	84,6	83,6	84,1	84,7	0,5							
1000	86,2	86,4	86,5	86,8	86,0	86,6	0,3	86,6	86,2	86,6	86,7	86,4	86,2	0,2	86,4	85,9	87,1	87,1	86,5	86,6	0,5							
2000	87,7	87,1	87,1	87,3	87,2	87,4	0,2	87,2	87,9	87,4	87,4	87,0	87,2	0,3	86,9	87,0	87,4	87,8	86,9	87,4	0,4							
4000	85,8	84,8	85,1	85,1	85,4	85,6	0,4	85,2	85,4	85,0	85,6	85,2	84,9	0,3	85,3	85,0	85,0	85,2	85,2	85,3	0,1							
8000	81,4	80,9	81,6	81,4	81,9	82,0	0,4	80,7	81,0	81,1	81,3	82,0	81,7	0,5	80,9	81,3	81,3	81,7	81,8	81,2	0,3							
dB(A)	92,9	92,6	92,7	92,8	92,6	92,9	0,1	92,6	93,0	92,7	92,9	92,6	92,6	0,2	92,6	92,5	92,9	93,0	92,6	92,9	0,2							

Apêndice L
Condições ambientais para os ensaios realizados para a determinação da potência sonora de furadeiras.

ISO 3743/2 (1994)

As medições das condições atmosféricas da câmara reverberante do LEAC da Waytech Eng. e Com. Ltda foram realizadas no início e no final dos ensaios. A determinação do tempo de reverberação para a determinação do Tempo de reverberação nominal (T_{nom}) era considerado o início dos ensaios e a medição do nível de pressão sonora para a última furadeira no último ponto de ensaio era considerado o final dos ensaios. A tabela K1 apresenta os valores medidos.

Tabela K1 – Valores medidos de condições ambientais internas da câmara reverberante da Waytech durante os ensaios de determinação de potência sonora de furadeiras.

Ensaio	1		2		3		4		5		6		7	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	19,0	18,0	19,1	18,5	19,6	19,0	21,0	20,0	20,6	19,6	20,0	21,0	20,0	20,4
Umidade Relativa (%)	59	61	56	58	57	59	57	59	60	62	60	62	59	61
Pressão Atmosférica (kPa)	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,2	94,3

ISO 3741 (1999)

As condições atmosféricas dos ensaios realizados para a determinação de potência sonora da Sala de Ensaios Acústicos (SEA) do Laboratório de conforto da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp foram medidas no início de cada medição de tempo de reverberação determinado para cada ensaio e no final de cada medição de nível de pressão sonora de cada furadeira. A tabela K2 apresenta estes valores.

Tabela K2 – Valores medidos de condições ambientais da Sala de Ensaios Acústicos do Laboratório de conforto da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp durante ensaios de determinação de potência sonora de furadeiras

Ensaio	1		2		3		4		5		6		7	
	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Furadeira FR01														
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	24,5	24,0	23,9	24,1	23,8	23,8	23,9	24,0	24,2	24,6	24,8	25,3	24,5	23,8
Umidade Relativa (%)	67,8	65,2	57,7	61,4	61,8	62,3	67,4	63,4	65,0	66,5	67,1	68,6	65,9	64,2
Pressão Atmosférica (kPa)	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9
Furadeira FR02														
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	23,9	24,0	23,9	24,5	25,0	24,8	24,1	23,9	24,3	24,8	25,2	25,0	24,2	24,7
Umidade Relativa (%)	61,2	60,5	61,3	65,4	68,7	67,8	63,4	63,2	65,2	67,1	66,2	64,5	65,1	63,2
Pressão Atmosférica (kPa)	93,2	93,2	93,2	93,2	93,2	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9
Furadeira FR03														
Temperatura ($^{\circ}\text{C}$)	24,5	24,1	24,2	24,6	25,3	25,0	24,5	24,3	23,9	24,2	24,6	24,0	25,0	25,2
Umidade Relativa (%)	62,1	65,4	53,6	50,9	55,3	60,2	64,3	67,4	67,5	68,1	66,4	68,3	65,4	67,1
Pressão Atmosférica (kPa)	92,9	92,9	93,1	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9	92,9

Apêndice L (continuação)

ISO 3743/1 (1994)

As medições das condições ambientais da Sala de Ensaios Acústicos foram realizadas no início e no final dos ensaios. O início de cada ensaio foi considerado como a medição de nível de pressão sonora de ruído de fundo do primeiro ponto de medição. O final de cada ensaio foi considerado a medição do nível de pressão sonora da fonte sonora de referência. A tabela K3 apresenta os resultados das medições realizadas.

Tabela K3 – Valores medidos de condições ambientais da Sala de Ensaios Acústicos do Laboratório de conforto da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp durante ensaios de determinação de potência sonora de furadeiras.

Ensaio	1		2		3		4		5		6		7	
Furadeira FR01	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Temperatura (°C)	23,0	23,0	23,4	23,8	23,3	24,4	24,0	24,0	24,2	24,5	24,2	24,5	24,5	24,6
Umidade Relativa (%)	56,2	57,8	59,0	61,9	60,2	62,0	65,4	66,0	66,0	66,9	68,3	67,6	66,5	66,3
Pressão Atmosférica (kPa)	91,9	91,9	91,6	91,6	91,6	91,6	91,6	91,6	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5
Furadeira FR02	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Temperatura (°C)	23,0	23,9	23,6	23,4	24,4	24,0	24,0	24,2	24,2	24,9	24,4	24,5	24,6	24,5
Umidade Relativa (%)	57,6	62,0	57,7	59,8	62,0	62,0	62,3	69,4	66,9	64,2	67,6	68,3	66,3	64,6
Pressão Atmosférica (kPa)	91,9	91,9	91,6	91,6	91,6	91,6	91,6	91,6	91,6	91,5	91,5	91,5	91,5	91,5
Furadeira FR03	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Temperatura (°C)	23,4	23,6	23,5	23,6	23,6	24,2	24,3	24,9	24,6	24,2	24,4	24,5	24,5	24,3
Umidade Relativa (%)	62,0	60,0	53,3	57,7	62,0	64,1	64,2	62,0	64,2	66,2	66,2	67,6	64,6	62,9
Pressão Atmosférica (kPa)	91,9	91,9	91,6	91,6	91,6	91,6	91,6	91,6	91,6	91,6	91,5	91,5	91,5	91,5

Apêndice M

Resultados dos ensaios de tempo de reverberação para a determinação de níveis de potência sonora segundo a ISO 3741 (1999)

FR01 - Ensaio 1														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	11,22	12,23	12,52	12,08	12,39	12,98	13,01	11,81	14,30	13,80	11,72	14,56	12,71	1,00
250	8,22	8,46	7,51	8,08	8,55	8,13	8,27	8,27	9,95	9,58	9,89	8,50	8,61	0,73
500	6,06	6,15	5,79	6,45	5,40	5,62	6,10	6,15	6,95	5,94	6,49	5,78	6,07	0,40
1000	3,47	3,54	3,42	3,56	3,48	3,46	3,49	3,49	3,52	3,50	3,45	3,55	3,49	0,04
2000	3,05	3,03	2,98	3,10	3,23	3,06	3,11	3,04	3,17	3,10	3,01	3,24	3,09	0,07
4000	2,55	2,48	2,64	2,59	2,56	2,62	2,47	2,63	2,55	2,58	2,56	2,45	2,55	0,06
8000	1,68	1,61	1,73	1,65	1,66	1,66	1,70	1,63	1,60	1,63	1,67	1,65	1,65	0,03

FR02 - Ensaio 1														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	9,24	11,17	11,96	11,57	11,25	11,58	10,29	11,93	11,22	10,76	12,80	11,2	11,24	0,85
250	8,47	9,56	9,23	12,03	11,81	8,80	8,99	10,03	8,48	7,32	8,05	8,7	9,28	1,35
500	6,19	5,88	5,98	6,02	6,27	5,82	5,75	5,81	6,09	5,91	6,10	5,78	5,96	0,16
1000	3,79	3,76	3,79	3,73	3,76	3,65	3,67	3,81	3,85	3,97	3,69	3,88	3,77	0,08
2000	3,49	3,38	3,28	3,45	3,43	3,38	3,30	3,54	3,46	3,25	3,37	3,31	3,38	0,08
4000	2,74	2,72	2,67	2,67	2,65	2,68	2,66	2,69	2,57	2,71	2,80	2,73	2,69	0,05
8000	1,67	1,67	1,67	1,65	1,66	1,65	1,69	1,67	1,70	1,65	1,65	1,75	1,67	0,02

FR03 - Ensaio 1														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	11,93	11,34	14,35	12,53	11,37	14,89	11,16	11,80	14,07	12,36	11,94	13,32	12,58	1,21
250	8,07	8,52	9,95	8,67	9,91	8,45	8,19	8,43	8,53	8,42	8,58	8,61	8,69	0,57
500	6,12	5,98	6,52	5,93	6,34	5,71	5,93	5,89	5,73	6,03	5,66	5,77	5,96	0,24
1000	3,47	3,42	3,35	3,43	3,45	3,53	3,49	3,52	3,46	3,49	3,47	3,46	3,46	0,04
2000	3,14	3,11	2,90	2,99	3,00	3,21	2,99	3,20	3,08	3,15	3,11	3,1	3,08	0,08
4000	2,55	2,59	2,61	2,57	2,49	2,53	2,59	2,51	2,64	2,57	2,58	2,55	2,56	0,04
8000	1,65	1,63	1,58	1,70	1,65	1,64	1,65	1,63	1,67	1,64	1,64	1,7	1,64	0,03

FR01 - Ensaio 2														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	8,17	11,84	10,95	10,57	11,82	10,38	9,08	10,81	11,53	10,04	11,62	11,17	10,66	1,07
250	8,43	9,08	8,96	10,42	10,67	10,55	8,50	8,43	10,03	10,00	9,78	9,26	9,50	0,80
500	5,36	5,60	5,73	5,98	5,75	6,15	5,88	5,75	5,61	5,92	5,71	6,01	5,78	0,20
1000	3,56	3,53	3,52	3,59	3,43	3,62	3,59	3,51	3,54	3,59	3,60	3,53	3,55	0,05
2000	3,03	3,20	3,18	3,17	3,29	3,25	3,08	3,12	3,22	3,25	3,12	3,10	3,16	0,07
4000	2,64	2,63	2,54	2,58	2,72	2,58	2,53	2,59	2,63	2,54	2,65	2,57	2,60	0,05
8000	1,62	1,60	1,61	1,58	1,65	1,62	1,59	1,62	1,61	1,62	1,58	1,58	1,60	0,02

**Apêndice M
(continuação)**

FR02 - Ensaio 2														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	9,86	11,23	11,12	11,22	11,63	11,57	9,27	11,30	11,42	10,97	12,17	10,70	11,03	0,75
250	7,27	7,67	9,63	10,35	10,43	8,10	8,68	8,57	7,86	7,73	7,80	9,03	8,59	1,02
500	5,33	5,43	6,19	5,66	5,92	5,67	5,37	5,75	5,52	5,59	5,50	5,59	5,62	0,23
1000	3,46	3,43	3,47	3,55	3,46	3,56	3,49	3,50	3,38	3,46	3,44	3,44	3,47	0,04
2000	3,20	3,03	3,21	3,28	3,18	3,03	3,13	3,31	3,27	3,17	3,25	3,23	3,19	0,08
4000	2,61	2,46	2,59	2,51	2,71	2,62	2,53	2,62	2,57	2,55	2,64	2,65	2,58	0,06
8000	1,59	1,59	1,59	1,62	1,59	1,58	1,62	1,63	1,63	1,62	1,66	1,63	1,61	0,02

FR03 - Ensaio 2														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	9,17	11,67	12,62	11,72	12,62	11,63	10,12	11,01	11,12	11,16	12,12	12,06	11,41	0,95
250	8,54	7,91	7,90	7,86	7,70	8,79	8,04	8,41	10,01	12,05	12,04	7,82	8,92	1,52
500	5,34	5,20	5,41	5,69	5,40	5,61	5,59	5,36	5,72	5,59	5,91	5,54	5,53	0,18
1000	3,42	3,38	3,45	3,56	3,44	3,49	3,65	3,49	3,61	3,52	3,51	3,59	3,50	0,07
2000	3,16	3,09	3,23	3,30	3,36	3,21	3,19	3,20	3,32	3,28	3,16	3,17	3,22	0,07
4000	2,63	2,52	2,64	2,64	2,54	2,65	2,64	2,60	2,68	2,66	2,59	2,58	2,61	0,04
8000	1,60	1,64	1,63	1,63	1,64	1,60	1,61	1,63	1,60	1,62	1,59	1,56	1,61	0,02

FR01 - Ensaio 3														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	10,38	10,71	11,43	11,67	10,60	11,68	9,86	10,76	10,78	11,15	10,82	11,45	10,94	0,52
250	8,04	8,19	9,11	9,58	9,58	8,40	7,97	8,50	7,56	8,99	9,50	9,14	8,71	0,66
500	6,20	5,75	6,22	5,99	6,05	5,80	6,09	5,52	5,78	5,66	5,62	5,86	5,87	0,22
1000	3,60	3,51	3,40	3,61	3,35	3,53	3,60	3,46	3,49	3,46	3,64	3,55	3,51	0,08
2000	3,46	3,14	3,18	3,13	3,17	3,25	3,31	3,22	3,27	3,06	3,36	3,20	3,22	0,10
4000	2,58	2,49	2,67	2,64	2,68	2,59	2,73	2,72	2,74	2,68	2,61	2,65	2,64	0,06
8000	1,61	1,65	1,69	1,66	1,70	1,63	1,64	1,62	1,60	1,64	1,59	1,74	1,64	0,04

FR02 - Ensaio 3														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	10,05	10,93	11,41	11,10	11,24	11,39	11,25	10,98	10,87	10,92	11,98	11,93	11,17	0,48
250	8,02	8,41	7,92	8,37	9,40	8,57	8,79	9,18	9,56	9,19	8,46	8,37	8,68	0,51
500	5,83	5,53	6,08	6,32	5,24	6,18	5,82	5,80	6,07	5,78	5,86	5,90	5,86	0,27
1000	3,37	3,40	3,36	3,39	3,39	3,35	3,44	3,31	3,48	3,30	3,42	3,42	3,38	0,05
2000	3,10	3,20	2,93	3,21	3,07	3,10	3,15	3,13	3,05	3,12	3,09	3,05	3,10	0,07
4000	2,55	2,55	2,47	2,53	2,56	2,61	2,63	2,56	2,66	2,61	2,59	2,69	2,58	0,05
8000	1,59	1,64	1,69	1,60	1,62	1,57	1,59	1,60	1,65	1,63	1,70	1,58	1,62	0,04

**Apêndice M
(continuação)**

FR03 - Ensaio 3														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	10,95	10,86	10,88	10,53	10,46	9,76	9,90	10,69	11,43	11,46	11,33	10,88	10,76	0,51
250	8,46	9,28	9,55	7,93	8,18	7,69	8,50	8,96	7,79	8,85	9,10	8,86	8,59	0,57
500	5,97	5,76	5,89	6,22	5,78	5,76	5,34	5,66	5,83	6,12	5,09	6,20	5,80	0,31
1000	3,41	3,45	3,42	3,44	3,41	3,40	3,41	3,43	3,42	3,39	3,40	3,45	3,41	0,02
2000	3,01	3,10	3,00	3,00	3,16	3,07	3,07	3,05	3,13	3,06	3,18	3,15	3,08	0,06
4000	2,67	2,58	2,49	2,44	2,53	2,59	2,52	2,59	2,50	2,55	2,58	2,59	2,55	0,05
8000	1,54	1,63	1,63	1,68	1,64	1,62	1,62	1,70	1,59	1,60	1,60	1,56	1,61	0,04

FR01 - Ensaio 4														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	8,80	9,80	10,48	10,29	10,24	10,44	9,48	10,52	10,03	10,45	11,81	10,8	10,26	0,70
250	7,88	8,29	8,19	11,19	10,82	9,73	8,30	8,76	7,85	9,01	9,01	8,53	8,96	1,04
500	5,77	5,41	5,91	5,94	5,68	5,50	5,77	6,05	5,89	6,22	5,89	6,04	5,83	0,22
1000	3,62	3,51	3,58	3,74	3,66	3,67	3,54	3,62	3,68	3,69	3,53	3,64	3,62	0,06
2000	3,28	3,29	3,22	3,29	3,16	3,20	3,30	3,25	3,27	3,36	3,22	3,31	3,26	0,05
4000	2,64	2,65	2,63	2,67	2,79	2,74	2,69	2,62	2,62	2,69	2,72	2,73	2,68	0,05
8000	1,72	1,74	1,74	1,73	1,72	1,73	1,77	1,73	1,72	1,72	1,72	1,72	1,73	0,01

FR02 - Ensaio 4														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	9,46	10,43	9,86	9,50	10,70	10,46	8,48	9,49	9,52	10,10	9,62	10,17	9,81	0,57
250	7,94	8,29	7,69	8,14	7,73	8,17	7,90	8,67	9,86	10,41	10,76	8,73	8,69	1,01
500	5,83	5,33	5,90	5,78	6,06	6,05	5,89	5,60	6,17	6,04	5,94	5,67	5,85	0,22
1000	3,51	3,42	3,54	3,46	3,62	3,64	3,54	3,49	3,52	3,44	3,62	3,54	3,52	0,06
2000	3,08	3,17	3,21	3,09	3,17	3,30	3,34	3,19	3,20	3,14	3,28	3,22	3,19	0,07
4000	2,59	2,62	2,69	2,52	2,64	2,61	2,69	2,57	2,70	2,59	2,66	2,6	2,62	0,05
8000	1,69	1,72	1,72	1,64	1,74	1,73	1,69	1,72	1,75	1,73	1,74	1,79	1,72	0,03

FR03 - Ensaio 4														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	9,88	10,12	10,33	10,58	10,41	10,31	9,87	10,95	10,52	10,37	12,05	10,43	10,48	0,55
250	8,55	9,22	9,71	9,83	9,88	9,03	8,40	8,21	7,47	8,26	8,33	8,19	8,75	0,73
500	5,92	5,57	6,21	5,93	6,12	5,77	5,83	5,99	5,84	5,80	5,93	5,74	5,88	0,16
1000	3,55	3,65	3,46	3,54	3,51	3,52	3,46	3,46	3,54	3,70	3,44	3,62	3,53	0,07
2000	3,17	3,10	3,12	3,19	3,25	3,06	3,30	3,20	3,17	3,14	3,18	3,28	3,18	0,06
4000	2,58	2,62	2,69	2,73	2,63	2,63	2,70	2,63	2,66	2,59	2,61	2,68	2,64	0,04
8000	1,74	1,75	1,73	1,77	1,69	1,69	1,71	1,73	1,78	1,66	1,74	1,7	1,72	0,03

**Apêndice M
(continuação)**

FR01 - Ensaio 5														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	9,98	11,21	10,38	10,32	11,74	10,35	9,21	9,54	10,07	10,41	10,07	10,59	10,32	0,64
250	8,51	8,21	7,64	8,53	8,53	8,34	8,64	8,90	9,30	10,05	10,14	9,30	8,84	0,70
500	5,93	5,89	5,50	5,93	5,97	5,73	5,72	5,37	6,05	5,99	6,14	5,65	5,82	0,22
1000	3,56	3,52	3,51	3,66	3,45	3,55	3,54	3,55	3,49	3,56	3,52	3,51	3,53	0,04
2000	3,08	3,21	3,14	3,16	3,12	3,28	3,24	3,23	3,22	3,13	3,16	3,17	3,17	0,05
4000	2,61	2,57	2,54	2,66	2,61	2,62	2,73	2,56	2,64	2,68	2,64	2,56	2,61	0,05
8000	1,74	1,72	1,75	1,71	1,68	1,67	1,72	1,72	1,75	1,73	1,69	1,70	1,71	0,02

FR02 - Ensaio 5														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	9,80	10,42	10,84	11,08	10,60	11,43	10,26	12,59	10,96	10,95	12,32	11,12	11,03	0,80
250	8,44	9,26	9,56	9,93	9,63	8,74	9,01	8,25	7,87	9,19	9,48	8,91	9,02	0,61
500	6,01	5,70	5,68	6,44	6,15	5,57	5,74	5,89	5,79	5,77	5,93	5,99	5,89	0,24
1000	3,44	3,55	3,53	3,53	3,62	3,40	3,43	3,47	3,47	3,52	3,45	3,53	3,50	0,06
2000	3,02	3,19	3,08	3,21	3,26	3,11	3,06	3,24	3,11	3,10	3,09	3,19	3,14	0,08
4000	2,61	2,55	2,60	2,56	2,63	2,62	2,67	2,57	2,52	2,55	2,55	2,68	2,59	0,05
8000	1,66	1,67	1,71	1,74	1,68	1,73	1,68	1,71	1,67	1,69	1,75	1,70	1,70	0,03

FR03 - Ensaio 5														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	10,03	12,33	11,44	10,85	12,51	11,39	10,13	10,55	10,91	11,24	10,83	11,59	11,15	0,73
250	8,67	8,28	8,23	9,21	9,09	8,61	8,67	9,28	9,49	9,86	9,65	9,55	9,04	0,52
500	5,44	5,79	5,58	5,78	5,97	6,05	5,87	5,62	5,70	6,38	6,18	5,85	5,85	0,25
1000	3,47	3,36	3,54	3,52	3,48	3,56	3,53	3,51	3,47	3,46	3,60	3,42	3,49	0,06
2000	3,07	3,07	3,03	3,07	3,11	3,16	3,16	3,17	3,05	3,01	3,30	3,08	3,10	0,07
4000	2,64	2,50	2,57	2,68	2,59	2,66	2,58	2,64	2,56	2,67	2,55	2,67	2,60	0,05
8000	1,75	1,67	1,70	1,69	1,67	1,67	1,68	1,67	1,68	1,71	1,71	1,72	1,69	0,02

FR01 - Ensaio 6														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	9,86	9,44	10,49	11,55	10,42	11,19	10,49	11,82	10,69	11,23	12,45	10,68	10,85	0,80
250	8,32	8,43	9,06	8,88	9,08	8,84	8,24	7,68	7,98	8,29	8,37	8,60	8,48	0,41
500	6,41	5,91	5,95	6,88	6,54	5,74	5,75	5,34	6,04	5,87	5,87	5,76	6,00	0,39
1000	3,45	3,49	3,51	3,52	3,51	3,55	3,58	3,53	3,50	3,57	3,56	3,58	3,52	0,03
2000	3,13	3,08	3,19	3,23	3,05	3,18	3,20	3,17	3,26	3,18	3,08	3,16	3,15	0,06
4000	2,69	2,59	2,67	2,62	2,77	2,77	2,58	2,67	2,60	2,70	2,59	2,63	2,65	0,06
8000	1,74	1,66	1,77	1,72	1,67	1,75	1,71	1,74	1,72	1,71	1,74	1,78	1,72	0,03

**Apêndice M
(continuação)**

FR02 - Ensaio 6														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	10,59	10,88	10,38	10,41	11,85	10,80	9,57	10,10	10,16	10,71	10,48	10,28	10,51	0,52
250	7,98	7,78	8,23	8,23	8,56	8,67	7,76	8,30	8,60	8,80	8,89	8,62	8,36	0,36
500	5,60	5,72	6,17	5,89	5,94	5,47	6,75	6,18	6,32	6,69	5,98	5,75	6,03	0,38
1000	3,44	3,54	3,48	3,49	3,56	3,48	3,44	3,50	3,57	3,64	3,48	3,53	3,51	0,05
2000	3,13	3,18	3,22	3,17	3,15	3,20	3,18	3,18	3,22	3,20	3,14	3,13	3,17	0,03
4000	2,59	2,62	2,59	2,55	2,73	2,54	2,58	2,67	2,70	2,60	2,68	2,64	2,62	0,05
8000	1,72	1,73	1,74	1,78	1,72	1,80	1,73	1,75	1,69	1,68	1,71	1,69	1,72	0,03

FR03 - Ensaio 6														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	10,56	10,26	10,53	10,46	10,55	10,48	10,17	11,41	10,40	10,72	11,90	10,91	10,69	0,47
250	7,94	8,61	8,45	9,64	8,91	8,27	7,87	7,87	7,98	8,32	8,10	8,68	8,38	0,49
500	6,29	5,76	6,36	6,85	6,38	5,71	5,66	5,54	6,07	5,92	5,94	5,58	6,00	0,38
1000	3,49	3,44	3,54	3,71	3,56	3,62	3,55	3,62	3,45	3,49	3,60	3,51	3,54	0,07
2000	3,19	3,14	3,16	3,34	3,20	3,26	3,15	3,11	3,21	3,17	3,12	3,18	3,18	0,06
4000	2,58	2,57	2,66	2,62	2,73	2,63	2,60	2,54	2,61	2,58	2,60	2,59	2,60	0,04
8000	1,70	1,75	1,69	1,67	1,71	1,73	1,76	1,73	1,76	1,70	1,68	1,72	1,71	0,02

FR01 - Ensaio 7														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	10,25	11,90	10,95	11,05	12,53	11,46	10,38	9,90	10,49	11,00	9,90	11,40	10,93	0,76
250	9,00	7,68	8,13	7,96	7,94	8,49	7,93	7,87	9,09	9,31	9,16	11,00	8,63	0,90
500	5,56	5,65	5,78	5,58	5,54	5,44	5,83	6,13	6,29	6,37	6,15	6,15	5,87	0,31
1000	3,65	3,58	3,46	3,53	3,60	3,57	3,72	3,58	3,75	3,72	3,73	3,56	3,62	0,08
2000	3,12	3,16	3,20	3,15	3,32	3,15	3,28	3,22	3,23	3,41	3,40	3,07	3,22	0,10
4000	2,68	2,63	2,67	2,66	2,69	2,69	2,64	2,65	2,63	2,66	2,69	2,67	2,66	0,02
8000	1,78	1,72	1,77	1,72	1,76	1,74	1,76	1,76	1,77	1,79	1,70	1,69	1,74	0,03

FR02 - Ensaio														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	10,02	10,27	10,49	10,49	10,29	10,74	11,14	11,65	11,46	11,32	12,26	11,95	11,00	0,69
250	7,92	8,30	8,74	9,55	8,61	8,59	8,00	7,31	8,00	7,86	8,06	7,71	8,22	0,56
500	5,75	5,93	5,71	5,86	5,49	5,62	5,52	5,88	6,16	6,52	6,02	5,71	5,84	0,27
1000	3,49	3,51	3,57	3,66	3,54	3,54	3,50	3,44	3,46	3,51	3,55	3,60	3,53	0,05
2000	3,12	3,13	3,18	3,11	3,03	3,18	3,30	3,09	3,19	3,14	3,13	3,14	3,14	0,06
4000	2,58	2,60	2,62	2,68	2,62	2,68	2,62	2,64	2,64	2,59	2,56	2,58	2,61	0,03
8000	1,66	1,72	1,73	1,70	1,70	1,67	1,80	1,75	1,74	1,73	1,71	1,68	1,71	0,03

**Apêndice M
(continuação)**

FR03 - Ensaio 7														
Freq (Hz)	F1M1	F1M2	F1M3	F1M4	F1M5	F1M6	F2M1	F2M2	F2M3	F2M4	F2M5	F2M6	Média	Desvio
125	10,72	11,59	11,29	11,31	12,25	11,43	9,42	9,93	10,11	10,17	9,99	11,3	10,79	0,82
250	7,37	7,65	7,77	8,10	7,91	8,69	8,03	8,04	8,50	9,40	9,58	8,45	8,29	0,64
500	5,55	5,36	5,66	6,38	5,73	5,68	5,79	5,67	5,82	5,91	5,46	5,52	5,71	0,25
1000	3,54	3,60	3,51	3,53	3,49	3,53	3,53	3,53	3,42	3,63	3,59	3,48	3,53	0,05
2000	3,12	3,15	3,20	3,05	3,21	3,14	3,06	3,22	3,10	3,16	3,12	2,96	3,12	0,07
4000	2,69	2,55	2,56	2,60	2,61	2,55	2,48	2,63	2,60	2,73	2,56	2,59	2,59	0,06
8000	1,74	1,71	1,82	1,73	1,67	1,71	1,71	1,66	1,65	1,69	1,72	1,74	1,71	0,04

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGERKVIST, F. T.; JACOBSEN, F. *Sound Power Determination in Reverberation Rooms at low Frequencies*. Journal of Sound and Vibration. Vol. 166. n.1, p. 179-190, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13910: Diretrizes de ensaios para a determinação de ruído acústico de aparelhos eletrodomésticos e similares. Parte 1: requisitos gerais*. Rio de Janeiro, Jul. 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 13910: Diretrizes de ensaios para a determinação de ruído acústico de aparelhos eletrodomésticos e similares. Parte 3: Procedimentos para a determinação e verificação de valores declarados de emissão sonora*. Rio de Janeiro, Jul. 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 7566: Maquinas elétricas girantes – nível de ruído transmitido através do ar – método de medição num campo livre sobre plano*. Rio de Janeiro, Nov. 1982.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. *NBR 6514: Aparelhos elétricos e eletroprofissionais -Terminologia*. Rio de Janeiro, Nov. 1982.

BERANEK, L. L.; VÉR, I. L. *Noise and vibration control engineering principles and Applications* New York Ed: John Wiley & Sons Inc, 1992. 804 p. ISBN: 0-471-61751-2

BODLUND, K. *A study of difusion in reverberation chambers provided with special devices*. Journal of Sound and Vibration. Vol. 50, n.2, p. 253-283, 1977.

BRÜEL & KJAER. *Aplication of B&K equipment to acoustic noise measurements*, Denmark ed: Brüel&Kjaer, 1978. 3rd ed. ISBN: 87 87355 16 7

BRÜEL & KJAER. *Reference Sound Source Type 4204*. Instruction Manual. Rev. Jun 1990

BRÜEL & KJAER. *Sound intensity booklet*. Denmark ed: Brüel&Kjaer, July 1986, Booklet n. BR 0476-11.

EBBING C. E.; MALING G. C. *Reverberation-room qualification for determination of sound power of sources of discrete-frequency sound*. The Journal of Acoustical Society of America. Vol. 54. n.4, p. 935-949, 1973.

FUCHS, H.V.; ZHA, X.; POMMERER, M. *Qualifying freefield and reverberation rooms for frequencies below 100 Hz*. Applied acoustics. Vol. 59, p. 303-322, 2000.

GERGES, S.N.Y. *Ruído fundamentos e controle*. Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.

INSTITUTO DA NORMALIZAÇÃO NA SEGURANÇA, SAÚDE. QUALIDADE, PRODUTIVIDADE, AVALIAÇÕES E JUÍZO ARBITRAL. *Informe INOR*. Ano II – Mai/Ago. 2000. 8p. p.6.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 354 - Acoustics – Measurement of sound absorption in a reverberation room*. Switzerland, 1985.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 3741- Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Precision method for reverberation rooms*. Switzerland, 1999.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 3743- Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method for small, movable sources in reverberant fields – Part 1: Comparison method for hard-walled test rooms*. Switzerland, Nov. 1994.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 3743- Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method for small, movable sources in reverberant fields – Part 2: Methods for special reverberation test rooms.* Switzerland, Nov. 1994.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 3744 -Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure – Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane.* Switzerland, 1994.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 3745 -Acoustics – Determination of sound power levels of noise sources – Precision methods for anechoic and semi-anechoic rooms.* Switzerland, 1977.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. *ISO 5725 –Precision of test methods – Determination of repeatability and reproducibility for a standard test method by inter-laboratory tests.* Switzerland, 1986.

KRISTENSEN, S.D. *A special reverberation test room for sound power determination.* The Acoustics Laboratory, Technical university of Denmark. Report n.14, 1976. ISSN: 0105-3027.

LUBMAN, D.; WATERHOUSE, R.V.; CHIEN C. *Effectiveness of continuous spatial averaging in a diffuse sound field.* The Journal of the Acoustical Society of America. Vol. 53, n.2, p. 650-659, 1973.

LUBMAN, D. *Fluctuations of sound with position in a reverberant room.* The Journal of the Acoustical Society of America. Vol 44, n.6, p. 1491-1968, 1968.

LUBMAN, D. *Spatial averaging in sound power measurements.* Journal of Sound and Vibration. Vol. 16, p. 43-58, 1971.

MAA, D. *Sound power emission in reverberation chambers*. The Journal of the Acoustical Society of America. Vol. 83, n.4, pp. 1414-1419, Apr.1988

MALING, G.C. *Calculation of the Acoustic Power Radiated by a Monopole in a Reverberation Chamber*. The Journal of Acoustical Society of America. Vol. 42, n.4, p. 859-861, 1967.

MORROW C.T. *Point-to-point correlation of sound pressures in Reverberation Chambers*. Journal of Sound and Vibration. Vol. 16, n.1, p.29-42, 1971.

PROGRAMA Silêncio – Selo Ruído. *Revista Meio Ambiente Industrial*. nº 21, nov/dez.1999. p.14. Disponível em:<<http://www.unilivre.org.br/centro/experiencias.htm>>. Acesso em: 13 jan. 2002.

SCHROEDER M. R. *Frequency-Correlation Functions of Frequency Responses in Rooms*. The Journal of the Acoustical Society of America. Vol. 34, n.12, p. 1819-1825, 1962.

SCHULTZ, T.J. *Diffusion in reverberation rooms*. Journal of Sound and Vibration. Vol.16, p. 17-28,1971.(a)

SCHULTZ, T.J. *Sound power measurements in a reverberation room*. Journal of Sound and Vibration. Vol.16, p. 119-129, 1971.(b)

TICHY, J; BAADE, P. K. *Effect of rotating diffusers and sampling techniques on sound-pressure averaging in reverberation rooms*. The Journal of Acoustic Society of America. Vol. 56, n.1, p.137-143, 1974.

TOHYAMA M.; IMAI A.; TACHIBANA H. *The Relative Variance in Sound Power Measurements Using Reverberation Rooms*. Journal of Sound and Vibration. Vol. 128, n.1, p. 57-69, 1989.

TOHYAMA M.; SUZUKI A. *Space variations in the mean-square pressure at the boundaries of a rectangular reverberation room.* The Journal of Acoustic Society of America. Vol. 80, n.3, p. 828-832, 1986.

VORLÄNDER M. *Revised Relation between the Sound Power and the Average Sound Pressure Level in Rooms and Consequences for Acoustic Measurements.* Acustica. Vol 81, p. 332-343, 1995.

WATERHOUSE, R.V. *Interference Patterns in reverberant sound fields.*The Journal of the Acoustical Society of America. Vol. 27, n.2, p. 247–258, 1955.

WATERHOUSE, R. V. *Noise measurement in reverberant rooms.*The Journal of the Acoustical Society of America.Vol. 54, n.4, p. 931–934, 1973.

WATERHOUSE, R.V. *Statistical properties of reverberant sound fields.*The Journal of the Acoustical Society of America.Vol. 43, p. 1436-1444, 1968.