



XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

AVALIAÇÃO DA EFICIÊNCIA DE PISOS FLUTUANTES COM PLACAS CIMENTÍCIAS COM RESÍDUO DE EVA¹

MELO, André Siqueira Souto (1); SANTOS, Fabianne Azevedo dos (2); MEDEIROS, Jéssica Laís Alves (3); MELO, Aluísio Braz de (4)

(1) UFPB, e-mail: andre_ssm@hotmail.com; (2) UFPB, e-mail: fabianne_as@hotmail.com; (3) UFPB, e-mail: ajessicalais@gmail.com; (4) UFPB, e-mail: aluisiobmelo@hotmail.com

RESUMO

Os ruídos de impacto entre pisos têm se tornado um problema de convivência entre vizinhos de unidades habitacionais, posicionadas em pavimentos distintos. Em muitos casos, é imprescindível a instalação de pisos flutuantes para conseguir classificar os sistemas de pisos quanto ao desempenho acústico mínimo, intermediário ou superior, conforme os requisitos previstos na NBR 15.575-3: 2013. Os estudos com sistemas de piso flutuante com placas cimentícias com resíduos de EVA (gerados pela indústria de calçados), como material resiliente entre a laje e o contra piso, têm demonstrado o potencial de aplicação desse material. Esse artigo apresenta avanços, propondo um índice de desempenho acústico a ruído de impacto para inferir a eficiência do material e; o desenvolvimento de uma nova placa cimentícia com EVA, que se diferencia das demais, avaliadas em estudo anterior, quanto à produção com menor consumo de cimento, alcançando menor densidade e menor espessura. A avaliação do nível de isolamento acústico a ruídos de impacto das amostras comparadas foi realizada em câmara acústica, em laboratório. Com base nos resultados obtidos, todas as placas de EVA avaliadas se classificaram com desempenho intermediário, sendo que a placa proposta se mostrou mais eficiente após o teste de aplicação do índice proposto.

Palavras-chave: Resíduo de EVA. Piso flutuante. Eficiência. Ruído de impacto.

ABSTRACT

The impact noise between the floors has become a problem of coexistence between neighboring housing units, positioned at different floors. In many cases, it is essential the installation of floating floors to get flooring systems classified as the minimum acoustic performance, intermediate or superior, based on the NBR 15575-3: 2013 requirements. Studies with floating floor systems with cement boards with waste of EVA (generated by the footwear industry), as resilient material between the slab and the counter floor, have demonstrated this material potential application. This paper presents advances by proposing an acoustical impact noise index to infer the efficiency of the material and; the development of a new cementitious board with EVA, which differs from the others, evaluated in a previous study, regarding the production consuming less cement, achieving lower density and lower thickness. The impact noise acoustic isolation level evaluation of comparative samples was performed in an acoustic chamber, in laboratory. Based on these results, all EVA boards

¹ MELO, André Siqueira Souto; SANTOS, Fabianne Azevedo dos; MEDEIROS, Jéssica Laís Alves; MELO, Aluísio Braz de. Avaliação da eficiência de pisos flutuantes com placas cimentícias com resíduo de EVA. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

evaluated were classified as intermediate performance, and the new board resulted as more efficient when applied to the proposed index.

Keywords: EVA waste. Floating floor. Efficiency. Impact noise.

1 INTRODUÇÃO

A partir da NBR 15.575-3 (ABNT, 2013), as novas construções precisam atender os requisitos de desempenho, entre os quais aqueles relativos ao nível de isolamento de ruído de impacto entre pisos de edificações multipavimentos. Sabe-se que o ruído de impacto entre pisos nesse tipo de edifício se propaga pela laje, alcança as paredes, chega até os ambientes do pavimento inferior e pode ser atenuado a partir da execução de um projeto de sistema de piso flutuante, que é uma concepção baseada em utilizar um material resiliente entre o contrapiso e a laje estrutural do edifício. Esse material resiliente serve como amortecedor dos ruídos, isolando o piso da sua estrutura de apoio, sendo importante evitar pontos rígidos de contato entre eles e, consequentemente, as indesejáveis pontes acústicas, por onde podem passar os ruídos para o ambiente adjacente no pavimento inferior.

Pesquisas indicam que o desempenho das lajes utilizadas nas edificações ainda precisam se adequar às exigências das normas vigentes, avaliando-se caso a caso. Segundo Pereyron (2008), o tipo de laje pode influenciar no desempenho quanto ao isolamento de ruído de impacto. Em seu estudo, realizou análises comparativas quanto ao desempenho do isolamento acústico de tipologias de lajes, submetidas a ruído de impacto e concluiu que, segundo a classificação normativa utilizada no Brasil, na época da vigência da NBR 15.575-3:2008, as tipologias de laje maciça, laje nervurada e a laje pré-moldada treliçada atingiram um nível de desempenho intermediário, enquanto a laje pré-moldada convencional se classificou como o nível mínimo.

De acordo com Hax (2002), o aproveitamento do resíduo de EVA na moldagem de placas cimentícias com diferentes espessuras e composições, com objetivo de atenuar ruído de impacto em pisos, demonstra potencial com bom desempenho como material resiliente. O EVA (Etileno Acetato de Vinila) é um polímero utilizado na indústria calçadista para a confecção de solados e palmilhas internas de calçados. Quando as grandes placas de EVA expandidas são cortadas para produzir os formatos dos calçados, geram-se retalhos, que são pouco reaproveitados na própria indústria. Hax (2002) confeccionou placas de cimento/EVA, no traço 1:5, com 2,5 cm de espessura e analisou-as quanto ao ganho na atenuação dos ruídos de impacto. Com base nesse estudo, a autora concluiu que o sistema de piso flutuante com placas cimentícias com EVA quando comparado à laje maciça sem nenhum material resiliente, a atenuação dos ruídos de impacto foi de 12 dB. Hax (2002) ressalta que quanto maior a espessura do material resiliente, mais eficaz é o desempenho do sistema de piso flutuante. Com o estudo de Hax (2002), é possível perceber o bom aproveitamento do resíduo de EVA para que se consiga a diminuição do impacto ambiental produzido

pelos aterros e depósitos de resíduos oriundos da indústria calçadista.

Leal et al (2013) também avaliaram o desempenho acústico de concreto com resíduos de EVA para reduzir ruídos de impactos em pisos. Nesse estudo, utilizaram três dosagens para a fabricação das placas cimentícias com EVA (50 cm x 50 cm x 3 cm), sendo uma delas com 80% e as outras duas com 70% e 60% de agregado graúdo de EVA. Os resultados indicaram que as amostras com 80% e 60% desse agregado apresentaram número global ($L'nT,w$) de 56 dB e 62 dB, respectivamente, mostrando uma melhora de 6 dB no isolamento acústico na medida em que se aumentou o teor de EVA.

Santos (2013) desenvolveu placas cimentícias, executadas com agregados de resíduos de EVA ($D_{máx} = 4,8$ mm), aplicados como material resiliente na composição de sistemas de piso flutuante. Comparou placas (largura x comprimento = 35 cm x 35 cm) de EVA com configurações diferentes, em termos de espessura total e geometrias: uma delas com todas as superfícies planas (2,5 cm de espessura) e outras duas (espessura total igual a 3,5 cm e 5,0 cm, respectivamente) com uma das superfícies com baixos relevos parciais, de modo a gerar alguns bolsões de ar (alturas iguais a 1,0 cm e 2,5 cm) entre tais placas e a laje estrutural pré-moldada convencional (12 cm de espessura). O desempenho das placas de EVA propostas foi comparado com alguns materiais disponíveis no mercado (manta de polietileno e lã de rocha) para uso em pisos flutuantes. As placas propostas (cimentícias com EVA), com e sem bolsões de ar, se classificaram com desempenho intermediário, de acordo com a NBR 15575-3 (ABNT, 2013), sendo, ainda, confirmada a eficiência da camada de ar incorporada ao sistema de piso flutuante, quanto a sua contribuição para aumentar o nível de isolamento acústico em até 2 dB. Contudo, os sistemas com bolsões de ar têm repercussões na altura total do sistema de piso, o que pode limitar a sua aplicação.

De acordo com as referências, a ideia da reciclagem dos resíduos de EVA, com a possibilidade de terem aplicação para correção acústica nos edifícios multipavimentos, se enquadra como uma proposta autossustentável, cujo grande desafio é garantir conforto ambiental, racionalizar o uso da energia, respeitar o meio ambiente e utilizar recursos renováveis nos processos da construção civil.

O presente trabalho sistematiza os resultados parciais do estudo que procura dar continuidade às avaliações que utilizam placas cimentícias com resíduo de EVA. Então, o objetivo é investigar novos processos para confeccionar placas, sem bolsões de ar, com menores espessuras, com menores consumos de cimento Portland e com menor densidade. Nesse processo, são feitas comparações entre a nova placa proposta e aquelas desenvolvidas no estudo de Santos (2013), considerando as diferenças no processo de produção, nas geometrias e nas propriedades físicas e acústicas resultantes. Adicionalmente, faz-se uma proposta de um “Índice de Desempenho Acústico RI (ruído de impacto)”, cujo cálculo relaciona as seguintes variáveis: densidades superficiais (kg/m^2) e espessuras (cm) dos materiais resilientes e

nível de isolamento de ruído de impacto (dB) dos respectivos sistemas de pisos flutuantes.

2 METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos adotados neste estudo consistem, inicialmente, na adoção de novo processo de moldagem das placas cimentícias com EVA a serem testados como material resiliente, que se diferencia daquelas feitas no estudo de Santos (2013). Logo, no presente estudo, as diferenças são basicamente na dosagem do compósito com menor proporção entre os materiais (cimento: EVA; 1:8, em volume); na maior carga aplicada durante a prensagem temporária (600 kg, por 60 segundos) do material no interior do molde metálico; nas menores dimensões das placas moldadas (largura x comprimento x espessura: 20 cm x 20 cm x 1,8 cm) e no próprio processo de cura da placa EVA, inicialmente, no interior do molde metálico em câmara úmida, seguido da adoção de secagem forçada da placa em estufa, 24 horas após a sua moldagem.

A moldagem das novas placas foi precedida da caracterização do resíduo de EVA como agregado leve, por meio de ensaio de composição granulométrica, segundo a NBR NM 248 (ABNT, 2013), que resultou no diâmetro máximo de 6,3 mm e, do ensaio de massa unitária, segundo a NBR NM 45 (ABNT, 2006), que resultou em 90,28 kg/m³.

Essas novas placas (denominadas PEVA1,8) foram submetidas a testes de ruído de impacto na mesma câmara acústica (Figura 1) utilizada por Santos (2013), a qual está localizada no Laboratório de Ensaio de Materiais e Estruturas da Universidade Federal da Paraíba (LABEME-CT-UFPB) e foi construída com alvenaria em solo-cimento, laje pré-moldada convencional de 10 cm de espessura. Os dois pavimentos possuem uma área de 6,87 m², tendo o superior (câmara de emissão) um pé-direito de 2,30 m e o inferior (câmara de recepção), 2,43 m. Objetiva-se, com isso, simular dois ambientes sobrepostos, de forma similar ao estudo de Santos (2013). Nesse caso, foram utilizadas 25 placas (20 cm x 20 cm), formando uma área de 1 m² no piso da câmara de emissão (em laje pré-moldada com nervuras de concreto armado, blocos cerâmicos e capa de concreto), sobre a qual uma placa de argamassa revestida com cerâmica polida, também com 1 m², foi utilizada simulando o contra piso e o revestimento superior do sistema de piso flutuante em teste.

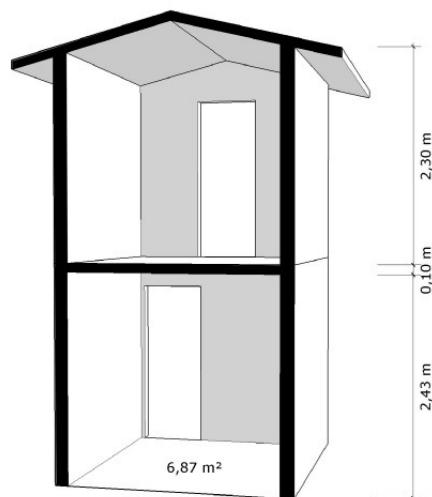
Esse procedimento se enquadra como ensaio simplificado, que utiliza amostra com pequena dimensão, sendo o mesmo validado por diversos autores para analisar o potencial de diferentes materiais resilientes, com ensaios de baixo custo. O teste acústico de ruído de impacto foi realizado segundo a norma ISO 140 – 7 (1998), com as amostras (conjunto de placas PEVA1,8_ar0 e contra piso revestido) posicionadas em quatro pontos distintos no pavimento superior e o analisador acústico também deslocados em quatro pontos distintos no pavimento inferior.

Figura 1 – Câmara acústica utilizada para os ensaios.



a) imagem externa da câmara acústica

Fonte: SANTOS, 2013.



b) corte 3D esquemático da câmara

Fonte: Elaboração própria.

Para identificar o número global da amostra em teste foi utilizada a norma ISO 717-2 e, a partir da NBR 15575-3:2013, fez-se a sua classificação quanto ao seu desempenho (mínimo, intermediário ou superior). Por fim, com os dados obtidos e as características das amostras, incluindo aquelas estudadas por Santos (2013), tais como as comerciais (manta de polietileno – MA1,0; e lã de rocha– LR5,0) e as alternativas (PEVA2,5_ar0 e PEVA3,5_ar1, sem e com bolsões de ar de 1 cm entre a placa e a laje estrutural, respectivamente), foi calculado o índice proposto, denominado Índice de Desempenho Acústico RI (IDA_RI), que engloba as variáveis densidade superficial (kg/m^2), espessura (cm) e isolamento acústico de ruído de impacto (dB). Na comparação entre os valores calculados para as amostras alternativas e comerciais, procurou-se identificar qual a melhor relação entre desempenho acústico desejável de cada material em análise e o seu menor impacto em outros aspectos construtivos, como, por exemplo, em relação à altura total do sistema do piso flutuante.

3 RESULTADOS

A Tabela 1 apresenta, em destaque, o resultado de desempenho acústico obtido com a amostra PEVA1,8_ar0, juntamente com aqueles obtidos no estudo de Santos (2013), onde se pode verificar o número global ($L'nT,w$), em dB, de cada sistema comparado. O nível de isolamento de ruído de impacto dos sistemas de pisos flutuantes representa a diferença entre o número global de cada um em relação à amostra de referência, que é o sistema sem material resiliente.

Tabela 1 – Número global das amostras ($L'_{nT,w}$), nível de isolamento e desempenho acústico quanto a ruído de impacto

Amostras	Especificação do sistema de piso flutuante	$L'_{nT,w}$ (dB)	Nível de isolamento de ruído de impacto (dB)	Desempenho
Referência ¹ REF		75	0	Mínimo (M)
LR5,0		50	25	Superior (S)
MA1,0		57	18	Intermediário (I)
PEVA2,5_ar0		62	13	Intermediário (I)
PEVA3,5_ar1		61	14	Intermediário (I)
PEVA1,8_ar0		61	14	Intermediário (I)

Obs.: 1 – A amostra de Referência representa aquele sistema sem material resiliente.

Fonte: Elaboração própria.

Nessa tabela, verifica-se também a classificação para cada amostra, conforme os requisitos previstos na NBR 15575-3:2013. Nota-se que somente o sistema de piso flutuante com a presença de lã de rocha (LR5,0), com espessura de 5,0 cm, atingiu desempenho superior, com nível de isolamento de ruído de impacto igual a 25 dB. Com o sistema com a aplicação da manta de polietileno (MA1,0), com apenas 1,0 cm de espessura, obteve-se nível de isolamento de ruído de impacto igual a 18 dB, sendo classificado com desempenho intermediário, o que também aconteceu com os sistemas com materiais resilientes alternativos com placas cimentícias com EVA, que obtiveram menores níveis de isolamento, entre 13 dB e 14 dB.

A nova placa proposta (PEVA1,8_ar0) com as duas superfícies maiores planas (sem produzir bolsões de ar), com espessura (1,8 cm), que é menor do que as duas placas estudadas por Santos (2013), alcançou o mesmo desempenho e nível de isolamento, inclusive compensando o efeito benéfico do bolsão de ar na atenuação do ruído de impacto.

Algumas características físicas dos materiais resilientes presentes em cada sistema de piso flutuante são destacados na Tabela 2. Os dados mostram como são diferentes as densidades e as espessuras dos materiais resilientes comparados, o que, em certa medida, dificulta a identificação da melhor

combinação para o desempenho e o nível de isolamento ao ruído de impacto desejado.

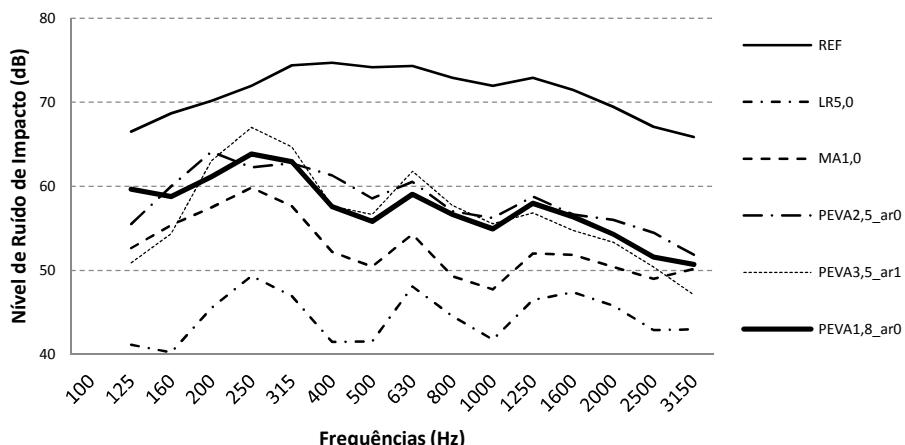
Tabela 2 – Características físicas dos materiais resilientes comparados

	Densidade (kg/m ³)	Densidade Superficial (kg/m ²)	Espessura (cm)
LR5,0	60,0		3,00
MA1,0	30,0		0,30
PEVA2,5_ar0	626,8		15,67
PEVA3,5_ar1	592,9		20,75
PEVA1,8_ar0	388,9		7,00
			1,8

Fonte: elaboração própria

Quando comparados os resultados mostrados na Figura 2, que exibem os níveis de ruído de impacto correspondentes às frequências, na faixa entre 100 Hz e 3150 Hz, durante os ensaios na mesma câmara acústica, pode-se notar uma aproximação (considerando a linha mediana para cada amostra) entre os valores para os materiais resilientes alternativos, as placas cimentícias com EVA (PEVA2,5_ar0; PEVA3,5_ar1; PEVA1,8_ar0).

Figura 2 – Resultados do nível de ruído de impacto em função das frequências, durante os ensaios.



Fonte: Elaboração própria.

Em relação aos materiais comerciais (LR5,0 e MA1,0) é evidente a superioridade do desempenho com menores ruídos de impacto em todas as frequências para a lã de rocha. Cabe o destaque para as amostras PEVA2,5_ar0 e PEVA1,8_ar0 (ambas sem bolsões de ar entre a placa e a laje), que tendem a apresentar o mesmo ruído de impacto nas maiores frequências, inclusive igualando-se ao nível de ruído de impacto da manta de polietileno (MA1,0), na frequência igual a 3150 Hz.

Tal visualização dos resultados (Figura 2) não permite analisar outros fatores, que, certamente, devem influenciar na efetiva comparação entre as amostras. Por exemplo, um aspecto importante parece ser a espessura do material resiliente, que pode resultar num acréscimo indesejável de material e na altura total do sistema de piso flutuante, podendo isso interferir até na

redefinição do pé direito dos apartamentos, que tem sido já muito reduzido, em alguns edifícios residenciais. Nesse caso, pode ser necessário se fazer correções nos projetos, que, por sua vez, podem ter implicações financeiras para o empreendimento. Portanto, parece interessante a ideia de se adotar um mecanismo mais efetivo de comparação entre as diversas opções de materiais resilientes para pisos flutuantes, a fim de analisar as vantagens e desvantagens de cada um, de modo a auxiliar na tomada de decisão nessa especificação.

Então, justifica-se aqui a proposta de criação de um índice de desempenho acústico ao ruído de impacto (IDA_RI) que contemple, de forma proporcional, os fatores que influenciam na execução dos pisos flutuantes. A ideia é multiplicar as variáveis que causam impactos negativos de forma a evidenciar a sua majoração e, posteriormente, dividir o resultado pela variável que causa impacto positivo, a fim de atenuar o prejuízo, de modo que, quanto mais próximo o valor de zero, melhor será o índice.

Sendo assim, são realizados os seguintes cálculos, envolvendo algumas propriedades físicas e acústicas do material em análise: utiliza-se a densidade superficial (massa por metro quadrado) do material resiliente e, em seguida, multiplica-se esse valor pela sua espessura (impactos construtivos negativos); a partir desse resultado, faz-se a divisão pelo respectivo nível de isolamento de ruído de impacto do próprio material (impacto construtivo positivo). O valor resultante é, então, multiplicado por 100, como mostra a equação (1), para se ter um número com melhor visualização nas comparações entre as amostras.

$$\boxed{\text{IDA_RI} = (\text{densidade superficial} \times \text{espessura} / \text{nível de isolamento}) \times 100} \quad (1)$$

Pela equação, verifica-se que o IDA_RI é inversamente proporcional ao nível de isolamento acústico. Logo, como é desejável se obter o maior nível de isolamento acústico, logicamente, os seus maiores valores representam melhor desempenho. Por outro lado, quanto menor for o índice (IDA_RI) encontrado, melhor será a eficiência do material quanto ao desempenho acústico a ruído de impacto. Portanto, aplicando a equação proposta às amostras aqui estudadas, é possível testar a proposição do índice e verificar a coerência na identificação de qual material tem a melhor relação de eficiência, para ser usado como piso flutuante(Tabela 3).

Em função do IDA_RI calculado (Tabela 3), observa-se que o material resiliente mais eficiente é a manta de polietileno (MA1,0), por apresentar melhor equilíbrio entre as variáveis que compõem o índice. De maneira semelhante, a placa PEVA1,8_ar0 apresenta-se como melhor opção entre os materiais resilientes alternativos, destacando-se os efeitos benéficos do processo de sua moldagem (dosagem, prensagem e cura), que possibilitaram redução na densidade e espessura, mantendo o mesmo desempenho acústico. Esse resultado é encorajador no prosseguimento do

estudo com a placa cimentícia PEVA1,8_ar0, destacando a importância das modificações implementadas no processo de moldagem e nas propriedades físicas resultantes.

Tabela 3 – Cálculo do Índice de Desempenho Acústico a ruído de impacto (IDA_RI)

Amostras	Densidade Superficial (kg/m²)	Espessura (cm)	Nível de Isolamento (dB)	IDA_RI
MA1,0	0,30	1,0	18	1,67
LR5,0	3,00	5,0	25	60,00
PEVA1,8_ar0	7,00	1,8	14	90,00
PEVA2,5_ar0	15,67	2,5	13	301,35
PEVA3,5_ar1	20,75	3,5	14	518,75

Fonte: Elaboração própria

Além disso, a partir da aplicação do índice proposto (IDA_RI) percebe-se um grande potencial em facilitar comparações preliminares entre diversos sistemas de pisos flutuantes, com diferentes materiais resilientes, auxiliando na escolha do tipo a ser adotado. Isso mostra a aplicabilidade do índice, considerando ainda a possibilidade de seu aperfeiçoamento, ao adicionar novas variáveis no seu cálculo, tais como: a rigidez dinâmica do material resiliente (característica bastante influente no isolamento acústico do sistema); o custo adicional por m²; o tipo de laje estrutural em questão; a área (m²) de cada ambiente (quartos e salas) da edificação; ou até mesmo variáveis não mensuráveis, a exemplo da facilidade de transporte ou aplicação do material resiliente etc, usando nesse caso constantes matemáticas.

4 CONCLUSÃO

Com relação ao desempenho acústico das placas cimentícias de EVA PEVA1,8_ar0, assim como as placas PEVA2,5_ar0 e PEVA3,5_ar1, considerando o sistema de piso flutuante adotado nos experimentos realizados em câmara acústica em laboratório, pode-se concluir que todas elas têm potencial para se classificarem como materiais alternativos, para serem utilizadas na atenuação de ruído de impacto entre os pisos de edificações multi pavimentos, pois obtiveram desempenho intermediário, de acordo com os requisitos previstos na NBR 15.575-3:2013.

A placa PEVA1,8_ar0 demonstrou ser um aprimoramento em relação às demais, apresentando significativas melhorias na sua produção, com menor consumo de cimento Portland, uma maior carga de prensagem e uma maior porosidade, induzida pela cura por secagem forçada em estufa, que resultaram em melhor índice de eficiência, conforme proposta do IDA_RI. No prosseguimento do presente estudo, outros testes deverão ser feitos, visando

uma melhor caracterização tanto dos resultados numéricos obtidos no índice quanto do material resiliente proposto a partir de placas cimentícias moldadas com agregados leves obtidos da recilagem de resíduos (EVA) da indústria de calçados.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro no projeto de pesquisa em curso, coordenado por um dos autores, e pela bolsa de iniciação científica (PIBIC) dos(as) graduandos(as) envolvidos(as) como autores(as).

REFERÊNCIAS

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 45**:Agregados - Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 248**:Agregados - Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2001.

ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-3**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – desempenho – parte 3 – requisitos para os sistemas de pisos internos. Rio de Janeiro, 2013.

HAX, S. P. **Estudo do potencial dos resíduos de E.V.A. no isolamento de ruído de impacto nas edificações**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, 2002.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION – ISO – Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors. **ISO 140-7:1998**.

_____. Acoustic – rating of sound insulation in building elements – Part 2: Impact sound insulation. **ISO 717-2:2013**.

LEAL, L.C; MARQUETTO, L; NUNES, M.F.O.; TUTIKIAN,B.F. **Lightweight concrete with EVA recycled aggregate for impact noise attenuation**. Materiales de Construcción. Vol. 63, 310, 309-316. 2013.

PEREYRON, D. **Estudo de tipologias de lajes quanto ao isolamento ao ruído de impacto**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria. Rio Grande do Sul, 2008.

SANTOS, F. A. **Avaliação de placas cimentícias com resíduo de EVA quanto ao seu nível de isolamento acústico em sistemas de pisos flutuantes**. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal da Paraíba, 2013.