XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica
3 a 5 de outubro de 2018
Porto Alegre - RS

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS VALORES DE DnT,w ENSAIADAS EM CAMPO E SIMULADOS NO SISTEMA DE CÁLCULO SIMPLIFICADO DA ISO 12354-1

Nascimento, Néio Lúcio Freitas[1]; Coelho, Fabiana Curado[2];
(1) Síntese Acústica Arquitetônica, SHIN CA 01, bloco A, lote A, sala 232, Brasília-DF, neiolucio@gmail.com.
(2) Síntese Acústica Arquitetônica, SHIN CA 01, bloco A, lote A, sala 232, Brasília-DF, bia.curado@gmail.com.

RESUMO

A ABNT NBR 15.575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho completa em julho de 2018 cinco anos de exigibilidade. Não obstante o esforço dos diversos setores da construção civil para atender aos requisitos desta norma, especialmente os relacionados à acústica, ainda existe uma grande lacuna de dados específicos de fabricantes locais. Desta forma, os construtores enfrentam sérias dificuldades em adquirir, junto aos fornecedores locais, produtos com o Índice de Redução Sonora Ponderado (R_w) atestados por laboratórios, o que dificulta as boas práticas de projeto e execução. Em estudos anteriores, traçou-se um comparativo entre a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{nT,w}$) de paredes ensaiadas *in loco* e as calculadas pela ISO 12354-1, analisando como a escassez de dados pode influenciar os desvios de valores calculados para a DnT,w de paredes. O estudo foi desenvolvido com base em um protótipo construído para simular uma parede de geminação entre unidades habitacionais. Nesta divisa, foram executados seis tipos diferentes de sistemas de parede, instalados conforme procedimentos estabelecidos, tais como: encabeçamento dos blocos, e ausência de instalações elétricas e hidráulicas. Entretanto esta não é a realidade das divisas construídas nas habitações brasileiras. Por isso, o presente trabalho estabelece um próximo passo, o qual consiste em um estudo comparativo entre as $D_{nT,w}$ de paredes ensaiadas *in loco*, porém em situação real, com as $D_{nT,w}$ calculadas pelo método simplificado da ISO 12354-1, estes através de dados de R_w disponíveis em bibliografia e catálogos nacionais. Para o estudo foram selecionadas diferentes obras da Região Centro-Oeste, construídas em alvenarias de bloco cerâmico e bloco de concreto, que possuem dormitório como ambiente receptor. Este estudo evidencia a influência do elemento separador e dos flancos no resultado da $D_{nT,w}$ calculada e os desvios em relação à $D_{nT,w}$ ensaiada *in loco* em situação real.

Palavras-chave: NBR 15.575, desempenho acústico, sistema de vedação vertical interna, ISO 16283-1, ISO 12354-1.

ABSTRACT

The standard ABNT NBR 15.575:2013 – Residential Buildings – Performance, completes on 2018 July, five years of liability. Even with the efforts of many construction sectors to meet the requirements of this standard, especially those related to acoustics, there is still a large gap in specific data to local manufacturers. Therefore, constructers face serious difficulties in acquiring, with local suppliers, products with the Weighted Sound Reduction Index (R_w) attested by laboratories, which jeopardize good design and implementation practices. In previous studies, a comparison was made between the Standardized Weighted Level Difference ($D_{nT,w}$) of partition walls measured *in loco* and those calculated by ISO 12354-1, analyzing how the scarcity of data can influence the deviations of values calculated for the $D_{nT,w}$ of walls. The study was developed based on a prototype built to simulate a partition between housing units. In this dwelling, six different types of wall systems were installed, according to established procedures, such as: vertical filling of the blocks, and absence of electrical and hydraulic installations. However, this is not the reality of partition wall built in Brazilian housing. Therefore, the

DOI: 10.17648/sobrac-87090

present paper establishes a next step, which consists in a comparative study between the $D_{nT,w}$ of walls measured *in loco*, but in real situation, with the $D_{nT,w}$ calculated by the simplified method of ISO 12354-1, these through R_w data available in bibliography and national catalogs. For the study were selected different buildings of the Central-West Region, built in masonry of ceramic block and concrete block, which have dormitory as receiving environment. This study emphasizes the influence of the separating element and the flanks on the result of the calculated $D_{nT,w}$ and the deviations in relation to the $D_{nT,w}$ tested *in loco* in real situation.

Keywords: NBR 15.575, acoustic performance, internal vertical sealing system, ISO 16283-1, ISO 12354-1.

1. INTRODUÇÃO

A ABNT NBR 15575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho [1] determina como critério de comprovação de desempenho acústico de um sistema de vedação vertical interno, a Diferença Padronizada de Nível Ponderada ($D_{nT,w}$) obtido em ensaio realizado *in loco*. Porém, é possível utilizar alternativas para previsão do desempenho acústico. Conforme Silva [2], métodos de cálculo, tais como os descritos pela série de normas ISO 12354, adotados pela maioria dos países europeus, são ferramentas úteis para auxiliar profissionais na elaboração de projetos e verificação do desempenho de forma simples, rápida e economicamente viável, mas os dados disponíveis para sistemas de países desenvolvidos geralmente apresentam melhor desempenho acústico em vista dos utilizados no Brasil.

Em vista da clara escassez de dados laboratoriais de materiais de construção brasileiros, em estudos anteriores, traçou-se um comparativo entre a $D_{nT,w}$ de paredes ensaiadas *in loco* e as calculadas pela ISO 12354-1, analisando como esta escassez de dados pode influenciar os desvios de valores calculados para a $D_{nT,w}$ de paredes. O estudo foi desenvolvido com base em um protótipo construído para simular uma parede de geminação entre unidades habitacionais. Nesta divisa, foram executados diferentes de sistemas de parede, instalados conforme procedimentos estabelecidos, tais como: encabeçamento dos blocos, e ausência de instalações elétricas e hidráulicas [3]. Entretanto esta não é a realidade das divisas construídas nas habitações brasileiras.

Por isso, o presente trabalho estabelece um próximo passo, o qual consiste em um estudo comparativo entre as $D_{nT,w}$ de paredes ensaiadas *in loco* – porém em situação real – com as $D_{nT,w}$ calculadas pelo método simplificado da ISO 12354-1, através de dados de Índice de Redução Sonora Ponderado (R_w) disponíveis em bibliografia e catálogos nacionais. Para o estudo foram selecionadas diferentes obras da Região Centro-Oeste, construídas em alvenarias de bloco cerâmico e bloco de concreto, que possuem dormitório como ambiente receptor.

A ISO 12354-1 [4] apresenta duas metodologias de cálculo de previsão de $D_{nT,w}$. Um método completo, e um método simplificado. Este último considera o índice R_w e massa específica superficial (m') do elemento separador e dos elementos que se conectam a este, chamados flancos, e suas interações no processo de transmissão de energia sonora.

Para a realização dos cálculos, devido à citada escassez de dados, optou-se por utilizar a metodologia simplificada da ISO 12354-1. Para isto, utilizou-se dados bibliográficos nacionais disponíveis, e simulações de R_w através do software INSUL ou a partir de m'. Também se dispôs de informações do projeto e dimensões dos ambientes obtidas junto a cada obra, mantendo o compromisso da não identificação destas. Este estudo evidencia a influência do

DOI: 10.17648/sobrac-87090

elemento separador e dos flancos no resultado *in loco* em situação da $D_{nT,w}$ calculada e os desvios em relação à $D_{nT,w}$ ensaiada real.

2. METODOLOGIA – CÁLCULO DE $D_{NT,W}$

Para o estudo foram selecionadas diferentes obras da Região Centro-Oeste, construídas em alvenarias de bloco cerâmico e bloco de concreto, que possuem dormitório como ambiente receptor. Os ensaios de isolamento sonoro ao ruído aéreo foram executados de acordo com a norma ISO 16283-1 [5]. Foram medidos os níveis sonoros emitidos, recebidos e residual e o tempo de reverberação, este último conforme ISO 3382-2 [6]. Para obtenção do valor único, os valores de D_{nT} em bandas de frequência de terço de oitava foram ponderados conforme ISO 717-1 [7]. Fizeram parte dos ensaios as obras A1, A2, A3, A4 e A5. Na obra A1, foram executados ensaios em duas paredes. Nas outras obras, foi ensaiada uma parede em cada.

Calculou-se a $D_{nT,w}$ de acordo com os requisitos da norma ISO 12354-1, conforme o método simplificado. Esse método utiliza os índices R_w, as massas específicas superficiais m' e as áreas tanto do elemento separador quanto dos flancos, além dos volumes dos ambientes envolvidos.

Os valores de R_w e de m' dos elementos comuns, tais como paredes em bloco cerâmico ou concreto simples, foram retirados dos Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15575 – Desempenho de Edificações Habitacionais [8]. Os valores de R_w e m' de elementos menos usuais, como paredes preenchidas de argamassa, lã ou revestidas de gesso acartonado, foram simulados através do software INSUL. Os valores de R_w e m' de pilares e lajes foram calculados a partir de um peso específico de 2500 kg/m³ compatível com o do concreto armado. Assim, obteve-se os valores de R_w para cada elemento, que foram ponderados de acordo com suas respectivas áreas. A Tabela 1 apresenta os valores característicos utilizados para as paredes separadoras em cada um dos seis sistemas:

Tabela 1: Características dos elementos separadores dos diferentes sistemas propostos.

Sistema	*Elemento separador*	*Área* [m²]	R_w [dB]	*m'* [kg/m²]
A1-P1	alvenaria de bloco concreto 14 cm com estrutura de placa gesso acartonado c/ lã em uma face	7,65	52 **	230 **
A1-P2	alvenaria de bloco concreto 14 cm	7,65	45 *	230 *
A2-P1	alvenaria de bloco concreto 14 cm	7,72	45 *	230 *
A3-P1	alvenaria dupla bloco cerâmico 9 cm 2 cm espaçamento c/ lã e trecho em pilar de 25 cm espessura	12,31	46 **	329 **
A4-P1	alvenaria de bloco concreto 14 cm preenchido de argamassa com estrutura de placa gesso acartonado c/ lã em ambas as faces	12,65	60 **	457 **
A5-P1	alvenaria dupla bloco concreto 14 cm 2 cm espaçamento c/ lã e trecho em pilar duplo de 25 cm espessura	12,44	53 **	684 **
* Dados retirados do Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15575 – Desempenho de Edificações Habitacionais [8]				
** Dados simulados através do software INSUL				

DOI: 10.17648/sobrac-87090

A Tabela 2 apresenta as características dos flancos utilizados para os seis sistemas e o volume do ambiente receptor. Em flancos compostos de mais de um elemento, tais como as paredes de fachada, há influência desta heterogeneidade nos valores de m' e de R_w do flanco enquanto conjunto:

Tabela 2: Características dos flancos utilizadas no método simplificado da ISO 12354-1.

Sistema	*Flancos*	*Elemento separador*	*Área* [m²]	R_w [dB]	*m'* [kg/m²]	*Volume ambiente receptor* [m³]
A1-P1	Parede fachada	bloco concreto 14 cm	5,35	45 *	230 *	19,51
		esquadria alumínio com folhas de correr	1,15	24 **	12	
	Lajes piso e teto	maciça em concreto armado 12 cm	7,65	51	300	
	Paredes internas	bloco concreto 14 cm	6,50	45 *	230 *	
A1-P2	Parede fachada	bloco concreto 14 cm	5,35	45 *	230 *	19,51
		esquadria alumínio com folhas de correr	1,15	24 **	12	
	Lajes piso e teto	maciça em concreto armado 12 cm	7,65	51	300	
	Paredes internas	bloco concreto 14 cm	6,50	45 *	230 *	
A2-P1	Parede fachada	bloco cerâmico 11,5 cm	6,00	38 *	150 *	34,11
		esquadria alumínio com folhas de correr e persiana integrada	1,85	28 **	28	
	Lajes piso e teto	maciça em concreto armado 12 cm	13,12	51	300	
	Paredes internas	bloco cerâmico 11,5 cm	10,45	38 *	150 *	
A3-P1	Parede fachada	bloco concreto 14 cm	2,82	45 *	230 *	31,51
		esquadria alumínio structural glazing máximo ar	3,84	30 **	39	
	Lajes piso e teto	maciça em concreto armado 20 cm	12,12	59	500	
	Paredes internas	bloco cerâmico 9 cm	6,66	38 *	120 *	
A4-P1	Parede fachada	bloco cerâmico 14 cm	2,99	39 *	180 *	34,33
		esquadria alumínio com folhas de correr	3,81	26 **	18,5	
	Lajes piso e teto	maciça em concreto armado 18 cm	13,73	57	450	
	Paredes internas	bloco cerâmico 9 cm	8,75	38 *	120 *	
A5-P1	Parede fachada	bloco concreto 14 cm	3,88	45 *	230 *	48,10
		esquadria alumínio structural glazing máximo ar	5,30	33 **	62	
	Lajes piso e teto	maciça em concreto armado 22 cm	18,50	61	550	
	Paredes internas	bloco cerâmico 9 cm	5,02	38 *	120 *	

* Dados retirados do Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15575 – Desempenho de Edificações Habitacionais [8]

** Dados retirados de ensaios executados pela Síntese Acústica Arquitetônica

A Figura 1 ilustra as formas de transmissão de ruído aéreo calculadas através do método da ISO 12354-1. A parede separadora é denominada como letra "D", enquanto os flancos são denominados "F". É utilizado maiúsculo para os elementos pertencentes ao ambiente emissor e minúsculo para os do ambiente receptor.

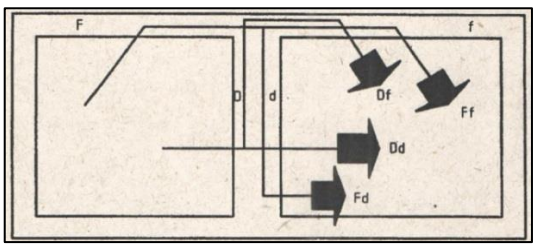


Figura 1: Características da transmissão sonora entre ambientes segunda a ISO 12354-1 [3].

DOI: 10.17648/sobrac-87090

Através da Equação (1) é calculado o Índice de Redução Sonora Aparente Ponderado R_w', posteriormente relacionado com a área do elemento separador e o volume do ambiente receptor através da Equação (2) para obter o parâmetro $D_{nT,w}$ desejado. Na Equação (1) existem duas contribuições distintas: Índice de Redução Sonora Ponderado do elemento separador ($R_{Dd,w}$) e Índices de Redução Sonora Ponderados de Flancos nos caminhos de transmissão flanco-flanco, direto-flanco e flanco-direto ($R_{Ff,w}$, $R_{Df,w}$ e $R_{Fd,w}$). Estes índices influenciam o resultado de R_w' matematicamente da mesma forma:

$$R_w' = -10 \log \left[10^{-\frac{R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{F=f=1}^{n} 10^{-\frac{R_{Ff,w}}{10}} + \sum_{f=1}^{n} 10^{-\frac{R_{Df,w}}{10}} \sum_{f=1}^{n} 10^{-\frac{R_{Fd,w}}{10}} \right] dB \quad (1)$$

$$D_{nT,w} = R_w' + 10 \log \frac{0{,}32\,V}{S_s}\, dB \quad (2)$$

Isto é, as características e o comportamento do elemento separador e de um flanco qualquer pode influenciar o resultado de R_w' e consequentemente $D_{nT,w}$ da mesma forma. Percebe-se assim, uma influência significativa do comportamento dos flancos no resultado da $D_{nT,w}$ calculada.

Os Índices de Redução Sonora de flancos ($R_{Ff,w}$, $R_{Df,w}$ e $R_{Fd,w}$) são influenciados prioritariamente por dois fatores: o Índice de Redução Sonora Ponderado R_w dos elementos do caminho de transmissão em questão (Ff, Df ou Fd); e o Índice de Redução de Vibração para Junções K_{ij} , que é calculado em função do fator M, descrito na Equação (2), que traça uma relação entre a massa específica superficial do elemento i (m_i') no caminho de transmissão ij, e a massa específica superficial do elemento perpendicular (m_{li}') formador da junção.

$$\mathrm{M} = \log m_li'/m_i' \quad (2)$$

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 apresenta os resultados de $D_{nT,w}$ obtidos *in loco* e os obtidos através do método simplificado de cálculo da ISO 12354-1 para cada um dos sistemas avaliados:

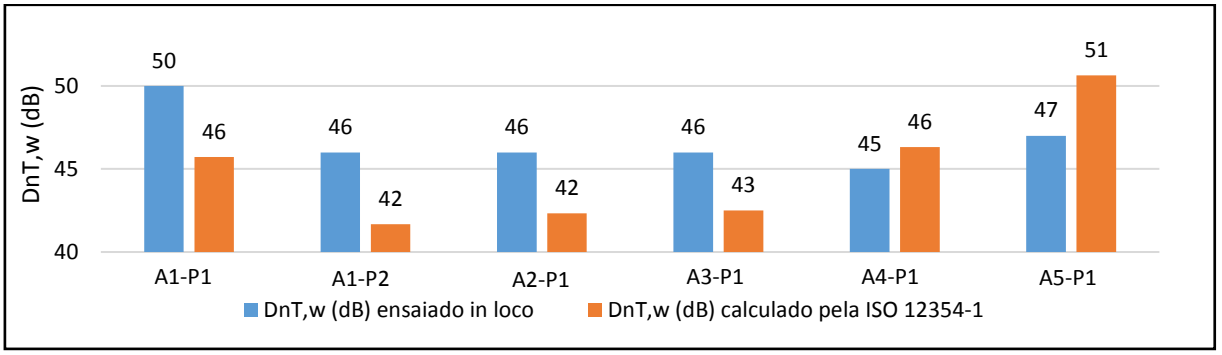


Figura 2: Gráfico dos resultados.

DOI: 10.17648/sobrac-87090

De acordo com capítulo 5 da ISO 12354-1, estima-se que o método simplificado de cálculo apresenta um desvio de até 2 dB com tendência de superestimar o isolamento. Entretanto, na análise dos resultados apresentados, tratando-se do mesmo método de cálculo, é possível perceber um comportamento distinto entre os sistemas A4-P1 e A5-P1 com os demais sistemas.

Os sistemas construtivos das obras A1, A2 e A3 obtiveram $D_{nT,w}$ calculadas abaixo das medidas *in loco*, isto é, a favor da segurança. Nestes, os dois sistemas da obra A1e o sistema da obra A2 apresentaram resultado 4 dB abaixo da $D_{nT,w}$ medida *in loco*. O sistema A3-P1 apresentou resultado 3 dB abaixo do medido.

Já nos sistemas A4-P1 e A5-P1, percebe-se que se fez presente a superestimação do isolamento sonoro, isto é, um resultado contra a segurança. Por um lado, o sistema A4-P1, apresentou valor de cálculo apenas 1 dB acima do medido *in loco*, isto é, dentro da expectativa de superestimação da ISO 12354-1. Já o sistema A5-P1, com resultado calculado de 4 dB acima do ensaiado, apresentou o dobro da expectativa de superestimação da norma.

É importante ressaltar que as instalações prediais presentes no elemento separador não foram consideradas nem em cálculo ou *in loco*. Mesmo porque o sistema simplificado de cálculo também não analisa a influência desse fator, que é estimado apenas no método cálculo completo da ISO 12354-1.

3.1 Análise da contribuição de cada barreira no cálculo da $D_{nT,w}$

Conforme a Equação (1), os índices de redução sonora de flancos influenciam os valores da $D_{nT,w}$ calculada. Para melhor visualizar a influência dos índices de redução sonora dos elementos separador e flancos, as Tabelas 3, 4 e 5 apresentam os resultados para as contribuições do elemento separador R_d e dos flancos R_{f1}, R_{f2}, R_{f3} e R_{f4} de cada um dos seis sistemas modelado.

Tabela 3: Resultados da contribuição de cada barreira na $D_{nT,w}$ calculada em A1-P1 e A1-P2.

Barreira	$R_{ij,w}$ [dB]	*Composição* $R_{ij,w}$ [dB]	*A1-P1-alvenaria de bloco concreto 14 cm com estrutura de placa gesso acartonado c/ lã em uma face*			*A1-P2-alvenaria de bloco concreto 14 cm*		
			$R_{ij,w}$ [dB]	*Composição* $R_{ij,w}$ [dB]	$D_{nT,w}$ *calculado* [dB]	$R_{ij,w}$ [dB]	*Composição* $R_{ij,w}$ [dB]	$D_{nT,w}$ *calculado* [dB]
Parede ensaiada	$R_{Dd,w}$	Rd	52,0	50,8	46	45,0	44,4	42
	$R_{F1d,w}$		62,0			58,5		
	$R_{F2d,w}$		62,0			58,5		
	$R_{F3d,w}$		64,3			60,8		
	$R_{F4d,w}$		64,3			60,8		
Flanco 1 – fachada	$R_{Df,w}$	Rf1	55,2	50,1		51,7	48,7	
	$R_{Ff,w}$		51,7			51,7		
Flanco 2 – parede interna	$R_{Df,w}$	Rf2	62,0	56,9		58,5	55,5	
	$R_{Ff,w}$		58,5			58,5		
Flanco 3 – laje de piso	$R_{Df,w}$	Rf3	64,3	59,8		60,8	58,2	
	$R_{Ff,w}$		61,8			61,8		
Flanco 4 – laje de teto	$R_{Df,w}$	Rf4	64,3	59,8		60,8	58,2	
	$R_{Ff,w}$		61,8			61,8		

DOI: 10.17648/sobrac-87090

Tabela 4: Resultados da contribuição de cada barreira na $D_{nT,w}$ calculada em A2-P1 e A3-P1.

Barreira	$R_{ij,w}$ [dB]	*Composição* $R_{ij,w}$ [dB]	*A2-P1- alvenaria de bloco concreto 14 cm*			*A3-P1- alvenaria dupla bloco cerâmico 9 cm 2 cm espaçamento c/ lã e trecho em pilar de 25 cm espessura*		
			$R_{ij,w}$ [dB]	*Composição* $R_{ij,w}$ [dB]	$D_{nT,w}$ *calculado* [dB]	$R_{ij,w}$ [dB]	*Composição* $R_{ij,w}$ [dB]	$D_{nT,w}$ *calculado* [dB]
Parede ensaiada	$R_{Dd,w}$	Rd	45,0	43,3	42	46,0	45,5	43
	$R_{F1d,w}$		49,9			60,3		
	$R_{F2d,w}$		55,1			58,6		
	$R_{F3d,w}$		60,9			65,6		
	$R_{F4d,w}$		60,9			65,6		
Flanco 1 – fachada	$R_{Df,w}$	Rf1	49,9	45,7		60,3	48,2	
	$R_{Ff,w}$		47,9			48,4		
Flanco 2 – parede interna	$R_{Df,w}$	Rf2	55,1	51,9		58,6	56,9	
	$R_{Ff,w}$		54,8			62,0		
Flanco 3 – laje de piso	$R_{Df,w}$	Rf3	60,9	58,3		65,6	64,0	
	$R_{Ff,w}$		61,8			69,1		
Flanco 4 – laje de teto	$R_{Df,w}$	Rf4	60,9	58,3		65,6	64,0	
	$R_{Ff,w}$		61,8			69,1		

Tabela 5: Resultados da contribuição de cada barreira na $D_{nT,w}$ calculada em A4-P1 e A5-P1.

Barreira	$R_{ij,w}$ [dB]	*Composição* $R_{ij,w}$ [dB]	*A4-P1- alvenaria de bloco concreto 14 cm preenchido de argamassa com estrutura de placa gesso acartonado c/ lã em ambas as faces*			*A5-P1- alvenaria dupla bloco concreto 14 cm 2 cm espaçamento c/ lã e trecho em pilar duplo de 25 cm espessura*		
			$R_{ij,w}$ [dB]	*Composição* $R_{ij,w}$ [dB]	$D_{nT,w}$ *calculado* [dB]	$R_{ij,w}$ [dB]	*Composição* $R_{ij,w}$ [dB]	$D_{nT,w}$ *calculado* [dB]
Parede ensaiada	$R_{Dd,w}$	Rd	60,0	58,8	46	52,9	52,3	51
	$R_{F1d,w}$		68,3			67,9		
	$R_{F2d,w}$		75,7			64,2		
	$R_{F3d,w}$		71,4			69,7		
	$R_{F4d,w}$		71,4			69,7		
Flanco 1 – fachada	$R_{Df,w}$	Rf1	68,3	47,4		67,9	53,9	
	$R_{Ff,w}$		47,5			54,1		
Flanco 2 – parede interna	$R_{Df,w}$	Rf2	66,7	62,6		64,2	63,1	
	$R_{Ff,w}$		64,7			69,7		
Flanco 3 – laje de piso	$R_{Df,w}$	Rf3	71,4	67,8		69,7	68,7	
	$R_{Ff,w}$		70,3			75,3		
Flanco 4 – laje de teto	$R_{Df,w}$	Rf4	71,4	67,8		69,7	68,7	
	$R_{Ff,w}$		70,3			75,3		

Pela análise da Equação (1), percebe-se que a $D_{nT,w}$ sofre influência prioritariamente pelos menores valores entre R_d e R_{f1}, R_{f2}, R_{f3} e R_{f4}. Isto é, se o elemento separador ou qualquer flanco possui valor baixo, este será o principal fator limitante para a $D_{nT,w}$ calculada.

Percebe-se que em todos os sistemas calculados, os valores de R_d e R_{f1}, referentes ao elemento separador e ao flanco 1, respectivamente, são menores valores, isto é, são os principais limitantes da $D_{nT,w}$ calculada. Em todos os cálculos o flanco 1 corresponde à parede de fachada.

Em todos os sistemas, com exceção da obra A4, a combinação entre R_d e R_{f1} influência o resultado do cálculo. Por exemplo, na obra A2-P1, o R_d (elemento separador) é 44,4 dB, o que

DOI: 10.17648/sobrac-87090

resultaria em $D_{nT,w}$ de 43 dB, se não existisse a esquadria no flanco 1. Uma vez levada em consideração esta esquadria em R_{f1}, o resultado da $D_{nT,w}$ calculada passa de 43 dB para 42 dB.

No sistema A4-P1 o flanco R_{f1} de 47,4 dB é o principal limitante, uma vez que o elemento separador tem R_w de considerável magnitude (60 dB), o que não impede a $D_{nT,w}$ ser apenas 46 dB. Percebe-se nesse sistema que por mais que seja aumentado o R_w do elemento separador, a $D_{nT,w}$ continuará sendo prioritariamente influenciada pelo valor de 47,4 dB de R_{f1}. Esta é uma importante observação visto que se concretizou em campo, na qual a $D_{nT,w}$ do ensaio *in loco* foi de 45 dB.

Percebe-se também que flancos que apresentavam heterogeneidade, como é o caso das paredes de fachada, tiveram seu comportamento e características afetados a medida que o elemento com menor R_w e m' (esquadria) representava maior percentual da totalidade do flanco. No sistema A4-P1, conforme descrito na tabela 2, o flanco 1 possui um R_w global de 28,4 dB, devido a presença da esquadria com R_w = 26 dB. Ademais, mesmo com m' da alvenaria de bloco cerâmico de 180 kg/m², este mesmo flanco 1 tem m' global de 90 kg/m².

3.2 Correlação da diferença de valores obtidos entre a $D_{nT,w}$ e a razão entre massas específicas superficiais do elemento separador e dos flancos

Em estudos anteriores, ao realizar a comparação entre a $D_{nT,w}$ calculada e a de um protótipo executado em campo, notou-se que a superestimação do cálculo em relação ao ensaio se fez presente nos sistemas que apresentavam pequenas massas superficiais quando comparadas às massas dos flancos. Porém, nos estudos citados, dentre os elementos ensaiados mais pesados, estavam paredes comuns de bloco de concreto, dentre os mais leves, paredes em *Drywall* [3].

No presente trabalho, foi possível analisar elementos separadores com massas significativamente maiores que às massas dos flancos, situações como paredes duplas de bloco de concreto ou parede preenchidas de argamassa.

A tabela 6 apresenta a razão entre massa específica do elemento separador m_d' e a massa especifica média dos flancos m_f':

Tabela 6: massas md' (kg/m²) dos elementos separadores e massas médias dos flancos mf' (kg/m²).

Sistemas	*Material do elemento separador*	*md ' elemento* [kg/m²]	*mf ' média flancos* [kg/m²]	*md ' / mf '*
A1-P1	alvenaria de bloco concreto 14 cm com estrutura de placa gesso acartonado c/ lã em uma face	230	260	0,88
A1-P2	alvenaria de bloco concreto 14 cm	230	260	0,88
A2-P1	alvenaria de bloco concreto 14 cm	230	218	1,06
A3-P1	alvenaria dupla bloco cerâmico 9 cm 2 cm espaçamento c/ lã e trecho em pilar de 25 cm espessura	329	310	1,06
A4-P1	alvenaria de bloco concreto 14 cm preenchido de argamassa com estrutura de placa gesso acartonado c/ lã em ambas as faces	457	320	1,43
A5-P1	alvenaria dupla bloco concreto 14 cm 2 cm espaçamento c/ lã e trecho em pilar duplo de 25 cm espessura	684	338	2,02

DOI: 10.17648/sobrac-87090

No gráfico da Figura 6, compara-se o resultado entre $D_{nT,w}$ calculada e ensaiada em função da razão entre as massa específica.

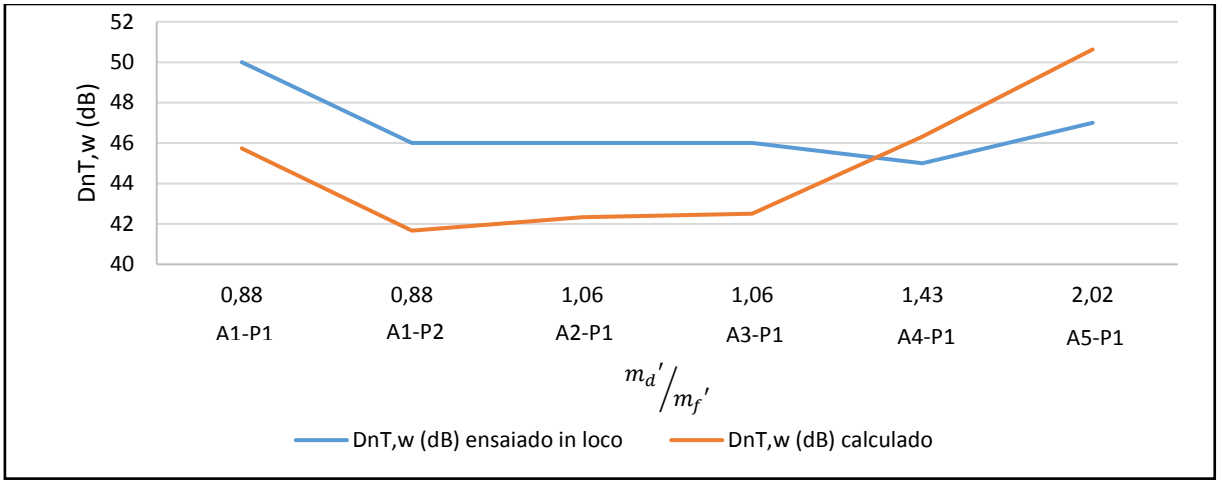


Figura 2: $D_{nT,w}$ (dB) x razão entre md' do elemento separador e mf' médio dos flancos.

Percebe-se que nas obras em que esta razão é maior que 1,4, obteve-se resultados da $D_{nT,w}$ calculada superestimados em relação aos medidos. Isto ocorreu nos sistemas A4-P1, de bloco de concreto preenchido com argamassa, e A5-P1, de parede dupla também de bloco de concreto. Por outro lado, nos sistemas com razões entre massas mais próximas a um, como as paredes simples de bloco de concreto de 14 cm, o resultados da $D_{nT,w}$ calculada está a favor da segurança.

No trabalho que precedeu este, foi indicado que quando esta razão era menor que 0,5, isto é, quando o elemento separador era mais leve que a média dos flancos, a $D_{nT,w}$ também apresentou superestimação do valor calculado quando comparado ao ensaiado em loco [3].

Nos dois trabalhos observa-se que a superestimação da $D_{nT,w}$ calculada fez-se presente em situações em que a razão entre massa específica do elemento separados e média das massas especificas dos flancos se distanciou de um, tanto em circunstâncias em que o elemento é muito mais leve ou muito mais pesado do que seus flancos.

Vale ressaltar que os dados de entrada referentes aos flancos elementos separadores, utilizados no desenvolvimento do cálculo, são dados genéricos do Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15575 [8] ou simulados através da massa específica e do software INSUL. A inexistência dos dados específicos dos fabricantes dos materiais utilizados também contribui para a divergência entre os resultados de cálculo e de ensaio de campo.

4. CONCLUSÕES

A partir da utilização de dados genéricos de materiais construtivos, observou-se a diferença entre os valores $D_{nT,w}$ obtidos em cálculo e ensaio de campo. O cálculo prescrito pela metodologia simplificada da ISO 12354-1 resulta em uma $D_{nT,w}$ através de um conjunto de contribuições entre elemento separador e flancos.

DOI: 10.17648/sobrac-87090

Ao analisar os resultados deste estudo e de estudos anteriores [1], notou-se que quando a massa do elemento separador e a massa média dos flancos apresenta valores divergentes, o método simplificado da ISO 12354-1 demonstrou uma superestimação da $D_{nT,w}$ calculada comparada à ensaiada *in loco*.

No entanto este o estudo analisa uma amostragem muito pequena e utiliza dados genéricos de materiais construtivos. Dessa forma faz-se necessário revisar as observações constatadas, com base em amostragem significativa utilizando dados específicos dos fabricantes dos materiais aplicados nas obras. Assim pode-se reduzir as incertezas presentes neste trabalho e avaliar o grau de influência de cada fator no resultado do método de previsão e sua correlação com os valores obtidos em campo.

Conclui-se ainda que, na busca da entrega de produtos em conformidade à NBR 15.575, a aplicação da metodologia simplificada da ISO 12354-1, deve ser acompanhada de um fator de segurança, conforme apresentado pela própria norma, principalmente quando utilizados dados de entrada genéricos. Recomenda-se também que ensaios de campo sejam realizados, durante a execução da obra, a fim de verificar possíveis desvios de resultados.

REFERÊNCIAS

[1] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-4 Edifícios Habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013.

[2] Silva, R. C. Avaliação de ferramenta de simulação da transmissão sonora para projetos de isolamento acústico em residências no sul do Brasil. 2014. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS.

[3] Nascimento, N. L. F.; Coelho, F. C.; Maciel, C. A. Estudo comparativo entre as $D_{nT,w}$ aferidas in loco e as resultantes do método de cálculo da norma EN 12354-1 em sistemas de vedação vertical interna. In: *XXVIII Encontro da Sociedade Brasileira de Acústica*, Sobrac 2017, Brasília, DF, 2017.

[4] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 12354-1 – Building Acoustics – Estimation of Acoustic Performance of Building from the Performance of Elements. Part 1: Airborne Sound Insulation Between Rooms. 2017.

[5] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 16283-1 Acoustics – Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements. Part 1: Airborne sound insulation. 2014.

[6] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 3382-2 Acoustics– Measurement of room acoustic parameters. Part 2: Reverberation time in ordinary rooms. Geneva, 2008.

[7] INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 717-1 Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements. Part 2: Airborne sound insulation. Geneva, 2013.

[8] CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO (CBIC). Guia Orientativo para Atendimento à Norma ABNT NBR 15575 – Desempenho de Edificações Habitacionais. Brasília, 2013.

DOI: 10.17648/sobrac-87090