

ESTIMATIVA DA REDUÇÃO A SONS DE IMPACTO: DETERMINAÇÃO DA RIGIDEZ DE MATERIAIS RESILIENTES

PREDICTION OF IMPACT NOISE REDUCTION: STIFFNESS DETERMINATION OF RESILIENT MATERIALS

Letícia K. Zuchetto
itt Performance, Unisinos

Maria Fernanda de Oliveira Nunes
itt Performance, Unisinos, Bolsista PDE CNPq

Jorge Viçoso Patrício
Departamento de Edifícios – NAICI, LNEC

Fernando Schiapa de Azevedo
Departamento de Edifícios – NAICI, LNEC



RESUMO

Este trabalho compara três formas de obtenção de frequência de ressonância, para fins de obtenção da rigidez dinâmica, que é o principal parâmetro para a estimativa de desempenho de sistemas de piso flutuante quanto à redução a sons de impacto. Sinais impulsivos foram utilizados através da excitação da placa de carregamento, com dois diferentes sistemas de aquisição de dados, enquanto o sinal sinusoidal foi utilizado através da vibração vertical da placa de base. Também foi objetivo deste trabalho avaliar a rigidez estática dos materiais, de modo a obter uma comparação entre os valores de rigidez dinâmica e estática em materiais resilientes poliméricos. Foram encontradas diferentes relações entre rigidez dinâmica e rigidez estática para os materiais expandidos e para os materiais fibrosos.

Palavras-chave: Rigidez dinâmica / Rigidez estática / Piso flutuante / Ruído de impacto

ABSTRACT

This study compares three ways of obtaining resonance frequency for reaching dynamic stiffness, which is the main parameter for the estimation of flooring systems performance in reducing the impact sound. Impulsive signals were used by exciting the loading plate, with two different data acquisition systems, while the sinusoidal signal was used over the vertical vibration of the base plate. It also aims to evaluate the static stiffness of the materials, in order to obtain a comparison between the static and dynamic stiffness values of resilient polymeric material. Different relationships between static and dynamic stiffness for rigid expanded materials and fibrous materials were found.

Keywords: Dynamic Stiffness / Static Stiffness / floating floor / Impact Noise

1. INTRODUÇÃO

Os sistemas de pisos flutuantes são elementos eficientes para o isolamento acústico dos sons de impacto, mas alterações no amortecimento do material resiliente podem comprometer sua eficiência se as espessuras forem reduzidas em função de cargas acidentais. Para as estimativas de desempenho de sistemas de pisos flutuantes, a rigidez dinâmica das camadas resilientes é o principal parâmetro utilizado. No entanto, a rigidez estática também pode ser um indicativo importante, pois as cargas acidentais que atuam nas estruturas também exercem esforços que podem deformar os diferentes materiais de um sistema de pisos flutuante (Silva e Patrício 2012).

A ISO 9052 (ISO 1989) prescreve métodos de determinação da rigidez dinâmica de materiais resilientes utilizados em sistemas de pisos flutuantes. Este parâmetro é obtido através da frequência de ressonância do sistema, encontrada por meio da vibração vertical de um sistema mola-massa. A norma permite que essa vibração seja causada por excitações na placa de carga, na placa de base, ou em ambas as placas, fatores que podem proporcionar diferentes valores de ressonância.

Diferentes características dos materiais resilientes podem originar resultados distintos e, desta forma, definir sua eficiência no isolamento ao som de impacto. Nos materiais fibrosos a forma como as fibras sofrem a acomodação em função da compressão pode determinar sua eficiência ao longo de sua vida útil, com comportamentos diferentes em função da espessura das fibras. Estudos indicam que após 10 anos de uso, os sistemas de pisos flutuantes compostos por materiais poliméricos fibrosos podem apresentar uma perda de desempenho entre 3 e 4 dB. (Zuchetto, Nunes, and Patrício 2016).

Materiais expandidos como, por exemplo, espumas de poliuretano com células abertas podem ter baixos valores de rigidez estática e de rigidez dinâmica comparadas às espumas de poliuretano de células fechadas para densidades similares, pois o ar contido no material pode deslocar-se internamente. Com as células fechadas, o ar contido individualmente nas células pode comprimir o material e aumentar os valores tanto da rigidez dinâmica como da rigidez estática (Hopkins e Hall 2006).

Usualmente, a rigidez dinâmica apresenta valores maiores que a rigidez estática na razão entre 1,2 e 1,5 vezes. A rigidez de alguns materiais também pode ser não linear, com variações que podem ser decorrentes da magnitude da força aplicada durante o ensaio. (Peters, Smith e Hollins 2013)

Hopkins e Hall (2006) encontraram valores de rigidez dinâmica maiores que a rigidez estática para espumas de poliuretano com aumento que variaram de 1,5 a 2,1 vezes para densidade de 62 kg/m³ e de 2,8 a 4,5 vezes para densidade de 80 kg/m³.

Neste contexto, este trabalho tem como objetivo comparar três métodos de ensaio para determinação da rigidez dinâmica do material, sendo dois deles efetuados por meio da excitação vertical da placa de carga e outro com a excitação da placa de base. Considerando que as cargas fixas podem influenciar o comportamento destes materiais, também é objetivo deste trabalho avaliar a rigidez estática dos materiais, de modo a obter uma comparação entre os valores de rigidez dinâmica e estática em materiais poliméricos.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Materiais

Os materiais ensaiados são compostos por três diferentes polímeros (polietileno PE, poliéster PET e polipropileno PP), sendo dois na forma expandida (Exp.) e os demais em fibras. Todos os materiais ensaiados têm 1 cm de espessura e suas respectivas densidades estão especificadas na Tabela 1. Para fins de cálculos para previsões de redução dos sons de impacto, foi considerado um piso flutuante de 100kg/m².

Tabela 1 – Materiais ensaiados

Materiais	Exp. PE A	Exp. PE B	Fibra PET A	Fibra PET B	Fibra PET C	Fibra PET D	Fibra PET E	Fibra PP A	Fibra PP B
Densidades (kg/m ³)	35	27	32	22	19	24	29	57	30

2.2. Rigidez dinâmica

Foram realizados três ensaios para a obtenção de frequência de ressonância para posterior cálculo da rigidez dinâmica. Os dois primeiros métodos se referem a sinais impulsivos, enquanto o terceiro se refere à sinais sinusoidais.

No primeiro método, as amostras foram colocadas sob uma placa de aço de 8kg e submetidas a uma excitação vertical exercida pelo impacto de um martelo corrente. A variação da amplitude em relação ao tempo foi realizada através de dois acelerômetros B&K 4383, instalados em duas extremidades da face superior da placa, a fim de obter uma média de frequências, sendo que o impacto foi feito no centro dessa placa. Os sinais, adquiridos através de um osciloscópio Tektronix TDS 2024B, foram processados em uma FFT (Transformada Rápida de Fourier), de forma a se obter as frequências de ressonância de cada sistema integrando os vários materiais.

No segundo método, se procedeu tal qual como no primeiro, tendo, entretanto, os sinais sido adquiridos através de um analisador *pulse*, o qual dá imediatamente as frequências do sistema.

Já no terceiro método, a excitação foi gerada na placa de base, através de um *shaker* L315M da ETS Solutions, e a frequência de ressonância foi adquirida através da transmissibilidade de dois acelerômetros 3035B2 Dytran, um acoplado na base e outro na placa de carga. Sendo assim, através da média da menor frequência de ressonância obtida nos ensaios, a rigidez dinâmica foi calculada através da Eq. (1).

$$s' = (2\pi f_0)^2 m' \quad (1)$$

Onde: s' é a rigidez dinâmica aparente, em MN/m²; f_0 é a menor frequência de ressonância encontrada no ensaio; m' é a massa por unidade de área da placa de carregamento.

2.3. Rigidez estática

Para a rigidez estática, foi utilizada uma prensa com sistema de aquisição de dados, do qual foi possível obter curvas de força-deslocamento, através da aplicação de cargas de 1 N até 50 N. Através das relações entre a carga, o deslocamento e a área do provete de ensaio foi possível calcular a rigidez estática.

2.4. Previsão da atenuação ao ruído de impacto

A estimativa da frequência de ressonância do sistema para uma situação real de uso é realizada com a massa do sistema de piso flutuante que se utiliza sobre o material resiliente, conforme Eq. (2).

$$f_0 = 160(m'/s')^{1/2} \quad (2)$$

Onde: s' é rigidez dinâmica do sistema (MN/m^3) e m' é a massa por unidade de área do sistema flutuante (kg/m^2).

A EN 12354-2 (British Standards 2000) permite a utilização de um modelo teórico para a estimativa da atenuação à sons de percussão. Desta forma, a redução ponderada do nível de ruído de impacto (ΔL_w) pode ser calculada a partir da relação entre a rigidez dinâmica (s') e a massa do contrapiso (m'), conforme a Eq. (3), deduzida do ábaco da referida norma.

$$\Delta L_w = 18 + 15 \log(m'/s') \quad (3)$$

A Eq. 3 também foi utilizada para obter a previsão de atenuação de ruído através dos valores obtidos de rigidez estática.

3. RESULTADOS

A Tabela 2 e a Figura 1 apresentam os resultados calculados de rigidez dinâmica (s') obtidos através das frequências de ressonância (f_0), determinadas através dos três métodos supracitados e os resultados de rigidez estática obtidos no respectivo ensaio. Os valores estimados da redução dos sons de impacto, com os respectivos desvios padrão, podem ser comparados na Tabela 3 e na Figura 2.

Tabela 2 – Frequência de ressonância, Rigidez dinâmica e Rigidez estática

Material	Osciloscópio		Pulse		Shaker		Rigidez Estática
	f_0 (Hz)	s' (MN/m^3)	f_0 (Hz)	s' (MN/m^3)	f_0 (Hz)	s' (MN/m^3)	s' (MN/m^3)
Exp PE A	49,7	19,5	38,1	11,5	28,4	6,4	11,8
Exp PE B	58,5	27,0	47,1	17,5	31,9	8,0	12,4
Fibra PET A	26,1	5,4	24,1	4,6	17,8	2,5	5,3
Fibra PET B	22,6	4,0	22,2	3,9	16,0	2,0	6
Fibra PET C	19,4	3,0	18,5	2,7	16,6	2,2	4,9
Fibra PET D	21,1	3,5	20,8	3,4	14,5	1,7	4,9
Fibra PET E	19,0	2,9	13,9	1,5	12,7	1,3	3,8
Fibra PP A	23,3	4,3	24,2	4,6	17,7	2,5	4,8
Fibra PP B	20,1	3,2	21,4	3,6	15,3	1,8	3,8

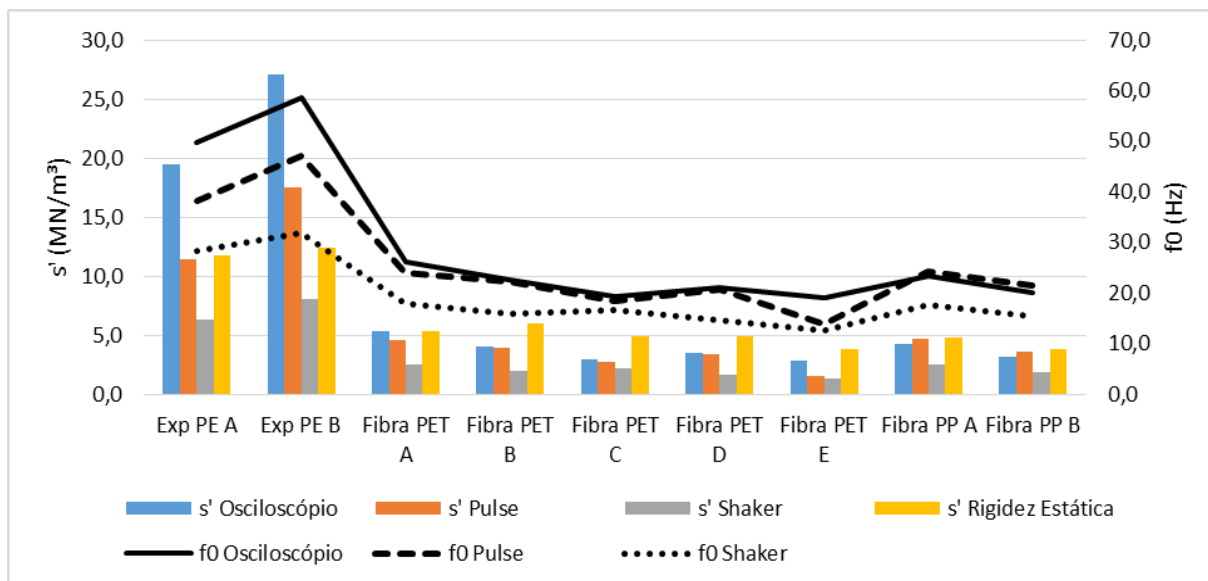


Fig. 1 – Rigidez dinâmica, rigidez estática e frequências de ressonância

Tabela 3 – Redução do ruído de impacto

Material	ΔL_w (dB)				Desvio Padrão
	Osciloscópio	Pulse	Shaker	Rigidez Estática	
Exp PE A	29	32	36	32	3
Exp PE B	27	29	34	32	3
Fibra PET A	37	38	42	37	2
Fibra PET B	39	39	43	36	3
Fibra PET C	41	42	43	38	2
Fibra PET D	40	40	45	38	3
Fibra PET E	41	45	46	39	3
Fibra PP A	39	38	42	38	2
Fibra PP B	40	40	44	39	2

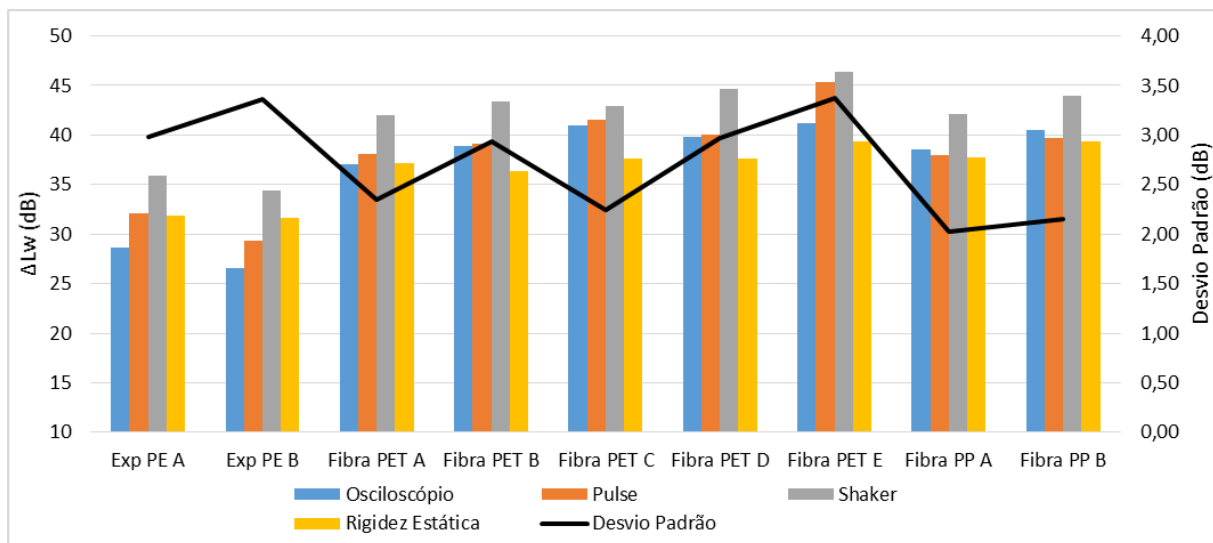


Fig. 2 - Estimativas do ΔLw

Conforme esperado, observa-se uma relação direta entre a frequência de ressonância e os valores de rigidez dinâmica. Por outro lado, os valores de rigidez dinâmica, bem como rigidez estática não apresentaram relações bem definidas com a densidade dos materiais.

De forma geral, verifica-se que os valores de rigidez dinâmica determinados a partir dos três métodos de obtenção da frequência de ressonância para sistemas de pisos flutuante apresentam diferenças entre si, sendo que os menores valores foram obtidos através do método com a excitação na base do sistema (*shaker*). Além disso, os materiais expandidos foram os que apresentaram as maiores variações entre métodos de ensaio.

Contatou-se que o desvio padrão para as reduções de sons de impacto obtidas a partir dos valores de rigidez dinâmica, bem como rigidez estática, foram relativamente pequenos, com variações entre aproximadamente 2 e 3dB, com os menores desvios para as amostras de fibras de Polipropileno.

Os valores de redução dos sons de impacto estimados em função da rigidez estática ficaram dentro do intervalo das variações de redução de sons de impacto estimados em função da rigidez dinâmica. Nesse contexto, pode-se indicar que a rigidez estática pode ser também utilizada para as estimativas de isolamento a sons de impacto em pisos flutuantes com materiais fibrosos.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O comportamento dos materiais que compõem os pisos flutuantes pode definir sua eficiência no isolamento ao ruído de impacto e os estudos que caracterizam as alterações

decorrentes do tempo de utilização são fundamentais para estimativas de vida útil desses materiais.

Neste trabalho foram avaliados oito materiais utilizados como camada resiliente em pisos flutuantes, com variações nas densidades e morfologia. Os materiais expandidos, células fechadas, apresentaram maiores diferenças de rigidez dinâmica dentre os três métodos adotados neste trabalho. Já os materiais fibrosos apresentaram relações entre rigidez dinâmica e estática diferentes das encontradas para os materiais expandidos, com valores de rigidez estática superiores aos de rigidez dinâmica.

Pode-se indicar que a rigidez estática pode ser utilizada em previsões de isolamento a sons de impacto, pois as variações encontradas neste estudo não diferem significativamente dos valores obtidos a partir da rigidez dinâmica.

5. REFERÊNCIAS

- EN 12354-2. *Building Acoustics - Estimation of Acoustic Performance of Buildings from the the Performance of Elements - Part 2: Impact Sound Insulation between Rooms*. London.
- Hopkins, C, and R Hall. 2006. "Impact Sound Insulation Using Timber Platform Floating Floors on a Concrete Floor Base." *Building Acoustics* 13 (4): 273–84. doi:10.1260/135101006779320492.
- ISO. 1989. *ISO 9052-1. Acoustics - Determination of Dynamic Stiffness. Part 1: Materials Used under Floating Floor in Dwellings*. Geneva: ISO.
- Peters, R J, B. J. Smith, and Margaret Hollins. 2013. *Acoustics and Noise Control*. 3rd ed. New Jersey: Taylor & Francis.
- Silva, E. L., and V. P. Patrício. 2012. "Desempenho de Pisos Flutuantes Com Aplicação de Carga Estática." In *VIII Congresso Ibero-Americano de Acústica*. Évora: Sociedad Española de Acústica.
- Zuchetto, Letícia K, Maria F. O. Nunes, and Jorge V Patrício. 2016. "Influence of the Compression Conditions in the Acoustic Performance of Resilient Layers of Floors." In *ICA 2016*. Buenos Aires: International Commission on Acoustics.