

ANÁLISE DE DESEMPENHO TERMOACÚSTICO DE TELHAS

Alisson Takeo Giuliani Tokusumi¹

Maiara Foiato²

Resumo

Conforto é a satisfação psicológica de um indivíduo com as condições do ambiente, que satisfaçam o bem-estar térmico, visual, acústico e olfativo. Nesse sentido, e em busca de um maior conforto ambiental, o mercado da construção civil alimenta a necessidade da produção de materiais eficientes térmica e acusticamente, como, por exemplo, as telhas termoacústicas. Desse modo, esta pesquisa teve como objetivo avaliar o desempenho térmico e acústico de um modelo de telha termoacústica produzido na região Oeste de Santa Catarina, em comparação com telhas cerâmicas e de fibrocimento. Para tal, construiu-se uma edificação em alvenaria com volume de 1 m³, onde foram realizadas medições com termohigrômetro e decibelímetro digitais para avaliação do comportamento de cada tipo de telha. Os resultados mostraram que a telha termoacústica se sobressaiu em relação às demais, tanto em relação à maior atenuação sonora quanto referente à menor transferência de calor para dentro do ambiente construído. Possivelmente o melhor desempenho térmico se deve à refletância da superfície metálica da telha termoacústica, assim como à dissipação do calor absorvido e baixa condutibilidade térmica do poliestireno expandido utilizado no preenchimento da telha. Além disso, pelo fato de a telha termoacústica ser constituída no formato multicamadas (sistema massa-mola-massa), a descontinuidade dos meios proporcionada pelo preenchimento da telha com poliestireno expandido ocasionou a dissipação da onda sonora de forma mais eficaz que o verificado nas telhas de cerâmica e fibrocimento. Por fim, comprovou-se o melhor desempenho térmico e acústico da telha avaliada comparada com telhas usuais.

Palavras-chave: Conforto térmico. Conforto acústico. Telha termoacústica.

¹ Graduando no Curso de Engenharia Civil da Universidade do Oeste de Santa Catarina de Joaçaba; alissontakeo@outlook.com

² Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Santa Catarina; Professora na Universidade do Oeste de Santa Catarina; maiara.foiato@unoesc.edu.br

1 INTRODUÇÃO

No mercado da construção civil, um dos aspectos que não pode ser deixado de lado é o conforto do cliente. Item pouco considerado na maioria das edificações, o conforto térmico é um dos grandes aspectos na qualidade destas, uma vez que o calor é transmitido ao interior de uma edificação pelas paredes e pelo telhado. Para controle da temperatura interna do ambiente construído, e conseqüentemente o bem-estar e a satisfação do usuário, além da melhoria e/ou aumento na produtividade de atividades laborais, materiais com propriedades de isolamento térmico são soluções empregadas nas obras de construção civil.

Para benefício do usuário, deve-se considerar, ainda, o conforto acústico das edificações. Diariamente as pessoas estão sujeitas à incidência de ruídos, seja em suas casas, locais de trabalho ou lazer, e em muitas dessas situações comprometendo a qualidade de vida, em decorrência do desconforto físico e psicológico. Além disso, em casos extremos podem acarretar a perda parcial ou total da audição. Porém, assim como nas condições de conforto térmico, a acústica dos ambientes pode ser controlada por meio de estudos mais detalhados dos materiais empregados, como, por exemplo, aqueles que apresentem bom desempenho de isolamento acústico.

A telha, elemento utilizado na cobertura, possui grande influência sobre o conforto térmico e acústico de uma obra.

De acordo com a necessidade e opção do cliente o tipo de telha é escolhido. Todavia, tais elementos possuem propriedades térmicas e acústicas diferentes, conforme o material, modelo e coloração, refletindo em um maior ou menor isolamento/conforto.

Nas últimas décadas, as telhas termoacústicas, também conhecidas como telhas sanduíche, revolucionaram o mercado da construção civil, proporcionando aos arquitetos e engenheiros uma possível solução/redução dos problemas de isolamento térmico e acústico. Esse comportamento é esperado visto que essas telhas reúnem propriedades que, teoricamente, devem proporcionar um ambiente mais confortável em ambos os quesitos de conforto ambiental.

A fim de avaliar a real eficiência térmica e acústica desse tipo de telha, produzida por uma empresa da região Oeste de Santa Catarina, comparada às telhas de fibrocimento e cerâmica, este trabalho propôs a realização de ensaios para medição de ruído e desempenho térmico em um protótipo de 1 m³. O objetivo foi simular o comportamento de uma edificação exposta a condições reais de uso.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONFORTO AMBIENTAL

Freitas (2005) afirma que o conforto é visto como suficiência, comodidade, apoio, consolo, alívio e bem-estar, estando relacionado a questões psicológicas de

identificação e satisfação com o local, assim como as condições físicas de temperatura, umidade, ventilação, iluminação e acústica. Segundo Lamberts, Dutra e Pereira (2014, p. 43), “O conforto ambiental pode ser entendido como um conjunto de condições ambientais que permitem ao ser humano sentir bem estar térmico, visual, acústico e antropométrico, além de garantir a qualidade do ar e o conforto olfativo.”

Com o passar do tempo, a sociedade, em busca de atender às suas necessidades, começou a buscar as condições necessárias para que os interiores de espaços pudessem garantir melhores condições de habitação quanto ao conforto ambiental, seja ele térmico seja acústico (AZEREDO; FREITAS, [20--]).

2.1.1 Conforto térmico

Lamberts *et al.* (2016) consideram conforto térmico como um estado mental que indica a satisfação de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente que o circunda. A não satisfação é causada pela sensação de desconforto pelo calor ou pelo frio.

Segundo Vieira (2008), estudos indicam que o desconforto causado por frio ou calor pode diminuir o rendimento do homem em suas atividades.

De acordo com Freitas (2005), o ser humano deve manter a temperatura corporal constante, em torno de 37 °C, tendo, portanto, uma compensação entre o calor interno e as trocas com o meio, sendo que essas últimas ocorrem por: convecção, entre a superfície

da pele, as vestimentas e o ar; radiação, entre as superfícies citadas e aquelas presentes no entorno; e condução, quando ocorre o contato direto do indivíduo com outras superfícies, por exemplo, os pés com o solo, as mãos com as paredes de uma edificação.

2.1.2 Conforto acústico

Barroso-Krause ([20--]) classifica como ruído todo som incômodo ou indesejável, como o ruído do tráfego, o barulho do ar condicionado e a música. Acusticamente, qualidade de vida é conseguir conviver com os ruídos significantes e desejados, sem que acarretem ao indivíduo patologias como alterações na qualidade do sono, falta de concentração, fadiga mental, perda temporária ou permanente de audição, entre outros.

O incômodo provocado pelo ruído é um atributo subjetivo. Pesquisadores têm encontrado dificuldade em avaliar quantitativamente o incômodo do ruído, pois este parece depender da noção de audibilidade do ouvinte, do grau de aceitação do ruído, do seu potencial instrutivo, bem como da perturbação que ele causa. Entretanto, os parâmetros físicos que mais contribuem com a sensação subjetiva de incômodo são: conteúdo espectral e níveis sonoros associados, complexidade do espectro e a existência de tons puros, duração, amplitude e frequência das flutuações de nível (BISTAFA, 2011).

Segundo Niemeyer *et al.* (2005), o ruído pode ser classificado em aéreo ou de

impacto, sendo o primeiro propagado pelo ar, como, por exemplo, a voz, e o segundo, quando o meio de propagação é sólido, como o ruído de passos sobre uma laje.

De acordo com Ferreira Neto e Bertoli ([201-]), muitas vezes o conforto acústico só é levado em conta depois da execução da obra, tornando mais difícil, dispendioso, ou impossível de se realizarem as adequações necessárias para atingir as condições mínimas de conforto.

No Brasil, níveis máximos de ruídos considerados aceitáveis para áreas habitadas são regulamentados pela NBR 10151 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2003), enquanto o conforto interno das edificações, conforme o uso, pode ser garantido por meio do atendimento aos critérios da NBR 10152 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2017): Acústica - Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações.

2.2 PROPRIEDADES TÉRMICAS E ACÚSTICAS DOS MATERIAIS

Dentre as propriedades térmicas dos materiais, Isaia (2010) especifica a condutividade térmica como a propriedade física de um material transferir calor, estando relacionada ao fluxo de calor por condução, sendo de grande importância na Engenharia Civil, pois através dela, pode-se estimar, por exemplo, quanto calor atravessa uma determinada estrutura.

A resistência térmica indica a propriedade de um material em resistir à passagem de calor. Quanto maior a espessura, maior a resistência à passagem de calor, do contrário, quanto maior a condutividade térmica, menor será sua resistência térmica (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

A transmitância térmica é o inverso da resistência total de um fechamento. Esta é a variável mais importante para avaliar o comportamento de fechamentos opacos diante da transferência de calor, permitindo a comparação entre diferentes opções de materiais (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2014).

Ainda, há de se levar em conta no desempenho térmico dos materiais os coeficientes de absorção da radiação solar, sendo essa propriedade intimamente ligada à transferência de calor que os fechamentos propiciam ao ambiente construído. Conforme a NBR 15220-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008), o valor de absorvidade varia em função do tipo de material, além da coloração deste.

Em relação ao desempenho acústico dos materiais, quando uma onda sonora colide com uma superfície, parede, por exemplo, ocorrem três fenômenos: reflexão, absorção e transmissão (GREVEN; FAGUNDES; EINSFELDT, 2006).

A reflexão é o fenômeno que ocorre quando a onda sonora incide contra uma superfície e se reflete, retornando para o ambiente, caracterizando a permanência do som no ambiente (GREVEN; FAGUNDES;

EINSFELDT, 2006). Quanto mais densa e estanque for a superfície, maior será a reflexão.

Greven, Fagundes e Einfeldt (2006) conceituam absorção acústica como a capacidade de um material construtivo absorver total ou parcialmente a energia sonora incidente. Costa (2003) afirma que quando uma onda sonora se choca sobre uma superfície sólida, parte da energia sonora é absorvida em razão do atrito e viscosidade do ar, transformando-se em calor. Essa parcela de energia que caracteriza o coeficiente de absorção depende basicamente da natureza do material. Materiais de grandes coeficientes de absorção são os de estrutura porosa, como tecidos, feltros, plásticos porosos, madeira aglomerada, entre outros.

Ainda, a onda sonora faz com que elementos vibrem, e é essa energia de vibração que transmite movimento ao ar, gerando ondas sonoras. Materiais densos e pesados atuam como barreira na transferência de ondas sonoras. O mesmo efeito pode ser obtido no sistema construtivo de paredes leves multicamadas (massa-mola-massa), cuja resultante da descontinuidade de meios pode proporcionar resultados superiores a sistemas pesados monolíticos (GREVEN; FAGUNDES; EINSFELDT, 2006).

2.3 TELHAS TERMOACÚSTICAS

De acordo com Telhas Termoacústicas (2016), as telhas termoacústicas são caracterizadas por possuírem revestimento de telhas metálicas convencionais, com

duas telhas formando um sanduíche (Figura 1), de onde provém o nome telhas sanduíche, ou por uma única telha metálica com revestimento inferior de forro ou filme. Esse revestimento é proveniente de duas matérias-primas primordiais: o poliuretano e o poliestireno, tendo como processo de fixação o uso da cola. A espessura do poliestireno ou do poliuretano varia de 30, 50 até 100 mm, ou outras, a critério do cliente, sendo a distância medida nas partes baixas do trapézio.

Figura 1 – Telha sanduíche



Fonte: Telhas Termoacústicas (2018).

O poliestireno expandido (EPS) é produzido na forma de placas de várias espessuras, blocos maciços ou vazados, segmentos, perfis, entre outros, proporcionando ótimos resultados quando aplicado em pisos flutuantes, sanduíches em painéis para paredes divisórias, forros e isolamento de coberturas. Sua composição é basicamente ar (entre 95% e 98%), sendo empregado para isolamento térmico e acústico de coberturas (ISAIA, 2010).

Como complemento, Telhas Termoacústicas (2016) especifica algumas vantagens das telhas termoacústicas, como redução no índice de acidentes por fadiga,

evita custos desnecessários com climatização, aumento da produtividade e economia de energia, redução no controle de emissão sonora externa em processos produtivos e satisfação dos usuários em razão das condições agradáveis do ambiente de trabalho.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Para o desenvolvimento desta pesquisa optou-se pela execução de um local de avaliação que simulasse o máximo possível uma edificação. Para tal, definiu-se pela construção de um ambiente (minicasa) de alvenaria com volume externo de 1 m³ (1 m de lado). O piso foi executado de concreto, fechamentos verticais em alvenaria com aberturas de madeira, sendo a janela com dimensões de 0,5 x 0,5 m e a porta com 0,5 x 0,8 m, além de forro de PVC com espessura de 8 mm. O telhado apresentava estrutura de madeira em forma de terça, com duas águas e inclinação de 27,3°. O ripamento foi espaçado em 25 cm e 11 cm para que permitisse o encaixasse de todas as telhas avaliadas.

Essa configuração foi mantida idêntica para todas as avaliações realizadas com os diferentes tipos de telha, conforme descrito a seguir.

3.1 MATERIAIS AVALIADOS

Optou-se pela avaliação de desempenho da telha termoacústica, pois ela é tratada como uma garantia de conforto térmico e acústico no mercado da

construção civil. Desse modo, para efetuar uma comparação com correlação e análise de dados, comparou-se o comportamento de um modelo de telha termoacústica com telhas de fibrocimento e cerâmica, sendo estas últimas comumente utilizadas em edificações.

A telha termoacústica utilizada foi o modelo trapezoidal de 40 mm de altura, revestimento interno em EPS com 30 mm de espessura na parte retangular e 60 mm na parte trapezoidal. O modelo estudado compõe um sanduíche de: telha metálica, preenchimento com poliestireno expandido e lamina de PVC (Fotografia 1).

Fotografia 1 – Local de avaliação com telha termoacústica



Fonte: os autores.

As telhas de fibrocimento utilizadas apresentavam espessura de 4 mm. As telhas cerâmicas, compostas de encaixe, com dimensões de 40 cm de comprimento e 25 cm de largura apresentavam coloração externa clara (marfim).

3.2 MEDIÇÕES TÉRMICAS E ACÚSTICAS

Mediante pesquisas da previsão do tempo em diversos sites especializados nesse quesito, escolheram-se os três dias consecutivos na semana em que as temperaturas estivessem em condições parecidas, utilizando um dia para cada tipo de telha para a realização do ensaio. Para a avaliação de desempenho térmico, utilizou-se um termohigrômetro digital (temperatura interna e externa – Modelo 7663 INCOTERM), posicionado no interior do local de avaliação, assim como na parte externa. Ambas as temperaturas foram lidas nos seguintes horários de cada dia: 9h, 12h, 14h e 17h. No total, foram realizadas leituras em seis dias para cada tipo de telha, sendo em dias com temperaturas abaixo de 20 °C e em dias com temperaturas acima de 20 °C.

A partir dos valores obtidos nas medições, tabelaram-se os dados com todos os resultados. Para cada tipo de telha, em cada horário de medição e em cada dia de medição, verificou-se a diferença percentual entre temperaturas externas e internas. Posteriormente, realizou-se um comparativo do índice de redução térmica entre temperaturas externas e internas, em porcentagem, para faixas de temperaturas de 0 a 15 °C, consideradas frias, de 15 a 20 °C, amenas, de 20 a 30 °C e de 30 a 40 °C, consideradas quentes. Por fim, fez-se um comparativo global de redução térmica, em porcentagem, dos três tipos de telhas para temperaturas maiores que 20 °C, em que

uma diminuição de temperatura no interior da edificação em relação à sua temperatura externa fosse relevante e benéfica ao conforto térmico. Em ambos os casos, utilizou-se a média dos valores lidos para cada faixa de temperatura.

Em relação à avaliação de desempenho acústico, filmou-se por um minuto os valores obtidos com o decibelímetro digital (Minipa - modelo MSL-1325, classificação IEC 651), em dB(A), na fonte de ruído e no interior do local de avaliação para todas as telhas, em três dias diferentes. Para a análise dos dados utilizaram-se somente os valores compreendidos entre 30 e 60 segundos do ensaio.

Ao contrário do ensaio de desempenho térmico, realizou-se o ensaio de desempenho acústico durante um mesmo dia para todas as telhas. Como fonte sonora escolheu-se o som de um veículo, no qual uma música eletrônica, no volume 40 do aparelho de som, era tocada. Filmou-se por um minuto o comportamento do decibelímetro em resposta à fonte, conseguindo-se obter a variação em decibel por segundo. Após a medição sonora da fonte, determinou-se a medição no ambiente interno da edificação, verificando as leituras no decibelímetro, também por um minuto, com o equipamento sempre posicionado no mesmo lugar e a 11,82 metros da fonte de ruído. Em seguida, trocou-se o tipo de telha e foi refeita a medição interna para as outras duas telhas restantes. Realizaram-se três medições para cada tipo de telha.

Por meio dos resultados obtidos nas medições, tabularam-se os dados e para uma melhor qualidade na avaliação escolheram-se os tempos de 0, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 segundos a partir dos 30 primeiros segundos de filmagem. Com isso, fez-se a média das leituras, para cada intervalo de tempo, para as três medições de cada telha. Através destas, elaborou-se um gráfico comparativo do comportamento sonoro da edificação com os três tipos de telhas e da emissão da fonte sonora. Em seguida, definiram-se as médias dos índices de eficiência de cada tipo de telha, para o intervalo de 5 a 30 segundos, também a partir dos primeiros segundos da filmagem. Com isso verificou-se o percentual de redução no nível sonoro dentro da edificação para cada tipo de telha.

Em todas as análises considerou-se apenas o valor global das medições térmicas e acústicas, não levando em conta a porcentagem que os fechamentos influenciaram, visto que o efeito destes foi igual para os três tipos de telhas analisadas.

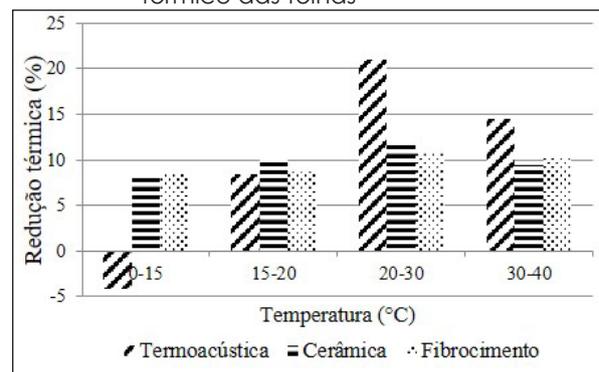
4 APRESENTAÇÃO E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

A seguir estão apresentados os resultados de avaliação térmica e acústica da telha termoacústica avaliada neste estudo em comparação às telhas de cerâmica e fibrocimento.

4.1 DESEMPENHO TÉRMICO DAS TELHAS

O Gráfico 1 apresenta o comportamento térmico das telhas para as faixas de temperatura de 0 a 15 °C, de 15 a 20 °C, de 20 a 30 °C, e de 30 a 40 °C. Conforme exposto anteriormente, a redução térmica apresentada a seguir corresponde a valores médios de diferença percentual entre a temperatura externa e interna para as diferentes faixas avaliadas.

Gráfico 1 – Comparativo do comportamento térmico das telhas



Fonte: os autores.

Em temperaturas entre 0 e 15 °C, observa-se que somente a telha termoacústica apresentou um comportamento de retenção de calor, criando um ambiente interno mais confortável e quente que o externo, em aproximadamente 4,1%, visto que em dias com temperaturas consideradas frias esse efeito é benéfico. As telhas de fibrocimento e cerâmica não apresentaram um comportamento favorável ao conforto térmico, com uma perda de calor média para o ambiente externo de 8,6 e 8,1%, respectivamente.

Em temperaturas mais amenas, entre 15 e 20 °C, a utilização de todas as telhas demonstrou perda térmica interna do ambiente, sendo a termoacústica a telha que menos apresentou troca térmica com o exterior, 8,4%, ou seja, a que menos perdeu calor, prejudicando menos o conforto térmico no interior do ambiente. Vale ressaltar que nessa faixa de temperaturas a diferença de comportamento térmico entre as três telhas avaliadas foi menos expressiva se comparada às demais faixas verificadas.

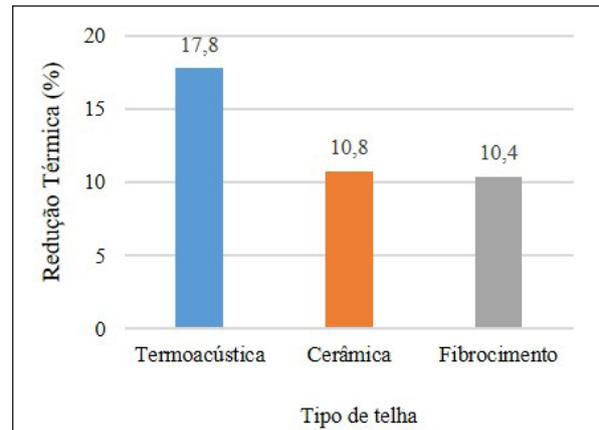
No intervalo de 20 a 30 °C, com temperaturas consideradas altas, a telha termoacústica apresentou o melhor comportamento térmico, impedindo a passagem de calor externo em 21% para o ambiente interno. Em sequência, o melhor desempenho térmico refere-se à utilização da telha cerâmica para a faixa de temperatura em questão, com 12,1% de troca térmica, seguida da telha de fibrocimento, com 10,7%.

Para a faixa de temperatura mais elevada, de 30 a 40 °C, novamente a telha termoacústica demonstrou melhor efetividade em benefício do conforto térmico, com redução térmica de 14,5% do calor externo em relação ao interior do local de avaliação, seguida da telha de fibrocimento, com 10,1%, e por último a telha cerâmica, com 9,4%. Nesse intervalo de temperaturas, as diferenças entre as telhas de cerâmica e fibrocimento foram menos expressivas comparadas às demais faixas avaliadas.

O Gráfico 2 mostra a redução térmica média para temperaturas maiores que 20 °C,

em que de fato é considerada benéfica a redução da temperatura interna que a telha proporciona, visando ao conforto térmico.

Gráfico 2 – Redução térmica das telhas em temperaturas maiores que 20 °C



Fonte: os autores.

Em virtude do menor coeficiente de condutividade térmica da telha termoacústica (0,0042 W/m.K), comparada à telha de fibrocimento (0,65 a 0,95 W/m.K) e à telha cerâmica (0,7 a 1,05 W/m.K), a sua condução do calor para o interior da edificação foi menor, apresentando 18% de redução térmica da temperatura externa para a interna.

Como a faixa do coeficiente de condutividade térmica das telhas cerâmicas e de fibrocimento se interpolam, houve uma variação de desempenho entre elas, sendo que na faixa de 20 a 30 °C ocorreu uma melhor resposta da telha cerâmica, e na faixa de 30 a 40 °C, um melhor desempenho da telha de fibrocimento. Porém, de modo geral, como explicitado nos Gráficos 1 e 2, a telha cerâmica apresentou um comportamento térmico ligeiramente melhor

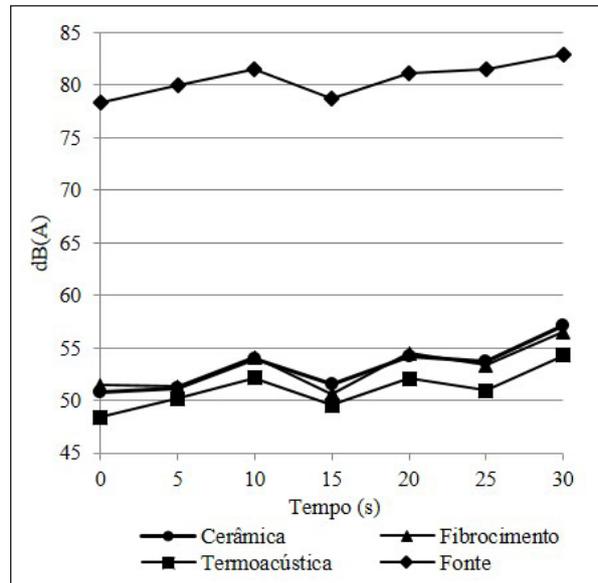
quanto ao impedimento da passagem de calor para o interior do local de avaliação em temperaturas acima de 20 °C.

Nesse caso, deve-se levar em conta também os coeficientes de absorção da radiação solar das telhas avaliadas. A NBR 15220-2 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2008) indica valores de 0,25 para chapa de aço galvanizado nova, 0,30 para cor amarelo, 0,30-0,50 para reboco claro e 0,65-0,80 para concreto aparente. Similarmente, comparando a telha termoacústica com a chapa de aço, a telha cerâmica cor marfim com as cores branco e amarelo e a telha de fibrocimento com as cores acinzentadas como reboco ou concreto, percebe-se que a absorção de calor aumenta, na mesma ordem, para os materiais citados. Isso indica que a telha de fibrocimento, além de ser a de menor espessura e, portanto, a de menor resistência térmica, possivelmente foi a que mais transferiu calor para dentro do ambiente, diferente do comportamento da telha termoacústica.

4.2 DESEMPENHO ACÚSTICO DAS TELHAS

O Gráfico 3 apresenta os valores médios dos níveis de pressão sonora, em dB(A), verificados na fonte sonora e dentro da edificação de estudo para as três telhas. Conforme mencionando anteriormente, os intervalos de tempo exibidos são referentes aos 30 segundos de leitura finais, de um tempo de 60 segundos.

Gráfico 3 – Resultados de nível de pressão sonora



Fonte: os autores.

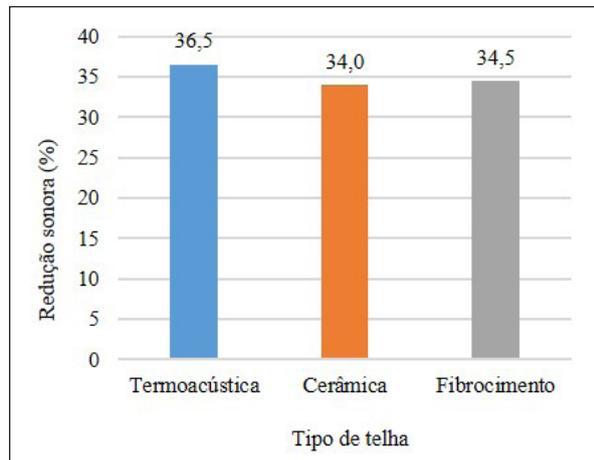
A partir da análise das curvas de desempenho acústico mostradas no Gráfico 3, nota-se que a utilização da telha termoacústica apresentou os melhores resultados comparada às demais. Verifica-se que a emissão sonora da fonte variou entre 78 e 83 dB(A), enquanto dentro da edificação, com o uso da telha termoacústica, os valores variaram entre 48 e 54 dB(A), com reduções no nível de ruído de aproximadamente 30 dB(A).

Os valores verificados para a edificação com telhas de cerâmica e de fibrocimento apresentaram comportamentos similares, como se percebe no Gráfico 3. Do mesmo modo, com a utilização dessas telhas houve uma significativa atenuação sonora, todavia ligeiramente inferior à telha termoacústica.

Realizou-se um comparativo global de porcentagem de redução sonora em relação à fonte, conforme indicado no Gráfico 4.

Para tanto utilizou-se a média dos valores lidos, conforme abordado anteriormente.

Gráfico 4 – Comparativo de redução sonora das telhas em relação à fonte



Fonte: os autores.

Pode-se observar no Gráfico 4 o melhor desempenho da telha termoacústica, em que se verifica uma redução no nível de pressão sonora de 36,5% no interior do ambiente em relação à fonte sonora. Nesse mesmo sentido, as telhas de fibrocimento e cerâmicas apresentaram valores inferiores de 34,5% e 34%, respectivamente. Novamente se comprova o comportamento similar de desempenho entre as telhas cerâmicas e de fibrocimento, assim como um melhor desempenho da telha termoacústica que apresentou redução sonora superior em torno de 2% em relação à telha de fibrocimento e de 2,5% comparada à telha cerâmica.

Pelo fato de a telha termoacústica avaliada ser de densidade baixa, em razão da sua composição, acredita-se que o melhor desempenho acústico em relação às demais se deva ao seu formato e composição.

Ficou evidente que o poliestireno expandido pode beneficiar no isolamento acústico de coberturas. Todavia, esse comportamento é possível quando aplicado em conjunto com materiais mais densos no formato multicamada, sistema massa-mola-massa, que ocasiona a descontinuidade de meios proporcionando uma melhor atenuação sonora (GREVEN; FAGUNDES; EINSFELDT, 2006). Esse sistema retrata a composição da telha termoacústica, que também apresentava espessura maior em relação às demais, conforme descrito anteriormente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O conforto térmico e acústico é diretamente proporcional ao bem-estar e à qualidade de vida de um indivíduo, sendo considerado uma satisfação psicológica da pessoa em relação ao ambiente e possuindo uma forte relação com a produtividade de uma pessoa. A cobertura de uma edificação pode garantir um ambiente interno mais confortável nesses aspectos se composta de materiais adequados.

Conforme analisado, para os períodos com temperatura acima de 20 °C, considerados, nesse caso, como dias quentes, a telha termoacústica proporcionou uma redução da temperatura externa para a interna em torno de 18%. Em relação às demais telhas, a termoacústica apresentou desempenho superior em aproximadamente 7%. Isso indica que a telha termoacústica foi

mais eficiente, ou seja, a que menos conduziu calor para o interior do local de avaliação. Além disso, em temperaturas consideradas frias, abaixo de 20 °C, a telha termoacústica conseguiu reter maior quantidade de calor dentro da edificação, propiciando ao ambiente interno uma temperatura mais amena, resultado positivo ao se considerar o conforto térmico do usuário.

Em relação à acústica, o uso da telha termoacústica proporcionou melhor desempenho, com redução no nível de pressão sonora em aproximadamente 37%, enquanto as telhas de cerâmica e fibrocimento apresentaram redução sonora em torno de 34%.

Além de ser mais vantajosa em relação ao conforto térmico e acústico do que as outras telhas analisadas, a telha termoacústica proporciona economia, pois diminui a necessidade de aquecimento no inverno e de refrigeração no verão. Em consequência disso, no verão, por exemplo, com o uso da telha termoacústica, há menor necessidade de se manterem esquadrias abertas para a adequação térmica, e consequentemente menos ruído entrará no interior da edificação.

Desse modo, pode-se afirmar por meio dos resultados encontrados que, de fato, a telha termoacústica avaliada possui melhor desempenho acústico e térmico que as de fibrocimento e cerâmica.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10151. Acústica - Avaliação do ruído em áreas habitadas, visando o conforto da comunidade – Procedimento.** [S. l.: s. n.], 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152. Acústica – Níveis de pressão sonora em ambientes internos a edificações.** [S. l.: s. n.], 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2. Parte 2: Método de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** [S. l.: s. n.], 2008.

AZEREDO, Jaucele de Fátima A. de; FREITAS, Ruskin Marinho de. A disciplina conforto ambiental: uma ferramenta prática na concepção de projetos de arquitetura, de urbanismo e de paisagismo. **Cadernos Proarq20**, [20--].

BARROSO-KRAUSE, Cláudia. **Conforto ambiental: O homem e suas necessidades acústicas.** Rio de Janeiro: FAU-UFRJ, [20--].

BISTAFA, Sylvio R. **Acústica aplicada ao controle do ruído.** 2. ed. São Paulo: Blucher, 2011.

COSTA, Ennio Cruz da. **Acústica Técnica.** São Paulo: Blucher, 2003.

FREITAS, Ruskin. **O que é conforto.** Maceió: [s. n.], 2005. Disponível em: <https://ruskinfreitas.files.wordpress.com/2010/08/o-que-c3a9-conforto.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2016.

GREVEN, Hélio A.; FAGUNDES, Hilton A. V.; EINSFELDT, Alan A. **ABC do Conforto Acústico**. 2. ed. Rio de Janeiro: [s. n.], 2006.

ISAIA, Geraldo C. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 2. ed. São Paulo: Editora Isaia, G. C., IBRACON, 2010. v. 2.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 3. ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

LAMBERTS, Roberto *et al.* **Desempenho térmico de edificações**. Laboratório de eficiência energética em edificações. Florianópolis: Universidade Federal de Santa Catarina, 2016. Apostila.

FERREIRA NETO, Maria de Fatima; BERTOLI, Stelamaris Rolla. **Conforto Acústico em edifícios residenciais**. São Paulo: [s. n.], [201-].

NIEMEYER, Maria Lygia *et al.* **Bioclimatismo no projeto de arquitetura: dicas de projeto**. Rio de Janeiro: FAU-UFRJ, 2005.

TELHAS TERMOACÚSTICAS. **Importadora Americana**, 2018. Disponível em: <http://www.importadoraamericana.com.br/telhas-termoacusticas>. Acesso em: 5 fev. 2019.

TELHAS TERMOACÚSTICAS. **Portal Met@lica: Construção Civil**, 2016. Disponível em: <http://www.met@lica.com.br/caracteristicas-das-telhas-termoacusticas>. Acesso em: 27 abr. 2016.

VIEIRA, Cíntia Cristina. **Conforto térmico e iluminação natural no edifício administrativo da escola de Engenharia de São Carlos/USP – Bloco E1**. São Carlos: [s. n.], 2008.

