ENARC
FOZ DO IGUAÇU-2023

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO ACÚSTICO DE ARGAMASSAS CONTENDO RESÍDUOS DE PNEUS PARA USO EM CONTRAPISOS

Evaluation of the acoustic performance of mortars containing tire residues for use in subfloors

Marilete Basso
Universidade Feevale | Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul | mariletebasso@hotmail.com

Alice Helena Meinhart
Universidade Feevale | Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul | alicehmei@gmail.com

Daiana Cristina Metz Arnold
Universidade Feevale | Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul | daim@feevale.br

Resumo

A proposta do presente estudo enquadra-se no âmbito de pesquisa experimental, na elaboração de uma argamassa contendo resíduos de pneu, com intuito de analisar seu desempenho acústico num sistema de vedação horizontal. No projeto experimental foram confeccionadas argamassas para contrapiso com substituição do agregado miúdo natural por resíduo de pneus na proporção de 5%, 10%, 25% e 50% e foi aferido o desempenho acústico dos diferentes traços no sistema de vedação horizontal a partir da medição de ruídos. No isolamento acústico para o ruído aéreo, a argamassa com 25% de resíduo de pneus apresentou aumento de eficiência de 1,1 a 1,5 dBA, na função Leq, e 0,5 a 0,9 dBA na função SPL, sendo esta a amostra que mostrou-se com melhor desempenho acústico, em comparação com as demais argamassas.

Palavras-chave: Resíduos de pneus; Desempenho acústico; Argamassa; Ruído aéreo; Contrapiso

ABSTRACT

The purpose of the present study falls within the scope of experimental research, in the elaboration of a mortar containing tire residues, with the aim of analyzing its acoustic performance in a horizontal sealing system. In the experimental project, mortars for the subfloor were made with the replacement of fine natural aggregate by waste from tires in the proportion of 5%, 10%, 25% and 50% and the acoustic performance of the different traces in the horizontal sealing system was measured from the measurement of noises. In acoustic insulation for airborne noise, the mortar with 25% of waste tires showed an increase in efficiency of 1.1 to 1.5 dBA, in the Leq function, and 0.5 to 0.9 dBA in the SPL function, this being the sample that showed the best acoustic performance, compared to the other mortars.

Keywords: Tire waste; Acoustic performance; Mortar; Overhead noise; Subfloor

1 INTRODUÇÃO

A partir da publicação da NBR 15575 (ABNT, 2013), tornou-se necessária a adaptação das edificações para atendimento a requisitos de desempenho acústico. Portanto, desde a concepção em projeto, é indispensável a realização da análise dos sistemas, das técnicas e dos materiais a serem utilizados para atender o desempenho mínimo descrito em norma. Um dos requisitos que as edificações devem atender é referente ao isolamento de ruído, já que o ruído aéreo, principalmente em edificações residenciais, proporciona situações indesejáveis entre moradores que podem gerar desconfortos, além de interferir significativamente na qualidade de vida dos usuários.

Por suposto, pesquisas apontam que os resíduos de borracha, assim como outros polímeros, apresentam bons resultados no desempenho termoacústico. Muitos destes resíduos melhoram consideravelmente esta propriedade em matrizes cimentícias. O grande desafio está no controle de produção deste compósito. Sendo assim, uma alternativa de destinação final da borracha dos pneus não retornáveis, é conseguir inseri-lo em outro processo produtivo, desta forma deixa de ser resíduo e passar a ser matéria prima (TUTUKIAN *et al*., 2013; BRANCHER *et al*., 2016; SILVEIRA *et al*., 2016). Sendo assim, a proposta desta pesquisa consiste em produzir argamassa para utilização em contrapisos, com substituição do agregado miúdo natural por resíduo proveniente do processo de recauchutagem de pneus de uma empresa no Vale do Paranhana, no Rio Grande do Sul. Para isso, foram confeccionados 5 traços de argamassa para utilização como contrapiso, sendo um traço com 100% de areia de rio (R 0) e os demais com substituição do agregado miúdo natural por resíduo de borracha de pneus nas proporções de 5%, 10%, 25% e 50%, e analisado o isolamento acústico quanto ao ruído aéreo em um sistema de vedação horizontal.

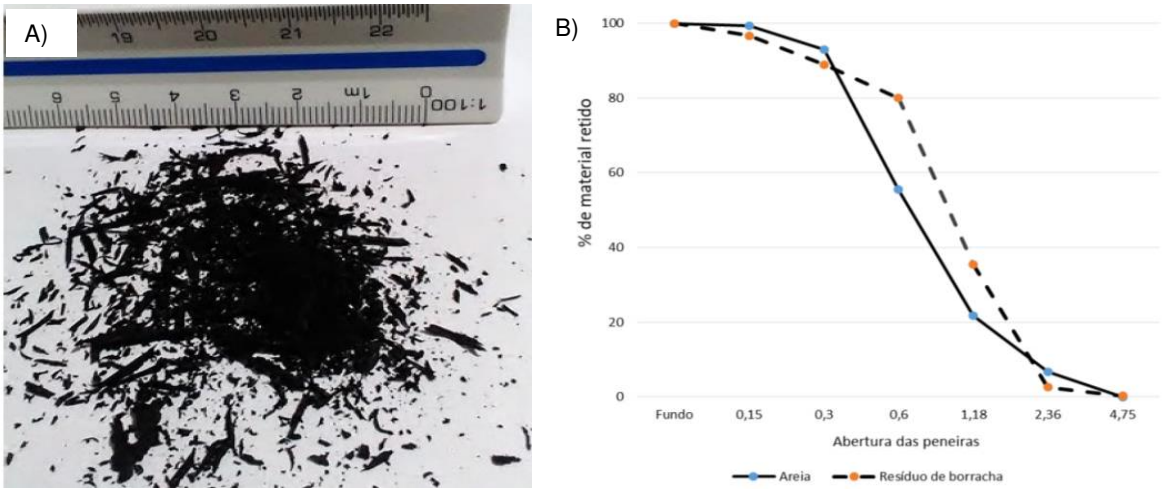
Esta pesquisa baseia-se no programa experimental dos trabalhos de Borges (2015) e Kaiser (2016), porém utilizando resíduo de recauchutagem de pneus. Borges (2015) investigaram o potencial acústico de compósito de argamassa com substituição parcial da areia por resíduos da indústria de calçados e serragem, com teores de substituição de 25% 50% e 75%. A medida de isolamento acústico foi efetuada através do ruído de impacto, em placas de 1 m², nas espessuras de 3 cm e 5 cm. Os resultados mostraram que a redução dos níveis de ruído de impacto é maior na medida em que se aumenta a espessura e o teor de resíduos das amostras, especialmente nas bandas de frequência acima de 500 Hz. As amostras confeccionadas com 75% apresentaram decaimento nas bandas de frequência acima de 500 Hz. Já a pesquisa de Kaiser (2016) substituiu agregado miúdo por resíduo de madeira de pinus auto clavada com preservante de borato de cobre cromato na confecção de argamassa para regularização de lajes, com o intuito de verificar o potencial de absorção acústica. Os resultados indicaram potencial para utilização como agregado leve em argamassa de contrapiso para a argamassa com 25% de substituição da areia pelo resíduo, pois minimiza ruídos aéreos.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o programa experimental foram utilizados os seguintes materiais: cimento Portland tipo CP IV-32; agregado miúdo natural extraído no Rio Jacuí (RS), com distribuição granulometria entre 0,075 mm (milímetros) e 4,8 mm, dimensão máxima (DM) característica de 4,75 mm, módulo de finura (MF) de 2,77 e massa unitária de 1566 kg/m³; água potável proveniente de poço artesiano; e resíduos de borracha, produzidos pelo processo de recauchutagem de pneus, com DM de 2,36 mm, MF de 3,04 e MU de 458 kg/m³ (podendo ser classificado como agregado leve, pois MU < 1120 kg/m³, segundo Mehta e Monteiro (2014)).

O resíduo de borracha foi obtido a partir do processo de remoção das partes remanescentes da banda de rodagem de pneus usados e que apresentam estado físico com condições de recauchutagem (Figura 1(A)). Segundo a NBR 10004 (ABNT, 2004) o resíduo de borracha é classificado como Resíduo de classe III (significa que a água permanecerá potável quando em contato com o resíduo) não inerte, por não sofrer lixiviação e não ser solúvel em água (ROCHA; CORDEIRO; TOLEDO, 2013). Os fragmentos provenientes da raspagem dos pneus são fragmentos lamelares, isto é, apresentam maior comprimento e baixa espessura, com tamanho de 1 mm a 15 mm. Então, o material foi segregado e utilizada somente o volume passante na peneira de abertura 4,8 mm. Ao ser peneirado, o resíduo de pneu apresentou maior quantidade de grãos retidos na peneira de abertura 0,6 mm (correspondendo a 45%), já o agregado miúdo natural extraído de rio obteve maior quantidade retida na peneira de abertura 0,3 mm (correspondendo a 37%). A curva granulométrica comparando a areia utilizada e o resíduo de borracha é apresentada na Figura 1(B).

Figura 1: Resíduo de borracha (A) e curva granulométrica do agregado miúdo, percentual de material retido acumulado por peneira (B)



Fonte: autores (2023)

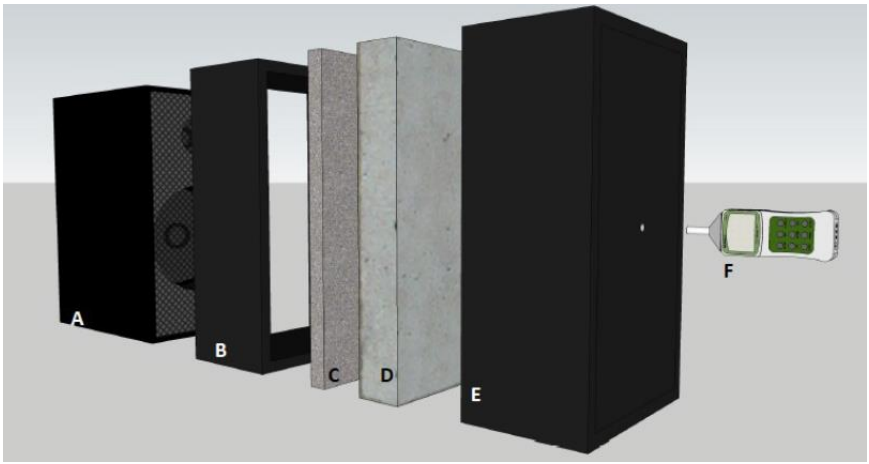
A argamassa foi preparada com traço estabelecido 1:4 (cimento, areia), conforme o trabalho de Borges (2015) e Kaiser (2016), próximo a argamassa de contrapiso comumente dosada em obras da região metropolitana de Porto Alegre, do tipo "farofa". Foi utilizada relação água/cimento de 1,23 (definida através do ensaio de índice de consistência do traço R0 conforme NBR 13276 (ABNT, 2016)). Para os traços contendo substituição do agregado miúdo natural por resíduo de borracha nas proporções de 5%, 10%, 25% e 50%, foram mantidos os mesmos procedimentos e a mesma relação a/c. A preparação da argamassa seguiu a NBR 16541 (ABNT, 2016), adotando média de 260 mm com ± 5 mm de diâmetros pela mesa de espalhamento para argamassa R 0. Todos os traços foram repetidos em triplicata. A moldagem das placas para contrapiso foi feita em forma de madeira retangular revestida com lona preta, dimensões de 40 cm (centímetros) x 70 cm x 4 cm.

Também foram verificados absorção de água em 72 horas, índice de vazios e massa específica (seca e saturada) das argamassas produzidas. Para verificação destes, foram moldados corpos de prova em recipientes prismáticos (4 cm x 4 cm x 16 cm), seguindo a NBR 9778 (ABNT, 2005). Após secagem em estufa (100^{o}C), as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente e determinada a massa seca. Em seguida, os corpos de prova foram imersos em água - nas primeiras 4 horas um terço de sua massa foi colocado em contato com água, nas 4 horas subsequentes foram colocados dois terços da amostra em contato com água, e nas 64 horas restantes completamente imersos em água com temperatura ambiente (aproximadamente 23 ^{o}C). A massa foi verificada em 24 horas e 72 horas de ensaio, sendo assim, finalizado o ensaio.

Dando sequência, o ensaio de desempenho acústico para ruído aéreo em laboratório teve por objetivo verificar o desempenho acústico da argamassa com a incorporação de resíduos de borracha no sistema de vedação horizontal, desta forma buscou-se encontrar soluções quanto ao desempenho acústico no sistema, bem como proporcionar mais uma alternativa de destinação deste tipo de resíduo. O ensaio foi realizado no Laboratório de Conforto Ambiental da Universidade Feevale, usando uma caixa emissora de ruído, duas câmaras de madeira, uma placa de contrapiso, a laje e o medidor de ruídos, o decibelímetro. Foi utilizado o ruído rosa emitido por aplicativo de celular, fixado volume de 75%, com duração de 60 segundos, nas funções SPL (ponderação de tempo atual para nível de pressão sonora) e LEQ (nível de pressão sonora equivalente). As medidas foram gravadas a fim de conseguir avaliar as variações durante o tempo de medição.

Com o objetivo de avaliar o comportamento do contrapiso com resíduo de borracha no sistema de vedação horizontal, e não o comportamento do concreto, decidiu-se utilizar uma laje já existente na Universidade. Para isso, possibilitando a padronização dos ensaios de acústica no sistema construtivo, utilizou-se uma laje de concreto de 70 cm x 40 cm, com 10 cm de espessura, que foi moldada em março de 2016 por Kaiser (2016). Segundo o autor, a laje foi confeccionada com concreto de resistência 30 MPa. A Figura 2 elucida o sistema adotado.

Figura 2: Caixa emissora de ruído (A); câmara de madeira (B); placa de contrapiso (C); laje de concreto (D); câmara de madeira (E); decibelímetro (F)



Fonte: autores (2023)

Para realização do ensaio de desempenho acústico foi posicionada a caixa emissora de ruído de um lado, uma câmara de madeira, a placa de contrapiso moldada, a laje de concreto, a outra câmara de madeira posicionado o aparelho de medição, o decibelímetro, conforme representado na Figura 2. O sistema foi instalado no sentido vertical, embora o uso da argamassa seja para um sistema de vedação horizontal. Essa adaptação foi necessária devido ao uso da caixa emissora existente no Laboratório de Conforto Ambiental, que se encontra instalada sobre suporte na posição vertical.

3 RESULTADOS

Inicialmente, foram avaliados absorção de água em 72 horas, índice de vazios e massas específicas. À medida que a areia foi substituída por resíduo de pneus, as argamassas apresentaram aumento de absorção – consequentemente aumento do índice de vazios - redução da massa específica, como pode ser visualizado na Tabela 1.

Tabela 1: Verificação da absorção de água, índice de vazios e massa específica (saturada e seca)

Argamassa	Absorção de água em 72 horas (%)	Índice de vazios (%)	Massa específica seca (kg/cm³)	Massa específica saturada (kg/cm³)
R 0	10,50	18,42	1,88	2,07
R 5%	10,55	19,11	1,81	2,00
R 10%	10,69	19,13	1,78	1,97
R 25%	11,17	19,71	1,69	1,86
R 50%	14,80	22,38	1,52	1,74

Fonte: autores (2023)

Com variação de 4,3 % na absorção de água e 3,9% de índice de vazios na argamassa R 50% comparada a R 0. Resultado semelhante foi observado por Fuhr (2016), com a adição de agregado leve em matriz cimentícias, onde aumentou o índice de vazios, à medida que os teores de substituição aumentam ocorre redução da massa específica e aumento da capacidade de absorção de água por imersão. Este mesmo comportamento da argamassa no estado endurecido foi observado por Kaiser (2016). A massa específica e a densidade de massa das argamassas estão diretamente vinculadas, ambas estão relacionadas ao índice de vazios, quanto maior o índice de vazios, menor é a massa específica e menor é a densidade de massa.

A análise do desempenho acústico no sistema visa verificar a influência do resíduo de pneus na argamassa de contrapiso no isolamento acústico para o ruído aéreo, e avaliar a possibilidade de inserir este resíduo em matrizes cimentícias. Os ensaios forneceram dados para análise da laje e do contrapiso no sistema. Estes foram repetidos em triplicata e considerado a média entre as medições, estes dados então registrados na Tabela 2.

Pelo resultado do ensaio, observou-se que o sistema somente com laje de concreto apresentou o isolamento de 32,20 dBA na função SPL (Ponderação de tempo atual para nível de pressão sonora) do decibelímetro e no sistema de contrapiso (laje de concreto + contrapiso) melhorou a eficiência de isolamento de 0,5 dBA com a argamassa R 10%, 0,9 dBA com R 5%, R 25% e R 50%. Já na função LEQ (nível de pressão sonora

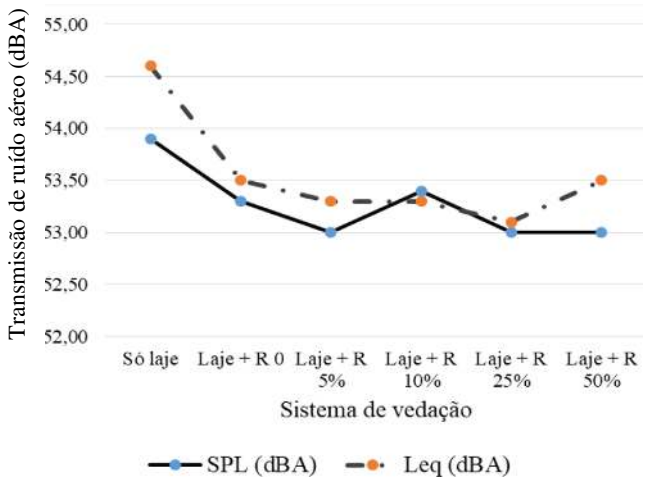
equivalente), a laje isolou 31,70 dBA e no sistema ocorreu melhora de 1,1 dBA com argamassa R 0 e R 50%, 1,3 dBA com R 5% e R 10% e 1,5 dBA com R 25%. Um gráfico com estes dados é apresentado na Figura 3.

Tabela 2: Verificação do desempenho acústico nas funções SPL e LEQ

Argamassa	SPL (dBA)	LEQ (dBA)
Só câmara	86,10	86,30
Só laje	53,90	54,60
R 0	53,30	53,50
R 5%	53,00	53,30
R 10%	53,40	53,30
R 25%	53,00	53,10
R 50%	53,00	53,50

Fonte: autores (2023)

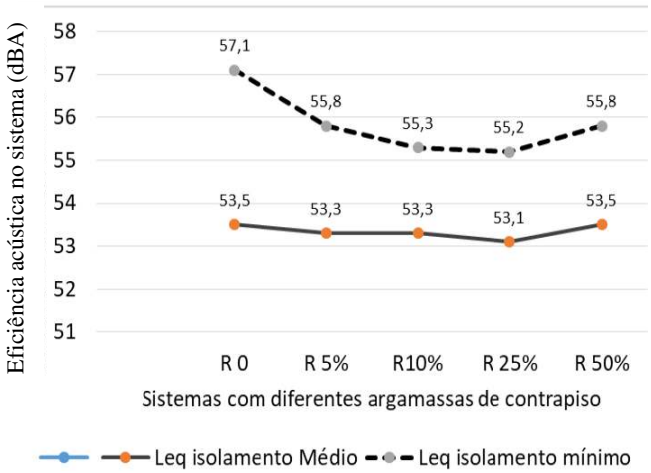
Figura 3: Ruído aéreo conforme sistemas de vedação



Fonte: autores (2023)

Comparando a argamassa de referência com as argamassas em que a areia foi substituída por resíduo, observa-se que os sistemas com R 5%, R 10% e R 25% apresentaram-se mais efetivos no isolamento acústico para ruído aéreo na função LEQ. As variações das medidas estão representadas na Figura 4, onde verifica-se que sistema de contrapiso R 25% apresentou melhor eficiência, com aumento de 1,9 dBA no isolamento mínimo e 0,4 dBA na média de isolamento.

Figura 4: Isolamento acústico obtido nos ensaios dos sistemas de vedação na função LEQ



Fonte: autores (2023)

Kaiser (2016), obteve resultado semelhante com melhor eficiência acústica ao ruído aéreo em 3 dBA no sistema de piso com placa de argamassa com substituição de 25% do agregado natural por resíduo de madeira autoclavada e Borges (2015) obteve redução de ruído de impacto num sistema de piso, com argamassas confeccionadas com compósitos de EVA, em substituição ao agregado natural em 25%, 50% e 75%, quanto maior a substituição de agregado melhor será o desempenho acústico. Isso permite concluir

que é possível inserir o resíduo de pneu em argamassa de contrapiso, além de apresentar custo menor, encontra-se mais uma alternativa de destinação deste resíduo e ainda possibilita a melhora na eficiência no isolamento quanto ao ruído aéreo.

4 CONCLUSÕES

A inserção do resíduo de pneus na cadeia produtiva permite reduzir o impacto ambiental, por ser mais uma alternativa para sua destinação e pela redução de extração do agregado miúdo natural. No isolamento acústico para o ruído aéreo a argamassa apresentou, no sistema de vedação, aumento de eficiência de 1,1 a 1,5 dBA, na função LEQ, e 0,5 a 0,9 dBA na função SPL, sendo que todas argamassas de contrapiso com resíduo de pneus apresentaram aumento no isolamento, em comparação com a argamassa R 0. O melhor resultado no sistema foi a argamassa com substituição de 25% do agregado natural por resíduo de pneus, com aumento de 0,4 dBA no isolamento médio na função LEQ. Sobre a argamassa R 50%, esta apresentou tendência de perda de isolamento acústico pois manifestou-se mais porosa, como visto na Tabela 1. A quantidade de substituição de agregado leve altera o índice de vazios, que exerce influência direta também na eficiência acústica, por isso, é preciso compreender o comportamento das argamassas quanto a estas propriedades é essencial para compor um sistema de vedação horizontal.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9778:** Determinação da absorção de água, índice de vazios, massa específica. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004:** Resíduos sólidos, classificação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13276:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos – Preparo da mistura e determinação do índice de consistência. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-3:** Edificações habitacionais - Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16541:** Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos - Preparo da mistura para a realização de ensaios. Rio de Janeiro, 2016.

BORGES, J.G. **Análise das propriedades acústicas de contrapiso produzidos com materiais reciclados.** 2015. 125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale dos Sinos, UNISINOS, São Leopoldo, RS, 2015.

BRANCHER, L. R.; ZINI, A.; SILVA, G. A. B. R. DA; NUNES, M. F. O.; ZENI, M.; PAGNUSSAT, D. T.; GRISA, A. M. C. Incorporação de resíduos de poli (cloreto de vinila) (PVC) de fita de borda de móveis em argamassas de contrapiso. *In*: **22º CBECiMat - Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**. Natal, Rio Grande do Norte, 2016.

FUHR, G. **Argamassas de contrapiso com propriedades de isolamento acústico: atenuação de ruído de impacto em edificações.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2016.

KAISER, C.B. **Argamassa leve com incorporação de resíduo de pinus autoclavado**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Feevale, Novo Hamburgo, Rio Grande do Sul, 2016.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M. **Concreto – Microestrutura, Propriedades e Materiais**. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), 3. ed., 2014, 782 p.

ROCHA, C. A. A.; CORDEIRO, G. C.; TOLEDO, R. D. Influência de resíduos de corte de rochas e de blocos cerâmicos moídos na hidratação e no empacotamento de pasta cimentícias. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 6, n. 4, 2013. p. 661-680. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/riem/v6n4/pt_09.pdf>. Acesso em: 29 agosto. 2023.

SILVEIRA, P. M.; ALBUQUERQUE, M. C. F.; CASSOLA, S.; BORTOLUCCI, A. A.; PAULLI, L. DE; DELLA VILLA, F. M. Estudo do comportamento mecânico do concreto com borracha de pneu. **Revista Matéria**, v. 21, n. 2, p. 416–428, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rmat/v21n2/1517-7076-rmat-21-02-00416.pdf>. Acesso em: 17 abr. 2018.

TUTIKIAN, B.; NUNES, M. F. O.; CHRIST, R.; PACHECO, F.; PIRES, J. R.; ZUCHETTO, L. K.; HEISSLER, R. F.; TREVISAN, R.; FILHO, S. K.; LABRES, H. S. **Desempenho acústico – ruído aéreo. Determinação do isolamento sonoro através de medição em laboratório**. *ITT Perfomance*, UNISINOS, São Leopoldo, Rio Grande do Sul, 2015.