



MANUAL PROACÚSTICA E CETESB

NORMA ABNT NBR 10151:2019

VERSÃO 01



Associação
Brasileira para a
Qualidade Acústica



**SÃO
PAULO**
GOVERNO
DO ESTADO

Secretaria de
**Meio Ambiente,
Infraestrutura e
Logística**

Patrocinadoras



acoem.com/brasil



ecophon.com/br



grmacustica.com.br



harmonia.global



hbkworld.com



knauf.com.br



sonex.com.br



trisoft.com.br

Realização



Associação
Brasileira para a
Qualidade Acústica



**SÃO
PAULO**

**GOVERNO
DO ESTADO**

Secretaria de
**Meio Ambiente,
Infraestrutura e
Logística**

proacustica.org.br

cetesb.sp.gov.br

PREFÁCIO

O **Manual ProAcústica e CETESB referente à Norma ABNT NBR 10151:2019** significa a conquista de um importante conteúdo de orientação técnica e um avanço para a atividade de avaliações e perícias específicas de engenharia aos quais se situam os profissionais representados pelo Instituto Brasileiro de Avaliações e Perícias de Engenharia - **IBAPE**.

Nas páginas seguintes, os leitores terão acesso a um texto recheado de informação, concebido com linguagem simples, objetiva e produzido por instituições de grande credibilidade, no caso a Associação Brasileira para a Qualidade Acústica - **ProAcústica** e a **CETESB** Companhia Ambiental do Estado de São Paulo.

Um manual de extrema relevância, uma vez que a norma **ABNT NBR 10151:2019** é fundamental para auxiliar o poder público e a iniciativa privada em processos de gestão e fiscalização da poluição sonora; na elaboração de estudos de projetos acústicos, instalações ou eventos; no planejamento urbano; e na determinação da classe de ruído em situações específicas.

Os peritos de engenharia bem conhecem o esforço necessário para a elaboração de normas técnicas fundamentadas, o investimento dispendido na sua operacionalização e a importância de fontes essenciais à condução e consecução de um trabalho técnico bem embasado.

Portanto, as informações e orientações contidas nesse manual possuem a nobre missão de aprimorar a cultura técnica e educar o mercado. Algo que somente podemos parabenizar a **ProAcústica**, a

CETESB e ao público leitor, que muito terão a aprender com o que está sendo apresentado. O **IBAPE** está honrado com o convite de prefaciar esta publicação, obra fundamental para quem necessita se debruçar sobre o sempre sensível e atual tema do conforto acústico.

AMARILIO MATTOS

Engenheiro químico com pós-graduação em avaliações e perícias de engenharia e, administrador com MBA. Trabalhos em avaliação de empreendimentos, engenharia industrial, química, processo de produção, engenharia de alimentos, ambiental, combustíveis, polímeros, manutenção e montagem, portuária, máquinas e equipamentos industriais. Presidente do Ibape Bahia de 2016 a 2019 e atual presidente do Ibape Nacional, gestão 2022-2023. Participante de congressos de avaliação e perícia com trabalhos premiados (Cobreap). Coordenador e autor do livro “Cuidados com as edificações” publicado em 2021.

EDUARDO ROTTMANN

Engenheiro civil, Mestre em Engenharia pela Escola Politécnica da USP e pós-graduado em Administração de Empresas pela Fundação Getúlio Vargas. Sócio da Contacto Consultores Associados, é consultor em desenvolvimento imobiliário e habitação junto a entidades como a Prefeitura de São Paulo, o Metrô de São Paulo, o Banco Interamericano de Desenvolvimento, o Banco Mundial e a Corporação Andina de Fomento. Atua como perito judicial, avaliador e professor de cursos de pós-graduação em diversas instituições acadêmicas nas áreas de Engenharia de Avaliações e de Real Estate. Co-autor dos livros “Perícias de Engenharia” (Ed. Pini, 2008), “Perícias em Arbitragens” (Ed. Leud, 2012) e “Engenharia de Avaliações” (Ed. Pini, 2014). É atual vice-presidente administrativo financeiro do Ibape Nacional e secretário de relações interinstitucionais da UPAV Unión Panamericana de Asociaciones de Valuación.

SUMÁRIO

1. Apresentação	5
2. Introdução	7
3. Instrumentos de medição	10
3.1. Normas técnicas	12
3.2. Sonômetro	14
3.3. Microfone	15
3.4. Calibrador de nível sonoro	16
3.5. Calibração dos instrumentos	16
3.6. Calibração, verificação e ajuste: entenda as diferenças	18
4. Procedimentos de medição	20
5. Conceitos gerais de medição e avaliação	24
5.1. Som total, som residual e som específico	25
5.2. Sons intrusivos	26
5.3. Método de medição: simplificado ou detalhado?	27
5.4. Descritores e princípios de medição	28
5.5. O que medir e quando medir?	32
5.6. Preparação do equipamento de medição	40
5.7. Critérios de avaliação	42
6. Medição e avaliação em ambiente externo	44
6.1. Medição a nível do solo	47
6.2. Medição na fachada da edificação	50
6.3. Métodos de avaliação	52
6.4. Avaliação pelo método simplificado	52
6.5. Avaliação pelo método detalhado	56
6.5.1. Obtenção de K_i (penalização por som impulsivo)	58
6.5.2. Obtenção de K_T (penalização por som tonal)	61
6.5.3. Determinação do nível L_R	64

7. Medição e avaliação em ambiente interno	67
7.1. Planejamento da medição: aspectos gerais	69
7.2. Transmissão sonora por via aérea.....	71
7.3. Transmissão sonora por via estrutural	91
8. Monitoramento de longa duração	95
9. Relatório de medição e avaliação	98
9.1. Objetivo da medição	99
9.2. Referência à Norma	99
9.3. Informações sobre a instrumentação e respectiva calibração (sonômetro e calibrador de nível sonoro)	99
9.4. Características das fontes sonoras e o seu funcionamento durante as medições.....	100
9.5. Método de medição utilizado	100
9.6. Parâmetros ambientais registrados quando em condições ambientais adversas	101
9.7. Data e horário das medições	101
9.8. Local - Ilustração, imagem ou descrição detalhada do ambiente de medição e posição dos pontos de medição	102
9.9. Tempo das medições e integrações	103
9.10. Resultados das medições, para os descritores sonoros adotados e níveis calculados e corrigidos, quando aplicáveis, conforme o caso	103
9.11. Limites de avaliação dos resultados	105
10. Anexos	107
ANEXO A. Procedimento de obtenção da curva NC.....	108
ANEXO B. Exemplo de avaliação com base nas curvas NC.....	114
ANEXO C. Boas práticas para determinação do NPS residual	118
ANEXO D. Como avaliar sons contínuos com presença de eventos sonoros de curta duração	120
ANEXO E. Certificado de Calibração: correção a ser aplicada no ajuste do sonômetro	122
11. Referências Bibliográficas	125

1

APRESENTAÇÃO

A qualidade acústica do ambiente urbano está diretamente relacionada com a qualidade de vida, conforto e saúde dos seus cidadãos, sendo a poluição sonora reconhecida pela Organização Mundial da Saúde - **OMS** como um problema de saúde pública. Esse tema tem sido amplamente discutido, uma vez que o ruído afeta o ser humano de diversas formas, podendo causar efeitos leves como dor de cabeça, perda do sono, até efeitos mais danosos como perda auditiva e potencialização de doenças cardíacas. Mesmo assim, muitas vezes os efeitos adversos causados pelo excesso de ruído nos passam despercebidos, pois de certa forma já estamos “acostumados” com o barulho e não o percebemos.

Dentro desse contexto, a acústica ambiental e das edificações vêm se desenvolvendo e ganhando maior importância no cenário nacional brasileiro nos últimos anos, em grande parte devido à maior conscientização da população, mas também, por meio da elaboração, renovação e aprimoramento de normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas - **ABNT** utilizadas no país.

Em 31 de maio de 2019 foi publicada a última revisão da norma **ABNT NBR 10151:2019 Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral** que é um importante instrumento para a exigência e adoção de procedimentos técnicos a serem utilizados na execução de medições e avaliações de níveis de pressão sonora em ambientes externos e internos às edificações. Em 31 de março de 2020 foi

publicada uma errata da ABNT NBR 10151:2019, que foi considerada neste Manual.

Preocupadas com a correta disseminação do conhecimento e para auxiliar na compreensão da norma ABNT NBR 10151, a Associação Brasileira para a Qualidade Acústica - **ProAcústica** e suas associadas realizaram um trabalho conjunto com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - **CETESB** para a elaboração deste manual.

O **Manual ProAcústica e CETESB - Norma ABNT NBR 10151:2019** é um guia prático para aplicação da norma, desenvolvido para profissionais e órgãos públicos que atuam na área de acústica ambiental, para realização de medições e avaliações de níveis sonoros.

Para alguns casos específicos de medição e avaliação foram incorporados neste manual conceitos e critérios existentes em outras regulamentações, que não constam na Norma ABNT NBR 10151:2019, uma vez que estes são imprescindíveis para a avaliação dos resultados das medições.

2

INTRODUÇÃO

A Norma **ABNT NBR 10151:2019 Versão Corrigida 2020 Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral** foi desenvolvida para avaliação sonora ambiental em áreas habitadas em função do uso e ocupação do solo. A norma estabelece procedimentos técnicos de medição de níveis de pressão sonora em ambientes externos e internos às edificações, bem como limites para avaliação dos resultados, servindo de subsídio para:

- O poder público, no processo de gestão e fiscalização de poluição sonora;
- Elaboração de estudos e/ou projetos acústicos de empreendimentos, instalações ou eventos;
- Orientação ao planejamento urbano de uso e ocupação do solo para efeito de controle da poluição sonora;
- Determinação da classe de ruído em situações específicas em que o nível sonoro existente seja inferior ao limite de ruído estabelecido pela norma ABNT NBR 10151 (ver **Manual ProAcústica sobre a Norma de Desempenho ABNT NBR 15575:2021 - Acústica**).

NOTA: Para aplicação da NBR 10151:2019, são consideradas como áreas habitadas os locais destinados a qualquer atividade humana, ou seja, espaços destinados à moradia, trabalho, estudo, lazer, recreação, atividade cultural, administração pública, atividades de saúde, entre outras.

A aplicação da norma ABNT NBR 10151 nas avaliações sonoras no Brasil é regulamentada pela **Resolução CONAMA** nº 1, de 08 de março de 1990, retificada em 16 de agosto de 1990, que estabelece que são prejudiciais à saúde e ao sossego público os níveis de pressão sonora superiores aos considerados aceitáveis pela ABNT NBR 10151.

A norma ABNT NBR 10151:2019 estabelece:

- Procedimento para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes externos às edificações, em áreas destinadas à ocupação humana, em função da finalidade de uso e ocupação do solo;
- Procedimento para medição e avaliação de níveis de pressão sonora em ambientes internos às edificações provenientes de transmissão sonora aérea ou de vibração da edificação, ou ambos;
- Limites de níveis de pressão sonora para ambientes externos às edificações, em áreas destinadas à ocupação humana, em função da finalidade de uso e ocupação do solo e requisitos para avaliação em ambientes internos.

Além disso estabelece:

- Definição de som total, específico e residual;
- Procedimento para avaliação de som tonal, impulsivo, intermitente e contínuo;

NOTA: Compete aos municípios estabelecer o ordenamento do uso e ocupação do solo. Na ausência desta regulamentação legal, recomenda-se realizar levantamento das características predominantes de ocupação do solo para aplicação desta norma.

A ABNT NBR 10151:2019 não se aplica a:

- Avaliação do nível de exposição ocupacional;
- Equipamentos prediais e hidrossanitários de uma edificação. Nestes casos devem ser aplicadas a ABNT NBR 10152 e ABNT NBR 15575 (partes 1 e 6);
- Medição e avaliação de impacto ambiental decorrente do uso de explosivos nas minerações em áreas urbanas, as quais são executadas conforme a ABNT NBR 9653;
- Medição e avaliação de níveis de pressão sonora decorrentes de sistemas de transporte (aeroviário, aquaviário, ferroviário, metroviário e rodoviário), as quais são executadas conforme a ABNT NBR 16425.

NOTA: Até que sejam publicadas Normas Brasileiras específicas, recomenda-se ao poder público municipal a aplicação dos procedimentos de medição de níveis de pressão sonora estabelecidos nesta Norma para fins de medição e monitoramento sonoro de ruídos de obras de construção civil, bem como o estabelecimento de um regulamento municipal e os limites de horários e de avaliação dos níveis de pressão sonora de acordo com as etapas e prazos de construção de cada obra.

3

INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO

Definindo a instrumentação adequada para medição e calibração



Para a realização de medições sonoras conforme a norma ABNT NBR 10151:2019, é necessário utilizar instrumentos de medição e calibração confiáveis e que atendam a normas técnicas específicas, conforme mostra a [Figura 1](#). São eles:

- **Microfone** de medição
- **Sonômetro**, também chamado de medidor integrador de nível sonoro
- **Calibrador** de nível sonoro

FIGURA 1
INSTRUMENTAÇÃO
NECESSÁRIA
E NORMAS
TÉCNICAS



ATENÇÃO!

Medidor de dose de ruído (dosímetros ou audiodosímetros), assim como smartphones não podem ser utilizados para medições de níveis sonoros, conforme a ABNT NBR 10151:2019, pois não atendem os requisitos técnicos necessários.

Outros itens utilizados para realização das medições são:

- Protetor de vento (**obrigatório** para medições externas)
- Tripé para sonômetro
- Cabo de extensão para microfone
- Haste extensora para microfone

3.1 Normas técnicas

Os instrumentos de medição e calibração devem atender normas específicas, que estabelecem padrões de qualidade, para garantir a precisão e confiabilidade dos resultados das medições. A [Tabela 1](#) apresenta as normas às quais os instrumentos de medição e calibração devem atender.

A norma IEC 61672, que substituiu as normas IEC 60651 e IEC 60804, estabelece em suas partes:

■ **Parte 1**

Parâmetros para a construção de sonômetros, como detalhamento dos elementos e geometria, assim como critérios a serem calculados. Além disso, informa a classe de precisão, faixa de linearidade e tolerâncias;

■ **Parte 2**

Procedimentos para a aprovação de modelo dos instrumentos de medição de cada fabricante. Esse procedimento é realizado por laboratórios de calibração reconhecidos internacionalmente (como PTB, LNE, DANAK, etc.); e

■ Parte 3

Procedimentos para os ensaios de calibração dos instrumentos.

TABELA 1 – INSTRUMENTOS DE MEDIÇÃO E SEUS REQUISITOS

INSTRUMENTO DE MEDIÇÃO	CLASSE	NORMA A SER ATENDIDA	COMENTÁRIOS
Sonômetro	1 e 2	IEC 61672 (Partes 1, 2, 3)	Podem ser utilizados sonômetros integrados fabricados antes da publicação da IEC 61672, desde que aprovado e calibrado conforme as IEC 60651 e IEC 60804 (versão anterior da 61672) para Tipo 0 ou Tipo 1.
Filtros de 1/1 de oitava e/ou Filtros de 1/3 de oitava	1 e 2	IEC 61260	Podem ser utilizados filtros fabricados antes da publicação da IEC 61260 desde que calibrados conforme IEC 1260.
Calibrador de nível sonoro	1 e 2	IEC 60942	Quando utilizado um sonômetro Classe 1 o calibrador de nível sonoro deve obrigatoriamente ser de Classe 1.
Microfone de medição	—	IEC 61672-1 ou IEC 61094	—

Lembre-se que as normas citadas na tabela acima devem ser utilizadas em sua edição vigente.

3.2 Sonômetro

O sonômetro recebe o sinal do microfone e realiza o processamento digital deste sinal, para que possa ser analisado pelo operador.

CLASSES DOS SONÔMETROS

A norma ABNT NBR 10151 permite que as medições sejam realizadas utilizando sonômetros Classe 1 e Classe 2. A principal diferença entre os dois equipamentos está na precisão, sendo o sonômetro Classe 1 o mais preciso:

- Classe 1 corresponde a uma precisão de medição de $\pm 0,2$ dB,
- Classe 2 corresponde a uma precisão de medição de $\pm 0,7$ dB.

Para aplicação da ABNT NBR 10151:2019, o sonômetro deve obrigatoriamente apresentar resultados em $L_{Aeq,T}$ (Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A, obtido por integração em um tempo T).

FAIXAS DE FREQUÊNCIA

Para realizar medições pelo método detalhado (ver [Capítulo 5.3](#)), o sonômetro deve possuir filtros de 1/1 de oitava ("lê-se filtro de oitava") e 1/3 de oitava ("filtro de terço de oitava"), devendo abranger as seguintes bandas de frequência:

- Para filtro 1/1 de oitava: 63 Hz a 8 kHz
- Para filtro 1/3 de oitava: 50 Hz a 10 kHz (ver NOTA a seguir)

NOTA: Apesar da norma estabelecer que os filtros de 1/3 de oitava devam abranger pelo menos as bandas de 50 Hz a 10 kHz, para caracterização do som tonal é necessário que o sonômetro possua filtro de 1/3 de oitava abrangendo as bandas entre 20 Hz a 12,5 kHz (ver [Capítulo 6](#)). Esse intervalo é necessário para se analisar as bandas de 1/3 de oitava anterior e posterior da banda principal, conforme procedimentos contidos na [Tabela 5](#) (Tabela 2 da ABNT NBR 10151).

O sonômetro deve ser capaz de obter os descritores necessários para aplicação desta norma, listados na Tabela 3 (Tabela 1 da ABNT NBR 10151).

REGISTRO DE DADOS NO TEMPO

É indicado que o sonômetro seja capaz de realizar o registro da variação de níveis de pressão sonora ao longo do tempo em intervalos de 1 segundo.

3.3 Microfone

O microfone é responsável por captar a pressão sonora e transformá-la em sinal elétrico. É o elemento mais sensível do sistema de medição, sendo projetado para medir em condições específicas, de acordo com o ambiente a ser avaliado:

■ Para medições externas

Utilizar preferencialmente microfones de campo livre ou de campo difuso com resposta corrigida para campo livre. Nestas medições é obrigatório o uso de protetor de vento (*windscreen*).

■ Para medições internas

Utilizar preferencialmente microfones de campo difuso ou de campo livre com resposta corrigida para campo difuso.

3.4. Calibrador de nível sonoro

O Calibrador de nível sonoro é um gerador de tom puro que atua, normalmente, na frequência de 1000 Hz, gerando um nível de pressão sonora, nominal, constante e conhecido de 94 dB ou 114 dB. Logo, acoplado o calibrador ao microfone do sonômetro é possível verificar se o sonômetro está realizando a leitura correta do nível de pressão sonora gerado pelo calibrador. Este procedimento é chamado de “verificação”, que será melhor explicada no [Item 3.6](#).

Quando o sonômetro utilizado for de Classe 1, o calibrador de nível sonoro deve ser também de Classe 1. Quando o sonômetro utilizado for de Classe 2, o calibrador de nível sonoro pode ser de Classe 1 ou 2. Entretanto, um calibrador de nível sonoro de Classe 2 não pode ser utilizado em um sonômetro Classe 1.

Apesar do instrumento se chamar calibrador, ele não realiza a calibração e sim a “verificação”. A calibração é realizada apenas por laboratórios acreditados que analisam toda a faixa de frequência e outros requisitos exigidos pelas normas técnicas específicas citadas na [Tabela 1](#) deste manual.

3.5 Calibração dos instrumentos

Todos os instrumentos devem passar por um processo de calibração para garantir a qualidade dos resultados das medições. O procedimento de calibração do sonômetro, microfone e calibrador de nível sonoro deve ser realizado por laboratório acreditado, pertencente à Rede Brasileira de Calibração – RBC, pois esses laboratórios cumprem os requisitos de qualidade exigidos pela ABNT NBR ISO 17025. É importante observar que:

- A. O intervalo entre as calibrações dos instrumentos não pode exceder 2 anos.
- B. Os certificados de calibração dos equipamentos (sonômetro, analisador de 1/1 oitava e 1/3 de oitava, microfone e calibrador) devem conter todas as informações listadas no Anexo A da ABNT NBR 10151:2019.
- C. Os instrumentos fabricados conforme IEC 60651 e IEC 60804 (substituídas pela IEC 61672) podem não atender todos os itens constantes no Anexo A da ABNT NBR 10151:2019. Desta forma, estes instrumentos devem ser calibrados de acordo com as normas IEC para as quais foram fabricados.
- D. Instrumentos fabricados conforme as IEC 60651 e IEC 60804 não contemplam a realização do teste de estabilidade, este procedimento poderá ser realizado de maneira adicional conforme a IEC 61672.
- E. Pode ser que o laboratório de calibração não esteja com a acreditação ativa para o escopo completo das calibrações a serem realizados conforme o Anexo A da ABNT NBR 10151:2019. Para tanto, consultar o site do INMETRO na seção de *Laboratórios acreditados RBC, no Grupo de Serviços de Calibração*, selecionar *Acústica e Vibração* (<http://www.infoconsumo.gov.br/laboratorios/rbc/consulta.asp>).

NOTA 1: Sempre que o instrumento apresentar instabilidade nos resultados ou ocorrer alguma avaria ou queda, é necessário que seja enviado para calibração para verificar se continua funcionando corretamente.

NOTA 2: Quando o sonômetro for utilizado com cabo de extensão, a calibração e os ajustes devem ser realizados com o cabo de extensão do microfone.

Instrumentos antigos podem ser utilizados desde que seu certificado de calibração esteja de acordo com o especificado no Item C).

O certificado de calibração normalmente apresenta os resultados dos diferentes parâmetros avaliados pelo laboratório de calibração, entretanto, não informa se esses parâmetros estão dentro dos limites máximos e mínimos estabelecidos pelas correspondentes normas IEC, ou seja, não apresenta uma conclusão informando se o instrumento está apto ou não para ser utilizado. Desta forma, cabe ao responsável pelo instrumento checar todos os parâmetros calibrados e verificar se os resultados estão dentro dos limites estabelecidos.

Quando o resultado de algum parâmetro, apresentado no certificado de calibração, não atender aos requisitos da respectiva IEC, o instrumento não pode ser utilizado. Caso seja realizada manutenção corretiva, o instrumento pode ser novamente utilizado, desde que comprovada sua eficiência após nova calibração de todos os parâmetros.

3.6 Calibração, verificação e ajuste: entendá as diferenças

Para garantir a qualidade dos resultados, a norma estabelece três procedimentos diferentes: calibração, verificação e ajuste. As particularidades de cada um são apresentadas a seguir.

■ **Calibração**

É o procedimento realizado por um laboratório acreditado, pertencente à Rede Brasileira de Calibração – RBC, no qual se verifica que os instrumentos (sonômetro, microfone e

calibrador de nível sonoro) encontram-se dentro da faixa de tolerância permitida. A calibração é realizada em duas situações: periodicamente em um intervalo máximo de dois anos ou em caso de identificação de algum problema no equipamento.

NOTA: Como controle de qualidade, recomenda-se que sejam realizados procedimentos internos, próprios de cada laboratório, para verificações intermediárias entre calibrações.

■ Verificação

É o procedimento realizado pelo usuário dos instrumentos de medição antes e após um conjunto de medições. É feito com o calibrador de nível sonoro acoplado ao conjunto microfone-sonômetro e consiste em uma comparação entre o valor medido pelo sonômetro e o valor emitido pelo calibrador de nível sonoro.

Quando se identificar que o valor medido pelo sonômetro é diferente do valor emitido pelo calibrador de nível sonoro, deve ser realizado o procedimento de ajuste do sonômetro.

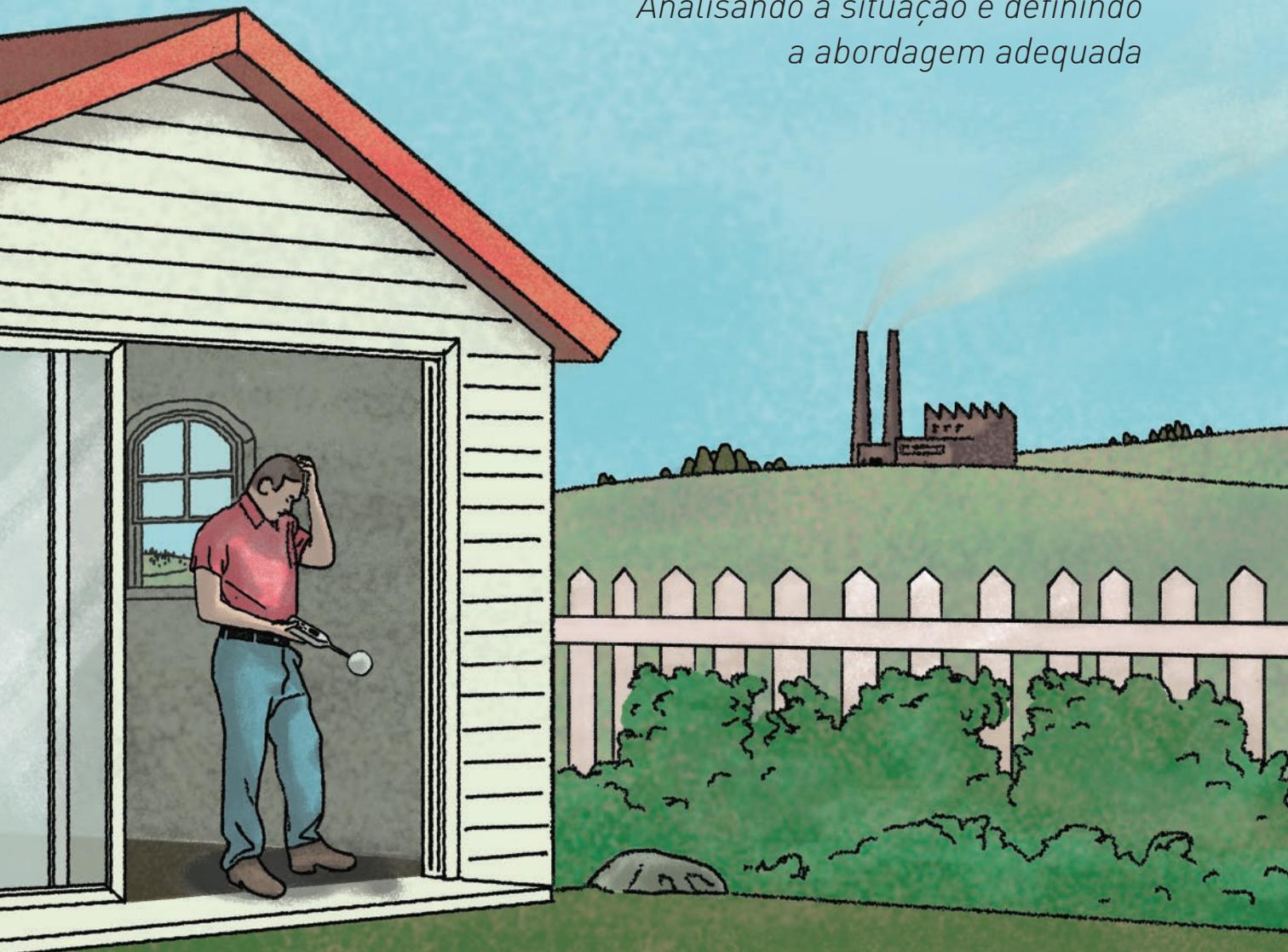
■ Ajuste

É o procedimento realizado pelo usuário dos instrumentos de medição com o calibrador de nível sonoro acoplado ao conjunto microfone-sonômetro. Para se realizar o ajuste deve ser consultado o manual de fabricação do instrumento. O procedimento de ajuste é detalhado no [Item 5.6](#) deste Manual.

4

PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO

Analisando a situação e definindo a abordagem adequada



A norma ABNT NBR 10151, determina procedimentos de medição distintos que dependem do objetivo, tipo de transmissão sonora da fonte que se deseja avaliar e condições do local de medição. São previstos os seguintes tipos de medições:

- Medições externas ao nível do solo;
- Medições externas na fachada da edificação;
- Medições internas com janelas abertas;
- Medições internas com janelas fechadas.

Logo, o primeiro passo é analisar a situação para determinar qual é o procedimento adequado a ser utilizado para a correta aplicação da norma.

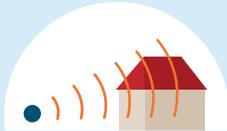
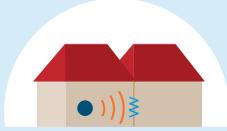
Em situações em que a transmissão sonora ocorra por via aérea, as medições devem ser realizadas em ambiente externo, podendo ser ao nível do solo ou nas fachadas de edificações, de acordo com o objetivo da medição e a posição entre a fonte sonora e o receptor (ver [Capítulo 6](#)).

Para casos em que a transmissão sonora ocorra por via aérea e que não seja possível realizar medições em ambiente externo, podem ser realizadas medições em ambiente interno com janelas abertas. Porém, ressalta-se que as medições em ambiente externo (ao nível do solo ou em fachada) são preferenciais e a adoção de medições em ambiente interno só devem ocorrer em casos de real impossibilidade de se executar medições externas, o que é algo raro em situações práticas. O procedimento para realização de medições em ambiente interno quando há transmissão sonora por via aérea está descrito no [item 7.2](#) deste manual.

Nos casos em que a transmissão sonora ocorra por via estrutural as medições devem ser realizadas em ambiente interno, com as janelas fechadas. O procedimento deste método é descrito no [Item 7.3](#) deste Manual.

Na [Tabela 2](#) são ilustrados de forma genérica algumas situações de transmissão sonora e o respectivo procedimento de medição a ser adotado.

TABELA 2 - PROCEDIMENTOS DE MEDIÇÃO

EXEMPLO DE SITUAÇÃO	TIPO DE TRANSMISSÃO SONORA	PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO A SER ADOTADO
 <p>Fonte sonora próxima a edificação térrea</p>	Via aérea	Medições externas ao nível do solo, conforme Item 6.1 deste manual.
 <p>Fonte sonora elevada próxima a edificação multipavimentos</p>	Via aérea	Medições externas na fachada da edificação, conforme Item 6.2 deste manual.
 <p>Fonte sonora em edificação vizinha com paredes geminadas</p>	Via estrutural	Medições internas com janelas fechadas, conforme Item 7.3 deste manual.

5

CONCEITOS GERAIS DE MEDIÇÃO E AVALIAÇÃO

*Definições de termos e conceitos gerais
necessários para a interpretação da norma*



A norma ABNT NBR 10151 está dividida em dois principais capítulos:

- o capítulo de **medição**, que estabelece todo o procedimento que deve ser adotado antes, durante e após as medições;
- o capítulo de **avaliação**, que estabelece o procedimento de avaliação dos resultados das medições.

5.1 Som total, som residual e som específico

O som específico gerado pela fonte sonora objeto de avaliação é obtido mediante cálculo a partir dos resultados das medições realizadas com a fonte sonora em operação (som total) e com a fonte sonora paralisada (som residual). A seguir, apresenta-se estes conceitos:

■ Som total

Som existente em uma dada situação, em um dado instante, resultante da contribuição de todas as fontes sonoras no entorno do local da medição. O som total é composto pelos níveis sonoros gerados pela fonte específica e pelo som residual, sendo representado pelo símbolo L_{tot} .

■ Som residual

Som remanescente em uma dada situação e em um dado instante, quando é suprimido o som específico (objeto de medição), sendo representado pelo símbolo L_{res} .

O som residual substitui o antigo nível de ruído ambiente L_{ra}

■ Som específico

Parcela do som total que pode ser identificada e que está associada a uma determinada fonte sonora. O som específico pode ser produzido por um empreendimento, um evento, um equipamento, ou qualquer fonte sonora, conforme o objetivo da medição. O som específico é calculado por meio da subtração logarítmica entre o som total e o som residual, sendo representado pelo símbolo L_{esp} . O [Item 6.4 \(Situação 2\)](#) descreve o procedimento para obtenção do som específico.

5.2 Sons intrusivos

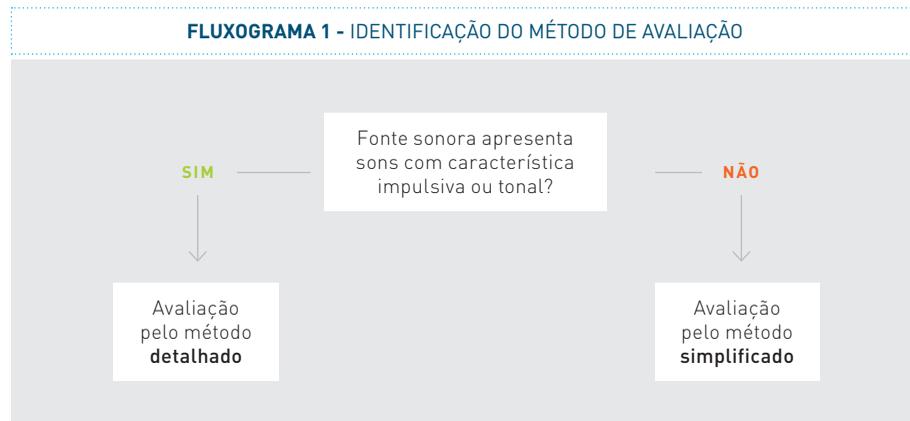
Durante as medições, os sons intrusivos, ou seja, as interferências sonoras alheias ao objeto de medição devem ser identificadas e descartadas das medições do som total e do som residual. A seguir apresenta-se exemplos de alguns sons intrusivos:

- batidas de portões;
- caminhão de lixo, gás e etc.;
- conversas de transeuntes próximos ao sonômetro;
- equipamentos de rádio e televisão ligados em alto volume com potencial de interferir nas medições;
- latidos de cães e sons de outros animais;
- manobras de veículo próximo ao ponto de medição;
- passagem de helicópteros e aviões;
- ruído gerado por obras da construção civil (marteladas, serras, impactos);
- saída e entrada de veículos em garagens;
- veículos com escapamento aberto;
- veículos sonorizados e
- vendedores ambulantes fazendo uso de buzinas ou equipamento sonoro para chamar atenção dos moradores.

A lista de sons intrusivos é relativa, uma vez que alguns dos ruídos elencados podem ser justamente os objetos de avaliação.

5.3 Método de medição: simplificado ou detalhado?

Para realização das medições em ambientes externos e internos a norma prevê dois métodos: um método simplificado e um método detalhado. O uso de cada um deles vai depender das características do som a ser medido.



■ Método simplificado

Este método pode ser utilizado somente para medições de sons contínuos e intermitentes.

O método simplificado **não deve** ser utilizado quando a fonte sonora apresentar características impulsivas e/ou componentes tonais.

■ Método detalhado

Este método deve ser utilizado sempre que a fonte sonora apresentar características impulsivas e/ou componentes tonais.

No caso da fonte sonora apresentar características impulsivas ou componentes tonais, o receptor estará sujeito a um maior incômodo. Por isso, deve ser realizada análise com descritores específicos, para se verificar a necessidade de aplicação de correções ao resultado final, como forma de "penalizar" os níveis obtidos. É justamente no uso dos descritores e na análise sobre a aplicação destas correções que se encontra a principal diferença do método detalhado em relação ao método simplificado.

5.4 Descritores e princípios de medição

Quando uma medição é realizada, a pressão sonora captada pelo microfone é processada pelo sonômetro, o qual apresenta duas principais informações:

- a evolução do nível de pressão sonora ao longo do tempo (a cada segundo), durante a medição (ver [Fig. 2](#))
- os níveis de pressão sonora das diferentes bandas de frequência que compõem este som, também conhecido como espectro sonoro que podem ser em 1/1 de oitava (ver [Fig. 3](#)) e/ou 1/3 de oitava (ver [Fig. 4](#)).

A [Tabela 3](#) apresenta os descritores necessários para aplicação da norma de acordo com as características da fonte sonora e do método de medição a ser utilizado.

A partir destas informações, podem ser obtidos outros descritores sonoros necessários para aplicação da norma.

TABELA 3 - SÍMBOLOS E GRANDEZAS

SÍMBOLO	GRANDEZA	APLICAÇÃO
$L_{Aeq,T}$	Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A e integrado em um intervalo de tempo T	Descritor necessário para aplicação dos métodos simplificado e detalhado, exceto para medição em ambiente interno com transmissão sonora por via estrutural
L_{AFmax}	Nível máximo de pressão sonora ponderada em A e em F	Descritor necessário para aplicação do método detalhado, quando o som apresenta característica impulsiva, a medição pode ser realizada em ambientes externo e interno
$L_{Zeq,T,f Hz (1/1)}$	Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em Z, em bandas proporcionais de frequência de 1/1 de oitava e integrado em um intervalo de tempo T	Descritor necessário para aplicação do método detalhado na medição em ambiente interno com transmissão sonora por via estrutural
$L_{Zeq,T,f Hz (1/3)}$	Nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em Z, em banda proporcional de frequência de 1/3 de oitava e integrado em um intervalo de tempo T	Descritor necessário para aplicação do método detalhado, quando o som apresenta característica tonal, a medição pode ser realizada em ambientes externo e interno

As [Figuras 2, 3 e 4](#) apresentam exemplos de gráficos de descritores sonoros identificados em uma medição:

- Evolução temporal do nível de pressão sonora com ponderação A (linha azul), durante um intervalo de tempo de 60 segundos ([Figura 2](#)). Durante esse tempo, o nível máximo ponderado em A e F registrado foi de $L_{AFmax} = 66,0$ dB (linha verde) e o nível de pressão sonora equivalente ponderada em A $L_{Aeq,60s} = 63,5$ dB (linha vermelha).
- Espectro de frequências em bandas de 1/1 de oitava do nível equivalente ($L_{Zeq,60s,f(1/1)}$) ([Figura 3](#)). Por exemplo, o resultado do nível de pressão sonora equivalente na banda de 1/1 de oitava de 2 kHz seria $L_{Zeq,60s,2kHz(1/1)} = 40,5$ dB.
- Espectro de frequências em bandas de 1/3 de oitava do nível equivalente ($L_{Zeq,60s,f(1/3)}$) ([Figura 4](#)). Por exemplo, o resultado do nível de pressão sonora equivalente na banda de 1/3 de oitava de 8 kHz seria $L_{Zeq,60s,8kHz(1/3)} = 46,0$ dB.

Na prática, o tempo de medição é, normalmente, indicado no relatório e não na notação do símbolo a fim de simplificar, sendo que os resultados anteriores também poderiam ser expressos da seguinte forma:

- $L_{Aeq,T} = 63,5$ dB
- $L_{AFmax} = 66,0$ dB
- $L_{Zeq,60s,2kHz(1/1)} = 40,5$ dB
- $L_{Zeq,60s,8kHz(1/3)} = 46,0$ dB

FIGURA 2
EVOLUÇÃO
DO NPS COM
PONDERAÇÃO A /
60 SEGUNDOS

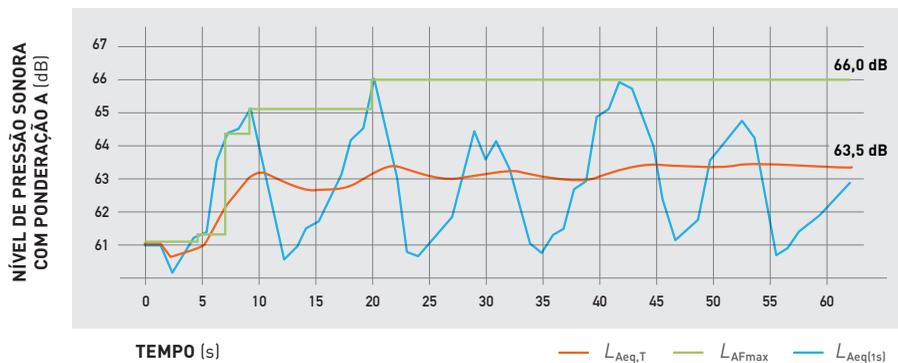


FIGURA 3
ESPECTRO DE
FREQUÊNCIAS
EM BANDAS DE
1/1 DE OITAVA
DO NÍVEL
EQUIVALENTE

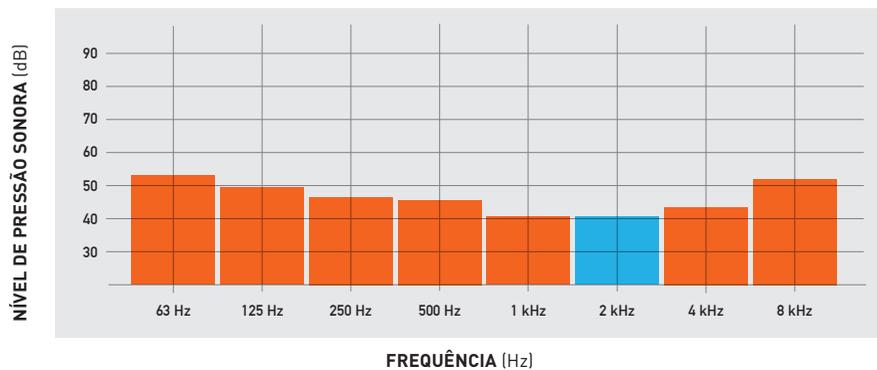
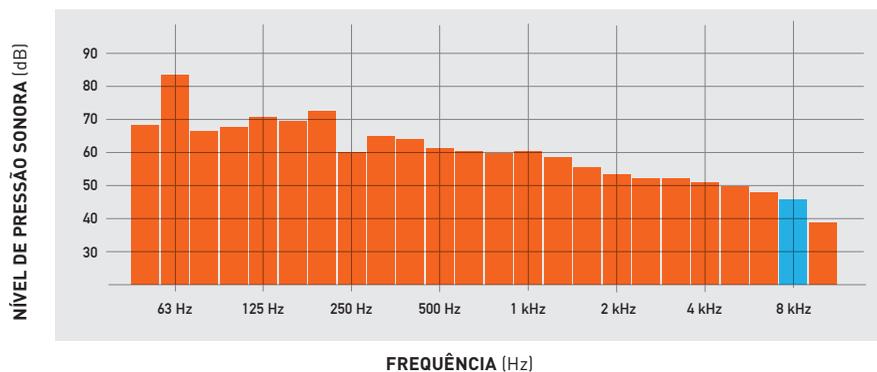


FIGURA 4
ESPECTRO DE
FREQUÊNCIAS
EM BANDAS DE
1/3 DE OITAVA
DO NÍVEL
EQUIVALENTE



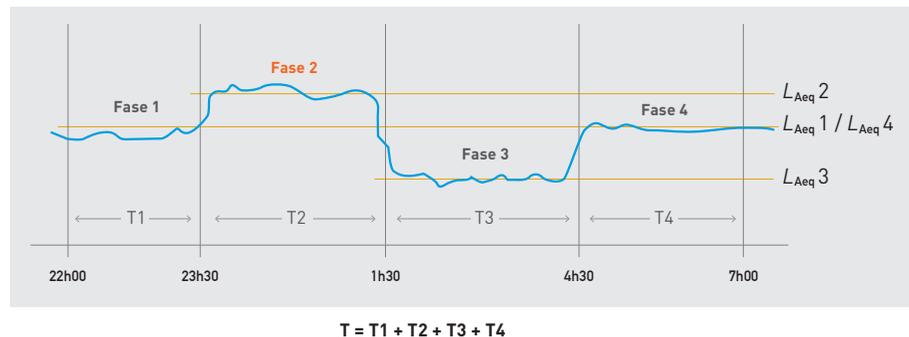
5.5 O que medir e quando medir?

A medição a ser realizada deve representar com fidelidade a condição sonora em que o receptor se encontra.

Para que uma medição seja considerada representativa, recomenda-se medir a fonte sonora na condição de funcionamento de maior emissão de nível sonoro, desde que esta seja uma condição típica de operação da fonte sonora objeto de avaliação.

Por exemplo, a [Figura 5](#) apresenta uma fonte sonora em funcionamento em suas diferentes fases de operação. Neste caso, é recomendado que a medição seja realizada na Fase 2.

FIGURA 5
TEMPO DE UMA FONTE SONORA COM DIFERENTES FASES DE OPERAÇÃO



Caso uma fonte sonora apresente uma situação de mal funcionamento que aumente sua emissão sonora, e esta situação seja habitual, esta condição de funcionamento deve ser a situação avaliada. Estas situações podem ocorrer em equipamentos desalinhados, como rolamentos gastos, portas e janelas que permanecem abertas durante o funcionamento da fonte sonora, elementos soltos vibrantes, vazamentos de ar, deficiências de manutenção em geral, entre outros.

Em caso de reclamação, a condição de funcionamento da fonte sonora a ser avaliada deve levar em consideração o momento de maior incômodo, conforme as informações fornecidas pelo reclamante. Podem ocorrer situações em que a condição de operação mais desfavorável não seja facilmente identificada, nesse caso, recomenda-se avaliar todas as condições de funcionamento existentes.

Existem também, situações em que a fonte sonora opera em ciclos ou condição intermitente, por exemplo um compressor ou um gerador de energia que só funciona em caso de queda de energia da rede elétrica. Nestes casos, devido a inviabilidade de se aguardar tal situação para realizar a medição, deve ser solicitado que o compressor/gerador seja ligado para a realização da medição. Esta condição deve ser informada e justificada no relatório.

TEMPO DE AMOSTRAGEM, TEMPO DE INTEGRAÇÃO E TEMPO DE MEDIÇÃO

Para realizar uma medição de nível sonoro, deve-se configurar o sonômetro para que as amostras sejam registradas a cada segundo. Este registro de amostras a cada 1 segundo denomina-se tempo de amostragem.

Para se obter o nível de pressão sonora contínuo equivalente ($L_{Aeq,T}$) o sonômetro realiza os cálculos de integração, considerando a totalidade de amostras que foram registradas durante as medições. Este intervalo de tempo denomina-se tempo de integração (T).

O tempo de integração não é necessariamente contínuo, uma vez que podem ocorrer sons intrusivos que devem ser descartados das medições e assim não compor o resultado final, conforme ilustra a [Figura 6](#).

FIGURA 6
SONS INTRUSIVOS

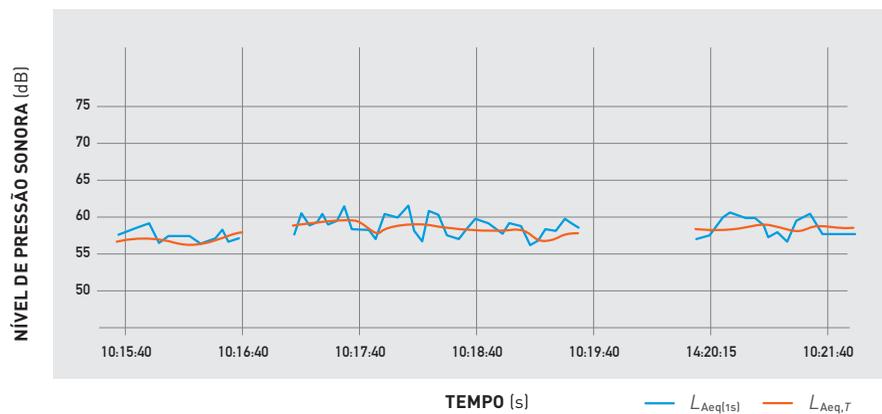


No caso da medição da [Figura 6](#), as medições da passagem de avião e do latido de cachorro devem ser descartados da medição.

Os sons intrusivos ou interferências sonoras podem ser descartados das seguintes formas:

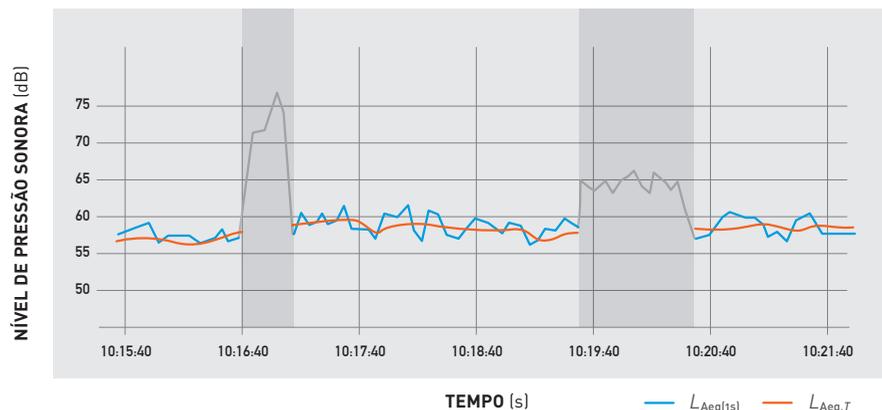
- A. Durante a medição, pode-se utilizar o recurso de pausa do sonômetro para evitar seu registro; conforme ilustra a [Figura 7](#); ou

FIGURA 7
PAUSA DO SONÔMETRO



- B. Após a medição, pode-se utilizar o processamento por software para excluí-las, conforme ilustra a [Figura 8](#);

FIGURA 8
EXCLUSÃO POR
SOFTWARE



O tempo de integração é soma dos tempos parciais efetivamente validados durante a medição.

A soma dos tempos de integração com o tempo em que o instrumento ficou em pausa ou com o tempo de registro eliminado por software, corresponde ao tempo de medição.

Nos casos de medição em que não há ocorrência de sons intrusivos ou interferências, o tempo de integração e o tempo de medição são iguais.

A norma estabelece que devem ser apresentados no relatório tanto o tempo de integração (T) como o tempo de medição.

As [Figuras 9A](#) e [9B](#) a seguir apresentam exemplos de tempos de medição e integração com pausa do sonômetro e de exclusão por software, respectivamente.

FIGURA 9A
TEMPO DE INTEGRAÇÃO COM PAUSA DO SONÔMETRO

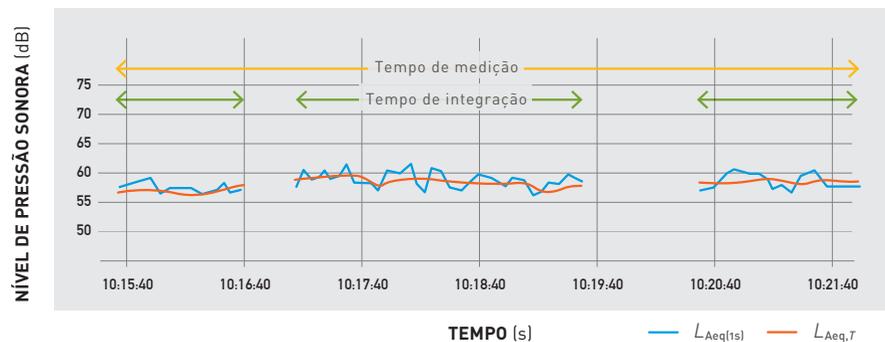
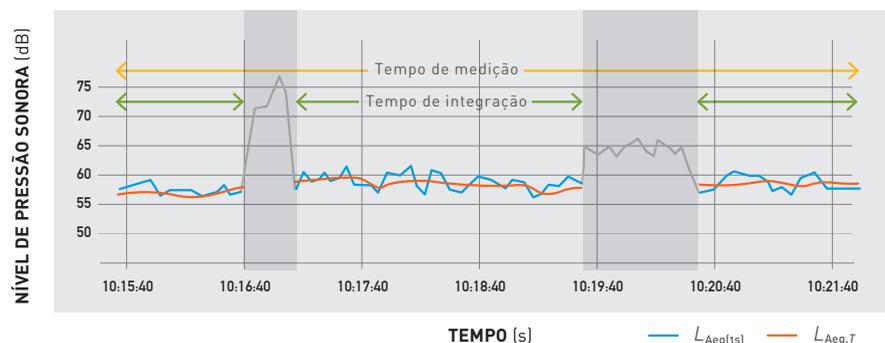


FIGURA 9B
TEMPO DE INTEGRAÇÃO COM EXCLUSÃO POR SOFTWARE

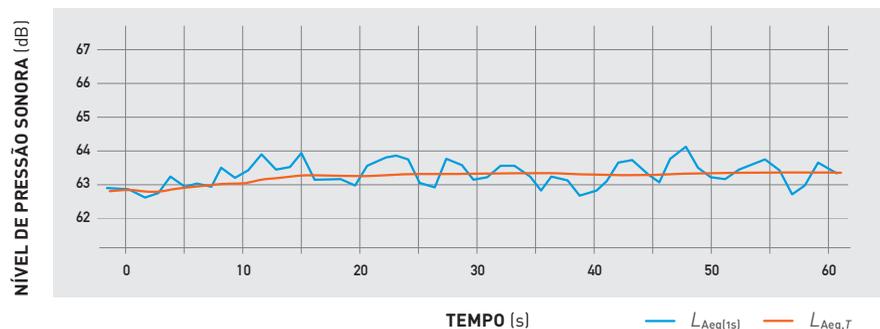


A fonte sonora pode emitir diferentes características sonoras. O tempo de realização da medição deve ser representativo da condição de funcionamento da fonte sonora na pior situação. A seguir apresenta-se alguns exemplos de sons.

SONS CONTÍNUOS

Sons que apresentam poucas variações sonoras ao longo do tempo. Portanto, medições com tempos de integração de menor duração podem ser consideradas representativas.

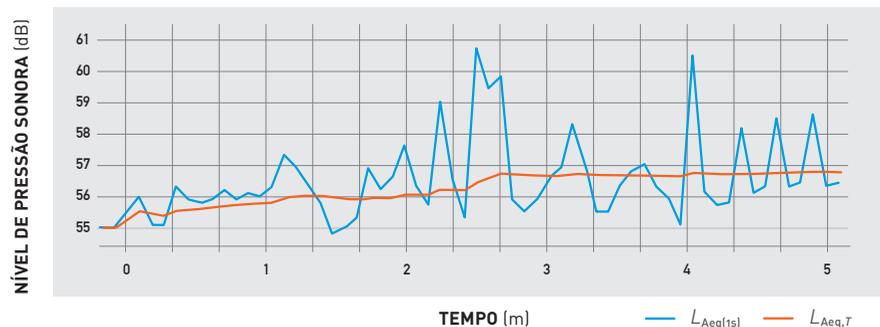
FIGURA 10
SOM CONTÍNUO -
MENOR DURAÇÃO
DE MEDIÇÃO
(Ex: 1 min.)



SONS FLUTUANTES

Sons que apresentam variações de nível sonoro significativas ao longo do tempo. Pode ser necessário utilizar tempos de integração mais longos.

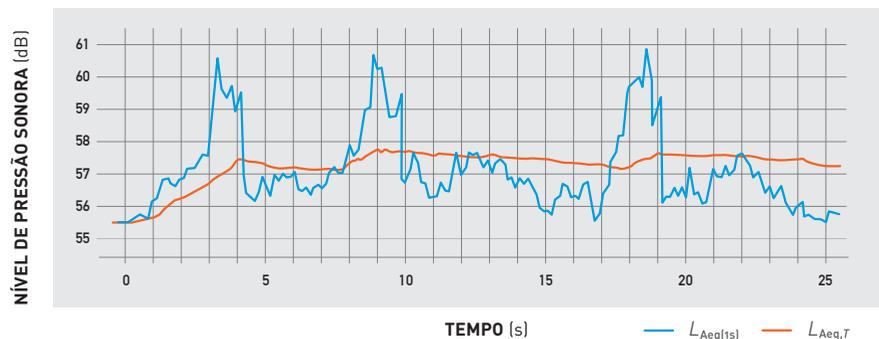
FIGURA 11
SONS
FLUTUANTES -
MAIOR DURAÇÃO
DE MEDIÇÃO
(Ex: 5 min.)



SONS INTERMITENTES

Sons que apresentam uma duração superior a 1 segundo e ocorrem em certos intervalos de tempo, regulares ou não. O tempo de integração deve levar em consideração a duração e a frequência de ocorrência dos eventos.

FIGURA 12
SONS
INTERMITENTES

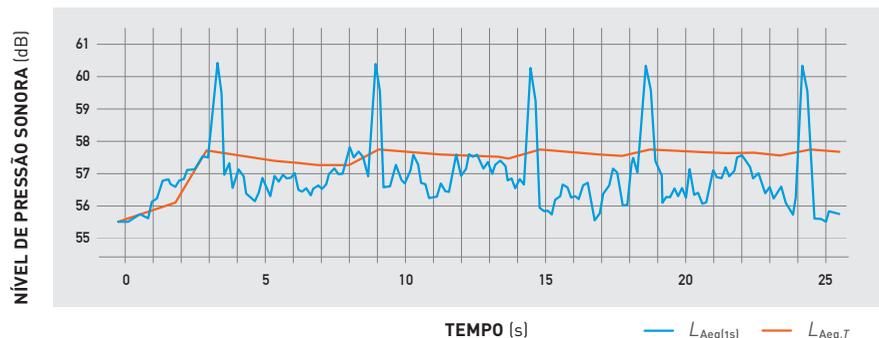


O **ANEXO D** apresenta uma ferramenta objetiva de caracterização e medição de sons contínuos com a presença de sons intermitentes esclarecendo o tempo de integração adequado a ser adotado nas medições.

SONS IMPULSIVOS

Sons que apresentam características de impulsos de pressão sonora, com duração inferior a 1 segundo e intervalo superior a 1 segundo, por exemplo, sons de impacto. Neste caso, recomenda-se que o tempo de integração adotado na medição contemple pelo menos

FIGURA 13
SONS
IMPULSIVOS



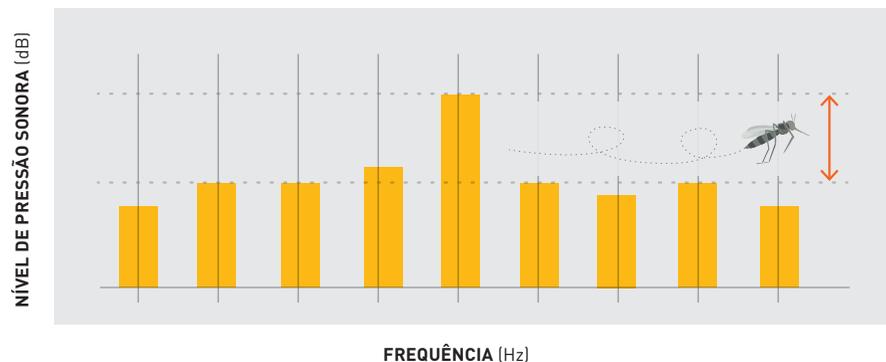
dois eventos de sons impulsivos. Para melhor caracterização, a medição do $L_{Aeq,T}$ deve ser realizada abrangendo os eventos impulsivos afim de serem representativos à situação avaliada e com o mínimo de interferências de fontes externas.

Sons impulsivos podem ser produzidos por impactos, tiros, estouros causados, por exemplo, por quedas de chapas e objetos, bate-estaca, prensa mecânica e guilhotina, que, normalmente, causam maior incomodidade. Portanto, a norma estabelece o procedimento de acréscimo de 5 dB (penalização) aos níveis sonoros que possuem características de som impulsivo.

SONS TONAIS

Sons que ocorrem quando uma determinada frequência se destaca em relação às frequências adjacentes. O tempo de integração adotado na medição deve ser suficiente para caracterizar a fonte sonora objeto de avaliação.

FIGURA 14
SONS TONAIS



Sons tonais podem ser produzidos por apitos, alarmes, sirenes, equipamentos rotativos, fluxos de gases, sinalizadores de ré de caminhões e empilhadeiras, transformadores de energia, que, normalmente, causam maior incomodidade. Portanto, a norma estabelece o procedimento de acréscimo de 5 dB (penalização) aos níveis sonoros que possuem características de som tonal.

CONDIÇÕES AMBIENTAIS

- Não devem ser realizadas medições durante precipitações pluviométricas, trovoadas ou sob condições ambientais de vento, temperatura e umidade relativa do ar em desacordo com as especificações das condições de operação dos instrumentos de medição estabelecidas pelos fabricantes.
- Não se recomenda realizar medições em condições de vento acima de 5 m/s, pois esta condição pode causar interferências nos resultados. A velocidade do vento pode ser aferida por meio de um anemômetro ou estimada qualitativamente (segundo a Escala de Beaufort, uma velocidade de 5,5 m/s a 7,9 m/s corresponde a situação em que a poeira e pequenos papéis são levantados e movem-se os galhos das árvores).

5.6 Preparação do equipamento de medição

- O sonômetro deve estar configurado para medir em condição de campo livre para medições externas. Para medições internas, deve-se configurar o sonômetro para medir em condição de campo difuso.
- Para medições externas deve ser utilizado o protetor de vento. Caso seu equipamento realize a correção automática devido

ao uso do protetor de vento, verificar nas configurações do sonômetro se a opção de correção está ativa e se o modelo inserido corresponde ao protetor utilizado.

- Realizar o ajuste do equipamento (conjunto microfone e sonômetro).

Recomenda-se executar a correção da influência dos efeitos do protetor de vento na resposta em frequência do microfone, conforme instrução do fabricante para o modelo do protetor de vento utilizado.

AJUSTE DO EQUIPAMENTO

O ajuste do conjunto de medição (microfone + sonômetro), deve ser realizado inserindo o microfone no calibrador de nível sonoro, observando as seguintes diretrizes:

- Deve ser realizado no local de medição desde que isento de interferências que possam influenciar no ajuste (como locais com níveis sonoros elevados). Neste caso, sugere-se que o ajuste seja realizado em outro local, com as mesmas características ambientais do local a ser avaliado, ou se possível, desligar a fonte sonora.
- O ajuste deve ser realizado antes de cada série de medições utilizando o calibrador sonoro ligado e acoplado ao microfone.
- O equipamento deve ser ajustado ao valor de referência indicado no último certificado de calibração do calibrador de nível sonoro.
- Depois de cada série de medições deve ser realizada uma nova leitura com o calibrador de nível sonoro. Se a diferença entre a leitura e o valor inicialmente ajustado for superior a $\pm 0,5$ dB, os resultados devem ser descartados e novas medições devem ser realizadas.

O ajuste do sonômetro deve ser realizado com o valor indicado no certificado de calibração mais recente do calibrador sonoro, aplicando-se a devida correção do tipo de microfone, conforme orientações do fabricante.

Este Manual apresenta no [Anexo E](#) uma ferramenta com exemplos para identificação do valor/nível do calibrador de nível sonoro que deve ser utilizado para o ajuste do sonômetro.

5.7 Critérios de avaliação

Para avaliação dos resultados, a norma traz uma tabela com os valores limites de níveis de pressão sonora em função dos tipos de áreas habitadas e dos períodos diurno e noturno. A [Tabela 4](#) apresenta estes limites.

Os limites de horário para o período diurno e noturno podem ser definidos pelas autoridades de acordo com os hábitos da população. Porém, o período noturno não deve começar depois das 22 h e não deve terminar antes das 7 h do dia seguinte. Se o dia seguinte for domingo ou feriado, o término do período noturno não deve ser antes das 9 h.

A comparação entre os resultados medidos e os limites são diferentes em função do método de medição utilizado (método simplificado ou detalhado) e do procedimento de medição (em ambiente externo ou interno). Por este motivo, o modo de realização da avaliação em cada caso será abordado com maior profundidade nos [Capítulos 6 e 7](#).

TABELA 4
LIMITES DE NÍVEIS DE PRESSÃO SONORA EM FUNÇÃO DOS TIPOS DE ÁREAS HABITADAS E PERÍODO

TIPO DE ÁREAS HABITADAS	RL _{Aeq} Limites de níveis de pressão sonora (dB)	
	PERÍODO DIURNO	PERÍODO NOTURNO
Área de residências rurais	40	35
Área estritamente residencial urbana/ hospitais/escolas	50	45
Área mista predominantemente residencial	55	50
Área mista com predominância de atividades comerciais e/ou administrativa	60	55
Área mista com predominância de atividades culturais, lazer e turismo	65	55
Área predominantemente industrial	70	60

NOTA 1: Para aplicação desta Norma, entende-se por área mista aquelas ocupadas por dois ou mais tipos de uso, sejam eles residencial, comercial, de lazer, de turismo, industrial e outros.

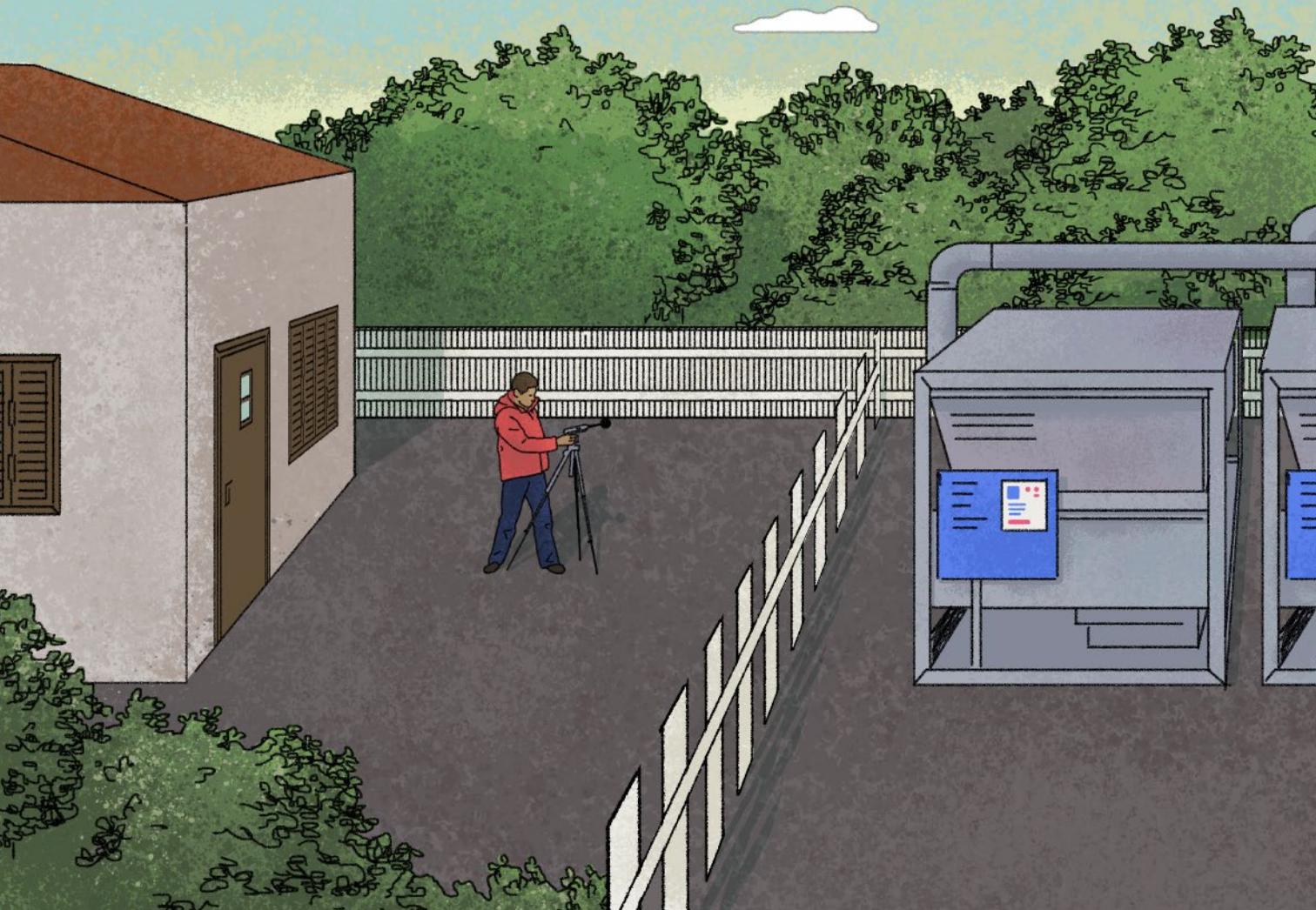
NOTA 2: Esta tabela é idêntica à Tabela 3 da norma ABNT NBR 10151:2019.

Para se utilizar os limites da ABNT NBR 10151:2019 é necessário definir o tipo de área habitada. Para isto, o zoneamento urbano do município deve ser consultado. Caso o zoneamento não forneça informações suficientes para definição do tipo de área habitada, recomenda-se realizar inspeção visual da área em avaliação. Para mais informações consultar [Seção 9.11](#).

6

MEDIÇÃO E AVALIAÇÃO EM AMBIENTE EXTERNO

Procedimentos para medição de transmissão sonora aérea a nível do solo ou nas fachadas



Estas medições devem ser realizadas quando a transmissão sonora (entre fonte e receptor) ocorre por via aérea podendo ser a nível do solo (item 6.1) ou nas fachadas das edificações (item 6.2).

A seguir estão listadas as principais etapas para realização das medições em ambiente externo e sua avaliação. As etapas serão detalhadas ao longo deste capítulo.

1. Definição do tipo de medição: nível do solo ou fachada
2. Escolha dos pontos de medição do som total e do som residual
3. Ajuste do sonômetro e posicionar o microfone direcionando-o para fonte sonora
4. Medição do som total e do som residual
5. Avaliação dos resultados

A norma prevê dois tipos de avaliação em ambiente externo:

■ **A nível do solo**

Quando a medição for realizada no passeio público, no interior de um terreno ou no entorno de uma edificação térrea ou multipisos (desde que a medição seja realizada no térreo).

■ **Na fachada da edificação**

Quando a medição for realizada na fachada de uma edificação multipisos (acima do pavimento térreo).

FIGURA 15
MEDIÇÕES
EXTERNAS



PLANEJAMENTO DA MEDIÇÃO: ASPECTOS GERAIS

Para cada ponto avaliado devem ser realizadas as seguintes medições:

- A. Medição do nível de pressão sonora do som total: com a fonte em operação;
- B. Medição do nível de pressão sonora do som residual: com a fonte sonora desligada **(a ser realizado quando o nível de pressão sonora do som total ultrapassar o limite RL_{Aeq})**.

A medição do nível de pressão sonora do som residual deve ser realizada preferencialmente no mesmo local, onde foi realizada a medição de nível de pressão sonora do som total, porém com a fonte sonora desligada. Caso não seja possível desligar a fonte sonora para realizar a medição no mesmo local, o nível de pressão sonora do

som residual pode ser medido em outro local mais afastado da fonte objeto de avaliação, desde que as características acústicas deste local, sejam similares ao local da medição com a fonte sonora operando (Figura 16).



6.1 Medição a nível do solo

Medições a nível do solo devem ser adotadas quando se deseja avaliar ambientes representativos de edificações térreas.

ESCOLHA DOS PONTOS DE MEDIÇÃO

Nos casos em que se pretende realizar avaliação sonora de ruído proveniente de empreendimentos, instalações, eventos, indústrias ou equipamentos, devem ser escolhidos pontos de medição em áreas

habitadas vizinhas ao empreendimento. A [Figura 17](#) exibe um exemplo de seleção de pontos de medição.

Deve-se evitar locais próximos a fontes sonoras alheias à operação da fonte objeto de avaliação, tais como: vias de tráfego urbano intenso, áreas já degradadas acusticamente, pontos de ônibus, lombadas, buracos ou defeitos nas vias, ou demais características pontuais que venham a interferir no nível de pressão sonora a ser medido.

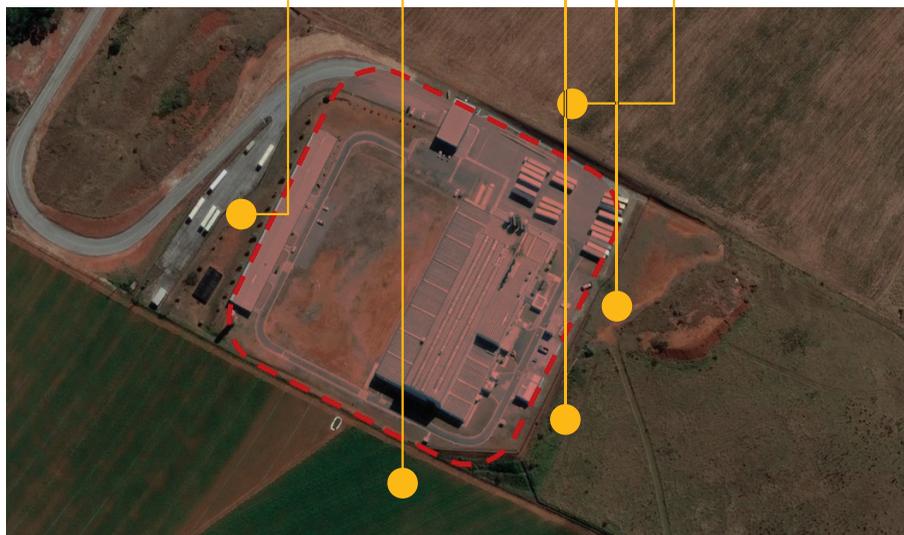
FIGURA 17
EXEMPLO
DE ESCOLHA
DE PONTOS
DE MEDIÇÃO
EM ÁREAS
HABITADAS



Caso não existam áreas habitadas próximas à fonte sonora objeto de avaliação, as medições podem ser realizadas em áreas próximas ao empreendimento, como em seu entorno, por exemplo (ver [Figura 18](#)).

FIGURA 18

EXEMPLO DE ESCOLHA DE PONTOS DE MEDIÇÃO EM ÁREAS NÃO HABITADAS



A norma não estabelece a distância mínima em relação à divisa do empreendimento. Entretanto, o ponto de medição deve situar-se o mais próximo possível do empreendimento, desde que não fique na sombra acústica de um muro, por exemplo. As medições não podem ser realizadas dentro da área do empreendimento objeto de avaliação.

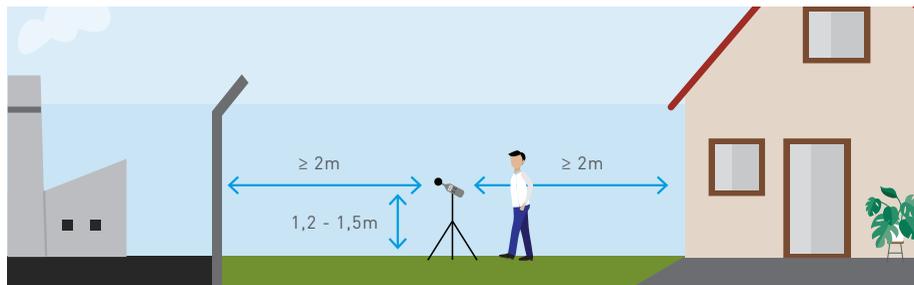
Para fins de planejamento urbano, as medições devem ser realizadas preferencialmente em áreas e vias públicas, como praças, calçadas e margem dos sistemas viários.

POSICIONAMENTO DO MICROFONE

O posicionamento do microfone deve seguir as seguintes diretrizes ilustradas na [Figura 19](#):

- O microfone deve ser posicionado a uma distância de pelo menos 2 m de paredes, muros, veículos ou outros objetos que possam refletir ondas sonoras.
- A altura do microfone deve estar preferencialmente entre 1,2 e 1,5 m do solo. Porém em situações específicas, o microfone deve ser posicionado em alturas superiores (ver [Figura 21](#)). Nestes casos, a altura utilizada deve ser informada no relatório.

FIGURA 19
MEDIÇÃO A NÍVEL
DO SOLO



6.2 Medição na fachada da edificação

Medições em fachadas de uma edificação devem ser realizadas quando se deseja avaliar ambientes em pavimentos superiores em edificações multipisos.

ESCOLHA DOS PONTOS DE MEDIÇÃO

A medição deve ser realizada na fachada do receptor mais próximo ou potencial reclamante. Em caso de reclamação a medição deve ser realizada na fachada do ambiente de maior incômodo.

O microfone deve ser posicionado a uma distância igual ou superior a 1 m da fachada, com a janela aberta, utilizando uma das seguintes formas:

- com auxílio de uma haste extensora (Figura 20)
- com auxílio de um tripé/haste posicionado no lado externo, caso não seja possível acessar o pavimento superior para realização da medição na fachada (Figura 21)
- com o braço esticado para fora da janela – embora a Norma permita, a CETESB e a ProAcústica não recomendam este método, pois nesta condição não é possível visualizar a evolução dos níveis sonoros que estão sendo mostrados no visor do instrumento, assim como risco de queda do instrumento.

FIGURA 20
MEDIÇÃO NA
FACHADA
COM HASTE
EXTENSORA

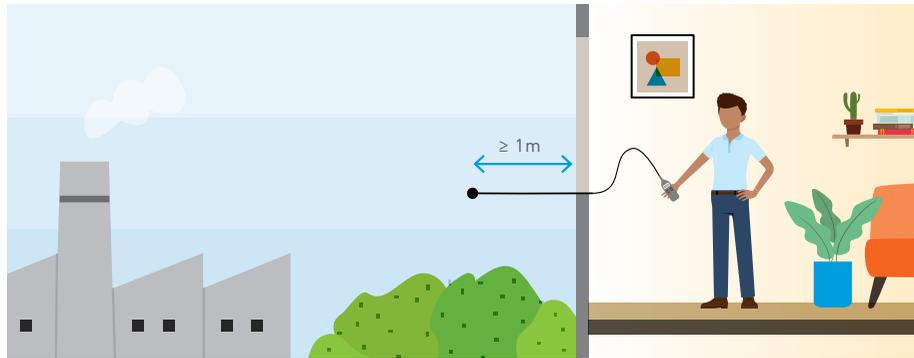
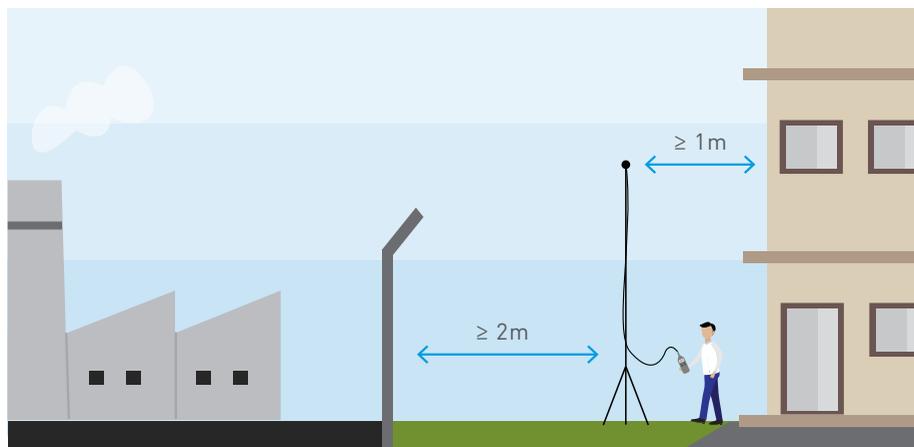


FIGURA 21
MEDIÇÃO DO
LADO EXTERNO
DA FACHADA



6.3 Métodos de avaliação

De acordo com as características da fonte sonora avaliada, podem ser utilizados dois métodos de avaliação:

■ Avaliação pelo método simplificado

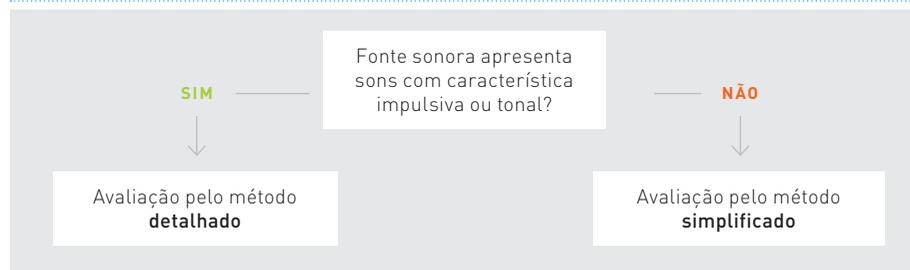
Aplicada apenas para fontes sonoras que apresentam sons contínuos ou intermitentes.

■ Avaliação pelo método detalhado

Aplicada quando a fonte sonora apresenta sons com característica impulsiva ou tonal.

Para medições em ambiente externo a avaliação dos resultados é realizada pela comparação dos valores obtidos em cada um dos pontos de medição com os limites RL_{Aeq} da [Tabela 4](#).

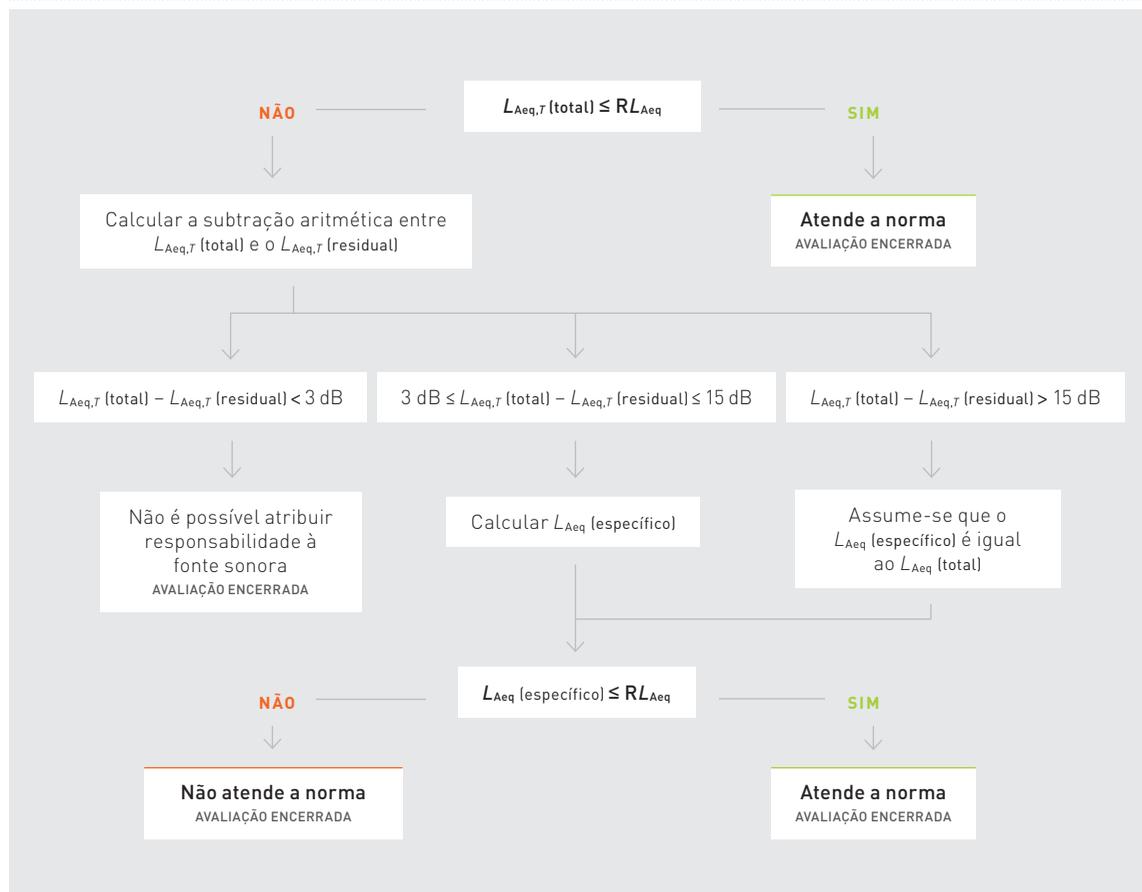
FLUXOGRAMA 2 - MÉTODO A UTILIZAR DE ACORDO COM AS CARACTERÍSTICAS DA FONTE SONORA



6.4 Avaliação pelo método simplificado

O [Fluxograma 3](#) ilustra as principais etapas para realização da avaliação conforme o método simplificado. Em seguida, o procedimento será detalhado em forma de texto.

FLUXOGRAMA 3 - AVALIAÇÃO PELO MÉTODO SIMPLIFICADO



O método simplificado somente pode ser utilizado quando a fonte sonora não apresentar características impulsivas ou componentes tonais.

Os níveis medidos ou calculados utilizados para comparação com os limites de RL_{Aeq} devem ser arredondados somente na etapa de comparação, para o inteiro mais próximo. Quando a casa decimal for 0,5 deve-se arredondar para cima.

Pelo método simplificado a norma estabelece que a avaliação seja realizada inicialmente pela comparação direta entre o nível $L_{Aeq,T}(total)$ medido com os limites RL_{Aeq} da [Tabela 4](#). O nível medido é considerado aceitável quando for menor ou igual ao limite estabelecido na [Tabela 4](#).

Porém, o que fazer quando o valor de $L_{Aeq,T}(total)$ exceder os limites?

Como na primeira avaliação o $L_{Aeq,T}(total)$ excedeu os limites, o próximo passo é obter o Nível de Pressão Sonora (NPS) do som específico (som emitido exclusivamente pela fonte) para comparação com o limite RL_{Aeq} . Isto é realizado por meio da subtração logarítmica entre o som total e o som residual. Porém, dependendo do nível de influência do som residual no som total, não é possível realizar este cálculo.

Para verificar este nível de influência, deve-se calcular a diferença aritmética entre o $L_{Aeq,T}(total)$ e o $L_{Aeq,T}(residual)$. Neste processo podem existir 3 diferentes situações:

■ Situação 1: Quando a diferença aritmética entre o $L_{Aeq,T}(total)$ e o $L_{Aeq,T}(residual)$ for menor que 3 dB

$$L_{Aeq,T}(total) - L_{Aeq,T}(residual) < 3 \text{ dB}$$

Neste caso, não é possível determinar com exatidão o NPS do som específico. Recomenda-se informar no relatório que "não é possível atribuir responsabilidade à fonte sonora objeto de avaliação pelos níveis sonoros medidos".

Caso ocorra a Situação 1, deve-se certificar que a medição foi realizada na condição de menor interferência do som residual, conforme Anexo C de boas práticas.

- **Situação 2:** Quando a diferença aritmética entre o $L_{Aeq,T}$ (total) e o $L_{Aeq,T}$ (residual) se situar entre 3 e 15 dB

$$3 \text{ dB} \leq L_{Aeq,T}(\text{total}) - L_{Aeq,T}(\text{residual}) \leq 15 \text{ dB}$$

Nesse caso, deve-se calcular o L_{Aeq} (específico) conforme a equação:

$$L_{esp} = 10 \log_{10} \left(10^{\frac{L_{tot}}{10}} - 10^{\frac{L_{res}}{10}} \right)$$

L_{esp} é o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A do som específico [L_{Aeq} (específico)];

L_{tot} é o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A do som total [$L_{Aeq,T}$ (total)];

L_{res} é o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A do som residual [$L_{Aeq,T}$ (residual)].

- **Situação 3:** Quando a diferença aritmética entre o $L_{Aeq,T}$ (total) e o $L_{Aeq,T}$ (residual) for maior do que 15 dB

$$L_{Aeq,T}(\text{total}) - L_{Aeq,T}(\text{residual}) > 15 \text{ dB}$$

Nesse caso assume-se que o L_{Aeq} (específico) é igual ao $L_{Aeq,T}$ (total), por se considerar que o som específico é completamente predominante e o som residual é desprezível.

Após a obtenção do L_{Aeq} (específico) – a partir das situações 2 ou 3 – deve-se realizar a comparação do L_{Aeq} (específico) com os valores

limites RL_{Aeq} da norma. Caso o valor do L_{Aeq} (específico) seja igual ou menor que os valores limites RL_{Aeq} , conclui-se que há atendimento à norma. Caso contrário, os níveis sonoros emitidos pela fonte sonora objeto de avaliação ultrapassam os limites estabelecidos pela norma ABNT NBR 10151:2019.

6.5 Avaliação pelo método detalhado

O Fluxograma 4 ilustra as principais etapas para realização da avaliação conforme o método detalhado. A seguir, o procedimento será detalhado em forma de texto.

Pelo método detalhado, devido a presença de características impulsivas e/ou tonais na fonte sonora avaliada, o $L_{Aeq,T}(\text{total})$ medido não pode ser comparado diretamente com os limites RL_{Aeq} . Neste caso, deve-se verificar se há a necessidade de aplicação de penalidades aos níveis sonoros medidos. Para isto, utiliza-se o descritor L_R (nível corrigido) que é obtido de acordo com a equação a seguir. A avaliação é então realizada pela comparação entre L_R com os limites da Tabela 4.

$$L_R = L_{Aeq,T}(\text{total}) + K_I + K_T$$

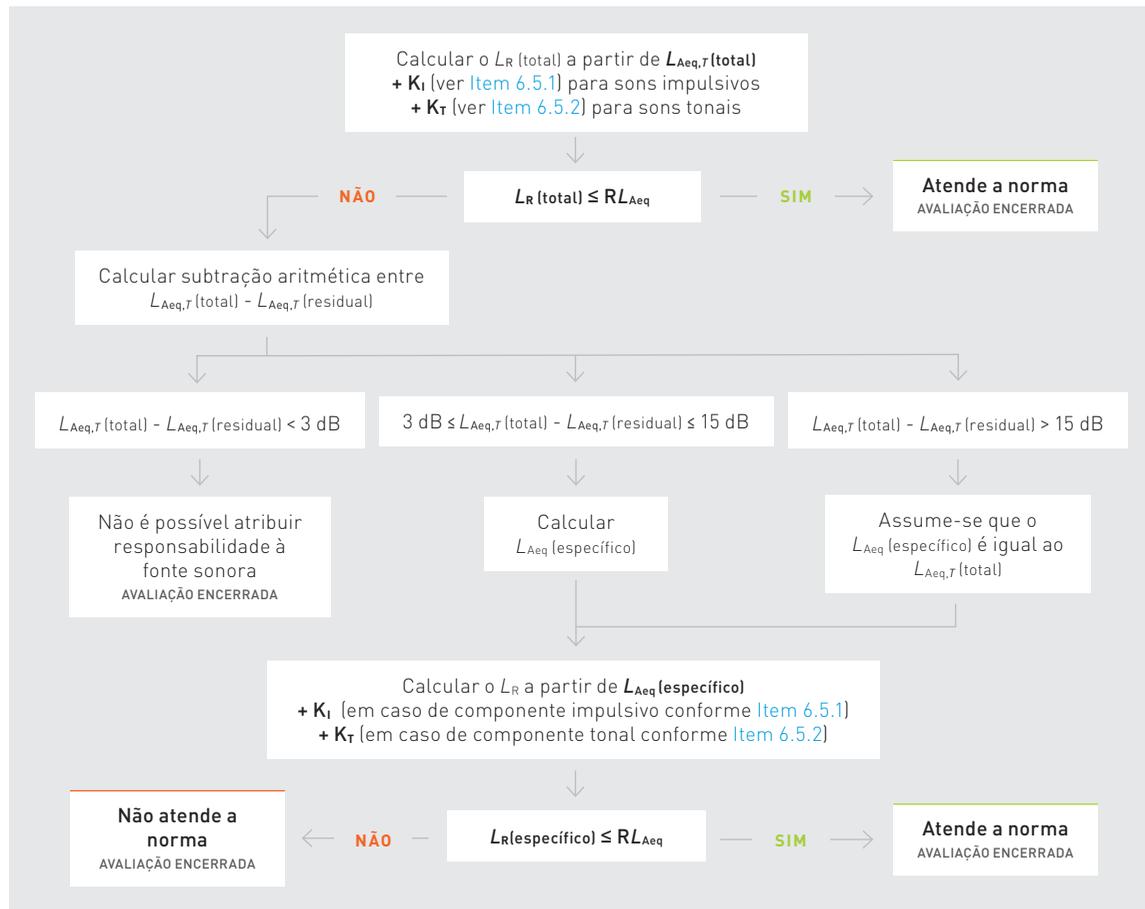
$L_{Aeq,T}(\text{total})$ é o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A do som total;

K_I é a penalização por som impulsivo;

K_T é a penalização por som tonal;

Caso sejam identificadas impulsividade e tonalidade na mesma medição, ambas correções devem ser aplicadas.

FLUXOGRAMA 4 - AVALIAÇÃO PELO MÉTODO DETALHADO



É obrigatório utilizar o método detalhado sempre que a fonte sonora apresentar características impulsivas e/ou componentes tonais.

Os níveis medidos ou calculados utilizados para comparação com os limites de RL_{Aeq} devem ser arredondados somente na etapa de comparação, para o inteiro mais próximo. Quando a casa decimal for 0,5 deve-se arredondar para cima.

6.5.1 OBTENÇÃO DE K_i (PENALIZAÇÃO POR SOM IMPULSIVO)

O som objeto de avaliação será passível desta penalização quando as seguintes condições forem atendidas:

1. A diferença entre o nível máximo de pressão sonora L_{AFmax} , decorrente do som impulsivo, deve ser igual ou superior a 6 dB em relação ao nível de pressão sonora do som total $L_{Aeq,T}$ ($L_{AFmax} - L_{Aeq,T} \geq 6$ dB)
2. O som impulsivo deve ser originário da fonte sonora objeto de avaliação (som específico) e não do som residual
3. O som deve se enquadrar na definição de som impulsivo do [Capítulo 5.5](#)

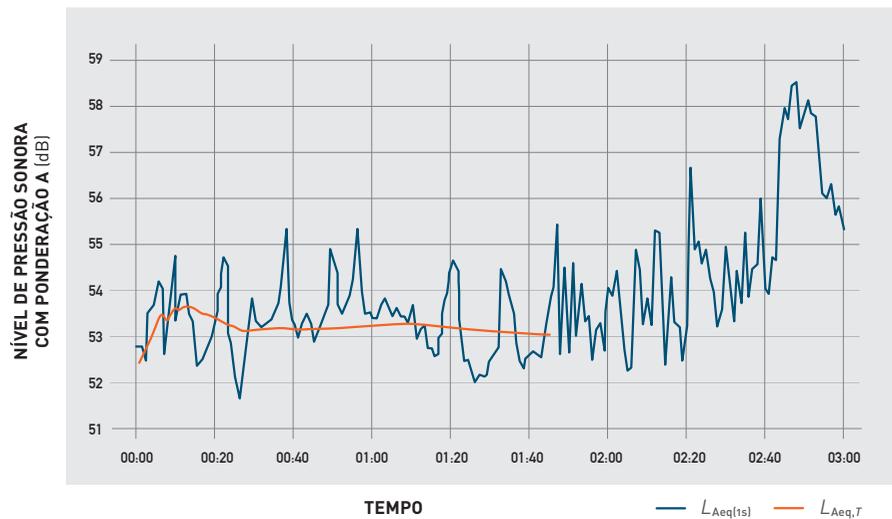
O valor de K_i só poderá ser 0 dB ou 5 dB. Caso todas as condições anteriores sejam atendidas a penalização por caracterização de som impulsivo (K_i) deve ser aplicada. Neste caso $K_i = 5$ dB, caso contrário, $K_i = 0$.

NOTA: Em trabalhos recentemente divulgados foi identificada uma interpretação para a caracterização do som impulsivo, em que adota-se o $L_{Aeq,T}$ com $T = 1$ segundo. Assim se tem a comparação entre $L_{Aeq,1s}$ com o L_{AFmax} deste mesmo segundo, no momento da ocorrência do som impulsivo, sendo que para caracterizar o som impulsivo a equação será $L_{AFmax} - L_{Aeq,1s} \geq 6$ dB. A ProAcústica e a CETESB julgam que este método pode deixar de caracterizar sons impulsivos que ocorrem na prática e por esse motivo não recomendam a utilização desse método e sim o método apresentado no presente manual.

A caracterização de sons impulsivos pode ser realizada de maneiras diferentes, a depender dos recursos do sonômetro utilizado. A seguir alguns exemplos.

Exemplo 1:

FIGURA 22
EXEMPLO DE
MEDIÇÃO COM
CARACTERÍSTICA
DE SOM
IMPULSIVO



Neste exemplo, a fonte sonora consiste em vários equipamentos, sendo que até o minuto 01:40 um dos equipamentos apresenta sons impulsivos. Após esse tempo, esse equipamento cessa e os demais continuam em funcionamento. O $L_{Aeq,T}$ para caracterização do som impulsivo deve utilizar o tempo de integração até 01:40, pois após esse tempo a fonte sonora não apresenta sons impulsivos. Isto porque os níveis não relacionados com a fonte impulsiva irão influenciar no $L_{Aeq,T}$ podendo interferir na detecção da componente impulsiva. Por esse motivo recomenda-se evitar incluir no tempo de integração eventos que não são representativos da fonte impulsiva.

Vale ressaltar que durante o tempo de integração do som impulsivo (no caso desse exemplo até 01:40) deve-se evitar sons intrusivos que

possam contribuir a não identificação da componente impulsiva característica da fonte. Deve-se atentar também que o L_{AFmax} deve ser proveniente do som impulsivo da fonte em avaliação.

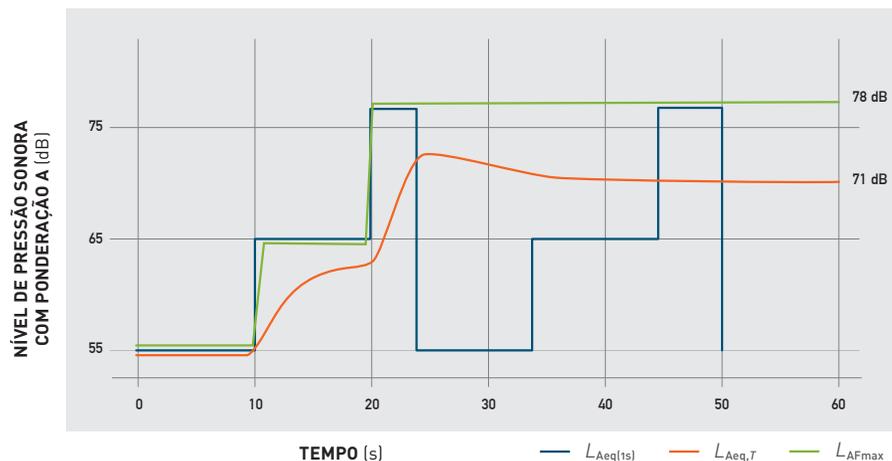
É comum pios de pássaros, latidos, batidas de portão, produzirem sons impulsivos, porém essas fontes serão consideradas sons intrusivos, que devem ser descartados das medições.

Para sons residuais não se aplicam correções devido a sons impulsivos e tonais.

Exemplo 2:

Abaixo é demonstrado um exemplo de medição.

FIGURA 23
EXEMPLO DE
MEDIÇÃO



Para esse exemplo, se tomarmos o $T = 50s$ (o tempo total da medição) teremos $L_{Aeq,T} = 71$ dB e $L_{AF,max} = 78$ dB. Se para esse período aplicarmos diretamente a equação da norma $L_{AF,max} - L_{Aeq,T} \geq 6$ dB, haverá a indicação de som impulsivo. Porém, o som avaliado não contém característica de impulsividade, pois não apresenta picos de energia com duração inferior a 1 segundo, como os sons de impacto.

A ABNT NBR 10151:2019 cita que é adotada a definição de som impulsivo estabelecida na ABNT NBR 16313:2014, que descreve como som impulsivo "som caracterizado por impulsos de pressão sonora de duração inferior a 1s".

Desta forma, verifica-se que no exemplo anterior, **não se trata de eventos impulsivos**, pois os eventos medidos não são inferiores a 1 segundo. Portanto, pode-se concluir que não se deve penalizar por impulsividade, visto que não há sons caracterizados por impulsos de pressão sonora.

6.5.2 OBTENÇÃO DE K_T (PENALIZAÇÃO POR SOM TONAL)

O som objeto de avaliação será passível desta penalização quando as seguintes condições forem atendidas:

- A. A componente tonal deve ser originária da fonte sonora objeto de avaliação e não do som residual.

Caso haja dúvida se a componente tonal é originária do som residual e não da fonte sonora objeto de avaliação, recomenda-se verificar se o nível sonoro do som total na banda de frequência em questão é superior ou igual a 3 dB em relação ao nível sonoro do som residual, na mesma banda.

- B.** Verificar para cada banda de frequência de 1/3 de oitava do som total, se o nível de pressão sonora na banda analisada, excede os níveis das duas bandas adjacentes (bandas anterior e posterior), seguindo os critérios da [Tabela 5](#) a seguir.

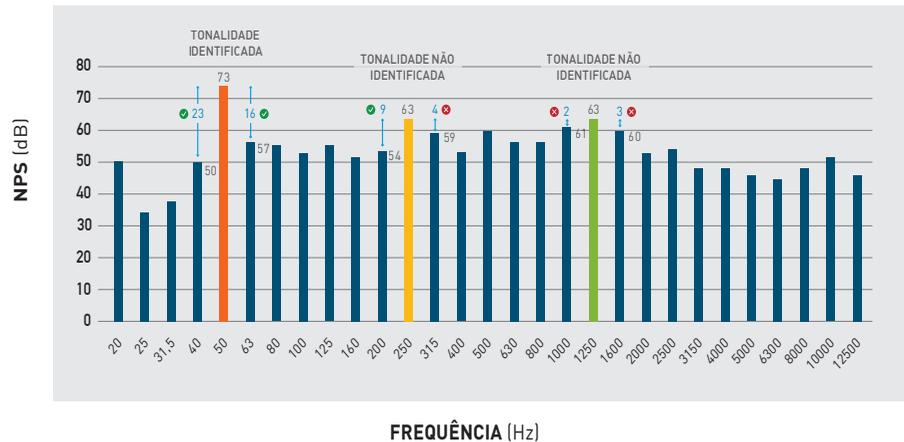
TABELA 5 - CARACTERIZAÇÃO DE SOM TONAL	
BANDA DE 1/3 DE OITAVA DE INTERESSE	DIFERENÇA ARITMÉTICA ENTRE O $L_{Zeq,T,f Hz (1/3)}$ DA BANDA DE INTERESSE E O $L_{Zeq,T,f Hz (1/3)}$ DE CADA BANDA ADJACENTE
25 a 125 Hz	≥ 15 dB
160 a 400 Hz	≥ 8 dB
500 a 10.000 Hz	≥ 5 dB

Caso seja caracterizada a presença de som tonal a penalização (K_T) deve ser aplicada. Neste caso $K_T = 5$ dB, caso contrário, $K_T = 0$.

NOTA: A penalização por som tonal ($K_T = 5$ dB) é fixa e não se altera mesmo que seja identificado som tonal em mais de uma banda de frequência.

Exemplos:

FIGURA 24
EXEMPLO DE
CARACTERIZAÇÃO
DE SOM TONAL



■ Banda de 50 Hz

Foi identificado som tonal nesta banda, pois a diferença do nível de pressão sonora em relação às bandas adjacentes (40 Hz e 63 Hz) é superior a 15 dB.

■ Banda de 250 Hz

Não foi identificado som tonal nesta banda, pois apesar da diferença do nível de pressão sonora da banda adjacente inferior (200 Hz) ser maior que 8 dB, a diferença do nível de pressão sonora com relação à outra banda adjacente posterior (315 Hz) é menor que 8 dB.

■ Banda de 1250 Hz

Não foi identificado som tonal nesta banda, pois a diferença entre o nível de pressão sonora em relação a ambas as bandas adjacentes (1000 Hz e 1600 Hz) é inferior a 5 dB.

6.5.3 DETERMINAÇÃO DO NÍVEL L_R

$$L_R = L_{Aeq,T}(\text{total}) + K_I + K_T$$

$L_{Aeq,T}(\text{total})$ é o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A do som total;

K_I é a penalização por som impulsivo;

K_T é a penalização por som tonal;

De maneira análoga ao método simplificado, inicialmente realiza-se a comparação do nível corrigido L_R calculado a partir do $L_{Aeq,T}(\text{total})$ com os limites RL_{Aeq} da [Tabela 4](#). Considera-se aceitável o resultado do L_R quando este for menor ou igual ao estabelecido na [Tabela 4](#).

Porém, o que fazer quando o valor de L_R calculado a partir do $L_{Aeq,T}(\text{total})$ exceder os limites?

Quando o L_R calculado a partir do $L_{Aeq,T}(\text{total})$ exceder os limites, o próximo passo é calcular o L_R a partir do L_{Aeq} (específico) para nova comparação com os limites RL_{Aeq} . O L_{Aeq} (específico), por sua vez, é obtido por meio da subtração logarítmica entre o $L_{Aeq,T}(\text{total})$ e o $L_{Aeq,T}$ (residual). Porém, dependendo do nível de influência do som residual no som total, não é possível realizar este cálculo.

Para verificar este nível de influência, deve-se calcular a diferença aritmética entre o $L_{Aeq,T}(\text{total})$ e o $L_{Aeq,T}$ (residual). Neste processo podem existir 3 diferentes situações:

- **Situação 1:** Quando a diferença aritmética entre o $L_{Aeq,T}$ (total) e o $L_{Aeq,T}$ (residual) for menor que 3 dB.

$$L_{Aeq,T} \text{ (total)} - L_{Aeq,T} \text{ (residual)} < 3 \text{ dB}$$

Neste caso, não é possível determinar com exatidão o $L_{Aeq,T}$ (específico). Recomenda-se informar no relatório que “não é possível atribuir responsabilidade à fonte sonora objeto de avaliação pelos níveis sonoros medidos”.

Caso ocorra esta situação, deve-se certificar que a medição foi realizada na condição de menor interferência do som residual, conforme Anexo C de boas práticas.

- **Situação 2:** Quando a diferença aritmética entre o $L_{Aeq,T}$ (total) e o $L_{Aeq,T}$ (residual) se situar entre 3 e 15 dB

$$3 \text{ dB} \leq L_{Aeq,T} \text{ (total)} - L_{Aeq,T} \text{ (residual)} \leq 15 \text{ dB}$$

Quando a diferença aritmética entre o $L_{Aeq,T}$ (total) e o $L_{Aeq,T}$ (residual) se situar entre 3 e 15 dB, deve-se calcular o $L_{Aeq,T}$ (específico) conforme a equação a seguir:

$$L_{esp} = 10 \log_{10} \left(10^{\frac{L_{tot}}{10}} - 10^{\frac{L_{res}}{10}} \right)$$

L_{esp} é o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A do som específico [L_{Aeq} (específico)];

L_{tot} é o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A do som total [$L_{Aeq,T}$ (total)];

L_{res} é o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A do som residual [$L_{Aeq,T}$ (residual)].

■ **Situação 3: Quando a diferença aritmética entre o $L_{Aeq,T}$ (total) e o $L_{Aeq,T}$ (residual) for maior do que 15 dB.**

$$L_{Aeq,T} \text{ (total)} - L_{Aeq,T} \text{ (residual)} > 15 \text{ dB}$$

Neste caso, assume-se que o L_{Aeq} (específico) é igual ao $L_{Aeq,T}$ (total), por se considerar que o ruído residual é desprezível.

Após a obtenção do L_{Aeq} (específico) – a partir dos casos 2 ou 3 – deve-se calcular o L_R a partir do som específico, conforme a equação a seguir:

$$L_R \text{ (específico)} = L_{Aeq} \text{ (específico)} + K_I + K_T$$

L_{Aeq} (específico) é o nível de pressão sonora contínuo equivalente ponderada em A;

K_I é a penalização por som impulsivo;

K_T é a penalização por som tonal;

Então, realiza-se a comparação do L_R calculado a partir do $L_{Aeq,T}$ (específico) com os valores limites RL_{Aeq} da [Tabela 4](#). Caso o valor de L_R seja igual ou menor que os valores limites RL_{Aeq} , conclui-se que há atendimento à norma. Caso contrário, os níveis sonoros emitidos pela fonte sonora objeto de avaliação ultrapassam os limites estabelecidos.

7

MEDIÇÃO E AVALIAÇÃO EM AMBIENTE INTERNO

*Procedimentos para medição de transmissão
sonora por via aérea ou por via estrutural*



A seguir estão listadas as principais etapas para realização das medições em ambiente interno e sua avaliação. As etapas serão detalhadas ao longo deste capítulo.

1. Definição do tipo de transmissão sonora: por via aérea ou por via estrutural
2. Escolha do ambiente de medição
3. Determinação do número de pontos de medição no recinto
4. Posicionamento do microfone e ajuste do sonômetro
5. Medição do som total e do som residual
6. Avaliação dos resultados

TIPOS DE TRANSMISSÃO SONORA

Existem dois tipos de avaliações acústicas internas a depender do tipo de transmissão sonora entre a fonte objeto de avaliação e o receptor:

■ Transmissão sonora por via aérea

Aquela proveniente do ambiente externo atingindo o receptor, normalmente através da fachada. Esta metodologia só deverá ser utilizada na impossibilidade de realizar medições externas (ao nível do solo ou na fachada).

■ Transmissão sonora por via estrutural

Quando a propagação sonora se dá pela estrutura da edificação do receptor.

FIGURA 25
TRANSMISSÃO
SONORA VIA
AÉREA E VIA
ESTRUTURAL



Se houver dúvida se o tipo de transmissão sonora em um ambiente é aérea ou estrutural, uma dica é escutar o ruído no recinto com a janela aberta e também fechada.

Se o ruído com a janela aberta for mais perceptível que com a janela fechada, provavelmente a transmissão sonora é por via aérea.

Se o ruído com a janela fechada for mais perceptível do que com a janela aberta, provavelmente a transmissão sonora é por via estrutural.

7.1 Planejamento da medição: aspectos gerais

Os aspectos gerais são aplicados tanto para situações de transmissão sonora por via aérea, quanto para situações de transmissão sonora por via estrutural.

Escolha do recinto para realização da medição: as medições devem ser realizadas, preferencialmente, em ambientes de permanência

prolongada. Recomenda-se, portanto, evitar medições em locais como banheiros, corredores, lavanderias, etc.

Número de pontos de medição: determinar o número mínimo de pontos de medição necessários em função da área do ambiente, conforme os itens abaixo:

- para ambientes com áreas menores ou iguais a 30 m² são necessários no mínimo 3 pontos de medição;
- para ambientes com áreas superiores a 30 m², acrescenta-se 1 ponto de medição a cada 30 m² adicionais.

TABELA 6
NÚMERO MÍNIMO
DE PONTOS
NECESSÁRIOS EM
FUNÇÃO DA ÁREA
DO AMBIENTE

ÁREA DO AMBIENTE	Nº MÍNIMO DE PONTOS NECESSÁRIOS
Até 30 m ²	3
31 - 60 m ²	4
61 a 90 m ²	5
91 a 120 m ²	6
...	...

NOTA: Caso o técnico responsável pelas medições julgue necessário, podem ser selecionados mais pontos de medição.

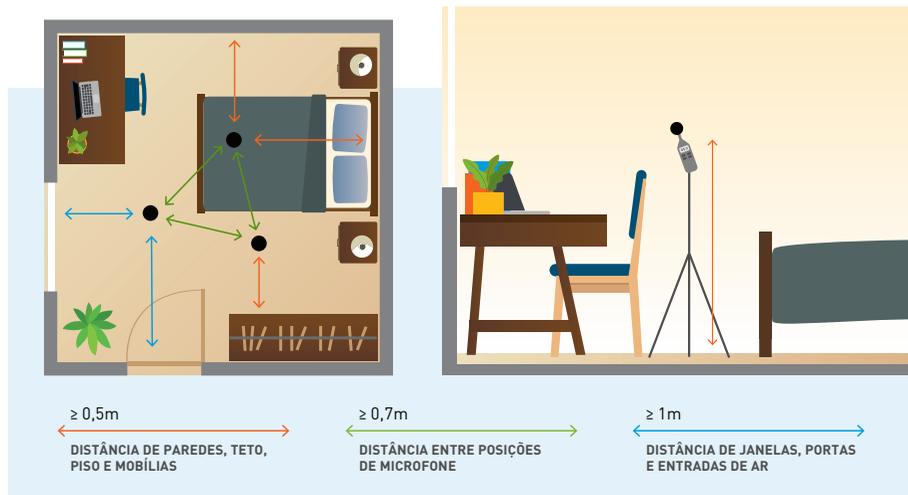
Posicionamento dos pontos de medição: devem ser observadas as seguintes diretrizes para o correto posicionamento dos pontos no recinto:

- Distribuição de pontos no recinto: os pontos devem ser distribuídos de modo a se obter uma amostra representativa do campo sonoro do ambiente em avaliação.

- Distância mínima de paredes, teto e piso, assim como do mobiliário existente no recinto (guarda-roupas, cômodas, entre outros): 0,5 m.
- Distância mínima de elementos com significativa transmissão sonora (janelas, portas ou entradas de ar): 1,0 m.
- Distância mínima entre pontos: 0,7 m.

NOTA: Para ambientes internos a norma não prevê a realização de medições quando não sejam atendidas as distâncias mínimas estabelecidas. Caso seja necessário realizar medições nestas situações, recomenda-se informar e justificar o fato no relatório.

FIGURA 26
POSICIONAMENTO
DO MICROFONE



7.2 Transmissão sonora por via aérea

Em situações de transmissão sonora por via aérea, as medições de níveis de pressão sonora devem ser realizadas com as esquadrias abertas.

DESCRITORES

Para análise pelo método simplificado, apenas o L_{Aeq} é necessário. Já pelo método detalhado são necessários os descritores: L_{Aeq} , L_{AFmax} e $L_{Zeq,T,ffHz (1/3)}$. Ver [Tabela 7](#).

TABELA 7 - DESCRITORES E APLICAÇÃO		
MÉTODO	DESCRITORES NECESSÁRIOS	APLICAÇÃO
Simplificado	L_{Aeq}	Medição de sons contínuos e intermitentes (sem a presença de sons impulsivos e sons tonais).
Detalhado	L_{Aeq} e L_{AFmax}	Quando há presença de sons impulsivos.
	L_{Aeq} e $L_{Zeq,T,ffHz (1/3)}$	Quando há presença de sons tonais.
	L_{Aeq} , L_{AFmax} e $L_{Zeq,T,ffHz (1/3)}$	Quando há presença de sons impulsivos e tonais.

NOTA: Informações mais detalhadas sobre os descritores, seleção do tempo de medição e seleção de condições representativas estão apresentadas no [Item 5.4](#).

REALIZAÇÃO DAS MEDIÇÕES

Para cada ponto selecionado, conforme [Seção 7.1](#), devem ser realizadas as seguintes medições:

1. medição do nível de pressão sonora do som total: com a fonte em operação; e

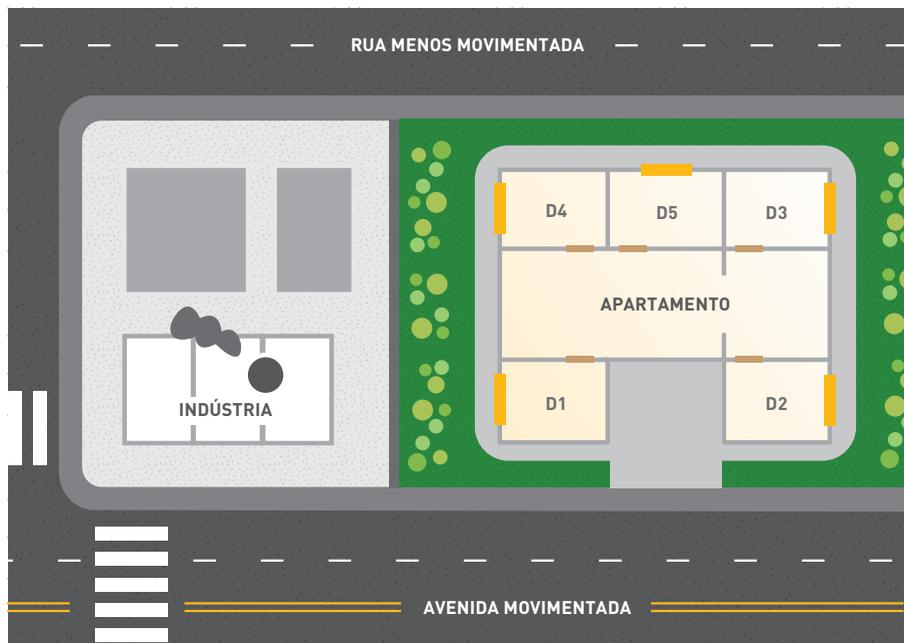
2. medição do nível de pressão sonora do som residual:
 - 2.1. com a fonte desligada; ou
 - 2.2. caso não seja possível desligar a fonte, realizar a medição em um ambiente similar, fora da influência da fonte sonora. Vide exemplo abaixo:

No exemplo demonstrado na [Figura 27](#), a medição do NPS do som total foi realizada no Dormitório 1 (D1). Como a indústria não pode ser desligada, não é possível realizar as medições de NPS do som residual no mesmo cômodo. Desta forma, uma opção é realizar esta medição em recinto similar, que possuam um ruído residual próximo ao do Dormitório 1 e que não sofra influência do ruído gerado pela indústria. Analisando a figura temos 4 opções: Dormitório 2 (D2), Dormitório 3 (D3), Dormitório 4 (D4) e Dormitório 5 (D5).

Dormitório 2: O Dormitório 2 se encontra na fachada oposta à indústria, logo não sofre influência do ruído gerado pela mesma. Além disso, o Dormitório 2 se encontra à mesma distância do Dormitório 1 em relação a avenida movimentada, portanto, apresentará um som residual similar ao do Dormitório 1. Neste caso o Dormitório 2 pode ser utilizado para medição som residual.

Dormitório 3: Este dormitório se encontra na fachada oposta à indústria, logo não sofre influência do ruído gerado pela mesma. Entretanto, o Dormitório 3 se encontra mais distante da avenida movimentada e mais próximo da rua menos movimentada, logo o som residual será menor do que no Dormitório 1. Neste caso o Dormitório 3 não pode ser utilizado para medição som residual.

FIGURA 27
MEDIÇÃO DE
NPS QUANDO
NÃO É POSSÍVEL
DESLIGAR A
FONTE SONORA



Dormitório 4: Este dormitório se encontra na mesma fachada do Dormitório 1, logo sofre influência do ruído gerado pela indústria. Além disso, o Dormitório 4 se encontra mais distante da avenida movimentada e mais próximo da rua menos movimentada, logo o som residual será menor do que no Dormitório 1. Neste caso o Dormitório 4 não pode ser utilizado para medição som residual.

Dormitório 5: Este dormitório não sofre influência do ruído gerado pela indústria. Entretanto, o Dormitório 5 se encontra na fachada voltada para a rua menos movimentada, logo o som residual será menor do que

no Dormitório 1. Neste caso o Dormitório 5 não pode ser utilizado para medição do som residual.

Portanto o único dormitório que pode ser utilizado para a realização de medições de NPS do som residual é o Dormitório 2.

Após realizadas as medições, dá-se início ao processo de análise dos dados e avaliação dos resultados. A avaliação poderá ser realizada pelo método simplificado ou detalhado conforme as medições realizadas.

CONCEITO DA AVALIAÇÃO

Inicialmente, é importante entender o conceito da avaliação quando são realizadas medições em ambientes internos.

Os níveis sonoros medidos são referentes ao ambiente interno, entretanto, os valores limites (RL_{Aeq}) de níveis de pressão sonora, estabelecidos na [Tabela 4](#), são referentes a níveis de pressão sonora para ambientes **externos**.

Logo, não é possível comparar diretamente os valores medidos internamente com os limites da norma.

Precisamos então, realizar algumas correções nos valores medidos no ambiente interno de forma a estimar o ruído no ambiente externo.

É por este motivo, que deve ser priorizada a realização de medições em ambientes externos. Desta forma, a avaliação será realizada diretamente com valores medidos e não com valores estimados.

A norma traz equações para realizar esta estimativa que serão abordadas a seguir.

AVALIAÇÃO PELO MÉTODO SIMPLIFICADO

O Fluxograma 5 ilustra as principais etapas para realização da avaliação conforme o método simplificado. A seguir, o procedimento será detalhado em forma de texto.

Após realizar as medições nos n pontos distribuídos no ambiente, com a fonte sonora objeto de avaliação funcionando (NPS do som total) e desligada (NPS do som residual), pode-se iniciar a etapa de avaliação dos resultados.

Como ponto de partida temos n medições de som total e n medições de som residual.

Inicialmente é necessário obter um nível global interno representativo do recinto avaliado para o som total e o som residual. O nível de pressão sonora global representativo do recinto é obtido pela média logarítmica dos níveis sonoros das medições realizadas em cada ponto, conforme equação a seguir:

$$L_{int} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{n} \left(10^{\frac{L_{Aeq, T1, p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{Aeq, T2, p2}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{Aeq, Tn, pn}}{10}} \right) \right] \text{dB}$$

L_{int} é o nível de pressão sonora global representativo de um ambiente interno

FLUXOGRAMA 5 - AVALIAÇÃO PELO MÉTODO SIMPLIFICADO



O método simplificado somente pode ser utilizado quando a fonte sonora não apresentar características impulsivas ou componentes tonais.

Os níveis medidos ou calculados utilizados para comparação com os limites de RL_{Aeq} devem ser arredondados somente na etapa de comparação, para o inteiro mais próximo. Quando a casa decimal for 0,5 deve-se arredondar para cima.

Desta forma, para caracterizar o recinto em duas situações diferentes, com e sem a presença da fonte sonora objeto de avaliação, é necessário obtermos um nível global L_{int} (total) e um nível global L_{int} (residual).

No qual:

■ **L_{int} (total)**

Nível global representativo do ambiente interno com a fonte sonora ligada

■ **L_{int} (residual)**

Nível global representativo do ambiente interno com a fonte sonora desligada

Como mencionado na seção anterior, é necessário obter uma estimativa do nível de pressão sonora externo a partir do nível global representativo do ambiente interno. Este nível estimado é chamado de Nível de pressão sonora global corrigido para o ambiente externo (L_{ext}) e é calculado conforme a equação a seguir:

$$L_{ext} = L_{int} - k + 10 \text{ dB}$$

L_{int} é o nível de pressão sonora global representativo de um ambiente interno, expresso em decibel (dB);

k é o índice de reverberação, expresso em decibel (dB)

EXPLICANDO AS CORREÇÕES:

A adição de 10 dB ao L_{int} é referente a uma estimativa de isolamento acústico da fachada com a esquadria aberta. Colocando em um exemplo simples, significa dizer que se você mediu 50 dB no interior do recinto com janelas abertas, considera-se por padrão que sua fachada isole 10 dB, logo, externamente próximo* à fachada, há um NPS de 60 dB.

A subtração do valor de k (índice de reverberação) tem como objetivo corrigir a contribuição do campo reverberante do recinto às medições realizadas. Isto ocorre, pois em ambientes internos, estão presentes as emissões diretas e as geradas pelas reflexões de paredes, piso, teto e demais objetos reflexivos. Logo, o intuito desta correção é tentar estimar apenas a contribuição das emissões diretas da fonte sonora objeto de avaliação.

Para o método simplificado, são definidos o valor de $k = 0$ quando o ambiente estiver mobiliado e $k = 3$ quando o ambiente não estiver mobiliado.

Com isto é possível calcular o L_{ext} .

* Considerando que não foi referenciado pela ABNT NBR 10151 uma equação para determinar o isolamento das fachadas, entende-se que a NOTA 3 do item 9.6.2 não deve ser utilizada, devido a possibilidade de alcançar diferentes resultados.

Como foram obtidos valores dos níveis globais L_{int} (total) e L_{int} (residual), devemos calcular o L_{ext} (total) e também o L_{ext} (residual), a partir dos respectivos valores globais de L_{int} .

Pelo método simplificado a norma estabelece que a avaliação seja realizada inicialmente comparando o valor de $L_{\text{ext}}(\text{total})$ encontrado com os limites (RL_{Aeq}) da [Tabela 4](#). Considera-se aceitável o resultado do $L_{\text{ext}}(\text{total})$ quando este for menor ou igual ao estabelecido na [Tabela 4](#).

Porém, o que fazer quando o valor de $L_{\text{ext}}(\text{total})$ exceder os limites?

Como na primeira avaliação o $L_{\text{ext}}(\text{total})$ excedeu os limites, o próximo passo é obter o NPS do som específico (som emitido exclusivamente pela fonte) para comparação com os limites RL_{Aeq} . Isto é realizado por meio da subtração logarítmica entre o som total e o som residual. Porém, dependendo do nível de influência do som residual no som total, não é possível realizar este cálculo.

Para verificar este nível de influência, deve-se calcular a diferença aritmética entre o $L_{\text{ext}}(\text{total})$ e o $L_{\text{ext}}(\text{residual})$. Neste processo podem existir 3 diferentes situações:

■ Situação 1: Quando a diferença aritmética entre o $L_{\text{ext}}(\text{total})$ e o $L_{\text{ext}}(\text{residual})$ for menor que 3 dB

$$L_{\text{ext}}(\text{total}) - L_{\text{ext}}(\text{residual}) < 3 \text{ dB}$$

Neste caso, não é possível determinar com exatidão o NPS do som específico. Recomenda-se informar no relatório que “não é possível atribuir responsabilidade à fonte sonora objeto de avaliação pelos níveis sonoros medidos”.

Caso ocorra esta situação, deve-se certificar que a medição foi realizada na condição de menor interferência do som residual, conforme Anexo C de boas práticas.

- **Situação 2:** Quando a diferença aritmética entre o $L_{\text{ext}}(\text{total})$ e o $L_{\text{ext}}(\text{residual})$ se situar entre 3 e 15 dB.

$$3 \text{ dB} \leq L_{\text{ext}}(\text{total}) - L_{\text{ext}}(\text{residual}) \leq 15 \text{ dB}$$

Nesse caso, deve-se calcular o $L_{\text{ext}}(\text{específico})$ conforme a equação a seguir:

$$L_{\text{ext}}(\text{específico}) = 10 \log_{10} \left(10^{\frac{L_{\text{ext}}(\text{total})}{10}} - 10^{\frac{L_{\text{ext}}(\text{residual})}{10}} \right)$$

$L_{\text{ext}}(\text{específico})$ é o nível de pressão sonora do som específico externo

$L_{\text{ext}}(\text{total})$ é o nível de pressão sonora do som total externo

$L_{\text{ext}}(\text{residual})$ é o nível de pressão sonora do som residual externo

- **Situação 3:** Quando a diferença aritmética entre o $L_{\text{ext}}(\text{total})$ e o $L_{\text{ext}}(\text{residual})$ for maior do que 15 dB.

$$L_{\text{ext}}(\text{total}) - L_{\text{ext}}(\text{residual}) > 15 \text{ dB}$$

Neste caso, assume-se que o $L_{\text{ext}}(\text{específico})$ é igual ao $L_{\text{ext}}(\text{total})$, por se considerar que a fonte sonora é predominante e o som residual é desprezível.

Após a obtenção do L_{ext} (específico) – a partir dos casos 2 ou 3 – deve-se realizar a comparação do L_{ext} (específico) com os valores limites RL_{Aeq} da norma. Caso o valor de L_{ext} (específico) seja igual ou menor que os valores limites RL_{Aeq} , conclui-se que há atendimento à norma. Caso contrário, os níveis sonoros emitidos pela fonte sonora objeto de avaliação ultrapassam os limites estabelecidos pela norma ABNT NBR 10151:2019.

AValiação pelo método detalhado

O Fluxograma 6 ilustra as principais etapas para realização da avaliação conforme o método detalhado. A seguir, o procedimento será detalhado em forma de texto.

Assim como no método simplificado, inicialmente, deve-se calcular os níveis globais L_{int} (total) e L_{int} (residual) antes da obtenção do L_{ext} . Em seguida, deve-se verificar se haverá ou não a necessidade de penalização devido a presença de característica impulsiva e/ou tonal da fonte sonora. Finalmente, deve-se realizar o cálculo do nível corrigido L_R conforme equação a seguir:

$$L_R = L_{\text{ext}} + K_I + K_T$$

L_R é o nível corrigido;

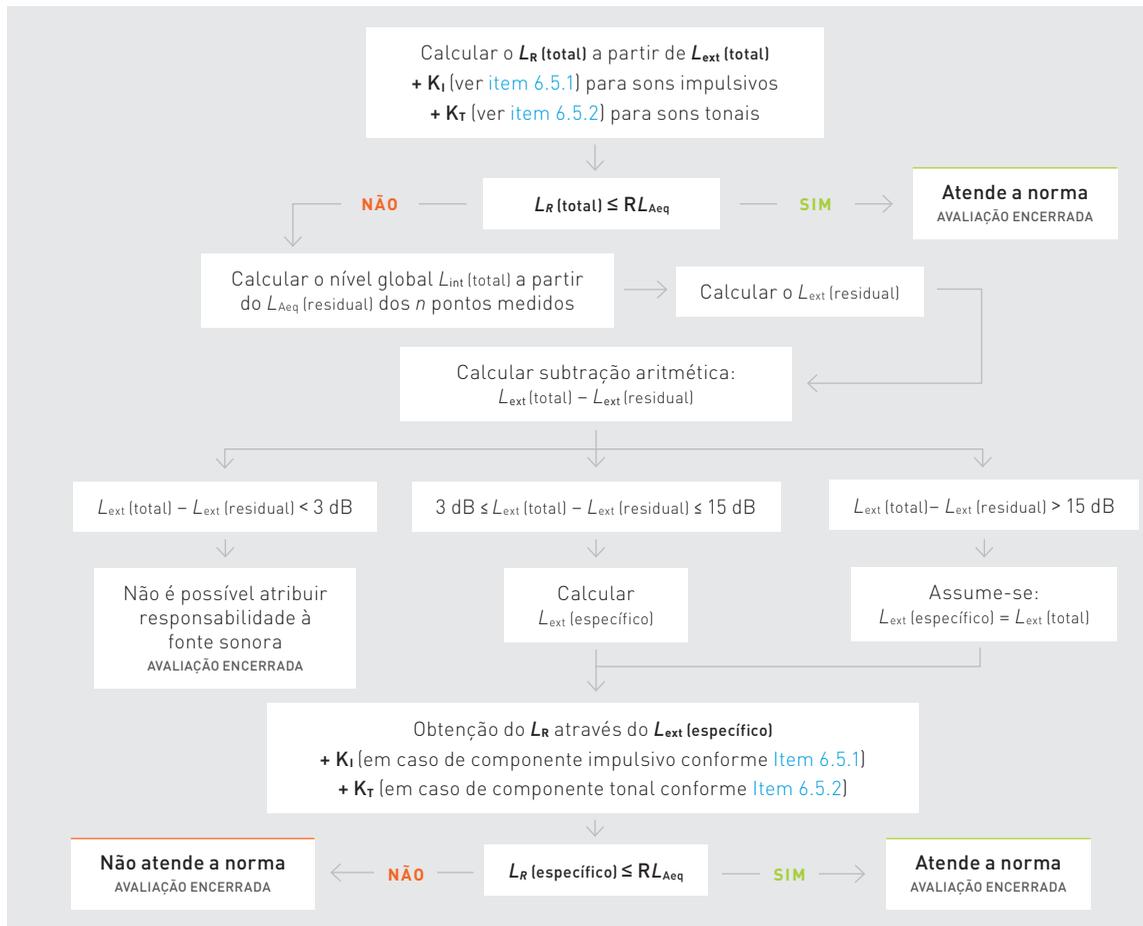
L_{ext} é o nível de pressão sonora global corrigido para o ambiente externo;

K_I é a penalização por som impulsivo;

K_T é a penalização por som tonal.

Os critérios de penalização por som impulsivo K_I e penalização por som tonal K_T são apresentados nos itens 6.5.1 e 6.5.2, respectivamente.

FLUXOGRAMA 6 - AVALIAÇÃO PELO MÉTODO DETALHADO



É obrigatório utilizar o método detalhado sempre que a fonte sonora apresentar características impulsivas e/ou componentes tonais.

Os níveis medidos ou calculados utilizados para comparação com os limites de RL_{Aeq} devem ser arredondados somente na etapa de comparação, para o inteiro mais próximo. Quando a casa decimal for 0,5 deve-se arredondar para cima.

OBTENÇÃO DO L_{ext}

Para calcular o nível de pressão sonora global corrigido para o ambiente externo L_{ext} (total) e L_{ext} (residual) basta aplicar a equação a seguir, mesma equação aplicada no método simplificado:

$$L_{ext} = L_{int} - k + 10 \text{ dB}$$

L_{int} é o nível de pressão sonora global representativo de um ambiente interno, expresso em decibel (dB);

k é o índice de reverberação, expresso em decibel (dB)

Porém, no método detalhado deve ser obtido o índice de reverberação k do recinto, conforme as Tabelas 2 e 3 da norma ABNT NBR ISO 10052.

Para facilitar o entendimento, será explicada a Tabela 3 da Norma NBR ISO 10052 com foco nas informações necessárias para aplicação da ABNT NBR 10151.

Esta tabela contém os valores de k , em dB, ponderados em A para cada tipo de recinto em função de seu volume. Além disso, apresenta valores diferentes de k para recintos mobiliados e sem mobília. Nos casos em que o recinto está mobiliado, é possível obter o índice de reverberação k diretamente da Tabela 3.

Como na maioria dos casos práticos de medições internas, os recintos estão mobiliados, apenas este caso será abordado na Tabela a seguir. No caso de recintos não mobiliados, consultar as Tabelas 2 e 3 da norma ABNT NBR 10052.

TABELA 8 - ÍNDICE DE REVERBERAÇÃO k COM PONDERAÇÃO A PARA RECINTOS MOBILIADOS

VOLUME V [m³]	$V < 15$	$15 \leq V < 35$	$35 \leq V < 60$	$60 \leq V < 150$
Cozinhas	0	0	-	-
Banheiros	0	0,5	-	-
Outros dormitórios/salas	- 0,5	0	0	0,5

NOTA: A norma ABNT NBR ISO 10052 não estabelece correção para cozinhas e banheiros para volumes superiores a 35 m³.

OBTENÇÃO DO ÍNDICE k PARA AMBIENTES NÃO MOBILIADOS:

Nos casos de ambientes sem mobília, se faz necessário utilizar a Tabela 2 antes de consultar os valores de k contidos na Tabela 3 da ABNT NBR ISO 10052.

A Tabela 2 da norma apresenta uma lista de símbolos (letras de “a” a “h”) que representam os tipos de construção utilizados no recinto. Isto é importante pois o tempo de reverberação sofre alterações dependendo dos elementos construtivos. Neste caso, deve-se seguir as orientações da ABNT NBR ISO 10052, isto é, identificar no recinto de medição os tipos de pisos e revestimentos, forros e paredes e selecionar a letra correspondente à configuração na Tabela 2.

De posse da letra que representa o tipo de construção dos elementos do recinto, selecionar na Tabela 3 o índice de reverberação k correspondente ao volume, tipo de recinto e tipologia construtiva.

OBTENÇÃO DE K_I (PENALIZAÇÃO POR SOM IMPULSIVO)

O som objeto de avaliação será passível desta penalização quando as seguintes condições forem atendidas:

1. O som impulsivo deve ser originário da fonte sonora objeto de avaliação (som específico) e não do som residual;
2. o som deve se enquadrar na definição de som impulsivo da [Seção 5.5](#);
3. a diferença entre o nível máximo de pressão sonora L_{AFmax} em relação ao nível de pressão sonora do som total $L_{Aeq,T}$ deve ser igual ou superior a 6 dB ($L_{AFmax} - L_{Aeq,T} \geq 6$ dB).

O L_{AFmax} a ser utilizado deve ser o maior valor medido entre os pontos de medição.

O $L_{Aeq,T}$ a ser utilizado é igual ao valor de L_{int} (total).

*A adoção do L_{AFmax} representativo do ambiente interno (indicado acima) foi baseado na norma ABNT NBR 10152:2017, uma vez que ABNT NBR 10151:2019 não estabelece este procedimento.

Caso todas as condições anteriores sejam atendidas a penalização por caracterização de som impulsivo (K_I) deve ser aplicada. Neste caso $K_I = 5$ dB, caso contrário, $K_I = 0$.

OBTENÇÃO DE K_T (PENALIZAÇÃO POR SOM TONAL)

O som objeto de avaliação será passível desta penalização quando as seguintes condições forem atendidas:

- A. Componente tonal deve ser originária da fonte sonora objeto de avaliação (som específico) e não do som residual.

Caso exista dúvida se a componente tonal é originária do som residual e não da fonte sonora objeto de avaliação, recomenda-se verificar se o nível sonoro do som total na banda de frequência em questão é superior ou igual a 3 dB em relação ao nível sonoro do som residual, na mesma banda.

- B. Verificar para cada banda de frequência de 1/3 de oitava do som total, se o nível de pressão sonora na banda analisada, excede os níveis das duas bandas adjacentes (bandas anterior e posterior), seguindo os critérios da tabela a seguir.

TABELA 9
CRITÉRIOS DE
AVALIAÇÃO DO
SOM TONAL

BANDA DE 1/3 DE OITAVA DE INTERESSE	DIFERENÇA ARITMÉTICA ENTRE O $L_{Zeq,T,fHz (1/3)}$ DA BANDA DE INTERESSE E O $L_{Zeq,T,fHz (1/3)}$ DE CADA BANDA ADJACENTE
25 a 125 Hz	≥ 15 dB
160 a 400 Hz	≥ 8 dB
500 a 10.000 Hz	≥ 5 dB

Caso seja caracterizada a presença de som tonal a penalização (K_T) deve ser aplicada. Neste caso $K_T = 5$ dB, caso contrário, $K_T = 0$.

Exemplo:

TABELA 10
EXEMPLO
PENALIZAÇÃO DE
SOM TONAL

FREQUÊNCIA (HZ)	SOM TOTAL	SOM RESIDUAL	K_T
800	60	58	Sim
1000	67	60	
1250	61	59	

NOTA: Existe tonalidade na banda de 1000 Hz pelo nível sonoro do som total ser 5 dB superior ao das bandas adjacentes e ser superior a 3 dB do nível sonoro residual na mesma banda.

OBTENÇÃO DO NÍVEL CORRIGIDO L_R

O próximo passo é o cálculo do L_R de acordo com a equação a seguir:

$$L_R = L_{ext} + K_I + K_T$$

Caso sejam identificadas impulsividade e tonalidade na mesma medição, ambas correções devem ser aplicadas.

AValiação PELO MÉTODO DETALHADO

De maneira análoga ao método simplificado, inicialmente realiza-se a comparação entre o nível corrigido L_R (utilizando o som total L_R (total)) e os limites RL_{Aeq} da [Tabela 4](#). Considera-se aceitável o

resultado do L_R (total) quando este for menor ou igual ao estabelecido na [Tabela 4](#), uma vez que atendem os limites estabelecidos.

Porém, o que fazer quando o valor de L_R calculado a partir do $L_{Aeq,T}$ (total) exceder os limites?

Quando o L_R calculado a partir do $L_{Aeq,T}$ (total) exceder os limites, o próximo passo é calcular o L_R a partir do $L_{Aeq,T}$ (específico) para nova comparação com os limites RL_{Aeq} . O $L_{Aeq,T}$ (específico) por sua vez, é obtido por meio da subtração logarítmica entre o $L_{Aeq,T}$ (total) e o $L_{Aeq,T}$ (residual). Porém, dependendo do nível de influência do som residual no som total, não é possível realizar este cálculo.

Para verificar este nível de influência, deve-se calcular a diferença aritmética entre o L_{ext} (total) e o L_{ext} (residual). Neste processo podem existir 3 diferentes situações:

■ Situação 1: Quando a diferença aritmética entre o L_{ext} (total) e o L_{ext} (residual) for menor que 3 dB.

$$L_{ext} \text{ (total)} - L_{ext} \text{ (residual)} < 3 \text{ dB}$$

Neste caso, não é possível determinar com exatidão o L_{ext} (específico). Recomenda-se informar no relatório que “não é possível atribuir responsabilidade à fonte sonora objeto de avaliação pelos níveis sonoros medidos”.

Caso ocorra esta situação, deve-se certificar que a medição foi realizada na condição de menor interferência do som residual, conforme Anexo C de boas práticas.

- **Situação 2: Quando a diferença aritmética entre o $L_{\text{ext}}(\text{total})$ e o $L_{\text{ext}}(\text{residual})$ se situar entre 3 e 15 dB.**

$$3 \text{ dB} \leq L_{\text{ext}}(\text{total}) - L_{\text{ext}}(\text{residual}) \leq 15 \text{ dB}$$

Quando a diferença aritmética entre o $L_{\text{ext}}(\text{total})$ e o $L_{\text{ext}}(\text{residual})$ se situar entre 3 e 15 dB, deve-se calcular o $L_{\text{ext}}(\text{específico})$ conforme a equação a seguir:

$$L_{\text{ext}}(\text{específico}) = 10 \log_{10} \left(10^{\frac{L_{\text{ext}}(\text{total})}{10}} - 10^{\frac{L_{\text{ext}}(\text{residual})}{10}} \right)$$

$L_{\text{ext}}(\text{específico})$ é o nível de pressão sonora do som específico externo

$L_{\text{ext}}(\text{total})$ é o nível de pressão sonora do som total externo

$L_{\text{ext}}(\text{residual})$ é o nível de pressão sonora do som residual externo

- **Situação 3: Quando a diferença aritmética entre o $L_{\text{ext}}(\text{total})$ e o $L_{\text{ext}}(\text{residual})$ for maior do que 15 dB**

$$L_{\text{ext}}(\text{total}) - L_{\text{ext}}(\text{residual}) > 15 \text{ dB}$$

Neste caso, assume-se que o $L_{\text{ext}}(\text{específico})$ é igual ao $L_{\text{ext}}(\text{total})$, por se considerar que o ruído residual é desprezível.

Após a obtenção do $L_{\text{ext}}(\text{específico})$, a partir dos casos 2 ou 3, deve-se calcular o $L_R(\text{específico})$ conforme a equação a seguir:

$$L_R = L_{\text{ext}} + K_I + K_T$$

Então, realiza-se a comparação do L_R calculado a partir do $L_{\text{ext}}(\text{específico})$ com os valores limites RL_{Aeq} da [Tabela 4](#). Caso o valor de $L_R(\text{específico})$ seja igual ou menor que o valor limite RL_{Aeq} , conclui-se que

há atendimento à norma. Caso contrário, os níveis sonoros emitidos pela fonte sonora objeto de avaliação ultrapassam os limites estabelecidos pela norma ABNT NBR 10151:2019.

7.3 Transmissão sonora por via estrutural

Em situações de transmissão sonora por vibrações via estrutura, de uma mesma edificação ou entre edificações vizinhas, as medições de níveis de pressão sonora devem ser realizadas com as esquadrias fechadas.

DESCRITORES

Para esta análise utiliza-se o descritor $L_{Zeq,T,fHz (1/1)}$.

Estes níveis podem ser medidos diretamente em bandas de frequência de 1/1 de oitava, ou obtidos pela soma logarítmica dos níveis de pressão sonora medidos nas três bandas de frequências de 1/3 de oitava, que compõe a banda de frequência de 1/1 de oitava em questão.

Para cada ponto selecionado, conforme [Seção 7.1](#), devem ser realizadas as seguintes medições:

1. Medição do nível de pressão sonora do som total: com a fonte em operação; e
2. Medição do nível de pressão sonora do som residual com a fonte desligada. Caso não seja possível desligar a fonte sonora

realizar a medição em um ambiente similar fora da influência da fonte sonora em questão.

CONCEITO DA AVALIAÇÃO E CURVA NC

Deve-se avaliar a conformidade das medições, considerando seus valores espectrais em bandas de frequência de 1/1 de oitava, por meio das curvas NC, comparando o valor da curva NC do som específico com o valor da curva NC do som residual.

Na avaliação pelas curvas NC não são utilizados os limites da Tabela 3 da ABNT NBR 10151:2019 para verificação de conformidade.

Dados de entrada:

Uma vez realizadas as medições do som total e do som residual nos n pontos previamente definidos, teremos:

- n medições $L_{Zeq,T,fHz (1/1)}$ do som total para as bandas de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 250Hz, 500Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz e 8000 Hz.
- n medições $L_{Zeq,T,fHz (1/1)}$ do som residual para as bandas de frequência de 63 Hz, 125 Hz, 250Hz, 500Hz, 1000 Hz, 2000 Hz, 4000 Hz e 8000 Hz.

Procedimento de cálculo:

ATENÇÃO! Os procedimentos a seguir devem ser realizados para cada banda de frequência de 1/1 de oitava.

1. Obter os níveis de pressão sonora médios¹ calculando a média logarítmica em cada banda de 1/1 de oitava, dos n pontos de medição distribuídos no ambiente para o som total e som residual, por meio da equação a seguir:

EQUAÇÃO 1

$$L_{\text{Zeq},800\text{Hz}(1/1)} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{3} \left(10^{\frac{L_{\text{Zeq},800\text{Hz}(1/1)p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{\text{Zeq},800\text{Hz}(1/1)p2}}{10}} + 10^{\frac{L_{\text{Zeq},800\text{Hz}(1/1)p3}}{10}} \right) \right] \text{ dB}$$

$$f = 800 \text{ Hz} \quad T = 30 \text{ s}$$

n = três pontos de medição distribuídos no ambiente interno

2. Calcular o nível de pressão sonora do som específico $L_{\text{esp},f\text{Hz}(1/1)}$, para cada banda de frequência de 1/1 de oitava, com base nos valores médios obtidos pela [Equação 1](#) do som total e do som residual, conforme as equações a seguir:

- **Situação 1:** Se $L_{\text{tot},f\text{Hz}(1/1)} - L_{\text{res},f\text{Hz}(1/1)} < 3 \text{ dB}$

$$L_{\text{esp},f\text{Hz}(1/1)} = L_{\text{res},f\text{Hz}(1/1)}$$

EQUAÇÃO 2

- **Situação 2:** Se $3 \leq L_{\text{tot},f\text{Hz}(1/1)} - L_{\text{res},f\text{Hz}(1/1)} \leq 15 \text{ dB}$

$$L_{\text{esp},f\text{Hz}(1/1)} = 10 \log \left(10^{\frac{L_{\text{Tot},f\text{Hz}(1/1)}}{10}} - 10^{\frac{L_{\text{res},f\text{Hz}(1/1)}}{10}} \right)$$

- **Situação 3:** Se $L_{\text{tot},f\text{Hz}(1/1)} - L_{\text{res},f\text{Hz}(1/1)} > 15 \text{ dB}$

$$L_{\text{esp},f\text{Hz}(1/1)} = L_{\text{Tot},f\text{Hz}(1/1)}$$

¹ Níveis de pressão sonora equivalentes em bandas proporcionais de 1/1 de oitavas representativos do ambiente.

NOTA: Quando a diferença aritmética entre o $L_{tot,fHz(1/1)}$ e o $L_{res,fHz(1/1)}$ for menor que 3 dB o som específico não pode ser obtido com “alta exatidão” utilizando a [Equação 2](#), mas subentende-se que o som específico pode ser igual ou inferior ao som residual. Desta forma, adotou-se que o som específico é igual ao som residual.

Caso ocorra a Situação 1, deve-se certificar que a medição foi realizada na condição de menor interferência do som residual, conforme Anexo C de boas práticas.

3. Identificar o nível NC representativo de um ambiente (LNC) do som específico e do som residual: para isso deve-se identificar a curva NC correspondente do som residual e a curva NC correspondente do som específico.

Como identificar o valor de LNC a partir do nível de pressão sonora em bandas de frequência de 1/1 de oitava: o Anexo A apresenta o procedimento para obtenção da curva NC.

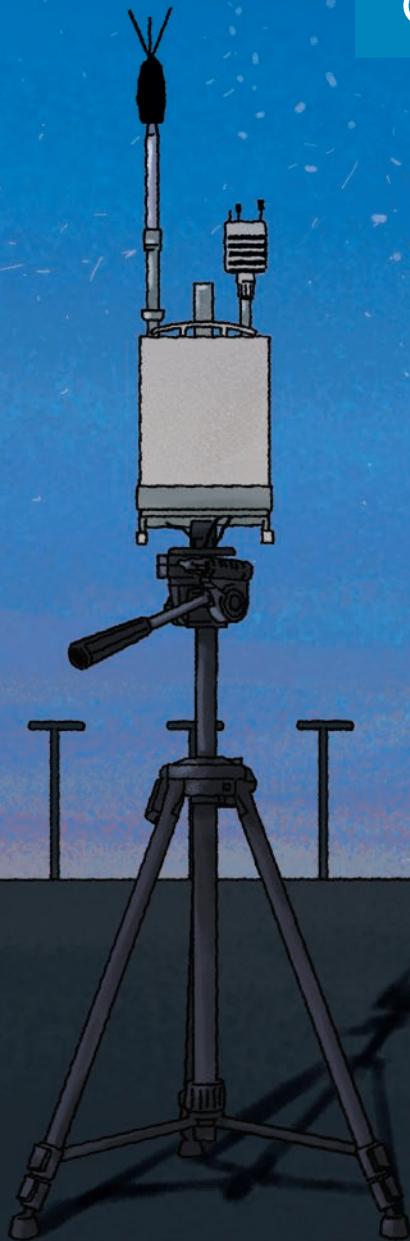
Avaliação:

Para verificar a conformidade do ambiente avaliado, deve-se realizar a comparação da curva NC do som específico com a curva NC do som residual. Considera-se aceitável para um ambiente interno de uma edificação, quando a curva NC correspondente ao som específico for igual ou inferior a curva NC correspondente ao som residual. Quando a curva NC do som específico for superior a curva NC do som residual, medidas mitigadoras devem ser adotadas.

8

MONITORAMENTO DE LONGA DURAÇÃO

Procedimentos para medição e avaliação de níveis sonoros pelo método de longa duração



A medição e avaliação de níveis sonoros pelo método de monitoramento de longa duração (ou período completo) é recomendado pela norma NBR 10151:2019 para fins de planejamento urbano e para monitoramento sonoro. O monitoramento sonoro de longa duração pode ser realizado no período diurno ou noturno ou período completo de 24 horas.

Este método não contempla a avaliação de sons tonais ou impulsivos. Para estes casos, deve ser aplicado o método detalhado.

Pelo método de monitoramento de longa duração, a avaliação é realizada pela comparação dos resultados de L_d e L_n com os limites de RL_{Aeq} correspondentes aos períodos apresentados na [Tabela 4](#). Considera-se aceitável o resultado quando o L_d e o L_n forem menores ou iguais aos limites de RL_{Aeq} , apresentados na [Tabela 4](#), para a área e o horário em questão.

No monitoramento de longa duração o microfone deve ser posicionado pelo menos a 4 m do solo e o instrumento dotado de acessórios que permitam a realização de medições por longos períodos.

Recomenda-se que o monitoramento de longa duração seja combinado com uma estação meteorológica completa, que permite medir e registrar no mesmo arquivo de dados, além das informações acústicas, os seguintes parâmetros ambientais:

- Velocidade e direção do vento
- Temperatura
- Umidade relativa do ar
- Precipitação pluviométrica

É importante lembrar que o monitoramento de longa duração não pode ser utilizado para fins de fiscalização.

Nessa etapa, é importante observar se o instrumento possui uma configuração dedicada para monitoramento de longa duração – caso afirmativo, essa configuração deve ser selecionada. Por exemplo, se o monitoramento for realizado com cabo extensor – em que o microfone é fixado no cabo, e o cabo é fixado ao sonômetro – é necessário que essa configuração seja utilizada no instrumento.

O ajuste e a verificação com o calibrador de nível sonoro antes do início da medição e após o seu término deve ser feito com a cadeia de conexões que será utilizada durante a medição: ou seja, se um cabo extensor for utilizado, o ajuste e verificação deve ser feito com o microfone ligado ao cabo.

Durante a medição de longa duração, para estender o intervalo entre ajustes com o uso do calibrador de nível sonoro, a verificação elétrica – quando disponível no instrumento – pode ser utilizada. A verificação elétrica é usada para realizar um teste na cadeia de medição inteira. Ela consiste em injetar um sinal sinusoidal no microfone – em algumas frequências selecionadas, em um ou mais níveis em relação ao nível máximo. O princípio consiste em coletar valores de referência e verificar se desvios entre as referências e os valores medidos (obtidos em intervalos periódicos de escolha do usuário) não estejam excedendo um valor máximo. Recomenda-se configurar um desvio máximo de 0,5 dB – e fazer uma análise do instrumento caso o desvio seja maior que 1 dB.

9

RELATÓRIO DE MEDIÇÃO E AVALIAÇÃO

*Exigências da norma para
elaboração do relatório de medição*



Para a elaboração do relatório de medição, a norma exige que sejam inseridas informações conforme seu item 10. A seguir estes itens serão abordados, de acordo com a sequência lógica do processo de medição e avaliação:

9.1 Objetivo da medição

Descrever os motivos que levaram a realização das medições e avaliação (Ex: Reclamação de comunidade vizinha, licenciamento ambiental de empreendimentos, verificação de eficiência de medidas de controle de ruído, etc.).

9.2 Referência à Norma

Informar que a norma ABNT NBR 10151:2019 serviu como referência para a realização das medições e avaliações.

9.3 Informações sobre a instrumentação e respectiva calibração (sonômetro e calibrador de nível sonoro)

- I. Fabricante e modelo (deve ser informada também a classe dos instrumentos);
- II. Identificação unívoca com número de série;
- III. IECs atendidas para cada instrumento;
- IV. Número e data dos certificados de calibração (recomenda-se que seja anexado ao relatório o certificado de calibração);

9.4 Características das fontes sonoras e o seu funcionamento durante as medições

Descrever a(s) fonte(s) sonora(s) objeto(s) de avaliação, apresentando informações como:

- descrição da atividade do empreendimento;
- principais fontes sonoras existentes;
- existência de medidas mitigadoras de ruído;
- período de funcionamento;
- entre outros.

NOTA: Recomenda-se que seja descrito também as características do entorno da fonte sonora objeto de avaliação.

9.5 Método de medição utilizado

Informar o método de medição utilizado (simplificado ou detalhado), com base nas características das fontes sonoras em avaliação.

Recomenda-se descrever detalhadamente a metodologia de medição e avaliação, contemplando no mínimo os itens a seguir:

- Características da propagação sonora (via aérea ou estrutural);
- Ambiente de medição (externo ou interno);
- Número de pontos de medição (justificando o número de pontos escolhidos);
- Distância do microfone em relação a superfícies refletoras e ao solo.

9.6 Parâmetros ambientais registrados quando em condições ambientais adversas

Quando as medições forem realizadas em condições ambientais adversas devem ser informadas no relatório a temperatura, a umidade relativa do ar e a velocidade do vento.

Recomenda-se que as condições ambientais sejam registradas e informadas no relatório, mesmo nos casos em que não ocorram condições ambientais adversas.

Define-se por condições ambientais adversas as situações em que ocorram temperatura, umidade relativa do ar e velocidade do vento fora da especificação dos instrumentos.

9.7 Data e horário das medições

Data:

Informar a data da realização das medições, para cada ponto de medição.

Horário:

Informar o horário de início e fim das medições, para cada ponto de medição.

Adicionalmente, recomenda-se informar também o horário de início e término da série de medições.

9.8 Local - Ilustração, imagem ou descrição detalhada do ambiente de medição e posição dos pontos de medição

Para isso, recomenda-se informar o endereço completo com número, de cada ponto de medição. Nos casos de medições em condomínios, informar também o nome do condomínio, especificação do bloco (se houver), andar e número do apartamento. Sempre que possível, complementar a localização dos pontos de medição, informando suas coordenadas geográficas.

Para medições realizadas em fachadas ou ambientes internos, deve-se informar também o recinto em que foram realizadas as medições.

Adicionalmente, recomenda-se que sejam apresentadas as seguintes informações:

- Registro fotográfico de cada ponto de medição que mostre o medidor de nível sonoro;
- Mapa, ilustração ou imagem de satélite com a localização dos pontos de medição;
- Zoneamento urbano e/ou uso e ocupação do solo do ponto de medição avaliado;
- Podem ser utilizados pontos de referência como forma de informação adicional para a localização de um determinado ponto.

A descrição de localização dos pontos de medição não deve ser realizada nos casos de exigência legal que assegura o sigilo na identificação do denunciante.

9.9 Tempo das medições e integrações

Deve-se informar o tempo de medição e o tempo de integração de cada uma das medições realizadas.

9.10 Resultados das medições, para os descritores sonoros adotados e níveis calculados e corrigidos, quando aplicáveis, conforme o caso

Para cada uma das medições, deve-se apresentar:

- A.** os níveis sonoros medidos com os descritores aplicáveis;
- B.** os níveis calculados para chegar ao resultado final;
- C.** as correções utilizadas, se houver;
- D.** resultado final.

Recomenda-se apresentar, juntamente com os resultados, os gráficos no domínio do tempo e da frequência das medições e avaliações realizadas.

Para cada ponto de medição, a tabela a seguir apresenta as informações que devem constar no relatório, quando aplicáveis, em função do tipo de medição:

TABELA 11 - PARÂMETROS UTILIZADOS PARA CADA TIPO DE MEDIÇÃO

	MEDIÇÃO EXTERNA A nível do solo ou fachada		MEDIÇÃO INTERNA Transmissão por via aérea		MEDIÇÃO INTERNA Transmissão por via estrutural
	MÉTODO SIMPLIFICADO	MÉTODO DETALHADO	MÉTODO SIMPLIFICADO	MÉTODO DETALHADO	MÉTODO DETALHADO
a) Níveis sonoros medidos Som total e som residual	$L_{Aeq,T}$	$L_{Aeq,T}$ L_{AFmax} $L_{Zeq,T, f \text{ Hz (1/3)}}$	$L_{Aeq,T}$	$L_{Aeq,T}$ L_{AFmax} $L_{Zeq,T, f \text{ Hz (1/3)}}$	$L_{Zeq,T, f \text{ Hz (1/1)}}$
b) Níveis sonoros calculados Se necessário	L_{Aeq} (som específico)	L_{Aeq} (som específico) Diferenças entre bandas de frequência adjacentes da banda de frequência em estudo para avaliação de som tonal Diferença entre L_{AFmax} e $L_{Aeq,T}$ para avaliação de som impulsivo	L_{int} (som total) e L_{int} (som residual) representativos de um ambiente L_{ext} (som total) e L_{ext} (som residual) L_{ext} (som específico) Diferenças entre bandas de frequência adjacentes da banda de frequência em estudo para avaliação de som tonal Diferença entre L_{AFmax} e $L_{Aeq,T}$ para avaliação de som impulsivo	L_{int} (som total) e L_{int} (som residual) representativos de um ambiente L_{ext} (som total) e L_{ext} (som residual) L_{ext} (som específico) Diferenças entre bandas de frequência adjacentes da banda de frequência em estudo para avaliação de som tonal Diferença entre L_{AFmax} e $L_{Aeq,T}$ para avaliação de som impulsivo	$L_{Zeq,T, f \text{ Hz (1/1)}}$ (som total), $L_{Zeq,T, f \text{ Hz (1/1)}}$ (som residual) e $L_{Zeq,T, f \text{ Hz (1/1)}}$ (som específico) representativos de um ambiente NC
c) Correções utilizadas Se houver	—	K_i, K_T	—	K_i, K_T	—
d) Resultado final		L_R		L_R	NC (som específico) NC (som residual)

9.11 Limites de avaliação dos resultados

Para identificar os limites corretos a serem adotados para avaliação dos resultados é necessário verificar tanto os limites da ABNT NBR 10151:2019, quanto os limites sonoros específicos existentes no município.

Deve-se informar no relatório de maneira clara e embasada os limites adotados para realização da avaliação dos resultados. Recomenda-se realizar as seguintes etapas:

- A.** Verificar se o município dispõe de legislação específica com limites de níveis sonoros diferentes dos estabelecidos pela ABNT NBR 10151:2019.
- B.** Caso os limites municipais sejam mais restritivos do que os estabelecidos pela ABNT NBR 10151:2019, recomenda-se que os limites municipais sejam adotados. Caso contrário, adotar os limites da ABNT NBR 10151:2019.
- C.** Caso o descritor da legislação municipal seja diferente da ABNT NBR 10151:2019, recomenda-se atender a ambos limites.
- D.** Caso a legislação municipal não disponha de limites de ruído, deve-se utilizar os limites da ABNT NBR 10151:2019. Esta informação deve constar no relatório.
- E.** Para se utilizar os limites da ABNT NBR 10151:2019 é necessário definir o tipo de área habitada. Para isto, o zoneamento urbano do município deve ser consultado.

Caso o zoneamento não forneça informações suficientes para definição do tipo de área habitada, recomenda-se realizar inspeção visual da área em avaliação.

- F. A definição do tipo de área habitada para comparação com os limites RL_{Aeq} , deve levar em consideração a localização do(s) ponto(s) de medição (do receptor) e não a localização do empreendimento objeto de avaliação.

10

ANEXOS

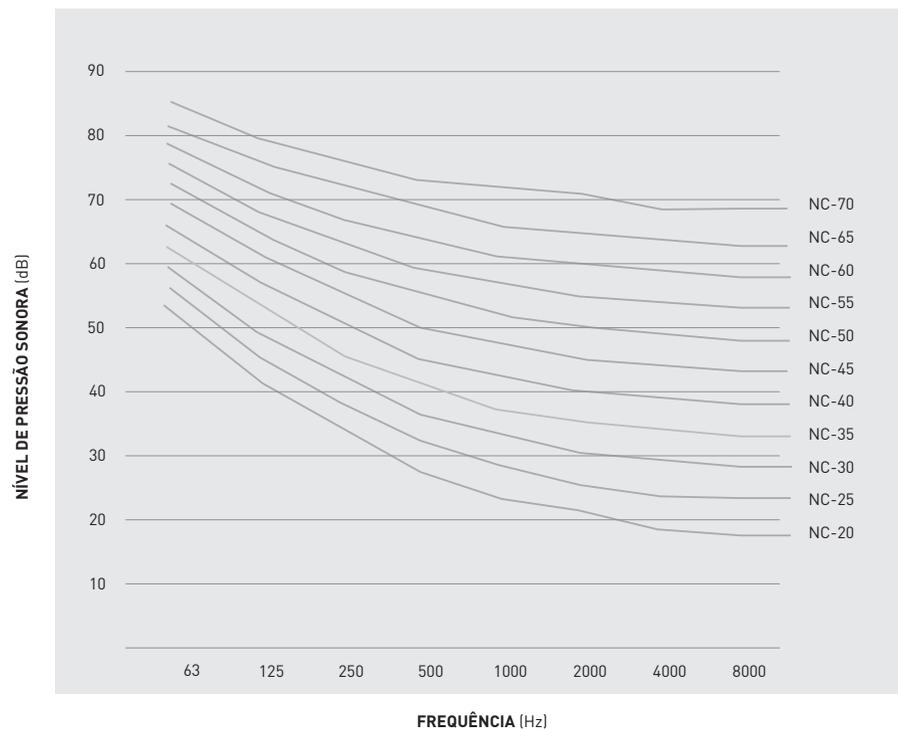
Anexo A

Procedimento de obtenção da curva NC

O QUE É?

As curvas NC são curvas de referência desenvolvidas com base na percepção auditiva do ser humano, para avaliar espectros de medições em ambientes internos. Existem diversas curvas que variam de NC 20 até NC 70, com intervalos de 5 em 5 dB e seus valores são apresentados na norma ABNT NBR 10151:2019.

FIGURA A-1
CURVAS NC

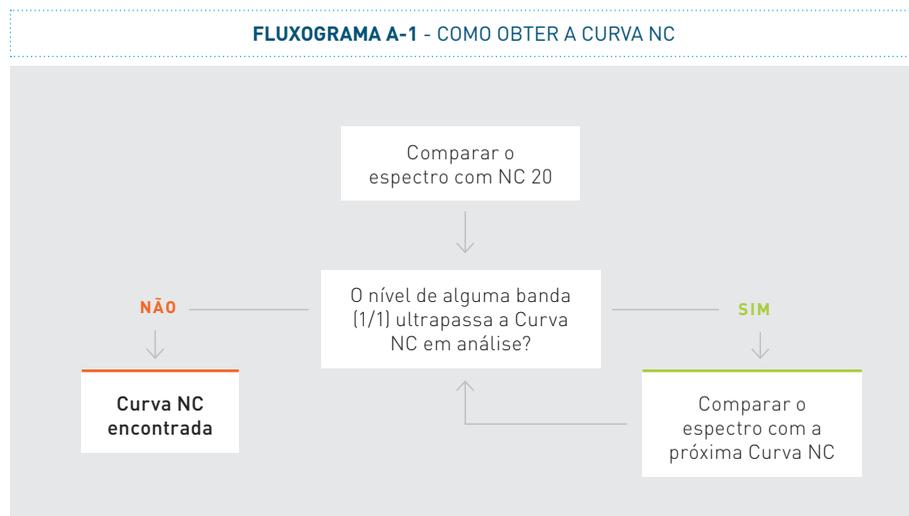


Para comparação com os limites permitidos pela norma é necessário identificar a curva NC que mais se aproxima do espectro medido.

COMO OBTER A CURVA NC DE UM ESPECTRO?

A curva NC que representa um espectro é a menor curva que não seja ultrapassada pelos valores dos níveis sonoros em bandas de 1/1 de oitava representativos do ambiente $L_{Zeq,fHz(1/1)}$, com frequências centrais de 63 Hz a 8 kHz.

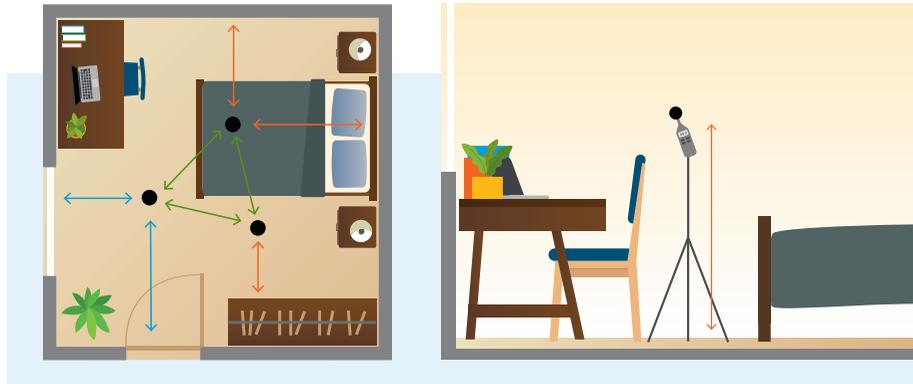
De forma prática, é possível identificar a curva NC correspondente ao espectro sonoro medido, comparando-o de forma sequencial com as curvas NC, iniciando com a curva NC 20 (limite inferior), até encontrar a curva NC em que os níveis de todas as bandas de frequências do espectro sejam iguais ou inferiores aos valores da curva NC analisada ([Fluxograma A-1](#))



EXEMPLO

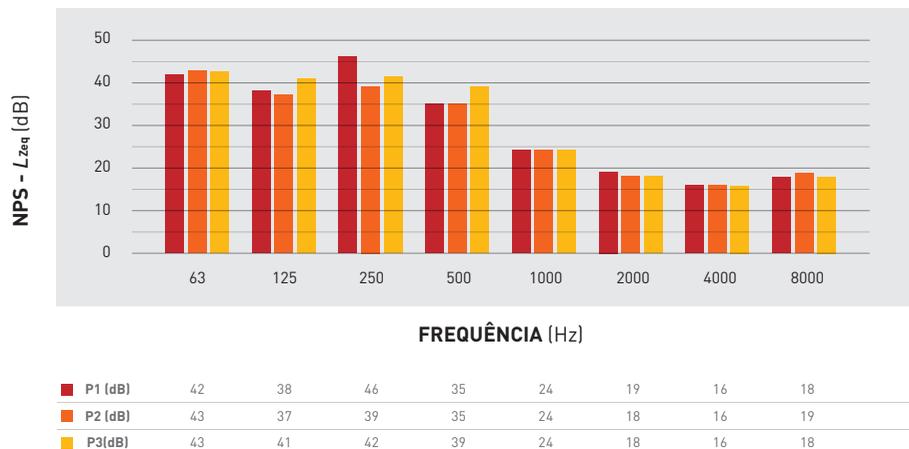
Em um determinado ambiente interno foram realizadas medições em 3 pontos distintos conforme imagem abaixo.

FIGURA A-2
PONTOS DE MEDIÇÃO



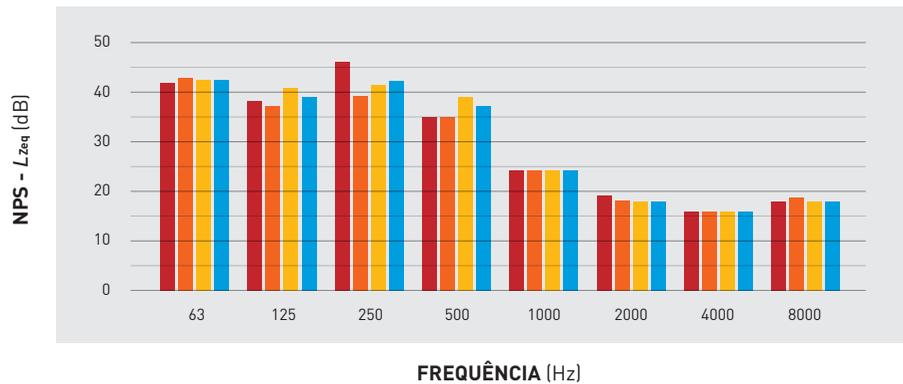
Obteve-se então, em cada ponto, valores de nível de pressão sonora contínuo equivalente nas bandas proporcionais de 1/1 de oitava, conforme os gráficos abaixo:

FIGURA A-3
NPS NAS BANDAS PROPORCIONAIS DE 1/1 DE OITAVA



A partir da obtenção dos valores de nível de pressão sonora contínuo equivalente nas bandas proporcionais de 1/1 de oitava em cada ponto, deve-se obter os níveis de pressão sonora equivalentes em bandas proporcionais de 1/1 de oitava representativos do ambiente, calculando a média logarítmica em cada banda de 1/1 de oitava, dos 3 pontos de medição, conforme abaixo:

FIGURA A-4
OBTENÇÃO
DOS NÍVEIS
REPRESENTATIVOS
DO AMBIENTE
(dB)



■ P1 (dB)	42	38	46	35	24	19	16	18
■ P2 (dB)	43	37	39	35	24	18	16	19
■ P3 (dB)	43	41	42	39	24	18	16	18

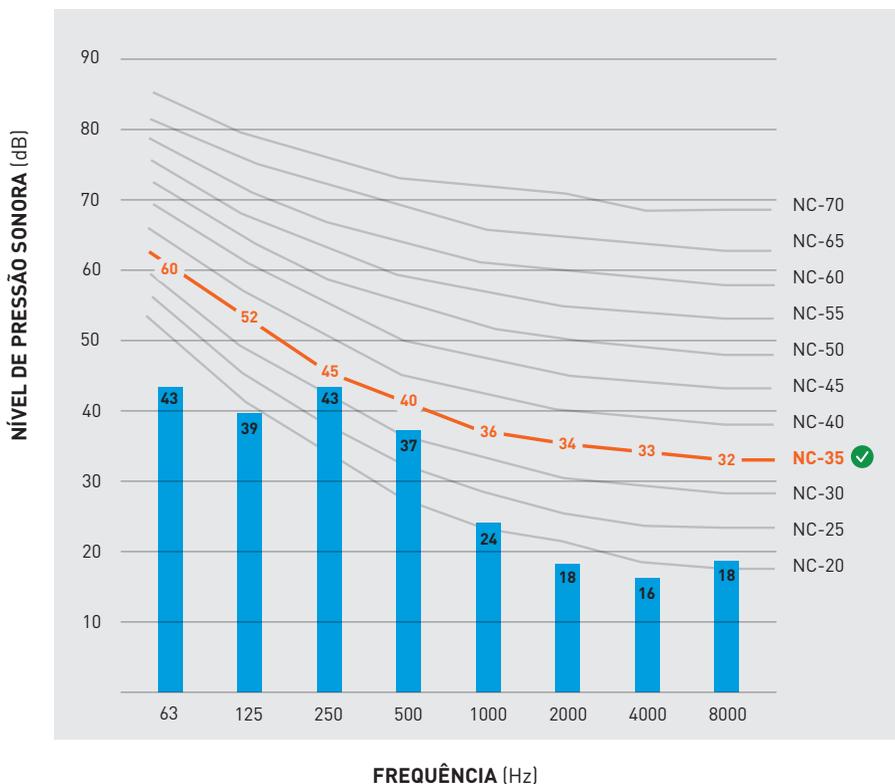
Aplicação da equação Média logarítmica

$$L_{Zeq,fHz(1/1)} = 10 \log_{10} \left[\frac{1}{3} \left(10^{\frac{L_{Zeq,fHz(1/1)p1}}{10}} + 10^{\frac{L_{Zeq,fHz(1/1)p2}}{10}} + 10^{\frac{L_{Zeq,fHz(1/1)p3}}{10}} \right) \right] \text{ dB}$$

■ Níveis representativos do ambiente (dB)	43	39	43	37	24	18	16	18
---	----	----	----	----	----	----	----	----

Os níveis representativos do ambiente (média logarítmica de 1/1 oitava) devem então ser inseridos no gráfico das curvas NC, correspondentes a cada nível e frequência, conforme [Figura A-5](#).

FIGURA A-5
EXEMPLO DE
OBTENÇÃO DA
CURVA NC

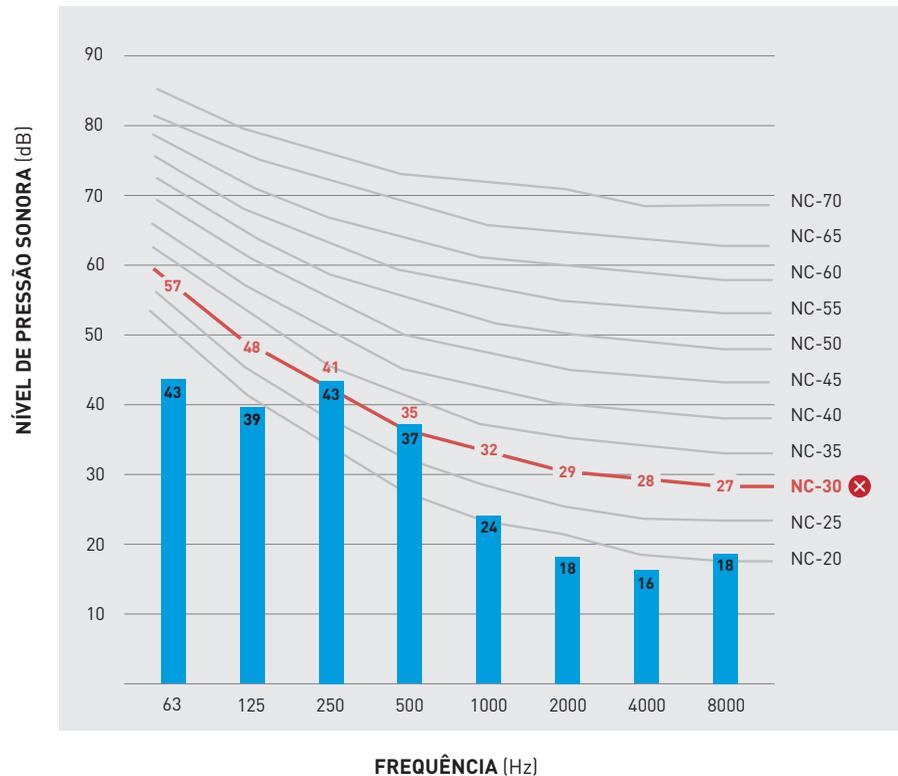


Agora, deve-se comparar os níveis representativos do ambiente de cada banda de frequência com os respectivos valores das curvas NC.

É possível verificar que a curva NC 35 é a menor curva que não é ultrapassada, em nível, por nenhuma banda de frequência. Por este motivo, a curva deste ambiente é NC 35.

Para entender um pouco melhor o porquê da curva NC 35 ter sido selecionada, vamos analisar a curva imediatamente inferior (NC 30), conforme [Figura A-6](#).

FIGURA A-6
 EXEMPLO DE NÃO
 ATENDIMENTO
 À CURVA NC
 (NC 30), DEVE-
 SE TESTAR A
 PRÓXIMA CURVA
 (NC 35)



Neste caso, nota-se que os valores de $L_{Zeq,250Hz(1/1)}$ e $L_{Zeq,500Hz(1/1)}$ ultrapassam os valores desta curva, logo ela não pode representar a medição, sendo necessário analisar a curva sucessora.

Conforme analisado anteriormente a próxima curva (NC 35) atendeu aos critérios e por isso foi selecionada.

NOTA: Este procedimento (obtenção da curva NC) deve ser utilizado tanto para o som residual quanto para o som específico.

Anexo B

Exemplo de avaliação com base nas curvas NC

De acordo com a ABNT NBR 10151:2019, deve-se avaliar os níveis de pressão sonora contínuos equivalentes, nas bandas proporcionais de 1/1 de oitava, representativos do ambiente interno e identificar a curva NC correspondente ao som residual e a curva NC correspondente ao som específico associado à fonte sonora objeto de avaliação.

EXEMPLO DE AVALIAÇÃO COMPLETO

Inicialmente são realizadas medições de som total e som residual nos n pontos selecionados no interior do ambiente. Então são obtidos os níveis representativos do ambiente para cada situação (som total e som residual). Este exemplo partirá desta etapa.

Os gráficos a seguir apresentam um exemplo de níveis representativos do som total e do som residual de um determinado ambiente: (Figuras B-1 e B-2)

A partir dos níveis representativos do som total e do som residual, deve-se obter os níveis do som específico em bandas de 1/1 de oitava. (Figura B-3)

FIGURA B-1
NÍVEIS
REPRESENTATIVOS
DO AMBIENTE
- SOM TOTAL

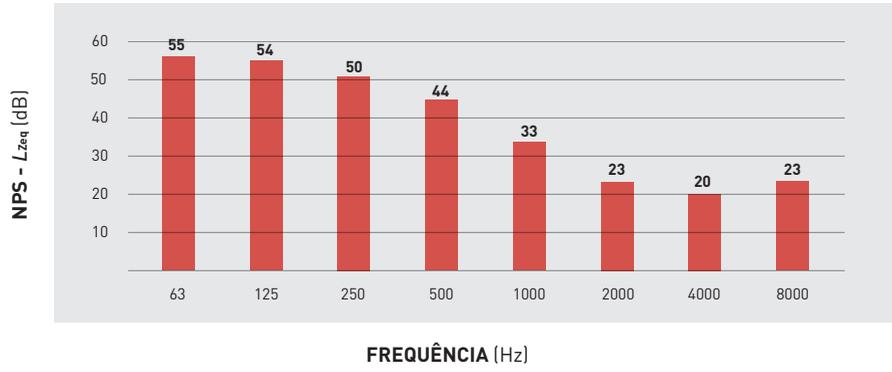


FIGURA B-2
NÍVEIS
REPRESENTATIVOS
DO AMBIENTE
- SOM RESIDUAL

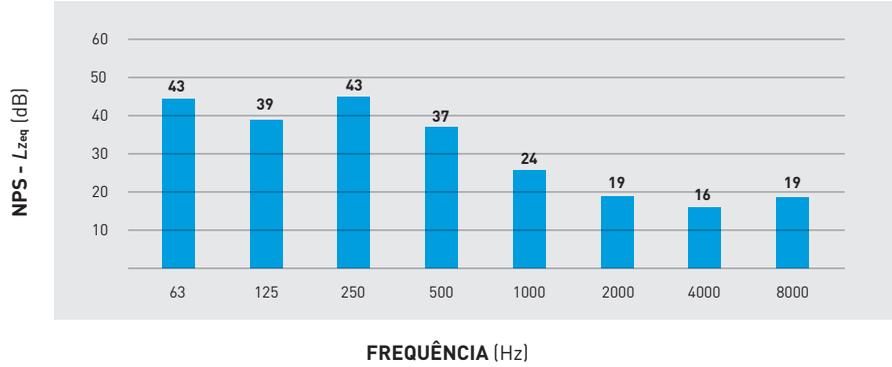
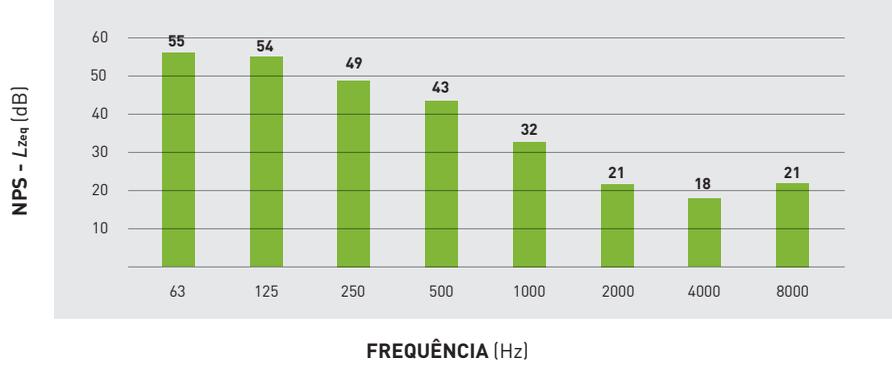


FIGURA B-3
NÍVEIS
REPRESENTATIVOS
DO AMBIENTE
- SOM ESPECÍFICO



Após obter os níveis de som específico representativos do ambiente deve-se calcular sua curva NC e do som residual, demonstrados a seguir.

FIGURA B-4
CURVA NC DO
SOM RESIDUAL

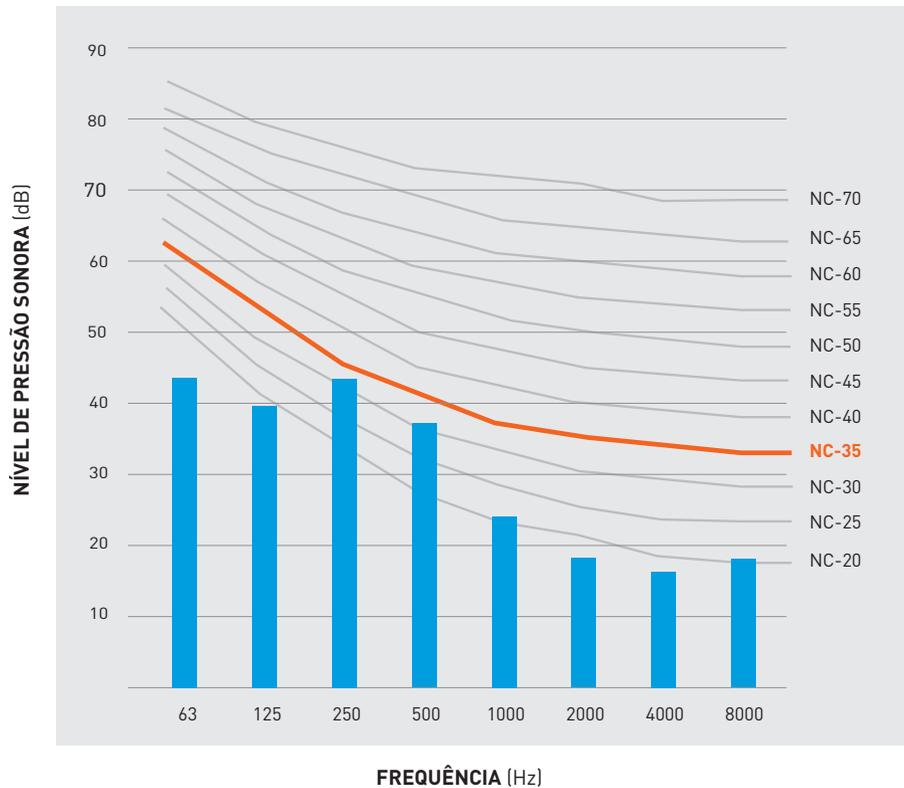
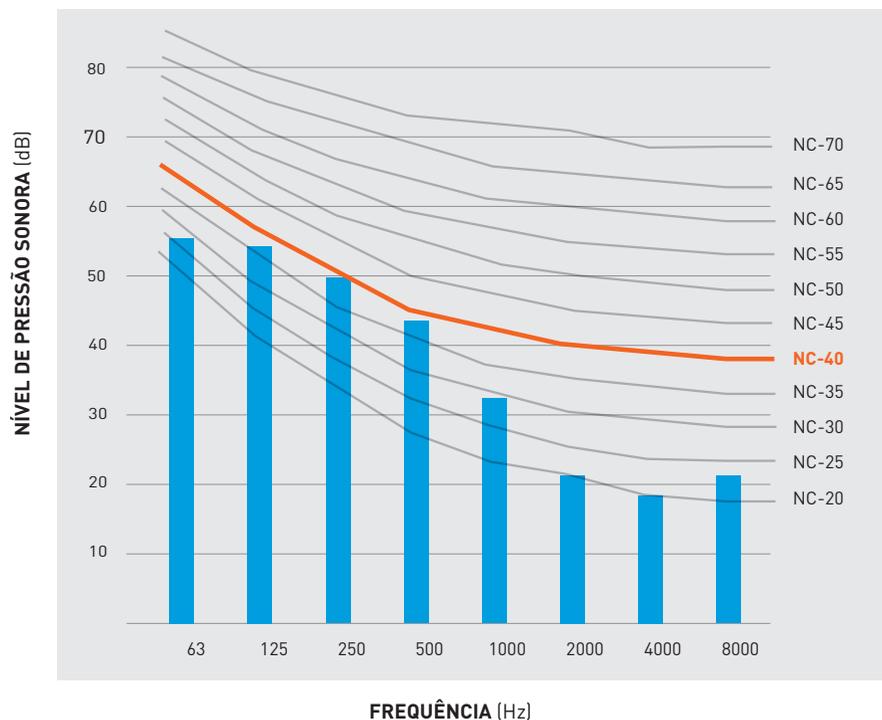


FIGURA B-5
CURVA NC DO
SOM ESPECÍFICO



Os gráficos anteriores mostram que o som residual apresenta um LNC 35, enquanto que o som específico apresentou LNC 40.

Neste caso, como o LNC do som específico (LNC 40) é maior do que o LNC do som residual (LNC 35), conclui-se que a fonte sonora não atende a NBR 10151:2019.

NOTA: Para fins de aplicação a Figura A-1 e a Tabela 4 da ABNT NBR 10151:2019 apresentam as curvas NC de 5 em 5 dB. Em algumas situações como, por exemplo, para estudos de mitigação, para uma análise mais refinada, pode ser necessário utilizar Curvas NC de 1 em 1 dB. Nestes casos recomenda-se utilizar as curvas NC contidas na norma ABNT NBR 10152:2017.

Anexo C

Boas práticas para determinação do NPS residual

As medições do som residual devem ser realizadas preferencialmente no mesmo horário em que foram realizadas as medições do som total.

Quando houver a influência do ruído gerado pelo tráfego de veículos, as medições do som residual, assim como as medições do som total devem ser realizadas em horários ou períodos de menor ocorrência de tráfego que possam interferir nos resultados das medições. Esta condição deve ser observada principalmente nas medições no período noturno.

A medição do som residual deve ser realizada preferencialmente no mesmo local, onde foi realizada a medição do som total, porém com a fonte sonora desligada.

Devem ser descartadas das medições os sons intrusivos conforme [Item 5.2](#).

MEDIÇÕES DO SOM RESIDUAL A NÍVEL DO SOLO

Caso não seja possível desligar a fonte sonora para realizar a medição do som residual no mesmo local onde foi realizada a medição do som total, o som residual pode ser medido em outro local mais afastado da fonte objeto de avaliação, desde que as características acústicas deste novo local, sejam similares ao local da medição com a fonte sonora em operação.

MEDIÇÕES DO SOM RESIDUAL EM FACHADAS DE EDIFICAÇÕES E RECINTOS INTERNOS

Caso não seja possível desligar a fonte sonora para realizar a medição do som residual, no mesmo local onde foi realizada a medição do som total, a medição do som residual pode ser realizada em outra fachada ou outro recinto similar, desde que as características de som residual deste novo local, sejam similares ao local da medição com a fonte sonora em operação.

As Páginas 70, 71 e 72, apresentam um exemplo com boas práticas para determinação do som residual em fachadas ou recintos internos de edificações.

Anexo D

Como avaliar sons contínuos com presença de eventos sonoros de curta duração

Durante a medição de um empreendimento pode ocorrer a presença de sons contínuos e eventos sonoros de curta duração. Quando estes eventos de curta duração são significativos, deve-se avaliar especificamente esta situação, adotando o tempo de integração como sendo a duração apenas deste evento. Porém, a avaliação do quanto significativo é este evento para a medição como um todo, é muito subjetiva e dependente da avaliação do técnico responsável.

FIGURA D-1
SOM CONTÍNUO
X
EVENTO DE CURTA DURAÇÃO

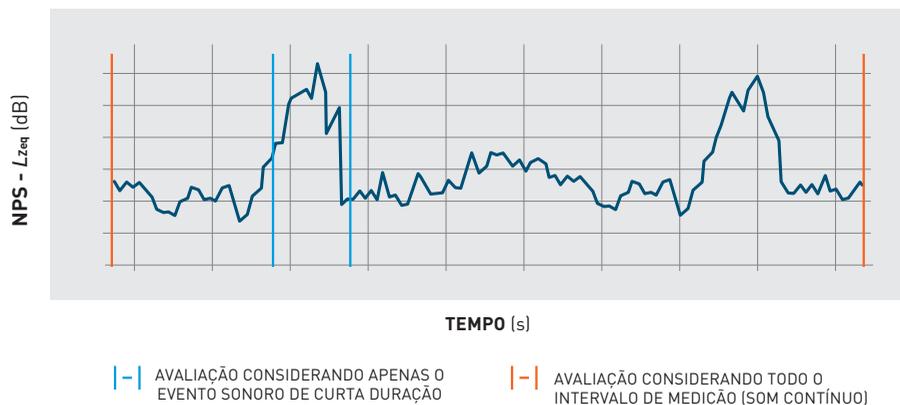


De maneira a trazer objetividade para esta avaliação, a ProAcústica e a CETESB desenvolveram uma metodologia para que se possa definir em quais situações se deve avaliar especificamente o evento sonoro de curta duração ou tratá-lo como som contínuo. Para isto deve-se:

- Medir o $L_{Aeq,T}$ com a contribuição de todas as fontes sonoras, incluindo o evento de curta duração.
- Medir o $L_{Aeq,T}$ apenas do evento de curta duração.

NOTA: No caso das medições serem realizadas com equipamento que possua software de pós-processamento de dados, é possível obter os valores acima em uma única medição.

FIGURA D-2
AVALIAÇÃO
DOS EVENTOS
SONOROS



- Quando o $L_{Aeq,T}$ de um evento de curta duração ultrapassar em 5 dB o $L_{Aeq,T}$ de toda a medição, isto é, a medição com a contribuição das demais fontes sonoras, a avaliação deverá ser realizada especificamente sobre o evento de curta duração, considerando apenas o tempo de integração do evento.
- Caso o evento não ultrapasse os 5 dB a avaliação deverá ser realizada considerando todo o intervalo de medição como um som contínuo, com a contribuição de todas as fontes sonoras, incluindo o(s) evento(s) de curta duração.

Anexo E

Certificado de Calibração: correção a ser aplicada no ajuste do sonômetro

VALOR DE CORREÇÃO REFERENTE AO CALIBRADOR DE NÍVEL SONORO

A identificação do valor/nível do calibrador de nível sonoro que deve ser utilizado para o ajuste do sonômetro encontra-se em tabela do Certificado de Calibração do calibrador de nível sonoro. A forma de apresentação deste valor/nível difere para cada laboratório que realizou a calibração do calibrador de nível sonoro.

Na próxima página apresenta-se exemplos de como obter o valor/nível no Certificado de Calibração do calibrador de nível sonoro.

Neles, os calibradores de nível sonoro emitem sinais de 94 e 114 dB, mas alguns calibradores emitem somente o sinal de 94 dB ou somente 114 dB. O responsável pelo ajuste deve escolher o respectivo sinal de calibração emitido pelo calibrador.

Para os calibradores que emitem sinal de 94 e 114 dB sugerimos que se utilize o valor emitido de 94 dB, por este valor ser o mais próximo dos níveis usualmente medidos nas avaliações sonoras. Adicionalmente, sugere-se que se utilize o nível de 114 dB quando a calibração é realizada em um ambiente demasiadamente ruidoso.

EXEMPLOS DE CERTIFICADOS DE CALIBRAÇÃO

Nas figuras a seguir são apresentados exemplos de certificados de calibração para o calibrador de nível sonoro.

FIGURA E-1
CERTIFICADO
DE CALIBRAÇÃO
EMITIDO PELO
LABORATÓRIO 1

Dados Obtidos

<i>ANTES DO AJUSTE / REPARO</i>					
Nível Sonoro Médio em dB	k	U _{95,45} (dB)	Frequência Média em Hz	k	U _{95,45} (dB)
93,97	2,09	0,15	1000,0	2,09	2,0
113,97	2,09	0,15	1000,0	2,09	2,0

FIGURA E-2
CERTIFICADO
DE CALIBRAÇÃO
EMITIDO PELO
LABORATÓRIO 2

Nível nominal: 94 dB			Frequência nominal: 1000 Hz			
Limite inferior (dB)	Nível medido (dB)	Limite superior (dB)	Incerteza (dB)	Limite inferior (%)	Frequência medida (Hz)	Limite superior (%)
- 0,4	94,18	0,4	0,15	-1	1000,0	1

Nível nominal: 114 dB			Frequência nominal: 1000 Hz			
Limite inferior (dB)	Nível medido (dB)	Limite superior (dB)	Incerteza (dB)	Limite inferior (%)	Frequência medida (Hz)	Limite superior (%)
- 0,4	114,19	0,4	0,15	-1	1000,0	1

FIGURA E-3
CERTIFICADO
DE CALIBRAÇÃO
EMITIDO PELO
LABORATÓRIO 3

NÍVEL DE PRESSÃO SONORA E FREQUÊNCIA		
Valor nominal	Valor medido	Tolerância \pm IEC 60942:2003
94 dB	94,06 dB	0,40 dB
1000 (Hz) em 94 (dB)	1000,0 Hz	10,0 Hz
114 dB	114,09 dB	0,40 dB
1000 (Hz) em 114 (dB)	1000,0 Hz	10,0 Hz

Por exemplo, para o Certificado emitido pelo Laboratório 3, o valor/nível de calibração em 94 dB, é de 94,06 dB. Portanto, este é o valor/nível que deve ser utilizado para ajuste do sonômetro, para este parâmetro de correção.

- ABNT NBR 10151: 2019 / Errata 2020
Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso geral
- ABNT NBR 16313:2014
Acústica - Terminologia
- ABNT NBR ISO 10052:2022
Acústica - Medição em campo de isolamento a ruído aéreo e de impacto e de sons de equipamentos prediais - Método simplificado
- ABNT NBR 10152:2017 / Errata 2020
Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações
- RESOLUÇÃO CONAMA nº 001, de 8 de março de 1990, retificada em 16 de agosto de 1990
- ABNT NBR IEC 60942:2020
Eletroacústica - Calibradores de nível sonoro
- IEC 61672
Electroacoustics - Sound level meters
- IEC 61260
Electroacoustics - Octave-band and fractional-octave-band filters
- IEC 61094
Measurement microphones

MANUAL PROACÚSTICA E CETESB NORMA ABNT NBR 10151:2019

Guia prático para aplicação, avaliação e fiscalização da norma ABNT NBR 10151 Acústica - Medição e avaliação de níveis de pressão sonora em áreas habitadas - Aplicação de uso

REALIZAÇÃO

Esta publicação é uma iniciativa da Associação Brasileira para a Qualidade Acústica - **ProAcústica** por meio do Comitê Acústica Ambiental - Grupo de Trabalho NBR 10151, formado por representantes de consultorias especializadas em projetos acústicos e de fabricantes e distribuidores de equipamentos e softwares. E da Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - **CETESB**, com a colaboração do IAAR - Setor de Apoio em Avaliação de Ruído e Vibração.

COORDENAÇÃO COMITÊ Eng. Juan Frías Pierrard

COORDENAÇÃO GT Eng. Juan Frías Pierrard

SECRETÁRIO GT Eng. Pedro do Espírito Santo Netto

COLABORAÇÃO CETESB Eng. Maria Cristina Poli (Gerente da Divisão de Apoio em Avaliação do Ar, Ruído e Vibração - IAA); técnico Adilson Antonio Rangel; técnico João Luiz do Nascimento, Eng. Jozemar Barreto Oliveira, Eng. Renata Souto Vieira e Eng. Ricardo Colucci.

EMPRESAS ASSOCIADAS que colaboraram diretamente, através de seus representantes, com a produção do conteúdo desta publicação técnica:

Projeto e Consultoria acústica

Akkerman Alcoragi Acústica Ideal, Bracústica, Echo Projetos Acústicos, Geros Arquitetura, Giner Sound Vibration, Harmonia, Inovatech, Naturalmente Arquitetura, Passeri Acústica e Arquitetura, Peter J. Barry, Scala Acústica, Trional Ensaios

Fabricantes e Distribuidores de equipamentos e softwares

Acoem, HBK

PROJETO GRÁFICO O Nome da Rosa Editora

PRODUÇÃO Natalia Zapella

ILUSTRAÇÕES Mateus Acioli

Elaboração 2020-2023 / Publicação Junho/2023

PROACÚSTICA

DIRETORIA BIÊNIO 2022-2023

Diretor Presidente

Luciano Nakad Marcolino

Diretor Vice-Presidente Administrativo-Financeiro

Alberto Safra

Diretor Vice-Presidente de Atividades Técnicas

Marcos César de Barros Holtz

Diretor Vice-Presidente de Comunicações e Marketing

Carlos Henrique Mattar

Diretor Vice-Presidente de Relações de Mercado

Edison Claro de Moraes

Diretor Vice-Presidente de Recursos Associativos

Rafael Schmitt

GERENTE EXECUTIVA

Arq. Maria Elisa Miranda

GERENTE DE ATIVIDADES TÉCNICAS

Eng. Priscila Wunderlich (2020)

Dr. Eng. Dieivase Chrischon (2021)

Eng. Tiago Belletti (2023)



Associação
Brasileira para a
Qualidade Acústica

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO 2023

Governador do Estado de São Paulo

Tarcísio de Freitas

SECRETARIA DE MEIO AMBIENTE, INFRAESTRUTURA E LOGÍSTICA DO ESTADO DE SÃO PAULO

Secretária de Estado Natália Resende

CETESB - COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO

Diretor-Presidente Thomaz Miazaki de Toledo

DIRETORIA DE GESTÃO CORPORATIVA

Diretora Liv Nakashima Costa

DIRETORIA DE ENGENHARIA E QUALIDADE AMBIENTAL

Diretora Carolina Fiorillo Mariani

DIRETORIA DE CONTROLE E LICENCIAMENTO AMBIENTAL

Diretor Adriano Rafael Arrepiá de Queiroz

DIRETORIA DE AVALIAÇÃO DE IMPACTO AMBIENTAL

Diretora Mayla Matsuzaki Fukushima

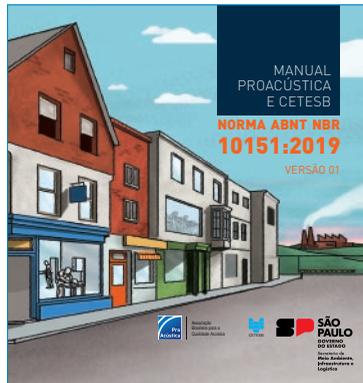


**SÃO
PAULO**

**GOVERNO
DO ESTADO**

Secretaria de
**Meio Ambiente,
Infraestrutura e
Logística**

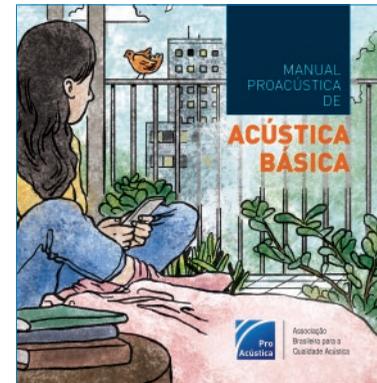
CONFIRA TODAS AS PUBLICAÇÕES TÉCNICAS PROACÚSTICA



MANUAL PROACÚSTICA E
CETESB **NORMA ABNT NBR
10151:2019** VERSÃO 01



MANUAL PROACÚSTICA SOBRE A
NORMA DE DESEMPENHO



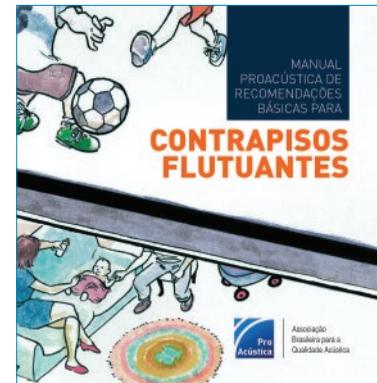
MANUAL PROACÚSTICA PARA
ACÚSTICA BÁSICA



MANUAL PROACÚSTICA PARA
**QUALIDADE ACÚSTICA DE
AUDITÓRIOS**



MANUAL PROACÚSTICA PARA
**QUALIDADE ACÚSTICA EM
ESCOLAS**



MANUAL PROACÚSTICA DE
RECOMENDAÇÕES PARA
CONTRAPISOS FLUTUANTES

EMPRESAS ASSOCIADAS Junho 2023

ABCLS	Formtap	Omni Acústica
ABPP	Gerb Controle de Vibrações	Oterprem Blocos e Pisos
Acoem	Giner Sound Vibration	Passeri Acústica e Arquitetura
Acústica & Sônica	GRM Engenharia	Perfil Alumínio
Akkerman Alcoragi Acústica Ideal	Grom Acústica e Vibração	Placlux
Aliança Ambiental	Grupo Ibrap	Placo Saint Gobain
Ambiética Assessoria Ambiental	Gypsum	Portal Acústica
Anicer	Harmonia	Portal da Acústica
Anima Acústica	HBK	Prima Ferragens
Armacell	Hertz Esquadrias	Procryl
Armstrong World Industries	Implante	Pulse Acústica
Atenua Som	Inova Isolamentos	Rockfibras
Aubicon	Inovatech	Scala Acústica
Bosco Itália SPA	Isolar	Sensorone
Bracústica	Isoltop	Silentium Engenharia Acústica
Ca2 Consultores	Itec Lab	Síntese Acústica Arquitetônica
Cerâmica City	itt Performance	Solucionne
CLB Engenharia	JS Engenharia	Sonar Engenharia
Comfort Door Acessórios para Portas	Knauf	Sonex Saint Gobain
Consultare Desempenho	Lacrose Engenharia	Sonora Acústica
dB Controle Soluções Acústicas	Lady	Technoblast Sismografia e
dB Cover	Liliam Araújo Arquitetura Acústica	Ruído Ambiental
Designcinco Concept	Lotus Acústica	Técnica Soluções Acústicas
Echo Acústica	MasterWall	Tratamento Acústico
Ecoa Consultoria Acústica	MK Acústica	Trional Ensaios
EcoFiber Inovador Sustentável	MMC Lab	Trisoft
Ecophon Saint Gobain	Modal Acústica	Vescom
Engenharia Acústica	Multidoor	Vibranihil
Ettore Home Decore	Oka Acústica	Vibtech

SEJA UMA EMPRESA



Patrocinadoras



Associação
Brasileira para a
Qualidade Acústica



**SÃO
PAULO**
GOVERNO
DO ESTADO

Secretaria de
**Meio Ambiente,
Infraestrutura e
Logística**

Av. Ibirapuera, nº 3.458 - Sala 1
CEP 04.028-003
Indianópolis - São Paulo - SP
contato@proacustica.org.br

www.proacustica.org.br