



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VIIELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

AVALIAÇÃO DO RUÍDO INTRUSIVO

Cristina Yukari Kawakita Ikeda (1); Peter Joseph Barry (2); Fulvio Vittorino (3)

(1) Arquiteta e Urbanista, Doutoranda, Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios, cristinak@ipt.br.

(2) Físico, Mestre, Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade dos Edifícios, pjb@ipt.br.

(3) Engenheiro Mecânico, Doutor, Centro Tecnológico do Ambiente Construído, fulviov@ipt.br.
Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo - IPT, Av. Prof. Almeida Prado, 532, Prédio 25,
São Paulo - SP, 05508-901, Tel.: (11) 3767-4579.

RESUMO

Quando o ruído não pode ser caracterizado como impulsivo, nem como tonal, nem constante, a norma brasileira de ruído ambiental não estabelece critérios para a sua avaliação. Exemplos de tais eventos são passagem de um veículo, sobrevôo de aeronave e em residências, o ruído de um elevador em operação. Com o intuito de chamar a atenção para a necessidade da inclusão de um método de avaliação do ruído intrusivo na norma brasileira, sugere-se uma forma de avaliar considerando-se o incremento do ruído em relação ao ruído ambiental.

Palavras-chave: conforto acústico, ruído intrusivo.

ABSTRACT

When noise cannot be characterized as impulsive, neither tonal, nor constant, the Brazilian standard on environmental noise does not establish criteria for its evaluation. Examples of such events are vehicle pass-by, aircraft overflight, and in buildings, the noise from elevator operation. In order to draw attention to the need for inclusion of an evaluation method for intrusive noise in the Brazilian standard, this paper presents a method of evaluating the noise increment in relation to the environmental noise, resulting in the expected human response.

Keywords: acoustic comfort, intrusive noise.

1. INTRODUÇÃO

Os critérios de avaliação de ruído em edifícios e em espaços ocupados ganharam importância relevante por volta de 1920, desde que foi reconhecido que o ruído poderia condicionar negativamente os ocupantes de edifícios, tanto em termos de produtividade, como em termos de incômodo. Os critérios acústicos foram assim criados como forma de providenciar um método relativamente simples de determinar se uma reclamação devida a ruído excessivo deveria ser considerada válida. À medida que os métodos de avaliação foram sendo desenvolvidos, foram também sendo entendidas as características necessárias para se atingir um ambiente acústico satisfatório, culminando no aumento da complexidade desses critérios (PENEDO, 2008).

A Resolução CONAMA nº 1, de 08 de março de 1990 do Conselho Nacional do Meio Ambiente estabelece que as atividades ruidosas devem estar de acordo com os critérios estabelecidos, entre outras pela norma ABNT NBR 10151:2000 – Avaliação do nível de ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade - que estabelece as condições exigidas para a avaliação do ruído em comunidades, especificando um método para a medição do ruído; e pela norma ABNT NBR 10152:1987 – Níveis de ruído para o conforto acústico que fixa níveis de ruído para ambientes internos.

Todos os documentos já citados tratam o ruído como “constante”. Para ruídos impulsivos ou de impacto, a ABNT NBR 10151:2000 aplica uma penalização de 5 dB(A) que deve ser acrescentada ao valor máximo medido com o medidor de nível de pressão sonora ajustado para resposta rápida. Para ruídos tonais, a ABNT NBR 10151:2000 aplica uma penalização de 5 dB(A) que deve ser acrescentada ao L_{Aeq} . - Nível Sonoro Contínuo Equivalente ponderado em A. Entretanto, quando o ruído dura pouco tempo, mas não tão pouco para possa ser caracterizado como impulsivo, não é tonal, nem constante, mas apresenta picos como no caso de um elevador em operação, uma passagem de um veículo, um sobrevôo de aeronave, a norma brasileira não estabelece diretrizes para a sua avaliação. Para este tipo de ruído adotar-se-á a nomenclatura de ruído intrusivo, isto é, ruído que se destaca e é percebido negativamente em relação ao ambiente acústico sem a presença desse ruído.

A avaliação do incômodo causado pelo ruído é preocupação de pesquisa de vários documentos técnicos de organizações como a ISO (International Organization for Standardization), a FAA (Federal Aviation Agency) e o FHWA (Federal Highway Administration). Existem critérios consolidados para avaliação de ruído constante, mas para a avaliação de ruído intrusivo, ainda não há consenso. Segundo Penedo (2008), quando os ocupantes de um espaço apresentam reclamações devido a ruídos de natureza intrusiva, deverão ser empregados métodos de avaliação acústica com vista a determinar de que forma esses estímulos sonoros podem ser efetivamente responsáveis pelas situações de perturbação relatadas.

1.1. Critérios de conforto acústico

A norma NBR 10152:1987 utiliza o valor do Nível Sonoro Contínuo Equivalente ponderado em A, L_{Aeq} , em dB(A) e *noise criteria*, NC. Os valores recomendados para ambientes internos são dados conforme a Tabela 1:

Tabela 1: Valores dB(A) e NC (ABNT NBR 10152:1987)

Locais	dB(A)	NC
Dormitórios	35-45	30-40
Salas de estar	40-50	35-45

Para a utilização de valores únicos aplicam-se ponderações para adaptar a escala linear medida, à escala ponderada, que reflete melhor a percepção auditiva do ouvido humano. O L_{Aeq} é resultante da soma energética de todas as bandas de frequência resultantes da adaptação do espectro do ruído perturbador por aplicação de uma ponderação em A.

A utilização de um método de um valor único não é suficientemente adequada por desconsiderar a composição espectral do ruído perturbador. Foram desenvolvidos, então, métodos que analisam a descrição espectral do ruído perturbador, e que estabelecem critérios com base em curvas no domínio do espectro para determinação do critério verificado. Cada curva traduzirá também um “valor único”, determinando, entretanto uma descrição espectral conhecida para o ruído em análise como as curvas NC, adotadas pela NBR 10152:1987. De acordo com Bistafa (2006), as curvas NC, Figura 1, foram criadas em 1957 para limitar os níveis de ruído em ambientes de ocupação humana. Cada curva associa um valor de NC a um espectro em bandas de oitava.

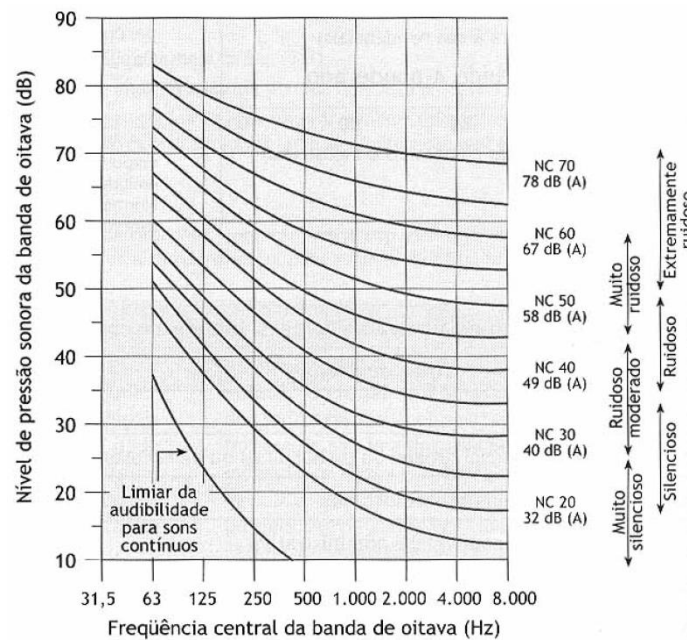


Figura 1 – Curvas NC (BISTAFA, 2006).

O LAE ou SEL, um descritor sonoro utilizado para avaliar eventos, chamado nível de exposição do ruído, representa a dose de energia de um evento, integrando o nível e o tempo de duração do evento. Convencionalmente, a duração do evento é o intervalo em que o nível de pressão sonora fica dentro de 10 dB do nível máximo. O valor é normalizado para 1 s, isto é, como se o evento ocorresse em 1 s. Isto permite integrar o nível de exposição de diferentes eventos ou eventos repetidos. Este índice é frequentemente utilizado na avaliação de perturbação do sono pela intrusão de ruído, por exemplo, pela passagem de veículos.

Segundo o FICAN (1997), outros descritores sonoros utilizados para caracterizar um evento, principalmente em estudos de perturbação do sono, incluem: o Nível Sonoro Máximo ponderado em A (L_{Amax}), o nível de ruído percebido (PNL), o nível efetivo de ruído percebido (EPNL) e nível-C (CL).

1.2. Percepção do som

Na literatura científica, encontram-se diversos estudos da percepção e resposta humana em função de alterações no nível de ruído. Diversos autores entre eles Mehta et. al. (1999) e Bistafa (2006) apontam os resultados de estudos da percepção humana ao som e sua reação, conforme apresentado na Tabela 2. A percepção do ruído é clara após um acréscimo de 5 dB(A) sobre o ruído de referência.

Tabela 2: Percepção do som em relação às mudanças de nível de ruído

Valor em que o ruído excede a referência [dB(A)]	Percepção do som
1	Imperceptível
3	Limiar diferencial. Apenas perceptível.
5	Claramente perceptível.
10	Mudança substancial. Aumentos de ruído de 10 dB são sentidos como se estivesse sendo produzido “duas vezes mais ruído” do que antes.
20	Aumentos de ruído de 20 dB são sentidos como se estivesse sendo produzido “quatro vezes mais ruído” do que antes.

Fonte: Mehta (1999) e Bistafa (2006)

1.3. Resposta humana ao aumento no nível de ruído

A Tabela 3 apresenta a estimativa da resposta humana a um aumento de ruído em relação a uma situação confortável, conforme a norma ISO 1996: 1971. Faz-se uma observação que na versão 2003 dessa norma, não consta mais a tabela, devido às decisões da ISO de deixar critérios de resposta humana para entidades nacionais e locais, já que envolve também questões culturais.

Tabela 3 - Resposta humana a aumento no nível de ruído.

Valor em que o ruído excede a referência [dB(A)]	Categoria de resposta	Reação humana à perturbação ao ruído
0	Nenhuma	Nenhuma reação
10	Baixa	Reclamações esporádicas a frequentes
15	Média	Reclamações generalizadas
20	Forte	Ações e ameaças da comunidade
25	Muito forte	Ação vigorosa e agressiva da comunidade

Fonte: ISO 1996: 1971.

A tabela de resposta da comunidade consta na versão 1987 da norma NBR 10151. Na versão 2000, esta tabela foi retirada e acrescentou-se uma tabela de valores de Nível Critério de Avaliação, dando níveis absolutos, em vez de relativos, aplicáveis especificamente para ruído ambiental na comunidade. Na falta de critérios do próprio país e enquanto não é feita uma grande pesquisa em nível nacional com dados estatisticamente relevantes, a adoção de parâmetros de uma norma internacional pode ser feita, pois representa um consenso de vários países com culturas diferentes. A referência a uma tabela da versão de 1971 da norma ISO 1996 tem caráter informativo a fim de exemplificar reações, de grandes grupos de pessoas, a elevações de ruído, a partir de um nível de base adequado. Muito provavelmente, essa tabela de reações “típicas” da comunidade a elevações de ruído foi retirada da norma, pois estudos posteriores como os de Fidell (2003), mostraram que há reclamações comunitárias mesmo sem grandes elevações de ruído e há sérios incômodos sonoros a populações (identificados a partir da aplicação de questionários), mesmo sem chegarem a buscar vias judiciais para se resolver o assunto.

2. OBJETIVO

Este artigo tem como objetivo discutir a necessidade da inclusão de um método de avaliação do ruído intrusivo na norma brasileira e sugere um caminho a seguir.

3. MÉTODO

Neste trabalho foi avaliada a situação de ruído intrusivo provocado pela operação de um elevador em um edifício residencial.

Foram realizadas medições conforme os procedimentos da norma NBR 10152: 1987 em um apartamento cujo morador reclamava do ruído proveniente do elevador. Em cada uma das três medições do elevador em operação foi obtido: o Nível Sonoro Contínuo Equivalente, L_{eq} do ruído, para cada faixa de frequências de 1/3-oitava, de 50 Hz a 10000 Hz; o Nível Sonoro Contínuo Equivalente ponderado em A, L_{Aeq} ; e o Nível Sonoro Máximo ponderado em A, L_{Amax} . A partir do espectro do ruído, por faixa de frequência de terço de oitava, foram calculados os níveis do ruído por faixa de frequência de 1/1-oitava, obtendo-se, então, os valores de NC (noise criteria). Também, foi obtido o L_{eq} do ruído e o L_{Aeq} para a situação do elevador parado (ruído ambiente).

Por fim, confrontou-se a média das três medições do Nível Sonoro Máximo ponderado em A, L_{Amax} do elevador em operação com o Nível Sonoro Contínuo Equivalente ponderado em A, L_{Aeq} do elevador parado, avaliando-se o impacto desse incremento.

4. RESULTADOS

Os níveis de ruído medidos no dormitório de um apartamento atendem aos critérios apresentados na NBR 10152, tanto em termos de L_{Aeq} , como de NC. O valor do L_{Aeq} , obtido com o elevador em operação neste estudo foi de 32 dB(A) e o NC foi de 24 dB e o ruído ambiente, isto é, o nível de ruído com o elevador parado foi de 31 dB(A) e o NC foi de 23 dB. Com o elevador funcionando, tanto o L_{Aeq} (Figura 2), como de NC (Figura 3) aumentaram em 1 dB o nível médio do ruído no ambiente – um aumento quase não perceptível. Em circunstâncias como estas, o decreto-lei português nº 9/2007 (MAOTDR, 2007), por exemplo, determina que a instalação de atividades como neste caso, ruidosas, permanentes e sazonais estão sujeitas ao cumprimento do critério de incomodidade, considerando a diferença do indicador L_{Aeq} do ruído ambiente determinado durante a ocorrência do ruído particular da atividade e valor do ruído de fundo, isto é, o L_{Aeq} sem a fonte de ruído em operação. Esta diferença não pode exceder 5 dB(A) no período diurno, 4 dB(A) ao entardecer e 3 dB(A) no período noturno. Caso a diferença seja maior do que a determinada,

devem ser tomadas medidas de redução na fonte de ruído, no meio de propagação do ruído e no receptor, nesta ordem. Neste caso, apesar desta diferença ser menor do que 3 dB(A), a intrusão era inequívoca. Entretanto, se compararmos o L_{Aeq} do elevador parado com o L_{Amax} do elevador em operação, que é o nível sonoro máximo ponderado em A, observa-se um incremento de 11 dB(A), que está na ordem de grandeza da definição de um evento pelo L_{AE} ou SEL . Considerando-se este incremento no ruído ambiental, ter-se-á uma resposta esperada da comunidade ao aumento de ruído que pode ser classificada como “baixa a média,” com “reclamações esporádicas a frequentes”, segundo a ISO 1996.

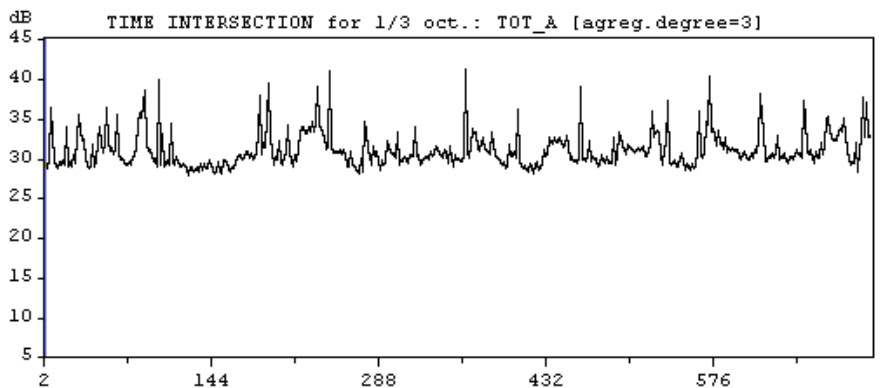


Figura 2 – L_{Aeq} ao longo do tempo.

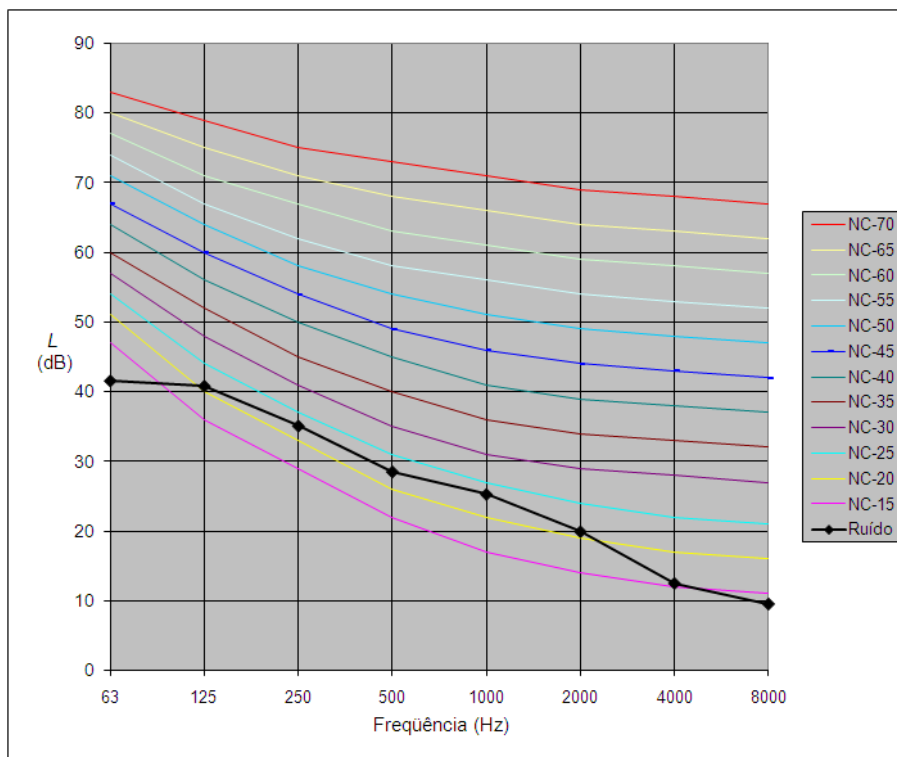


Figura 3 – Curva NC.

O nível de pressão sonora equivalente no interior do dormitório medido com o elevador em operação apresentou valores médios que atendem aos limites da NBR 10152. Mas isto não representou conforto aos moradores, pois o acréscimo máximo no ruído ambiental provocado pela passagem do elevador foi perceptível e causou incômodo. O aumento de pressão sonora de 10 dB é percebido, pelo ser humano, como se houvesse “dobrado o nível de ruído”.

5. CONCLUSÕES

Apesar de um estudo de caso não ser suficiente para concluir pela adequação de uma metodologia de avaliação, ele suscitou uma discussão importante quanto á necessidade de se debater sobre um método que melhor avalie o ruído intrusivo. Este estudo de caso serviu para ilustrar a aplicação de uma sugestão de

método de avaliação.

Para determinar a intrusividade sugere-se como base para discussão, a comparação do L_{Amax} do evento intrusivo com o L_{Aeq} sem a ocorrência do evento, usando, para avaliação, a tradicional escala de percepção do som (Tabela 2), destacando assim o ruído intrusivo da média com o intuito de avaliar o incômodo.

A norma NBR 10152 não é completa e adequada a todas as situações práticas. O aspecto de intrusividade de ruído como o do elevador não é tratado pela norma que utiliza, basicamente, indicadores médios para avaliação. Alguns tipos particulares de ruído são abordados pela aplicação de fatores de penalização quando esse ruído apresenta características particulares, como a “impulsividade”, que não é o caso aqui discutido.

Conclui-se que avaliar um ruído intrusivo com base no acréscimo do valor médio não é adequado, pois estes não avaliam a interferência de um ruído intrusivo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 10151**: Avaliação do nível do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade. Rio de Janeiro, 2000.
- _____. **NBR 10152**: Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.
- BISTAFA, S.R. **Acústica aplicada ao controle de ruído**. São Paulo: Edgar Blücher, 2006. 368p.
- FEDERAL INTERAGENCY COMMITTEE ON AVIATION NOISE – FICAN. Effects of Aviation Noise on Awakenings from Sleep, 1997. Disponível em : <http://www.fican.org/pdf/Effects_AviationNoise_Sleep.pdf>. Acesso em: mai. 2011.
- FIDELL, S. The Schultz curve 25 years later: a research perspective. **The Journal of the Acoustical Society of America** 2003;114(6 Pt 1):3007-15.
- INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – **ISO R1996**: Recommendation, “Acoustics - Assessment of noise with respect to community response”, Geneva, 1971.
- MEHTA, M.; JOHNSON, J.; ROCAFORT, J. **Architectural acoustics: principles and design**. Columbus: Prentice Hall, 1999. 446p.
- MINISTÉRIO DO AMBIENTE, DO ORDENAMENTO DO TERRITÓRIO E DO DESENVOLVIMENTO REGIONAL - MAOTDR - GOVERNO DE PORTUGAL. Regulamento Geral do Ruído, Dec. Lei nº 9/2007, de 17 de Janeiro, **Diário da República**.
- PENEDO, C. Ruído de equipamentos electromecânicos em espaços ocupados. In: **Acústica 2008**, Coimbra, 2008, Anais. Disponível em: <http://www.contimetra.com/Catalogos/Net_Dep_ArCondicionado/AtenuadoresSom/Documentos/REEEO.pdf>. Acesso em: fev. 2011.