

DETERMINAÇÃO DOS COEFICIENTES DE ABSORÇÃO ACÚSTICA DE PLACAS CONFECCIONADAS COM MATERIAL RECICLADO

Stelamaris Rolla Bertoli⁽¹⁾; Luiz Antonio Perrone Ferreira de Brito⁽²⁾

(1) Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, C.P. 6021 – 13083-970, Campinas – SP,
rolla@fec.unicamp.br

(2) Faculdade de Engenharia Civil – UNICAMP, C.P. 6021 – 13083-970, Campinas – SP,
labrito@iconet.com.br

RESUMO

Um dos parâmetros mais utilizados na adequação acústica de salas é o tempo de reverberação. O tempo de reverberação depende das dimensões do ambiente e da absorção sonora das superfícies e objetos que o compõe. A grandeza física que caracteriza a absorção dos materiais é o coeficiente de absorção sonora. O uso de materiais reciclados nas edificações tem sido muito pesquisado, inclusive visando aplicações na acústica arquitetônica. Potencialmente existe a possibilidade de que esses materiais possam ter coeficientes de absorção sonora adequados para corrigir acústica os ambientes. A adição de materiais reciclados como pó de serra na composição do traço de materiais de acabamento pode melhorar a absorção sonora desses materiais possibilitando seu uso em salas de aula, restaurantes, templos, por exemplo. Esse trabalho apresenta as medidas dos coeficientes de absorção sonora de placas constituídas de argamassa de cimento e pó de madeira em seu traço. Os procedimentos de medição foram baseados na norma internacional de medida de coeficiente de absorção acústica em câmara reverberante, ISO 354. Os resultados finais forneceram o desempenho relativo deste material quanto a absorção sonora e poderá servir como base para aprimoramento e desenvolvimento de materiais com elementos reciclados.

ABSTRACT

Reverberation time is the acoustic parameter most used for the acoustical adequation of room. The reverberation time depends on the size of the room and the sound absorption coefficient of the surfaces and the objects inside the room. The physical parameter that characterized the absorption of these materials is the sound absorption coefficient. The use of civil construction residue material is been researched for application in the architectural acoustics. Potentially, there is possibility that these materials could have adequate sound absorption coefficient for acoustical corrections. Include residual wood in finish material composition could improve the sound absorption of these materials and make possible it's use in classrooms, restaurants and churches, for example. This paper presents the measure of sound absorption coefficient of plates made of residual wood and cement. The proceeding of measure was based on the international standard to determine the sound absorption coefficient in reverberant room, ISO 354. The final results give relative measure of sound absorption coefficient and it will provide results for a future development of material with residual elements.

1- INTRODUÇÃO

1.1- Apresentação do problema

Os materiais absorvedores acústicos ou absorvedores sonoros têm larga utilização em vários tipos de edificações. Locais projetados para a execução de música, palavra falada ou onde exista a aglomeração de pessoas necessitam do controle da reverberação proporcionada pelos absorvedores acústicos. Mas nem sempre as características arquitetônicas destes materiais são adequadas a decoração interna da edificação. Os absorvedores acústicos tradicionais como lã de vidro, lã de rocha e espumas de células abertas são bastante eficientes e disponíveis com vários tipos de acabamento no mercado. Mesmo assim, existe uma rejeição a este tipo de material por uma parte considerável dos arquitetos. Muitos relutam na utilização destes materiais pois não querem que seus projetos “tenham cara de estúdios”. Obras como igrejas, bares, escolas e restaurantes propiciam uma demanda por absorvedores que sejam mais discretos, e que não se destaquem na arquitetura interna, proporcionando ao arquiteto mais liberdade na escolha das cores e acabamentos. Estes absorvedores seriam utilizados em detrimento aos tradicionais revestimentos utilizados em nossa arquitetura como o reboco, gesso, materiais reflexivos que elevam a reverberação das edificações provocando desconforto no usuários.

1.2- Materiais reciclados

Em princípio uma boa alternativa seria a substituição ou adequação do traço do gesso e reboco para que estes adquirissem características acústicas mais favoráveis para o controle da reverberação. Ou o desenvolvimento de uma argamassa de acabamento para o revestimento de paredes e lajes que não fosse tão reflexiva quanto às argamassas tradicionais. Isso poderia conforme a situação dispensar a utilização de absorvedores acústicos de grande desempenho para correção da reverberação interna da edificação.

A utilização de matéria prima composta de materiais reciclados vem sendo alvo de estudos no Brasil, em especial os que tenham alguma característica acústica. SANTOS (1993) realizou medidas em blocos cerâmicos revestidos com casca de arroz e caixas de ovos e comparou os resultados com uma espuma de célula aberta, o SONEX 75/75. Em algumas faixas de frequências houve resultados muito próximos o que viabiliza seu uso em certas situações. RÉQUIA (2000) mediu os coeficientes de absorção sonora de garrafas PET de 2 litros agrupadas no chão e suspensas a 30cm do chão. Neste experimento foram utilizadas cerca de 1000 garrafas PET. Acima de 1000Hz o coeficiente de absorção sonora chegou a 0,9. Levando em conta que este tipo de material é facilmente achado nos lixos e em abundancia, seu potencial de utilização é enorme. MACIEL (2001) desenvolveu placas compostas de papel reciclado e fibras vegetais que apresentam coeficientes de absorção de 0,6 a 0,9 entre as frequências de 250 a 2000Hz. OLIVEIRA (2002) ensaiou cascas de porongo que são as sobras das cuias utilizadas pelo povo gaúcho para tomar o chimarrão. Esta cuia é oriunda da árvore *Lagenaria vulgaris*. Nas frequências entre 200 e 400Hz os coeficientes de absorção chegaram a 0,75.

GRANDI (1995) desenvolveu um traço de argamassa na proporção de 1:0,4:0,88, sendo cimento Portland 32, pó de serra e massa de água em relação a massa de cimento. Esta argamassa após ser colocada em uma forma de madeira e adensada em uma mesa vibratória pode ser deformada em 48 horas atingindo uma resistência à compressão média de 4,3 MPa com uma massa específica de 720Kg/m³. Sua cura nas primeiras 48 horas dá-se na sombra e após em uma estufa.

Como as placas confeccionadas com este traço têm uma massa específica menor que as confeccionadas com os traços tradicionais vislumbrou-se a possibilidade de que seus coeficientes de absorção acústica possam ser satisfatórios para tratamentos acústicos, ou serem um indício de um novo caminho. Sendo o pó de serra uma matéria prima facilmente encontrada em canteiros de obras, pois é resíduo de tábuas utilizadas nas formas de concretagem e vigas de escoramento sua utilização é bastante indicada. Pode ser conseguido também das sobras de madeira, bastante comum no sistema construtivo tradicionalmente utilizado na construção civil no Brasil.

Assim sendo o desenvolvimento da argamassa proposta poderá atender a necessidade de materiais absorvedores acústicos que não se destaquem nas edificações e que podem substituir o reboco e o gesso e também utilizará material reciclado, encontrado facilmente nos próprios canteiros de obras da construção civil.

2- METODOLOGIA

Dos métodos disponíveis para determinação de coeficientes de absorção sonora o realizado em câmara reverberante é o que traz resultados mais próximos da realidade (ARAÚJO et al 2002). Neste método as características acústicas do material são ensaiadas em um campo difuso, simulando condições reais de utilização. Segundo a norma ISO 354 - *Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room*, uma câmara reverberante deve ter cerca de 200m³ para que nela possa ser determinado os coeficientes de absorção sonora de um material. Na Faculdade de Engenharia Civil, o Laboratório de Física e Conforto Ambiental possui uma sala com paredes e piso/teto não paralelos com cerca de 67,58m³. Esta sala não contém qualquer tipo de revestimento nas paredes e teto, sendo suas superfícies, portanto, bastante reflexivas. As paredes não paralelas dificultam a formação de ondas estacionárias, facilitando a formação de campos sonoros mais uniformes. Esta sala também atende em parte os tempos de reverberação mínimos exigidos pela ISO 354, conforme a Tabela 1. Como neste momento do desenvolvimento do material não se está buscando resultados absolutos, e sim indícios, as medidas do coeficiente de absorção sonora foram medidos nesta sala.

Tabela 1, Comparação entre os tempos de reverberação mínimos previstos pela ISO 354 e os medidos na sala acústica da FEC, em segundos

Frequência (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
ISO 354	5,0	5,0	5,0	4,5	3,5	2,0
Sala da FEC	10,15	10,54	5,74	3,72	3,36	2,55

Para estabelecer o grau de precisão dos resultados foram feitas medidas para se determinar os coeficientes de absorção sonora de uma amostra padrão. A amostra utilizada foi uma espuma de célula aberta de 45mm de espessura em placas de 60x60 cm de fabricação da Illbruck, material cujos coeficientes de absorção são bastante conhecidos. Foram utilizadas 10 placas de 0,36m², totalizando 3,6m². ARAÚJO et al (2002) recomenda que para câmaras com 150m³ de volume, a área de amostragem não seja os 10m² sugeridos pela ISO 354 e sim 7,0m². Fazendo a proporção com o volume da sala acústica disponível chegou-se a área de 3,6m²

O equipamento utilizado foi o Investigator BK 2260 da Bruel & Kjaer com o *software Building Acoustics BZ7204* para a geração de sinal e medição do tempo de reverberação, um amplificador de sinal B&K 2716 e uma caixa acústica onnini direcional B&K 4296 para a geração do campo difuso. O Investigator foi posicionado em um canto da sala e as medidas feitas em bandas de frequência de 1/3 de oitava. O processo foi repetido com o deslocamento do B&K 2260 para os outros dois pontos de medição. Em cada ponto foram executadas três medições e utilizou-se a média para o cálculo do coeficiente de absorção sonora.

Na segunda etapa das medidas foram avaliadas placas de concreto confeccionadas com material reciclado. Foram preparadas 10 placas de cimento com pó de serra e água com o traço desenvolvido por GRANDI (1995). As placas foram distribuídas por uma área de 2,9m², o mais próximo possível da formação da amostra padrão e as medições foram executadas da mesma forma que a descrita anteriormente.

3- ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados dos tempos de reverberação da amostra padrão foram bastante semelhantes ao informado pelo fabricante nas frequências acima de 1000Hz. Isto é devido às pequenas dimensões da sala utilizada que dificulta a formação de modos acústicos de frequência mais baixa devido ao seu comprimento de onda. A comparação dos resultados entre os coeficientes de absorção sonora da amostra padrão medido no laboratório e o fornecido pelo fabricante está representado na Figura 1. Tem sido frequente na literatura diferenças significativas de reprodução dos coeficientes de absorção acústica de um mesmo material, principalmente nas frequências mais baixas (ARAÚJO et al 2002). O resultado obtido na sala acústica da FEC se enquadra neste caso, pois, apenas nas frequências de 250 e 500 Hz houve diferença significativa nos valores dos coeficientes de absorção sonora. Para as

medições em frequências acima de 1000Hz os resultados obtidos podem ser considerados confiáveis segundo os erros experimentais e os desvios padrões encontrados, mesmo com uma deficiência no tempo de reverberação mínimo exigido pela norma ISO 354 em 1000 e 2000Hz

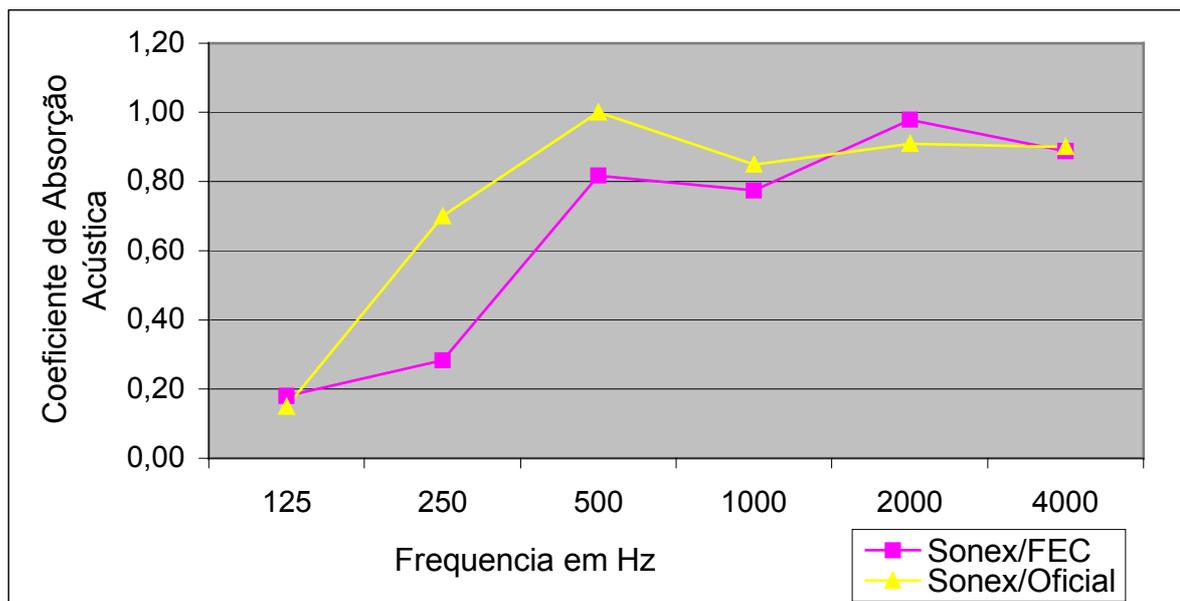


Figura 1, Gráfico comparativo entre os coeficientes de absorção acústica do Sonex segundo o fabricante e o medido na FEC

Na Figura 2 estão representados os resultados dos coeficientes de absorção sonora em função da frequência para bandas de 1/3 de oitava das placas de concreto com pó de serra confeccionadas com o traço proposto por GRANDI (1995).

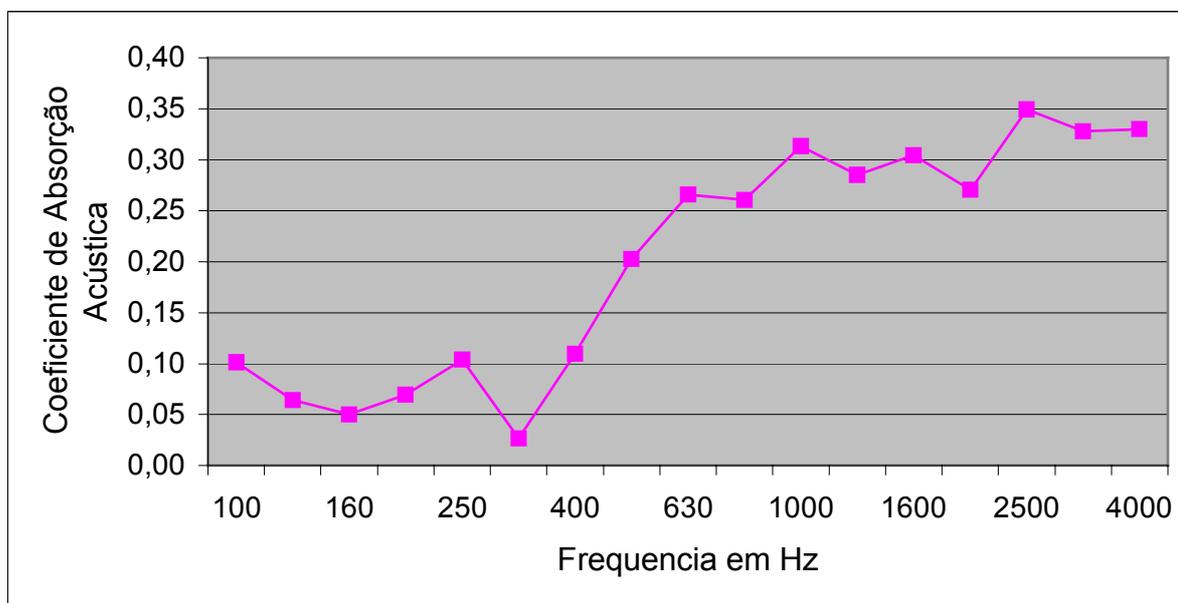


Figura 2, Gráfico dos coeficientes de absorção acústica das placas confeccionadas com argamassa de pó de serra.

Os resultados obtidos indicam que esta argamassa tem boas características de absorção acústicas, em comparação com os materiais de acabamentos tradicionais utilizados na construção civil. O acabamento com alvenaria áspera (chapisco), alvenaria lisa (massa fina) e gesso são os grandes vilões

da acústica arquitetônica, pois são altamente reflexivos e reverberantes. Locais com grande aglomeração de pessoas como restaurantes, bares e *shopping centers* possuem com frequência este tipo de revestimento causando um grande desconforto aos usuários. Na Figura 3 estão comparados os coeficientes de absorção acústica destes materiais com a argamassa proposta. A absorção acústica proporcionada por este traço é muito superior ao dos revestimentos tradicionais, conforme dados fornecidos pela norma ABNT NBR 12179 – Tratamento acústico em recintos fechados. A comparação de resultados obtidos de formas distintas pode ser realizada, pois conforme a figura 1, os resultados das medições realizadas nesta sala são menores ou iguais em relação aos considerados como oficiais efetuados por laboratórios credenciados. Portanto a favor da segurança dos resultados

Em comparação com alguns revestimentos utilizados para o controle da reverberação como o carpete de 5mm e o feltro de 5mm, esta argamassa tem o mesmo comportamento até a frequência de 1000Hz. Nas frequências de 2000 e 4000 Hz os coeficientes de absorção da argamassa estão abaixo destes materiais. Mas estas frequências não são as mais críticas, pois em uma edificação existem outros componentes, inclusive pessoas e mobiliário, que compensam esta deficiência. Em comparação com a cortiça de 19mm a argamassa proposta tem um desempenho superior em todas as frequências. Vale lembrar que a cortiça é tida na arquitetura de interiores “como material acústico”. Na Figura 4 mostra o gráfico comparativo dos materiais citados

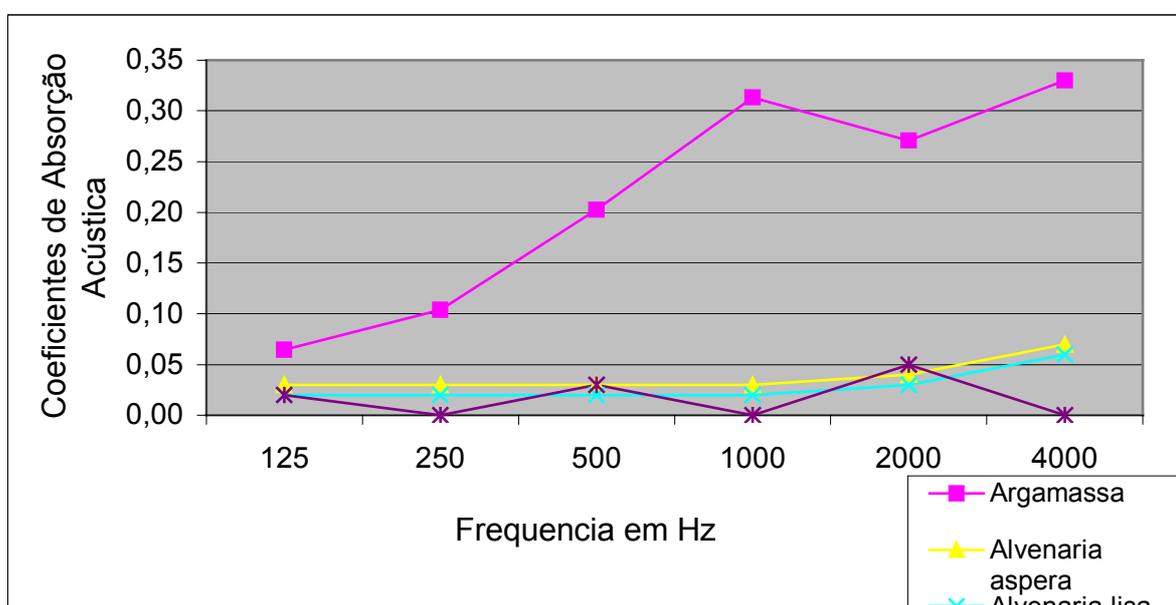


Figura 3, Gráfico comparativo entre os coeficientes de absorção acústica das placas confeccionadas com argamassa de pó de serra e alguns revestimentos reflexivos.

O revestimento de madeira assim, como a cortiça, também tem um bom conceito na arquitetura de interiores. Como o traço da argamassa contem pó de serra, o desempenho acústico dos dois materiais deveriam ser similares, mas se observa os melhores índices nas placas de argamassa de pó de serra, devido a rugosidade e porosidade de sua superfície. A comparação entre os coeficientes de absorção acústica entre a argamassa e o taco de madeira colado encontram-se na Figura 5

4- CONCLUSÕES

A sala acústica utilizada, apesar de não ter o tamanho recomendado pela ISO 354, está capacitada a fornecer medidas aproximadas e indicativas do coeficiente de absorção sonora de materiais diversos. Os tempos de reverberação mínimos exigidos com a sala vazia só não são atingidos nas frequências de 1000 e 2000Hz. Os resultados obtidos em relação à amostra padrão são bastante satisfatórios.

As placas confeccionadas com argamassa de cimento e pó de madeira se mostram bons absorvedores acústicos em relação aos tradicionais reboco e gesso. Seus coeficientes de absorção sonora o colocam na categoria de materiais adequados a acústica arquitetônica, pois mantem a reverberação sob controle.

Isso é conseguido de uma maneira bastante discreta devido sua aparência final ser similar aos revestimentos utilizados em acabamentos podendo inclusive ser pintada.

Os resultados deste trabalho mostram o enorme potencial que o desenvolvimento de argamassas com materiais alternativos e reciclados tem na acústica arquitetônica.

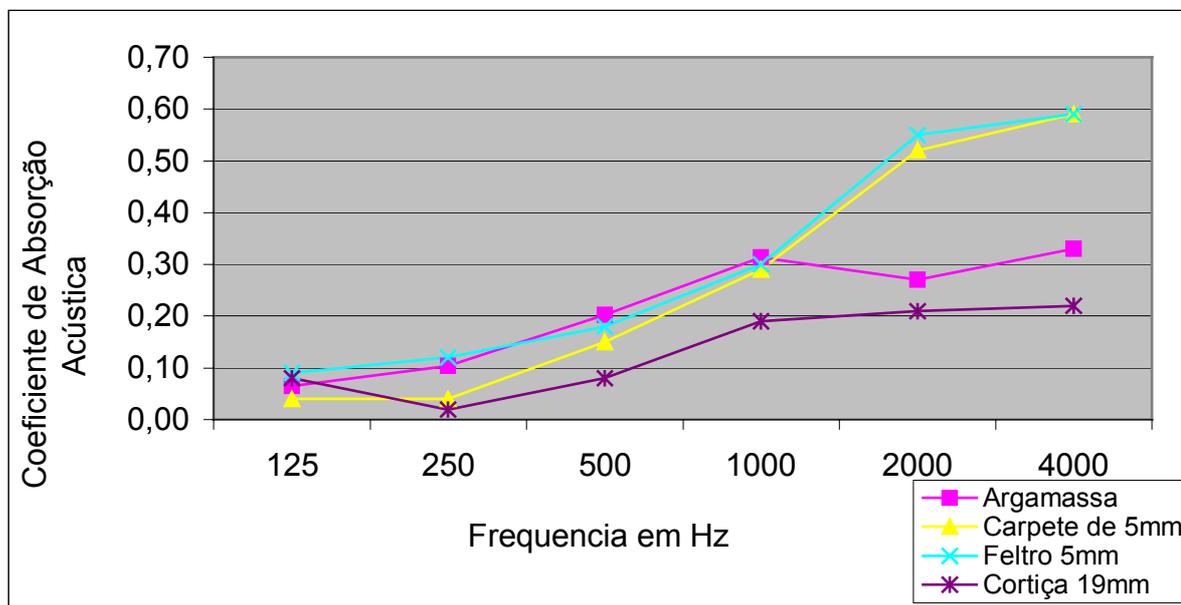


Figura 4, Gráfico comparativo entre os coeficientes de absorção acústica das placas confeccionadas com argamassa de pó de serra e alguns revestimento absorvedores

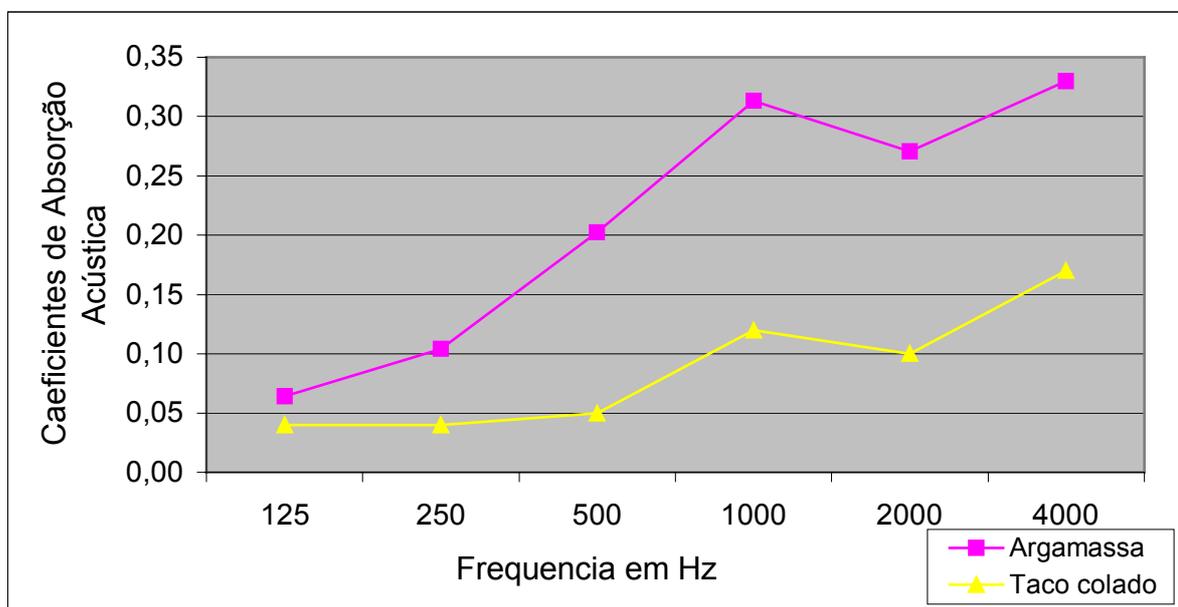


Figura 5, Gráfico comparativo entre os coeficientes de absorção acústica das placas confeccionadas com argamassa de pó de serra e taco de madeira colado.

5- REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAÚJO, M.A. N. de; MASSARANI, P. M.; TENENBAUM, R. A., SCHMITZ, BRANDÃO A. P., Influência das dimensões e geometria de amostras planas no coeficiente de absorção sonora medido

em câmaras reverberantes, In: XX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 2002, Rio de Janeiro, Anais, Florianópolis: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 2002, Trabalho 44

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR 12179 – Tratamento acústico em recintos fechados, Rio de Janeiro, 1988

INTERNACIONAL STANDARD ORGANIZATION ISO 354 - Acoustics - Measurement of sound absorption in a reverberation room, Genebre, 1985

GRANDI, L. A. C., 1995, **Placas pré moldadas de argamassa de cimento e pó de serra**, Campinas, Tese (Doutorado), Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas

MACIEL, Cândida de Almeida; CLÍMACO, Rosana Stockler; WINGE, Érika, Placas de papel reciclado com fibras vegetais para absorção sonora, In VI ENCONTRO NACIONAL DO CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2001, São Pedro Anais, São Pedro, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2001

OLIVEIRA, M. A. de, SANTOS, J. L. P dos, Potencial das cascas de porongo (*Lagenaria vulgaris*) como absorvente acústico, In XX ENCONTRO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 2002, Rio de Janeiro, Anais, Florianópolis: SOCIEDADE BRASILEIRA DE ACÚSTICA, 2002, Trabalho 97

REQUIA, Cristine A; PIZZUTTI, Jorge S., O potencial das garrafas pet como absorvente acústico, In VIII ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Salvador, Anais, Salvador, 2000, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2000

SANTOS, J. L. P. dos, ALVES, C. C. da S., SIMÕES M. R., Estudo de materiais alternativos para uso em absorção acústica, In II ENCONTRO NACIONAL DO CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1993, Florianópolis, Anais, Florianópolis, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 1993, pp316-322

6- AGRADECIMENTOS

Aos Srs Obadias Pereira da Silva Jr e Daniel Celente do Laboratório de Conforto Ambiental e Física da Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP pela preciosa ajuda nas medições. E ao pesquisador Luis Alfredo Cotini Grandi pela preparação e doação das placas de cimento e pó de serra.