

<https://eventos.utfpr.edu.br//sicite/sicite2019>

## Avaliação do desempenho acústico ao ruído de impacto em sistemas de pisos de edificações: concepção de sistemas de contrapisos especiais, a partir de resíduos de construção civil

## Evaluation of acoustic performance to impact noise in building floor systems: Design of special counterweights systems, from construction waste

### RESUMO

Raylton Pereira de Sousa  
[raylton@alunos.utfpr.edu.br](mailto:raylton@alunos.utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Rodrigo Eduardo Catai  
[catai@utfpr.edu.br](mailto:catai@utfpr.edu.br)  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, Brasil

Este trabalho de pesquisa científica teve como objetivo produzir placas de contrapiso com resíduo de construção e demolição na sua composição e analisar o desempenho acústico delas ao ruído de impacto. Seguindo uma metodologia que consistiu primeiramente em uma pesquisa bibliográfica dos possíveis resíduos e de agregados a serem utilizados na composição da argamassa do contrapiso, posteriormente execução da caracterização dos agregados, dosagem da argamassa, moldagem das placas, ensaios de resistência mecânica a compressão axial e ensaio acústico ao ruído de impacto com a máquina normatizada denominada "Tapping Machine" e com o auxílio de um medidor de pressão sonora. Os resultados obtidos foram satisfatórios uma vez que atendeu aos requisitos mínimos da norma de desempenho ABNT NBR 15575 (ABNT 2013), ficando a atenuação de ruído entre 66 e 80 dB. Conclui-se que este trabalho fornecerá parâmetros satisfatórios de isolamento de ruído de impacto, e frisa-se que foram realizados testes preliminares e que posteriormente serão feitos os demais ensaios nas outras placas de contrapiso já produzidas, e inclusive com placas com o assentamento de diversos tipos de revestimentos, como por exemplo: cerâmica, porcelanato e granito.

**PALAVRAS-CHAVE:** Ruído. Contrapiso. Resíduos. Construção Civil. Acústica.

### ABSTRACT

This scientific research work aimed to produce subfloor plates with construction residue and demolition in its composition and analyze the acoustic performance of them to impact noise. Following a methodology that consisted primarily of a bibliographic research of the possible residues and aggregates to be used in the composition of the mortar of the subfloor, subsequently execution of the characterization of the aggregates, dosage of Mortar, moulding of the plates, tests of mechanical resistance to axial compression and acoustic test to impact noise with the standardized machine called "Tapping Machine" and with the aid of a sound pressure meter. The results obtained were satisfactory since it met the minimum requirements of the performance standard ABNT NBR 15575 (ABNT 2013), with noise attenuation between 66 and 80 dB. It is concluded that this work will provide satisfactory parameters of impact noise isolation, and it is stressed that preliminary tests were performed and that the other tests in the other against floor plates already produced, and even with Plates with the nesting of various types of coatings, for example: ceramics, porcelain tiles and granite.

**KEYWORDS:** Noise. Subfloor. Waste. Construction. Acoustic.

**Recebido:** 19 ago. 2019.

**Aprovado:** 01 out. 2019.

**Direito autoral:** Este trabalho está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.



## INTRODUÇÃO

Com o crescimento da população mundial, e o aumento da quantidade de edificações nos grandes centros urbanos, cada vez mais é notório o problema da quantidade de resíduos provenientes da construção civil, que é gerado em todo planeta. Estes resíduos são gerados não só na construção das edificações, mas também nas demolições para restauros ou mesmo para construção de novos prédios. O grande problema deste resíduo, denominado neste trabalho de Resíduos de Construção e Demolição – RCD é o seu difícil reaproveitamento, virando quase sempre entulho e sendo depositado em lugares várias vezes impróprios, diante desta realidade esse trabalho tratará do tema no que se refere a utilização de resíduos como matéria prima para a produção de contrapiso (camada de argamassa com função de regularizar laje estrutural ou piso) e posterior verificação do seu desempenho acústico ao ruído de impacto.

No ano de 1972 foi realizada a primeira Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, em Estocolmo na Suécia, 20 anos depois ocorreu a histórica reunião de 1992, a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e o Desenvolvimento – ECO-92, onde chegou-se a um consenso sobre a alternativa para solucionar o problema ambiental denominado de o princípio do Desenvolvimento Sustentável, onde se estabelece que para alcançar o desenvolvimento sustentável, a proteção do meio ambiente deve constituir parte integrante do processo de desenvolvimento e não pode ser considerada isoladamente em relação a ele. Na ocasião da ECO-92 nasceu a agenda 21, que discute questões relacionadas aos recursos naturais e a qualidade do meio ambiente, nascendo o termo Construção Sustentável, que estabelece novos desafios de aprimoramento da cadeia produtiva seja na extração de matérias-primas, saúde dos funcionários, processos produtivos, qualidade e custo das construções (TÉCHNE, 2009).

Diante da importância do uso consciente e levando em consideração o tema do desenvolvimento sustentável esta pesquisa se justifica através da busca por novas formas de utilização dos recursos naturais principalmente no que diz respeito a reutilização do que outrora era apenas resíduo descartado no meio ambiente, mas que poderá se tornar algo de extrema necessidade na indústria da construção civil. O presente trabalho tem como objetivo criar três diferentes tipos de contrapiso a partir de resíduos da construção e demolição, inclusive um contrapiso chamado de convencional produzido com agregados naturais e posteriormente realizar a análise acústica ao ruído de impacto no tocante a atenuação de ruído dos mesmos.

O resíduo da construção obtido de forma controlada e adequada advindo de demolições ou mesmo dos processos construtivos constitui um agregado que pode ser utilizado como materiais para produzir contrapiso, como também outros subprodutos da construção civil gerando economia para construtoras e reduzindo o impacto ambiental. A reciclagem dos materiais oriundos dos canteiros de obra tem sido uma constante preocupação não só por parte das construtoras, mas também do poder público tendo em vista os impactos atrelados a este tipo de resíduo, diante da importância do problema em 2010, o Governo Federal criou a Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei nº 12.305), onde consta regras mais específicas para difundir diretrizes de gerenciamento desse material e o seu correto destino final, incluindo assim a reciclagem (SOUSA, 2019).

Diante dos impactos que os resíduos podem gerar ao meio ambiente é importante divulgar dados quantitativos, dessa forma a Tabela 1 demonstra que os municípios brasileiros coletaram cerca de 45 milhões de toneladas de RCD em 2017, o que configura uma diminuição de 0,1% em relação a 2016. Esta situação, também observada em anos anteriores, exige atenção especial, visto que a quantidade total desses resíduos é ainda maior, uma vez que os municípios, via de regra, coletam apenas os resíduos lançados ou abandonados nos logradouros públicos (ABRELPE, 2018).

Tabela 1 – Quantidade de RCD coletado por região no Brasil

Região	2016		2017	
	RCD coletado (t/dia)	Índice (kg/hab./dia)	RCD coletado (t/dia)	Índice (kg/hab./dia)
Norte	4.720	0,266	4.727	0,264
Nordeste	24.387	0,428	24.585	0,429
Centro-Oeste	13.813	0,882	13.574	0,855
Sudeste	64.097	0,748	64.063	0,737
Sul	16.718	0,568	16.472	0,556
<b>Brasil</b>	<b>123.619</b>	<b>0,600</b>	<b>123.421</b>	<b>0,594</b>

Fonte: Adaptado de SOUSA (2019).

Além dos resíduos de construções, outro agregado empregado na produção de contrapiso para os testes foram os oriundos da natureza sem passar por processo de peneiramento, ou seja, trituração e peneiramento em usinas de reciclagem. Desta forma entende-se por agregados convencionais a areia extraída de rios ou jazidas.

A borracha triturada foi utilizada como parte do agregado na produção dos contrapisos advinda de pneus inservíveis, o qual é definido como aqueles que não possuem mais utilidades no que tange ao objetivo ao qual foram projetados. A produção de pneus no mundo é estimada em mais de 1,6 bilhões e o descarte é cerca de 1 bilhão anualmente, todavia a indústria da reciclagem processa apenas 100 milhões (AMBROSIO, 2019). Diante deste fato optou-se pela utilização de borracha triturada como parte do agregado que origina um dos tipos de contrapiso.

O aditivo incorporador de ar corresponde àquele que misturado a água de amassamento irá formar vazios pela entrada de ar no interior da argamassa, todavia essa inserção desse aditivo apesar de favorecer a trabalhabilidade, atua de forma desfavorável em relação à resistência mecânica (MANSUR, 2007).

Este trabalho está baseado nas principais normas, como:

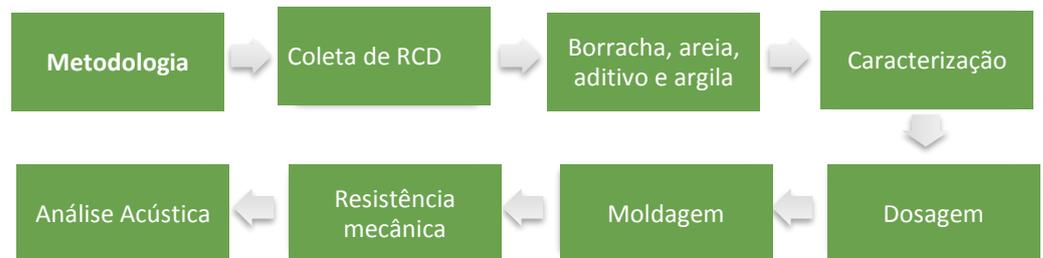
- a) ABNT NBR 15575:2013 – Parte 3 – Requisitos para sistemas de pisos;
- b) ISO 140 – Part 7: Field measurements of impact sound insulation of floors, (1998);

- c) ISO 140 – Part 8 - Laboratory measurements of the reduction of transmitted impact noise by floor coverings on a heavyweight standard floor (1998);
- d) ISO 10140 - Part 3: Measurement of impact sound insulation (2010).

## MATERIAIS E MÉTODOS

O método de procedimento principal desta pesquisa é classificado como experimental, onde foram analisados aspectos específicos de várias situações e suas decorrências, buscando explorar situações reais de desempenho acústico em contrapiso de concreto fabricados a partir de RCD. A abordagem metodológica consistiu em uma pesquisa descritiva exploratória, a partir da busca de soluções por meio de uma pesquisa aplicada.

Figura 1 – Síntese da etapa de materiais e metodologia utilizada



Fonte: Próprio autores (2019).

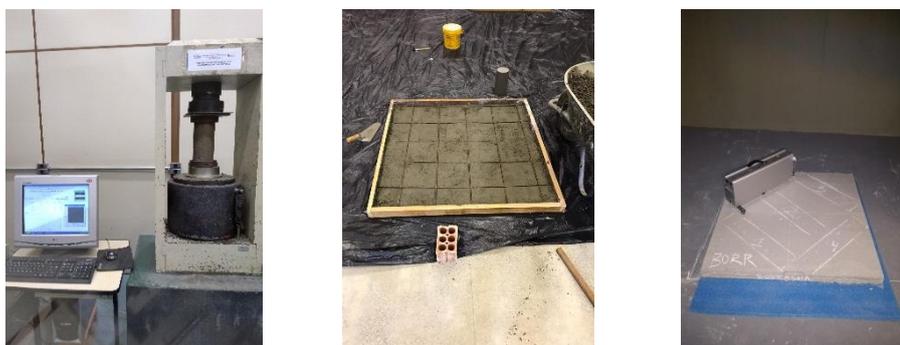
Como ilustrado na Figura 1, a metodologia consistiu nos seguintes passos:

- a) estudo da bibliografia referente aos resíduos da construção civil, e demais tipos de agregados ou aditivos que seriam possíveis a sua utilização como parte integrante para produção dos contrapisos;
- b) escolha das partes integrantes dos contrapisos, o resíduo de construção e demolição, borracha triturada, aditivo incorporador de ar, argila expandida e areia média para produzir o contrapiso convencional;
- c) caracterização da areia de RCD e areia natural, essa caracterização trata da granulometria, porcentagem de material pulverulento, massa específica, umidade e demais ensaios;
- d) dosagem dos traços com base na alínea c, e produção de corpos de prova para verificação da resistência mecânica e trabalhabilidade da argamassa;
- e) modelagem das placas de contrapiso com 5cm de espessura e 1m<sup>2</sup>, as argamassas utilizadas foram: RCD e areia natural; RCD, areia natural e borracha; RCD, areia natural e aditivo incorporador de ar; RCD, areia natural e argila expandida; e a placa com apenas areia natural, sendo produzida 5 placas de cada tipo de argamassa;
- f) modelagem e ensaio de corpos-de-prova cilíndricos com 10x20cm, para verificar a resistência mecânica da argamassa das placas de contrapiso real;

- g) ensaio de ruído de impacto com auxílio de um analisador de ruído (decibelímetro), e a fonte geradora de ruído de impacto a máquina normatizada denominada “Tapping Machine”, para obtenção do nível de pressão sonora no ambiente inferior da câmara reverberante. Foi realizado o ensaio somente com a laje sem o contrapiso e posteriormente com uma placa de contrapiso produzida com RCD, areia e borracha triturada, como testes preliminares.

Na Figura 2, observa-se da direita para esquerda: ensaio de resistência dos corpos de prova, moldagem das placas de contrapiso e ensaio acústico.

Figura 2 – Principais etapas da pesquisa



Fonte: Próprio autores (2019).

## RESULTADOS E DISCURSÃO

Com relação a areia de RCD, este agregado miúdo obteve um módulo de finura de 3,17 e uma dimensão máxima característica de 4,75mm. Massa específica encontrada foi de 2,53 g/cm<sup>3</sup>, porcentagem de material pulverulento de 14,33% e uma absorção de água contabilizada em 16%, o que ficou um pouco acima do recomendado de 12%. Já areia natural teve uma massa específica de 2,24 g/cm<sup>3</sup>, modulo de finura de 2,87, dimensão máxima característica de 4,75 e porcentagem de material pulverulento de 4,52%. As placas de contrapiso convencional, ou seja, com apenas areia natural, cimento Portland e água, foi produzida com traço (1:2,36:0,48), obtendo uma resistência mecânica característica aos 28 dias de 29,43 MPa. O contrapiso com 5% de borracha em massa, com relação a soma da massa da areia natural e da areia de RCD, adotando um traço (1:1,15:1,15:0,12:0,55), obteve uma resistência mecânica característica a compressão axial aos 28 dias de 11,06 MPa, o que ficou acima dos 10 MPa recomendado e conforme a resistência convencional de contrapisos tanto executado a mistura em canteiros de obra, quanto em argamassas industrializada.

Os testes foram realizados com base em ruído branco nas frequências de 100 Hz a 8.000 Hz em bandas de 1/3 de oitava com base nas normas ISO citadas anteriormente. Os níveis de ruído branco foram medidos em decibéis (dB) com o analisador operando no circuito sem ponderação em frequência linear com resposta lenta (SLOW). A norma ISO 10140-5 (2010) estabelece que o tempo de reverberação deve ficar entre 1 e 2s. O tempo de reverberação foi de 1,5 s. O tempo de reverberação de referência de 0,5 s. A média logarítmica do nível de pressão sonora de impacto na sala receptora foi de 88,04 dB somente com a laje estrutural. Já com o ensaio realizado na placa de RCD, borracha e areia média natural, a média logarítmica resultou em 75,40 dB, é importante frisar que nessa

última placa foi utilizada uma manta acústica de polietileno com espessura de 10 mm. Desta forma a **diferença** percebida com base nos cálculos e no ensaio foi de **12,63 dB**, todavia cita-se que são testes preliminares.

## CONCLUSÃO

Os resultados adquiridos com base nas referências normativas tanto nacionais quanto internacionais, trará de benefício para o meio científico ou para sociedade parâmetros do desempenho acústico ao ruído de impacto em contrapiso produzido com argamassa contendo na sua composição RCD, disponibilizando assim novos conhecimentos científicos, e divulgando as vantagens de reciclar resíduos da construção e utilizá-los como agregados na produção de contrapiso, uma vez que foi verificado o **atendimento ao critério mínimo** da ABNT NBR 15575:2013 com valores entre 66 e 80 dB para sistema de piso separando unidades habitacionais autônomas posicionadas em pavimentos distintos, além do fato que esse reaproveitamento deste tipo de resíduo, reduzirá os níveis de poluição do meio ambiente provocado pelo descarte inadequado.

Os testes aqui relatados são preliminares, com um comparativo da laje apenas com placas de RCD, borracha e areia. Todavia foram produzidas também placas de RCD: com argila expandida e areia; com aditivo incorporador de ar e areia; somente RCD e areia e outras placas com apenas areia. Todas as placas foram produzidas com porcentagem de RCD, exceto a placa convencional que não teve adição de RCD, por motivo de comparação posteriormente, desta forma a pesquisa continuará analisando as placas de contrapiso e inclusive será adicionado revestimentos e feitos vários ensaios de ruído acústico de impacto.

## AGRADECIMENTOS

A usina de reciclagem Soliforte pelo fornecimento de resíduos de construção e demolição. Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq pela concessão de bolsa de pesquisa. Ao Prof. Dr. Rodrigo Eduardo Catai pela oportunidade oferecida. Agradece-se também a doutoranda Fernanda Henneberg pelo auxílio na produção dos contrapisos, aos Técnicos Paulo Sabino e Felipe Perretto por ajudar nas diversas etapas do processo no que tange aos serviços de laboratórios.

## REFERÊNCIAS

MANSUR A. P., A., L. DO NASCIMENTO, Ó., & S. MANSUR, H. (2007). *Avaliação do teor de ar incorporado em argamassas modificadas com poli (álcool).*

AMBROSIO D. F., (2019). *Dissertação de mestrado - Utilização de borracha triturada de pneu como substituto do coque em um forno elétrico a arco.* São Paulo.

SOUSA, R. P. (2019). *Trabalho de Conclusão de Curso - Sustentabilidade e análise acústica: Produção de blocos de concreto com utilização de resíduos da construção civil.* Curitiba.

TÉCHNE. (2009). Reciclagem de materiais de construção. *Artigo Revista Técnica.*