



ISOLAMENTO ACÚSTICO LEGAL, NORMAL, OU REAL: QUAL ADOTAR?

Valadares, Victor Mourthé

- (1) Laboratório de Conforto Ambiental, Departamento de Tecnologia da Arquitetura, do Urbanismo e do Design, Escola de Arquitetura, Universidade Federal de Minas Gerais, Rua Paraíba, 697, Funcionários, Belo Horizonte CEP 30.130-141, Minas Gerais, Brasil, vmars.bhz@gmail.com.

RESUMO

Este trabalho faz uma reflexão sobre a questão da definição do isolamento acústico de origem aérea recomendado para envoltórias de ambientes de edificações na vertente da privacidade acústica no contexto do tratamento acústico de recintos fechados. Foram desvelados três formatos possíveis dessa definição de isolamento, aqui nomeados de *legal*, *normal* e *real*, na perspectiva do conceito de diferença de nível de pressão acústica entre ambientes que uma partição edilícia pretende isolar, uma expressão da difundida noção de perda por transmissão acústica. Na reflexão teórica, os níveis de critério pelas curvas NC foram adotados nos âmbitos federal (Brasil), estadual (Minas Gerais) e municipal (Belo Horizonte). Quanto à indagação no título do trabalho, o formato de isolamento acústico *real* é melhor para orientação da especificação de sistemas construtivos de isolamento acústico pelo profissional.

Palavras-chave: acústica de edificações, isolamento acústico, diferença de nível.

ABSTRACT

This work focused on the issue of airborne sound insulation to the indoor enclosures regarding acoustic privacy in the context of the acoustic treatment of enclosed spaces. Three types of isolation were displayed, namely *real*, *normal*, and *legal* from the perspective of the notion of level difference, a kind of acoustic transmission loss parameter. The theory reflection applied the noise criteria NC concept contextualized to federal (Brazil), state (Minas Gerais) and municipal (Belo Horizonte) ambits. Regarding the question posed in the title of this paper, here is suggested that the *real type* acoustic insulation is better to guide the specification of acoustical building insulation system by professional.

Keywords: building acoustics, sound insulation, difference of level.

1. INTRODUÇÃO

No tratamento acústico de ambientes, na abordagem da privacidade acústica, há variações na denominação e definição do isolamento sonoro de origem aérea (*airborn sound insulation*) das envoltórias edilícias. Para promover o domínio sobre a estratégia que rege os estudos de privacidade acústica na prática de projetos acústicos em que este aspecto do conforto acústico é requisitado, proporcionando mais clareza e familiaridade com os termos envolvidos, este trabalho desvelou três formatos de isolamento acústico: o *real*, *normal* e *legal*. Eles estão tacitamente presentes na literatura de acústica de edificações em geral (*building acoustics*), em artigos científicos, normas técnicas, ou livros-textos, sendo importante explicitá-los no intuito de dar base para um entendimento do compromisso de desempenho atrelado a cada formato.

2. MÉTODO

Inicialmente foram feitas considerações preliminares sobre o conforto acústico na abordagem em tela, seguida do delineamento da estratégia para lidar com a questão através dos conceitos de níveis de imissão e de critérios acústicos envolvidos na definição do isolamento acústico, cuja denominação aqui adotada foi peculiar, com a especificação de um termo base de descrição para isolamento acústico diante do conjunto de termos vigentes na comunidade científica. Na sequência, os três formatos de isolamento acústico aqui desvelados foram exemplificados mediante uma reflexão teórica abrangendo os âmbitos federal (Brasil), estadual (Minas Gerais) e municipal (Belo Horizonte) e então elucidado os compromissos de desempenho de isolamento acústico envolvidos em cada um deles.

3. PRELIMINARES

Na perspectiva quantitativa, o conforto acústico no âmbito da privacidade acústica, consiste em manter o nível de ruído ambiente do recinto de interesse dentro de num intervalo de valores entre o apropriado, situação recomendada de conforto propriamente dita, e o admitido, limiar entre o conforto e o desconforto acústicos, compondo um intervalo de aceitabilidade. Tal intervalo envolve em muitos dos casos considerados uma faixa valores definidos em termos de curvas de critério de ruído para conforto acústico para um certo ambiente interno de uma certa tipologia edilícia, faixas estas denominadas em geral de curvas NC (*noise criteria curves*) as quais foram propostas e revisadas por Beranek [1] e apropriadas nas versões da NBR 10.152 de 1987 e 2017, Abnt [2] e Abnt [3], respectivamente. O menor valor de NC desse intervalo é aqui denominado de valor mais restritivo (NC+R), e o maior, menos restritivo (NC-R). Na Tabela 1, constam extratos de recomendações dessas faixas para ambientes domésticos.

Tabela 1: Faixas de aceitabilidade de curvas NC nível para alguns recintos da tipologia edilícia habitacional

Especificação do local	NC ¹	Fonte
Quartos, dormitórios em quartéis, hospitais, residências, apartamentos, hotéis, motéis (para dormir, descansar, relaxar) Ambientes de estar	até 30	Beranek [1]
Ambientes de estar e entretenimento em ambientes domésticos (para conversação, audição de rádio e televisão)	30 a 40	
Residências Dormitórios Salas de estar	35 a 45 40 a 50	ABNT [2] ²
Residências Dormitórios	até 30	ABNT [3] ³
Salas de estar Salas de cinema em casa (home theater)	até 35	

1 - “Em geral, o menor valor da faixa deveria ser selecionado caso seja desejada uma elevada expectativa na comunicação por fala ou na audição de música. O maior valor da faixa só deveria ser utilizado onde considerações econômicas sejam imperativas quando condições marginais de aceitabilidade são admitidas(...). O consultor ou arquiteto de usar seu julgamento na escolha da curva NC na faixa de aceitabilidade para uma especificação particular uma vez que circunstâncias não usuais, como as atitudes das pessoas em relação ao ruído, expectativas locais ou a necessidade por economia extrema são importantes fatores intervenientes.” (Fonte: tradução do autor de [1])

2 - o valor inferior representa o nível (...) para conforto, enquanto o valor superior representa o nível aceitável para a finalidade. Níveis superiores aos valores mais altos das faixas são considerados de desconforto (Fonte: NBR 10.152, 1987, p.3).

3 - Para fins de elaboração de estudos e projetos acústicos de ambientes internos a edificações

Os intervalos de aceitabilidade em questão propiciam naturalmente uma atmosfera de sossego: ora para o descanso – restabelecimento somático, compensação da fadiga, sono, etc – ora a realização de certas atividades – laboral, corriqueira, de lazer, por exemplo – onde a atenção na praxis e ou a escuta em algum processo de comunicação inteligível sejam possíveis sem interferências de eventos acústicos inconvenientes, incomodativos ou, em caso extremo,

insanos. Ressalta-se que o conforto acústico em termos de privacidade acústica não requer silêncio, pois a vida é sonora, mescla de sons e ruídos variados, sendo que a acusticosfera que nos envolve e de que hoje somos protagonistas nesse estágio civilizatório que nos encontramos, é uma mescla de fenômenos acústicos, vários potencialmente danosos à comunicação, fruição, descanso ou sanidade, rotulados de ruídos, objeto do projeto para isolamento acústico. Acusticosfera é um termo utilizado aqui em substituição ao termo paisagem sonora proposto por Schafer [4], cuja justificativa e pertinência será tratado em outra oportunidade.

Na perspectiva da discussão aqui elaborada, a estratégia de estudo de isolamento acústico consiste inicialmente em estimar, espectral e/ou globalmente, o desnível acústico esperado (D_E e D'_E , respectivamente), para as envoltórias do recinto (vedos verticais – com ou sem esquadrias – e coberturas, lajes entre pisos e telhados – estes últimos com ou sem presença de lajes). Em seguida deve-se buscar pela especificação de um sistema construtivo constituinte das envoltórias cujo desempenho estimado espectral ou globalmente (d_e e/ou d'_e , respectivamente) seja capaz de reduzir os níveis de emissão acústica incidentes oriundos de ambientes contíguos ou os níveis de emissão acústica incidentes sobre ambientes contíguos, caso o recinto seja potencialmente impactado ou impactante, conforme ilustra a Figura 1.



Fig.-1.a : imissão acústica, recinto impactado

Fig.-1.b: emissão acústica: recinto impactante

Figura 1: Situações básicas em estudos de isolamento acústico em edificações.: imissão e emissão. (adaptado de Gureneisen [5]).

A definição do d_e (ou d'_e) baseia-se em informações de catálogos técnicos fornecidos por fabricantes de materiais de construção / sistemas construtivos ou de estimativas provenientes de modelos de cálculos e procedimentos presentes na literatura especializada em acústica de edificações, tais como artigos científicos, normas técnicas e livros-textos, os quais dão base ao desenvolvimento de planilhas eletrônicas ou programas com putadorizados dedicados. A título de exemplo, a partir de Gerges [6], o parâmetro d_e (em dB) pode ser calculado espectralmente, entre a frequência de ressonância e a frequência crítica de desempenho do material / sistema construtivo considerado, ou seja, dentro do regime das lei das massas, por

$$d_e = 20 \cdot \log (M \cdot f) - 47,4 \quad (1)$$

em que M (em $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$) consiste na massa superficial do sistema construtivo homogêneo em espessura, tal como uma parede simples, resultado do produto da densidade do material (em $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$) pela sua espessura de aplicação (em m); f consiste nas faixa de frequência centrais de bandas de oitava (em Hz), por exemplo, sendo que $f_r < f < f_c$, onde f_r consiste na frequência de ressonância do sistema construtivo e f_c na frequência crítica. Caso a parede seja composta de materiais diferentes justapostos sem cavidade de ar entre eles, tratando-se de uma modalidade de sistema construtivo heterogêneo em espessura, deve-se adotar:

$$M = \sum_{i=1}^n m_i \quad (2)$$

onde m_i é a massa superficial de cada camada justaposta do material: por exemplo ‘ m_1 ’ referente ao reboco interno, ‘ m_2 ’ referente ao tijolo da parede e ‘ m_3 ’ referente ao reboco externo. No caso de sistemas construtivo composto de vedos duplos, dependendo da situação do valor da faixa frequência de estimativa de desempenho em relação às três frequência de referências f_i (frequência inferior, na região grave do espectro), f_{mam} (frequência massa-ar-massa, intermediária, referente ao efeito da cavidade do sistema construtivo) e f_s (frequência superior, na região aguda do espectro) pode-se estimar o desempenho d_e com base nas equações relacionadas na Tabela 2. Os valores de f_i , f_{mam} e f_s são assim estimados:

$$f_i = (\rho \cdot c) / \pi \cdot (m_1 + m_2) \quad (3)$$

$$f_{mam} = (c/2 \cdot \pi) \cdot \{(\rho / d) \cdot [(m_1 + m_2) / (m_1 \cdot m_2)]\}^{1/2} \quad (4)$$

$$f_s = c / (2 \cdot \pi \cdot e) \quad (5)$$

com ρ consistindo na densidade do ar (em Kg.m^{-3}), c , na velocidade do som no ar, (em m.s^{-1}), e , na espessura da cavidade entre as paredes, (em m); d_e , no desempenho de isolamento acústico aéreo do sistema duplo (em dB); d_{e1} , no desempenho de isolamento acústico aéreo da primeira face do sistema duplo (em dB); d_{e2} , no desempenho de isolamento acústico aéreo da segunda face do sistema duplo, (em dB); m_1 , na massa superficial da primeira face, (em Kg.m^{-2}) e m_2 , na massa superficial da primeira face, (em Kg.m^{-2}).

Tabela 2: Situação de f em relação à f_i , f_{mam} e f_s para identificação do equação de isolamento de vedado duplo

Região	Faixa de frequência de estimativa em (Hz)		Equações	
1	Se	$f_i < f < f_{mam}$, então:	$d_e = 20 \cdot \log [(m_1+m_2) \cdot f] - 47,4$ (6)
2		$f_{mam} < f < f_s$		$d_e = d_{e1} + d_{e2} + 20 \log (4 \cdot \pi \cdot d \cdot f / c)$ (7)
3		$f > f_s$		$d_e = d_{e1} + d_{e2} + 6$ (8)

Fonte : adaptado de Gerges [5].

Caso a área de um vedado específico seja constituído por dois sistemas construtivos isolantes distintos, ou seja, um sistema construtivo heterogêneo em superfície (vedado vertical composto de alvenaria e esquadria de janelas numa fachada, por exemplo) deve-se fazer uma média logarítmica ponderada das contribuições dos desempenhos de cada componente, definindo assim, o desempenho de isolamento acústico composto, adaptado de Gerges [6], por:

$$d_c = \sum_{i=1}^n s_i / \sum_{i=1}^n s_i \cdot t_i \quad (9)$$

onde s_i consiste na área de cada sistema construtivo integrante do vedado heterogêneo, e t_i consistindo nas respectivas transmissividades acústicas envolvidas:

$$t = 10^{- (d_e / 10)} \quad (10)$$

Partindo-se do princípio de que um dos sistemas construtivos já está previamente definido para o vedado heterogêneo em superfície, numa composição alvenaria e esquadria de janela, por exemplo, uma vez definido o desempenho de isolamento acústico estimado para a alvenaria, $d_{e,alv}$, poder conhecer o desempenho de isolamento acústico estimado para a esquadria de janela, $d_{e,jnl}$, a partir da definição de sua transmissividade acústica:

$$t_{jnl} = [(S \cdot 10^{(-d_e/10)}) - (s_{alv} \cdot t_{alv})] / s_{jnl} \quad (11)$$

onde S consiste na área do vedado heterogêneo em superfície (em m^2), s_{alv} , na área de alvenaria (em m^2), t_{alv} , na transmissividade de alvenaria (adimensional) e s_{jnl} , a área da esquadria da janela (em m^2). Assim, pela definição de isolamento acústico:

$$d_{e,jnl} = 10 \cdot \log_{10} (1/t_{jnl}) \quad (12)$$

Uma vez definido os valores do d_e e D_E , a desigualdade $d_e \geq D_E$ deve ser verificada para assegurar o atendimento ao nível de critério adotado. Assim como foi feito em relação ao parâmetro d_e , há que se fazer considerações também em relação à definição dos valores de D_E e o modo pelo qual serão feitas irá remeter aos formatos de isolamento acústico *real*, *normal* ou *legal*, foco deste trabalho, e que serão abordados na seção seguinte.

4. OS TRÊS FORMATOS DE ISOLAMENTO ACÚSTICO

A seguir são apresentados os formatos de isolamento aqui desvelados.

4.1 Isolamento normal

O isolamento normal consiste naquele em que o parâmetro D_E ou D'_E é definido pela consulta a uma norma técnica específica, sem exigir, em geral, do profissional responsável pela especificação do sistema construtivo uma definição do desempenho de isolamento acústico requerido para situação por sua expertise. Podemos citar como exemplos as normas NBR – 12.237 referente à salas de projeção cinematográfica, Abnt [7], e NBR – 15.575 (Parte 4), Abnt [8], referente ao desempenho de sistemas construtivos de edificações habitacionais. Em Abnt [7] encontram-se definidos os valores espectrais de desempenho de isolamento acústico de envoltórias de salas de projeção cinematográficas (Tabela 3) constando, na última coluna, o valor global D'_E ausente nesta fonte, ou seja o número único para desempenho de isolamento acústico, aqui denominado de número único do isolamento expectado. O valor de D'_E foi obtido segundo Iso [9], com síntese do procedimento apresentado na Figura 2.

Tabela 3: Isolamento acústico requerido pela norma NBR 12.237, ABNT [6]

f, [Hz]:	31,5	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	D'_E
D_E , [dB]:	38	48	52	66	66	66	66	66	66	67

Em Abnt [8] são indicados valores de D'_E em três níveis de desempenho: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S), conforme a situação da habitação e contiguidades entre recintos, através dos parâmetros diferença padronizada de nível ponderada, considerando a envoltória edilícia ($D_{2m, nT, w}$) ou vedos verticais entre ambientes internos ($D_{nT, w}$) ou no parâmetro índice de redução sonora ponderado (R_w).

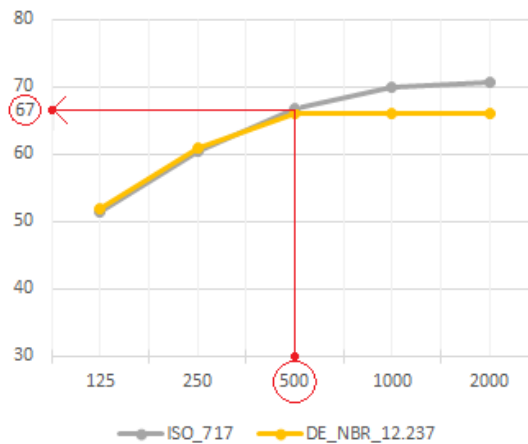


Figura 2: Definição do valor de D'_E segundo ISO [9], não especificado em ABNT [7].

A seleção entre os parâmetros D ou R é baseada na opção de se verificar experimentalmente o desempenho do sistema construtivo especificado em condições de campo (vigência de D) ou de laboratório (vigência de R). Nas tabelas 4 e 5 constam valores de D e R da Abnt [8]. Selecionado, por exemplo, um certo valor de $D_{2m, nT, w}$ pela Tabela 4, fica assim estabelecido o valor D'_E para uma certa situação de projeto e, prevalecendo a desigualdade de $d'_e \geq D'_E$, o sistema construtivo especificado fica definido através do conceito de *isolamento normal*.

Tabela 4: D'_E em termos de diferença de nível D e índice de redução R para envoltórias

Parâmetro de Isolamento	Classe de Ruído	Situação da habitação	Desempenho		
			M	I	S
$D_{2m, nT, w}$	I	distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 20	≥ 25	≥ 30
	II	exposta à ruídos não enquadráveis nas classes I e III	≥ 25	≥ 30	≥ 35
	III	exposta a ruído intenso, conforme a legislação	≥ 30	≥ 35	≥ 40
$R_w = D_{2m, nT, w} + 5$					

Fonte: adaptado de ABNT [7]

Tabela 5: D'_E em termos de diferença de nível D e índice de redução R para vedos internos

Parâmetro de Isolamento	Vedo	Desempenho		
		M	I	S
$D_{nT, w}$	Parede cega de salas e cozinhas entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual como corredores e escadaria dos pavimentos	30 a 34	35 a 39	≥ 40
	Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), nas situações onde não haja ambiente dormitório	40 a 44	45 a 49	≥ 50
	Parede cega de dormitórios entre uma unidade habitacional e áreas comuns de trânsito eventual, como corredores e escadaria nos pavimentos			
	Conjunto de paredes e portas de unidades distintas separadas pelo hall	45 a 49	50 a 54	≥ 55
	Parede entre unidades habitacionais autônomas (parede de geminação), no caso em que pelo menos um dos ambientes é dormitório			
	Parede cega entre uma unidade habitacional e áreas comuns de permanência de pessoas, atividades de lazer e atividades esportivas, como home theater, salas de ginástica, salão de festas, salão de jogos, banheiros e vestiários coletivos, cozinhas e lavanderias coletivas			
$R_w = D_{2m, nT, w} + 5$				

Fonte: adaptado de ABNT [7]

4.2 Isolamento real

O isolamento real consiste naquele baseado na mensuração de descritores acústicos como os definidos em Iso [10] que são levados em conta na caracterização da acusticosfera vigente ao redor das envoltórias da edificação, no caso de avaliação de fachadas. Conforme Balou [11], o desempenho de isolamento acústico esperado D_{E_R} deve ser definido partindo-se de um nível de imissão acústica (NIA), expressão cunhada por Valadares [12] e [13], porém para uma situação crítica de exposição acústica, ou seja, baseado no descritor nível de pressão acústica máximo (ou de pico, dependendo da criticidade da exposição) que no caso de uma acusticosfera de níveis muito variáveis, deve ser ponderado temporalmente no circuito de resposta rápida (L_{LFMAX}). Nesse caso, o nível de imissão acústica sobre as envoltórias edilícias coincide com esse nível crítico selecionado ($NIA = L_{LFMAX}$), e deve ser subtraído aritmeticamente do nível de critério (NC) recomendado no interior do recinto objeto de privacidade acústica para a definição do D_E . Na Figura 4, D_{E_R} refere-se ao desnível acústico entre o L_{LFMAX} e o nível de critério de ruído ambiente NC para o recinto considerado. O D'_{E_R} fica definido segundo Iso [9].

$$D_{E_R} = L_{LFMAX} - NC \quad (13)$$

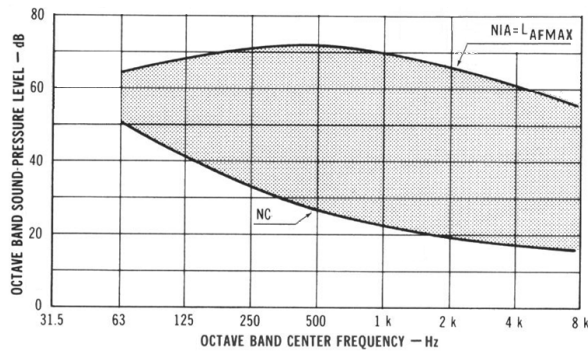


Fig. - 4.(a) Superposição de valores de NIA e NC

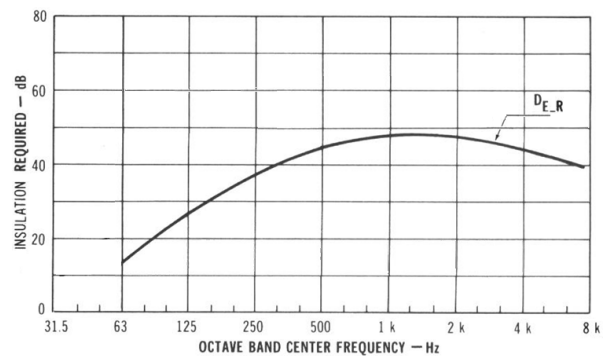


Fig. - 4.(b) Isolamento acústico esperado $D_{E_R} = NIA - NC$

Figura 4: Desempenho de isolamento acústico esperado espectral D_E por isolamento legal. Fonte: Balou [11].

4.3 Isolamento legal

Já o isolamento legal D_{E_L} é aquele definido partindo-se da premissa de que a acusticosfera no entorno da edificação considerada possui níveis de pressão acústica equivalente-contínuo concernentes aos estabelecidos pela legislação ambiental vigente sobre poluição acústica. O nível de imissão acústica (NIA) sobre as envoltórias edilícias coincide então com o nível de critério de avaliação (NCA) das ‘leis de silêncio’ ($NIA = NCA$). Ainda com base em Balou [11], o valor de D_{E_L} consiste no desnível acústico entre o NCA e o nível de critério NC, termos esses presentes na Figura 5. O D'_{E} fica definido segundo Iso [9].

$$D_{E_L} = NCA - NC \quad (14)$$

O resultado de desempenho acústico esperado será espectral ou global conforme o caso dos valores de NCA e NC sejam apresentados espectralmente ou globalmente, respectivamente. O valor do NCA pode ser definido conforme preconizado pelos textos legais dos três âmbitos

legislativos: federal, estadual ou municipal. Em ambas as esferas, o valor de NCA é definido a partir de dois subcritérios, conforme reflexões prévias, com foco no caso mineiro desenvolvidas por Valadares [12] e [13]: o nível de subcritério de zoneamento e ou período do dia (NSC_ZP ou NSC_P) e o de ruído ambiente (NSC_RA). Um dentre eles será o NCA baseado no texto da lei no âmbito considerado. Na Tabela 6 constam o NSC_ZP ou NSC_P e NSC_RA para definição do NCA segundo os âmbitos legais, com ênfase no caso mineiro.

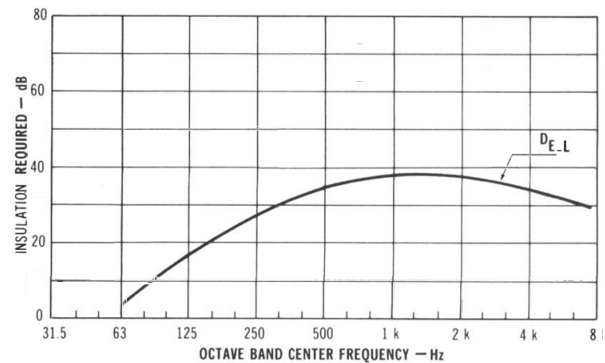
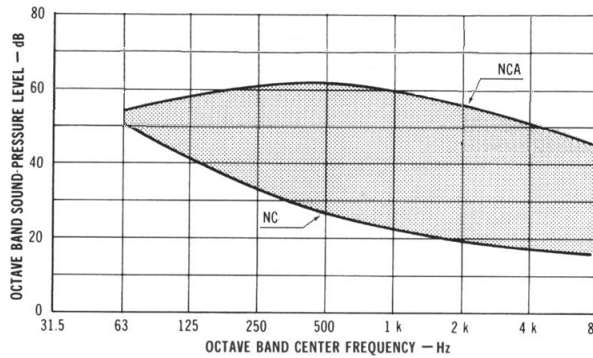


Fig. - 4.(a) Superposição de valores de NCA e NC

Fig. - 4.(b) Definição do isolamento acústico $D_E = NCA - NC$

Figura 5: Desempenho de isolamento acústico esperado espectral D_E por isolamento legal. Fonte: Balou [11]

Tabela 6: Valores de NSC_ZP ou NSC_P e de NSC_RA no caso mineiro.

Âmbito Federal: NSC_ZP NBR 10.151 (2000:2003), Abnt [14]					Âmbito Estadual: NSC_P Lei 7302 (1978), Almg [15] & Lei 10.100 (1990), Almg [16]			Âmbito Municipal: NSC_P Lei 9.905 (2008), Cmbh [17]		
Zona Urbana	Diurno		Noturno		Período do Dia	G	NC ¹	Período do Dia	G	NC ¹
	G dB(A)	NC ¹ dB	G dB(A)	NC ¹ dB		dB(A)	dB		dB(A)	dB
Áreas de sítios e fazendas	40	35	35	30	Diurno	70	65	Diurno	70	65
Área estritamente residencial urbana ou de hospitais ou de escolas ⁵	50	45	45	40	Noturno	60	55	Vespertino	60	55
								Noturno 1	50	45
Área mista, predominantemente residencial	55	50	50	45	Definição do NSC_RA e do NCA por âmbito legal					
					Âmbito	NSC_RA		NCA		
Área mista, com vocação comercial e administrativa	60	55	55	50	Federal	L _{RA}		Maior valor entre NSC_ZP NSC_RA		
Área mista, com vocação recreacional	65	60	55	50	Estadual	L _{RA,ST} + 10		Menor valor entre NSC_P NSC_RA		
Área predominantemente industrial	70	65	60	55	Municipal	L _{RA} + 10				

G – valor global; NC – curva de critério de ruído ambiente para conforto acústico; L_{RA,ST} – nível de ruído ambiente sem tráfego
 Valores de NSC_P municipal em negrito são recomendados para áreas sensíveis: escolas, hospitais, entre outras.
 1 – Está-se assumindo a correspondência entre valores em dB(A) e NC conforme Abnt [2].

5. DISCUSSÃO

A explicitação do compromisso de cada formato de isolamento acústico foi feita por um estudo de caso teórico, quantitativo cujos dados constam na Tabela 7, tendo como fonte de ruído o

tráfego veicular, extraídos da base de dados do autor. Adotando como exemplo uma fachada de uma edificação habitacional exposta ao espectro de ruído do dito tráfego veicular de 1/1 8ª entre 63 Hz e 8kHz através do descritor acústico L_{LFMAX} (linha L1, das colunas C1 até C8), cujo valor global é de 94 dB (C9), este descritor foi usado na equação [13] junto com a curva NC35, segundo Abnt [3], para definir o isolamento acústico expectado espectral no formato real (D_{E_R}) das envoltórias de uma sala de estar voltada para a via, situada numa área mista com vocação comercial e administrativa, no período diurno. Na sequência das linhas de L2 a L6 da Tabela 6 constam os demais descritores acústicos necessários à estimativa do isolamento acústico expectado no formato legal apresentados em termos espectrais e globais sempre com valores em dB (linhas ímpares) e em dB(A) (linhas pares) relacionados à fonte de ruído (valores máximos) e ao ruído ambiente (valores médios em termos de níveis de pressão acústica equivalente-contínuos, com ou sem tráfego). Séries de cinco linhas foram necessárias para definição, por âmbito legal, dos valores de D_{E_L} , recorrendo à equação [14]. O formato normal de isolamento acústico expectado só é obtido globalmente (D'_{E_N}), e foi baseado em Abnt [8] conforme observações na linha 22.

Tabela 7: Estimativa de valores de isolamento legal, normal e real em termos de D_E e D'_E

		Níveis acústicos espectrais em bandas de oitava, [Hz] e Global									
		C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	G	
Descritores	Acústico	L1: L_{LFMAX}	89	89	85	84	76	73	70	65	94
		L2: L_{AFMAX}	57	67	72	76	75	79	76	59	83
		L3: L_{Leq_RAST}	68	60	58	55	55	52	47	43	69
		L4: L_{Aeq_RAST}	36	38	44	47	54	58	52	37	61
		L5: L_{Leq_RACT}	78	70	68	65	65	62	57	53	79
		L6: L_{Aeq_RACT}	46	48	54	57	64	68	62	47	71
Isolamento Legal Âmbito de Avaliação	Federal	L7: NSC_ZP	–	–	–	–	–	–	–	–	60
		L8: NSC_RA	–	–	–	–	–	–	–	–	71
		L9: NCA→NC66	81	76	72	69	66	65	64	63	71
		L10: NC_35	60	52	45	40	36	34	33	32	35
		L11: D_{E_LF}	21	24	27	29	30	31	31	31	32
	Estadual	L12: NSC_P	–	–	–	–	–	–	–	–	70
		L13: NSC_RA	–	–	–	–	–	–	–	–	71
		L14: NCA→NC65	78	72	67	64	61	60	59	58	70
		L15: NC35	60	52	45	40	36	34	33	32	35
		L16: D_{E_LE}	20	23	26	28	30	30	30	30	31
	Municipal	L17: NSC_P	–	–	–	–	–	–	–	–	70
		L18: SC_RA	–	–	–	–	–	–	–	–	81
		L19: NCA→NC65	78	72	67	64	61	60	59	58	70
		L20: NC35	60	52	45	40	36	34	33	32	35
		L21: D_{E_LM}	20	23	26	28	30	30	30	30	31
	Isolamento Normal	L22: D_{E_N}	Para classe de ruído II e desempenho superior								35
Isolamento Real	L23: NC35	60	52	45	40	36	34	33	32	35	
	L24: D_{E_R}	29	37	40	44	40	39	37	33	44	

Comparando-se os valores de D_E e D'_E entre os formatos de isolamento desvelados, o isolamento real mostrou-se mais restritivo em relação ao normal e ao legal, nesse último, nos três âmbitos considerados. O isolamento normal mostrou-se entre o real e o legal, esse último menos restritivo, uma vez que considera a acusticosfera do entorno do empreendimento mais amena do que ela é de fato. No caso do isolamento legal, os valores entre os âmbitos municipal e estadual coincidiram e foram menos restritivos que os do âmbito federal. Esta constatação mostra que nos âmbitos estadual e municipal a situação de exposição acústica é mais permissiva e a da federação, o que não deveria ocorrer. Convém definir o isolamento acústico das envoltórias pelo formato real, uma vez que ele trata do contexto vigente e menos abstrato da situação.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho fez uma reflexão geral sobre a questão isolamento acústico de origem aérea sobre as envoltórias das edificações na vertente da privacidade acústica no contexto do tratamento acústico de recintos fechados. Foram desvelados três formatos de isolamento acústico, qual seja, o *legal*, o *normal* e o *real*, na perspectiva do conceito de diferença de nível. No que tange à pergunta colocada no título do trabalho, o formato de isolamento acústico real é o que deve reger a especificação de sistemas de isolamento acústico nas envoltórias das edificações para assegurar a privacidade acústica numa acusticosfera vigente, mais próxima da realidade.

REFERÊNCIAS

- [1] Beranek, L. L. Noise and Vibration Control. Washington, INCE, 1988.
- [2] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10152 – *Níveis de ruído para conforto acústico*. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.
- [3] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10152 – *Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações*. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
- [4] Schafer, R. M. O ouvido pensante. São Paulo: Fundação Editora da UNESP, 1991.
- [5] Grueneisen, Peter. Soundspace: architecture for sound and vision. Basel; Boston: Birkhäuser, 2003.
- [6] Gerges, Samir N.Y. Ruído: fundamentos e Controle. Florianópolis, S.N.Y. Gerges, 2000.
- [7] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 12.237 – *Projetos e instalações de salas de projeção cinematográficas*. Rio de Janeiro: ABNT, 1988.
- [8] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 15575 – *Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho*. Parte 4: Sistemas de vedações verticais externas e internas. Rio de Janeiro, ABNT, 2009.
- [9] International Organization for Standardization. ISO 717 – *Rating of sound insulation in buildings and building elements*. Genève: ISO, 2013.
- [10] International Organization for Standardization. ISO 1996 – *Description, measurement and assessment of environmental noise – Part 1: Basic quantities and procedures*. Genève: ISO, 2017.
- [11] Ballou, G. M. Handbook for sound engineers: the new audio cyclopedia. Indiana: SAMS, 2002.
- [12] Valadares, V. M. Considerações sobre a avaliação da atmosfera acústica e proposição de classificação de sua poluição In: *XXV Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica*, Sobrac 2014, Campinas, SP, 2014.
- [13] Valadares, V. M. Leis de silêncio em belo horizonte – MG: evolução e tendências. In: *XIV Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído ENCAC & X Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído ELACAC da Sociedade Brasileira de Acústica*, Encac 2017, Balneário Camburiú, SC, 2017.
- [14] Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10151 – *Avaliação do ruído em áreas habitadas visando o conforto da comunidade*. Rio de Janeiro: ABNT, 2000:2003.
- [15] Assembléia Legislativa De Minas Gerais (ALMG). Lei n. 7302 – 21 jul. 1978. *Dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais*, 1978.
- [16] Assembléia Legislativa De Minas Gerais (ALMG). Lei n. 10.100 – 17 jan. 1990. *Dispõe sobre a proteção contra a poluição sonora no Estado de Minas Gerais*.
- [17] Câmara Municipal de Belo Horizonte (CMBH). Lei n. 9.905 – 23 jan. 2008 . *Dispõe sobre o controle de ruídos, sons e vibrações no Município de Belo Horizonte e dá outras providências*. *Diário Oficial do Município*, Belo Horizonte , ano XIV, . 3.016 de 24/01/2008.