



**FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL**

SABRINA APARECIDA FERREIRA DA SILVA

CONFORTO TÉRMICO E ACÚSTICO NAS EDIFICAÇÕES

UBÁ – MG

2017

SABRINA APARECIDA FERREIRA DA SILVA

CONFORTO TÉRMICO E ACÚSTICO NAS EDIFICAÇÕES

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia Civil, da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Me. Liliane Souza Oliveira
Moni

UBÁ – MG

2017

RESUMO

Atualmente o aumento na demanda por conforto térmico e acústico nas edificações torna-se cada vez mais expressivo nas sociedades modernas. Entretanto, tal indicador necessita ser suportado pela conscientização da necessidade de minimização da utilização dos recursos energéticos para sua aquisição. Com as elevadas temperaturas geradas pelo aquecimento global, aliado ao intenso aumento do ruído urbano provocado pelo aumento dos grandes centros, torna-se objeto desse estudo apresentar soluções que contribuam para a melhoria do conforto térmico e acústico das novas edificações. O referencial teórico utilizou-se do estudo de materiais que contribuem para o conforto termoacústico das edificações, como as vedações em *drywall*, emprego de lã mineral, utilização de janelas de vidro duplo, adoção de telhados verdes, e incorporação de vermiculita e o poliestireno expandido em argamassas e concretos. Os materiais e métodos construtivos citados são considerados de extrema importância para o tema, pois, além de suas inúmeras vantagens, possuem a habilidade de reduzir o uso de energia elétrica, economizando dessa forma os sistemas de refrigeração de ar.

Palavras-chave: Conforto térmico. Conforto acústico. Meioambiente.

ABSTRACT

The increase in the demand for thermal and acoustic comfort in buildings becomes more and more expressive in modern societies. However, such an indicator needs to be supported by the awareness of the need to minimize the use of energy resources for its acquisition. With the high temperatures generated by global warming, combined with the intense increase of urban noise caused by the increase of large centers, it is the object of this study to present solutions that contribute to the improvement of the thermal and acoustic comfort of the new buildings. The theoretical framework used the study of materials that contribute to the thermoacoustic comfort of buildings, such as drywall seals, the use of mineral wool, the use of double-glazed windows, the adoption of green roofs, and the incorporation of vermiculite and expanded polystyrene in mortars and concretes. The aforementioned materials and construction methods are considered of extreme importance to the theme, since, in addition to their numerous advantages, they have the ability to reduce the use of electric energy, thus saving air cooling systems.

Keywords: Thermal comfort. Acoustic comfort. Environment.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o aumento na demanda por conforto térmico e acústico nas edificações torna-se cada vez mais expressivo nas sociedades modernas. Entretanto, tal indicador necessita ser suportado pela conscientização da necessidade de minimização da utilização dos recursos energéticos para sua aquisição.

Com as elevadas temperaturas geradas pelo aquecimento global, aliado ao intenso aumento do ruído urbano provocado pelo aumento dos grandes centros, torna-se objeto desse estudo apresentar soluções que contribuam para a melhoria do conforto térmico e acústico das novas edificações. Atualmente existe a necessidade de conceber edificações mais frescas e torna-se relevante pensar em soluções que diminuam a necessidade de recorrer a soluções artificiais que possam diminuir a eficiência energética da edificação construída, como os sistemas de refrigeração, por exemplo.

Nesse sentido, torna-se objetivo deste trabalho abordar o tema em função da importância em revolucionar o pensamento sustentável no mercado de edificações, apresentando soluções que possam impactar positivamente o meio ambiente, gerando melhoria na qualidade de vida dos habitantes com a utilização de itens que favoreçam o isolamento térmico e acústico das edificações.

2 DESENVOLVIMENTO

Para tratar o tema “eficiência termoacústica” é necessário, antes de tudo, demonstrar o comportamento da transmissão de calor e de som no espaço. Apenas após a apresentação desses conceitos físicos, será possível aplicar as definições de conforto acústico e térmico e demonstrar a eficácia dos materiais de construção alternativos aos convencionais.

Alternativamente, este trabalho apresenta, na seção 2.4, os materiais e soluções construtivas mais utilizadas atualmente no mercado da construção civil, com excelentes resultados e custo-benefício, sejam eles materiais distintos aos utilizados nos métodos convencionais ou complementares a eles.

2.1 Conceitos físicos

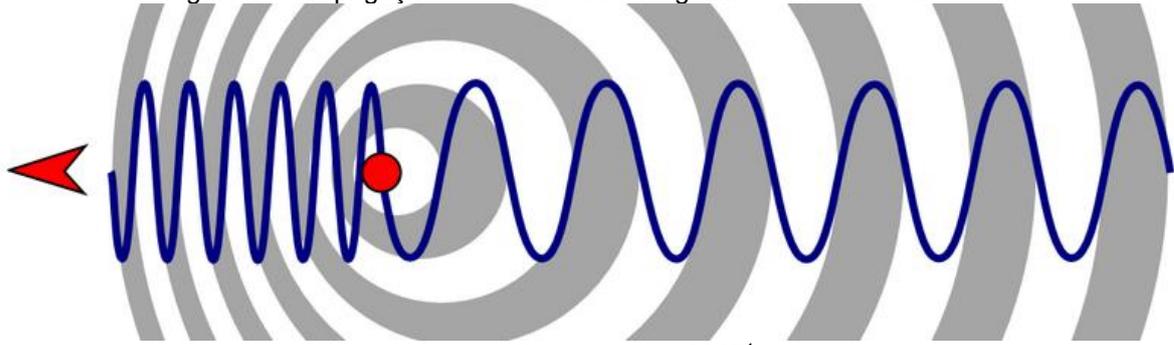
2.1.1 Propagação de ondas sonoras

Como ensina Halliday, Walker e Resnick (2016), o som é uma onda mecânica, ou seja, necessita da presença de um meio material para a sua propagação, seja ele sólido, líquido ou gasoso. Além disso, propaga-se em todas as direções, assumindo a característica de tridimensionalidade e também pode ser considerado uma onda do tipo longitudinal, em que a vibração que gera é paralela à sua propagação, como pode ser exemplificado pela FIG. 1.

Além dessas principais características, as ondas sonoras podem sofrer os fenômenos ondulatórios da reflexão, difração e interferência, além da refração, fenômeno dificilmente percebido.

No fenômeno da reflexão, o som é produzido por uma fonte e refletido por um obstáculo. Já no fenômeno da difração, as ondas sonoras contornam obstáculos, como por exemplo, a passagem de som por uma porta entreaberta. Como o próprio nome sugere, a interferência surge quando ondas sonoras distintas se cruzam, ainda segundo Halliday, Walker e Resnick (2016).

Figura 1 – Propagação tridimensional e longitudinal de uma onda sonora



Fonte: Sistema Novi, 2017¹.

Apresentados esses conceitos fundamentais, Silva Júnior (2017) ainda esclarece:

Existem propriedades relacionadas com a nossa capacidade de percepção do som que são denominadas de propriedades fisiológicas do som. O ouvido humano não consegue captar todas as frequências a que está exposto, mas existe um intervalo de frequências audível para os seres humanos, que varia aproximadamente de, no mínimo, 20 Hz a, no máximo, 20.000 Hz. Para medir o nível do som, é utilizada a escala de decibéis (dB), onde considera-se 1 dB a menor variação que o ouvido humano pode perceber e 140 dB o valor máximo suportado pela audição humana. (SILVA JÚNIOR, 2017)².

2.1.2 Propagação térmica

De acordo com Livi (2012), a propagação de calor é a transmissão de energia térmica em função da diferença de temperatura, via de regra, de um meio mais quente para um meio mais frio, resultando na troca de energia calorífica entre dois sistemas cujas temperaturas originais apresentavam-se distintas e conseqüentemente objetivando o equilíbrio térmico entre eles.

A transferência de calor pode ocorrer por distintos mecanismos: condução, convecção e radiação (FIG. 2). A condução se caracteriza quando o transporte de calor ocorre em um meio estacionário, sólido ou fluido, causado pela existência de gradiente de temperatura³. Já a convecção acontece apenas nos fluidos e se caracteriza pela transferência de calor pelo movimento da massa fluida (LIVI, 2012).

¹Disponível em:

<https://www.sistemanovi.com.br/basenovi/image/ConteudosDisciplinas/27/62/306/301616/onda.png?pfdruid_c=true>. Acesso em 11 nov. 2017

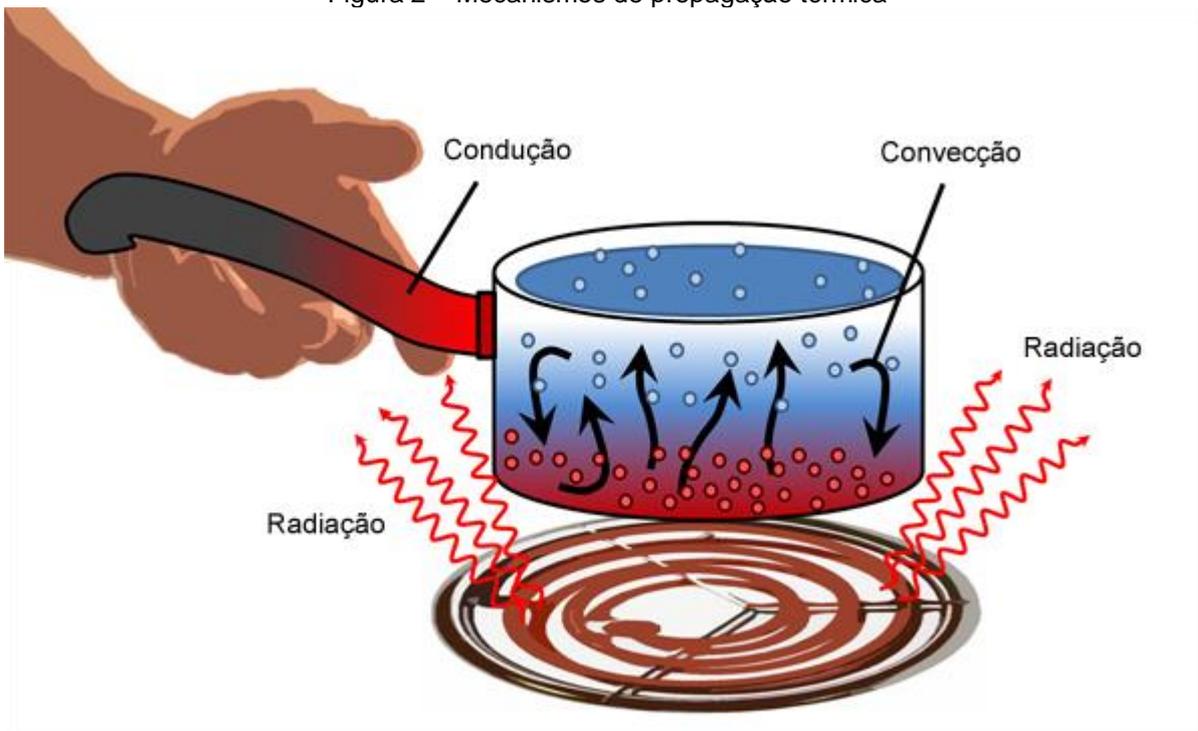
²Disponível em:<<http://monografias.brasilecola.uol.com.br/engenharia/engenharia-civil.htm>>. Acesso em 11 nov.2017

³Gradiente de temperatura é uma grandeza utilizada para descrever a direção e a taxa de variação de temperatura em uma área em particular (LIVI, 2012).

A radiação, por sua vez, se caracteriza por uma transferência de calor entre dois corpos provocada pelas radiações térmicas emitidas por suas superfícies, segundo aponta Livi (2012).

Logo, a diferença entre os três mecanismos de propagação é o meio: a condução acontece exclusivamente em sólidos ou fluidos, a convecção ocorre apenas nos fluidos, e a radiação é uma forma de propagação de calor que ocorre por meio de ondas eletromagnéticas, propagando-se inclusive no vácuo, como é o caso das ondas térmicas do Sol que atingem a Terra mesmo percorrendo o vácuo existente entre eles.

Figura 2 – Mecanismos de propagação térmica



Fonte: Fq, 2017⁴.

⁴Disponível em: <<http://www.fq.pt/images/energia/calor.png>>. Acesso em 11 nov. 2017

2.2 Conforto térmico e acústico

2.2.1 Conforto acústico

Consoante ao que diz Silva Júnior (2007) na seção 2.1.1, Souza, Almeida e Bragança (2007), classificam a seguir alguns níveis de pressão sonora como valores referenciais para tratar o tema conforto acústico:

- a) 0 dB – Limiar de audibilidade;
- b) 15 dB – Sussurro;
- c) 20 dB – Tic-tac de relógio;
- d) 50 dB – Rua pouco movimentada;
- e) 60 dB – Conversação normal;
- f) 80 dB – Início da faixa insalubre;
- g) 100 dB – Sensação de dor;
- h) 140 dB – Máximo suportado pelo ouvido humano.

A FIG. 3 também exemplifica os níveis de pressão sonora a que suportáveis pelo ser humano.



Fonte: Vitruvius, 2017⁵.

⁵Disponível em:

<http://www.vitruvius.com.br/media/images/magazines/grid_9/0048bfd11072_imagemniveissonoros.jpg>. Acesso em 11 nov. 2017

Já a NBR 15575 (ABNT, 2013), que regulamenta os sistemas de vedações internas e externas das edificações, cita que os isolamentos sonoros das edificações devem atender, para a adjacência entre recintos, os seguintes valores:

- a) Comunicabilidade entre recintos claramente audível: 35 dB;
- b) Comunicabilidade entre recintos audível: 40 dB;
- c) Comunicabilidade entre recintos pouco audível: 45 dB;
- d) Incomunicabilidade entre recintos: acima de 50 dB.

Nakamura (2006)⁶, diz que, “a partir da combinação de diversos materiais em forros, pisos, paredes e divisórias, é possível obter resultados satisfatórios e reduzir as vulnerabilidades aos sons indesejados”. Segundo a autora, qualquer material tem a capacidade de absorver, refletir e transmitir sons e ruídos, mas existem materiais que, usados de forma correta, contribuem para a melhoria no conforto acústico da edificação.

“Forros e paredes com recheio absorvente, como lãs minerais, isopor e vermiculita, por exemplo, podem corrigir o tempo de reverberação do som, muitas vezes em excesso e agravado em ambientes com grandes áreas, pé-direito alto e com superfícies metálicas aparentes” (NAKAMURA, 2006).

2.2.2 Conforto térmico

Segundo apontam Frota e Schiffer (2001), adequar a edificação ao clima de um determinado local significa construírespaços que possibilitem ao homem condições de conforto, conforme. Aos profissionais da construção cabem, tanto amenizar as sensações dedesconforto impostas por climas muito rígidos, tais como os de excessivo calor,frio ou ventos, como também propiciar ambientes que sejam, no mínimo, tãoconfortáveis como os espaços ao ar livre em climas amenos, utilizando materiais que possam proporcionar essas sensações.

Dentre as variáveis climáticas que caracterizam uma região, podem-se distinguir as que mais interferem no desempenho térmico dos espaços construídos:a oscilação diária e anual da temperatura e umidade relativa, a

⁶Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br>>. Acesso 11 nov. 2017

quantidade de radiação solar incidente, o grau de nebulosidade do céu, a predominância das estações e o sentido dos ventos e índices pluviométricos.

No Brasil, a norma NBR 15575 (ABNT, 2013) trata o desempenho térmico nas edificações. Para regulamentação da transmitância térmica (U) exigida pela norma, todos os critérios de desempenho foram estabelecidos com base em diversas características do local da obra (topografia, temperatura e umidade do ar, direção e velocidade do vento, etc.) e da edificação (materiais constituintes, número de pavimentos, dimensões dos cômodos, pé direito, orientação das fachadas, dimensões e tipo de janelas etc.).

Nessas condições, a NBR 15575 (ABNT, 2013) aponta como satisfatórios valores de transmitância térmica⁷ para coberturas menores que 2,3 [W/(m².K)] para as regiões Sudeste e Sul e menores que 1,5 [W/(m².K)] para as regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste. Ainda, segundo a norma, somente as lajes de cobertura expostas dotadas de isolamento térmica atendem à norma, eliminando como candidatas as lajes expostas sem nenhum tipo de tratamento, por possuírem transmitância térmica superiores a 2,3 [W/(m².K)].

Para elevações internas e externas, a norma assume como adequados, valores menores que 3,7 [W/(m².K)] para as regiões Sudeste e Sul e menores que 2,5 [W/(m².K)] para as regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste.

A TAB. 1 apresenta a transmitância térmica dos materiais de construção mais utilizados atualmente:

Dessa forma, em atendimento aos preceitos da NBR 15575 (ABNT, 2013), é importante observar os sistemas construtivos e materiais utilizados para a execução de uma edificação que apresente conforto térmico satisfatório aos usuários. Segundo Frota e Schiffer (2001), também é importante a observação da orientação do sol e a criação de um fluxo de ventilação para amenizar a absorção de calor, em períodos de altas temperaturas.

⁷Propriedade mencionada usualmente em normas técnicas, a transmitância térmica, segundo Livi (2012), pode ser definida como o fluxo de calor transmitido (em watts) por unidade de área (em metros quadrados) e por unidade de temperatura (em Kelvin), correspondendo ao inverso da resistência térmica.

TABELA 1 – Transmitância térmica dos materiais de construção mais utilizados

	Material	α	U (W/m ² .K)
Parede	tijolo	0,75	1,928
	tijolo + reboco	0,75	1,651
	tijolo + argamassa + cerâmica	0,75	1,88
	tijolo + argamassa + madminer	0,75	1,031
	emboço + tijolo	0,20	1,541
	emboço + tijolo + reboco	0,20	1,359
	reboco + tijolo de 6 furos + reboco	0,20	2,087
	emboço + tijolo + argamassa + cerâmica	0,20	1,509
Cobertura	metálica simples	0,20	0,5
	metálica do tipo sanduiche	0,25	0,405
	metálica dupla + reboco + forro acústico	0,25	0,319
	laje + reboco	0,20	2,355

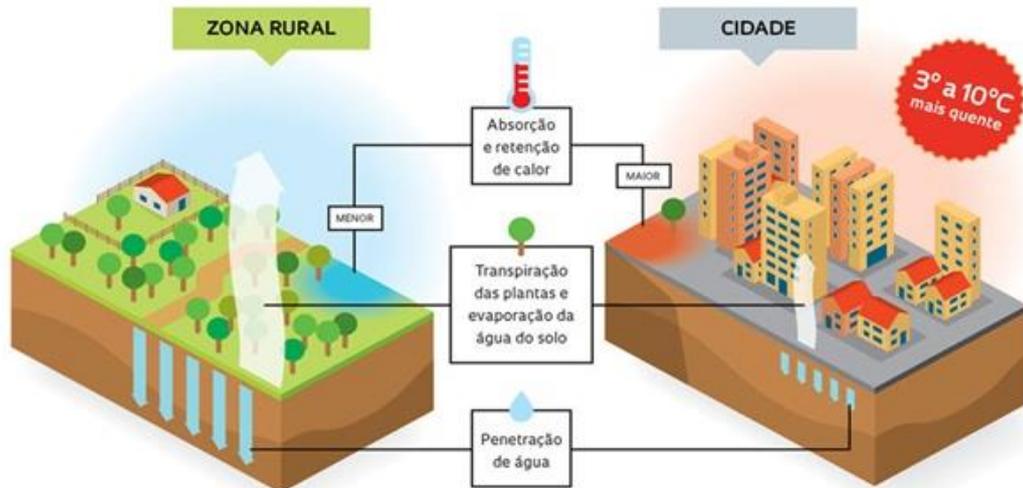
Fonte: Nakamura, Maciel e Carlo, 2013⁸.

2.3 O fenômeno das ilhas de calor

A ilha de calor é um fenômeno climático que ocorre devido às elevadas temperaturas nas áreas urbanas e zonas metropolitanas provocadas pela alta taxa de pavimentações edificações que absorvem e refletem a luz solar, impedindo a circulação de ar, além da baixa taxa de permeabilidade da água no solo e do baixo índice de áreas verdes, importantes para a termo regulação ambiental e a alta concentração de poluentes. A FIG. 4 ilustra as modificações que ocorrem nos centros urbanos e propiciam o aumento da temperatura nesses locais.

⁸Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v13n4/v13n4a08.pdf>>. Acesso em 11 nov. 2017

FIGURA 4 – Causas do fenômeno das ilhas de calor



Fonte: Resumo Escolar, 2017⁹.

Segundo Teza e Baptista (2005), A utilização nos centros urbanos de grande quantidade de casas e prédios, ruas e avenidas, pontes e viadutos e uma série de outras construções, que aumenta gradativamente até a zona central dessas metrópoles, faz aumentar significativamente a irradiação de calor para a atmosfera em comparação com as zonas periféricas ou rurais onde, em geral, possui maior cobertura vegetal e conseqüentemente, maior área de permeabilidade para as águas pluviais. Nota-se que diferentes padrões de refletividade são altamente dependentes dos materiais empregados na construção civil. Percebe-se então que, dependendo dos materiais utilizados nos processos da construção civil, mais radiação será absorvida e mais calor será emitido pela superfície das obras construídas.

De acordo com Lopes (2006), as ilhas de calor podem ser vistas como um recurso energético, especialmente no Norte da Europa e da América, porque a temperatura da cidade não diminui tanto, evitando o consumo excessivo no inverno. Nas cidades de clima quente este padrão térmico pode ser encarado como uma limitação, porque pode levar a um consumo de energia suplementar na refrigeração dos ambientes urbanos.

Ainda de acordo com Lopes (2006), as ilhas de calor das cidades são mais facilmente detectáveis à noite, sobretudo quando o céu está límpido e o ar calmo. À noite, o calor armazenado durante o dia vê-se liberado, contribuindo para o contraste

⁹Disponível em: <<https://www.resumoescolar.com.br/wpcontent/imagens/resumo-das-ilhas-de-calor.jpg>>. Acesso em 11 nov. 2017

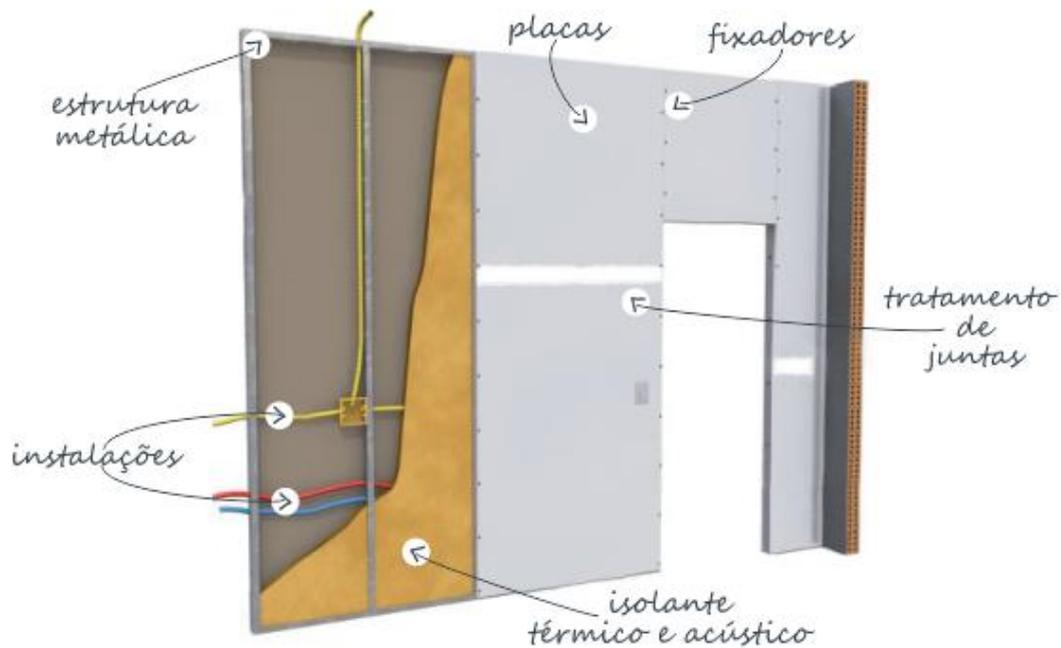
térmico entre o centro da cidade e as circunvizinhanças, podendo ocorrer diferenças que variam entre 3°C e 10°C, ainda dentro da zona urbana.

Com base no exposto, faz todo sentido o emprego de materiais e sistemas construtivos que visam a diminuição da absorção de calor nas edificações, contribuindo não só para o conforto de seus moradores, mas para a geração de um ambiente mais sustentável, capaz de permitir que as populações supram suas demandas sem, contudo, afetar a capacidade das próximas gerações suprirem suas próprias necessidades.

2.4 Materiais de construção e sistemas construtivos auxiliares no processo da obtenção de conforto térmico e acústico

2.4.1 Painéis de vedação em drywall

Segundo Costa e Nascimento (2015), o *drywall* é o sistema de construção de paredes de vedação e forros mais utilizado nos Estados Unidos e Europa. Também conhecido no Brasil como vedação em gesso acartonado, visualmente, nas faces externas, é similar à alvenaria, após aplicados os acabamentos finais, combinando internamente, porém, estruturas de aço galvanizado com chapas de gesso de alta resistência, mecânica e acústica, produzidas com rigoroso padrão de qualidade. Costa e Nascimento (2015), ainda corroboram o conceito definindo *drywall* como um sistema para forro ou parede construído por placas de gesso pré-fabricadas, aparafusadas em uma estrutura metálica leve de aço galvanizado, em uma ou mais camadas, gerando uma superfície apta a receber o acabamento final. A FIG. 5 ilustra o corte esquemático de uma parede em *drywall*.

Figura5 – Corte esquemático de uma parede em *drywall*

Fonte: Globalplac, 2017¹⁰.

Costa e Nascimento (2015), ainda orientam que os painéis de gesso acartonado são compostos por três camadas intercaladas de papel-cartão, gesso e papel-cartão. A camada central é obtida por meio da mistura do gesso comum a alguns aditivos químicos que aumentam a porosidade da pasta, conferindo-lhe leveza, elevam sua resistência mecânica e possibilitam sua aderência às camadas de papel-cartão. O papel-cartão, por sua vez, é fabricado exclusivamente para este fim e recebe tratamentos em sua composição regidos por normas internacionais.

Para a elevação das paredes de gesso acartonado, existem diversas formas de montagem, que são definidas conforme a necessidade da obra. Para descobrir a melhor maneira, é necessário a elaboração de um estudo de acústica e mecânica para a obra e caso seja necessário, de resistência ao fogo e umidade, como cita o Manual de Projetos de Sistemas Drywall, publicado pela Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas de Drywall.

No caso das vedações verticais internas, além de cumprir a função de compartimentação de ambientes, as mesmas devem auxiliar no conforto térmico e acústico, servir de suporte e proteção às instalações da edificação, proteger os

¹⁰Disponível em: <http://globalplac.com.br/wpcontent/uploads/2014/11/Como_e_a_parede_Drywall-2.png>. Acesso em 13 out. 2017

equipamentos de utilização do edifício e também, em casos específicos, suprir a função estrutural da construção (COSTA; NASCIMENTO, 2015).

Delimitando o *drywall* como sistema isolante acústico e térmico de uma edificação, de acordo com a Associação Brasileira dos Fabricantes de Chapas de Drywall¹¹, para que se obtenham paredes de gesso acartonado de alta performance acústica e térmica são necessárias pelo menos duas camadas de chapa de gesso em cada uma das faces, podendo ser de espessura variável. As duas estruturas devem necessariamente ser independentes e deve-se prever lã mineral para aumentar o isolamento acústico, conforme ilustra a FIG. 6. A figura, em corte, ilustra os perfis metálicos de aço galvanizado, as chapas de gesso e a lã mineral, sendo representados conforme orienta a NBR 12298 (ABNT, 1995) que normatiza a representação de área de corte por meio de hachuras em desenho técnico.

Segundo o fabricante Isoline¹², as chapas de *drywall* fabricadas por eles possuem condutividade térmica próxima a $0,16 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$ e a lã de rocha genérica, cerca de $0,035 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$, de acordo com o *website* Construclima¹³, frente à $0,35 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$ de uma parede elevada com tijolos furados e $1,30 \text{ kcal/h.m}^2.\text{°C}$ de uma cobertura em concreto armado.

Embora seja um sistema construtivo bastante utilizado atualmente, o *drywall* ainda encontra certa rejeição do mercado brasileiro. Por motivos culturais, o Brasil ainda não assimila com grande credibilidade o sistema, pela dificuldade da fixação de cargas e sua limitação para o uso interno, o que também impede o crescimento de mão de obra especializada. Entretanto, o sistema mostra-se bastante útil como isolante térmico e acústico, além de ser de rápida construção e produzir menos resíduos que os métodos construtivos convencionais.

Embora seja um sistema construtivo bastante utilizado atualmente, o *drywall* ainda encontra certa rejeição do mercado brasileiro. Por motivos culturais, o Brasil ainda não assimila com grande credibilidade o sistema, pela dificuldade da fixação de cargas e sua limitação para o uso interno, o que também impede o crescimento de mão de obra especializada. Entretanto, o sistema mostra-se bastante útil como

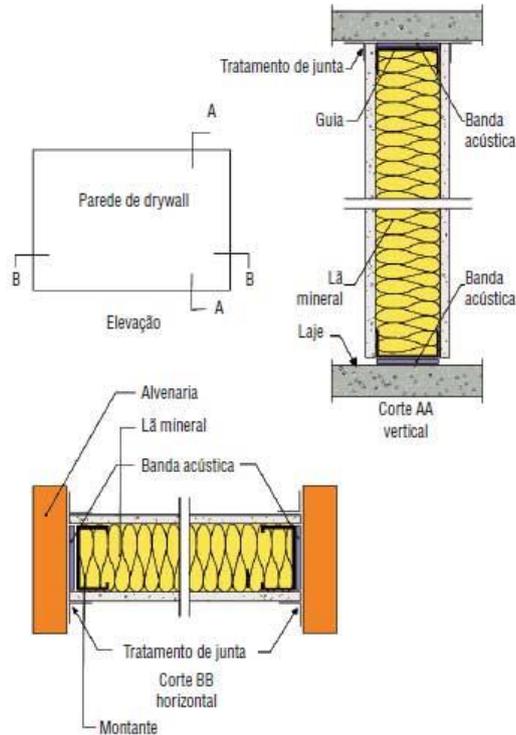
¹¹Disponível em: <<http://www.drywall.org.br/biblioteca.php/1/3/dl/29/manual-de-projeto-de-sistemasdrywall>>. Acesso em 13 out. 2017

¹²Disponível em: <<https://www.isoline.com.br/produtos/knauf-drywall/>>. Acesso em 13 out. 2017

¹³Disponível em: <<http://www.construclima.com.br/pdf/02.pdf>>. Acesso em 13 out. 2017

isolante térmico e acústico, além de ser de rápida construção e produzir menos resíduos que os métodos construtivos convencionais.

Figura6 – Detalhamento do corte de uma parede de Drywall com alta performance termoacústica.



Fonte: Portal Met@lica, 2017¹⁴.

2.4.1.1 Lã Mineral

Utilizada como componente das vedações em *drywall* para potencializar o conforto térmico e acústico, a lã mineral, também conhecida como lã de rocha, pode compor também outros sistemas construtivos, como as paredes em alvenaria e auxiliar na redução de ruídos e diminuir as temperaturas internas das edificações, como ilustra a FIG. 7.

A lã de rocha atualmente configura como o enchimento mais utilizado em vedações, sejam elas em *drywall* ou alvenaria, por ser incombustível e não causar danos ao meio ambiente. Fabricada em todo mundo, atende a diversos segmentos da construção civil, sendo aplicada em telhados, paredes, pisos, estúdios, salas de cinema, apresentando excelentes resultados em isolamentos termoacústicos.

¹⁴Disponível em: <<http://www.metallica.com.br/images/stories/Id3360/desempenho-acustico-dry06.jpg>>. Acesso em 13 out. 2017

Como elucida Ogawa, Ávila Filho e Rassi (2014), a lã de rocha é composta por fibras originadas de basalto aglomeradas com resina sintética. Suas principais propriedades são o isolamento térmico e acústico. Como material construtivo, destaca-se por ser anti-parasita, não corrosivo, imputrescível e não poluente.

Segundo a NBR 10152 (ABNT, 1987), que regulamenta os níveis de ruído para conforto acústico, as medições de ruído em ambientes residenciais devem estar compreendidas entre 35 e 50 decibéis (Db). De acordo com o fabricante Biolã, as construções costumam recorrer ao isolamento com lã de rocha como atenuadores acústicos. Dessa forma, “uma parede *drywall* com lã de rocha Biolã isola em média 80 Db, mais que o triplo da capacidade do isolamento de uma parede de alvenaria” (BIOLÃ, 2017)¹⁵.

Figura7 – Aplicação de lã de rocha entre alvenarias como isolante termoacústico.



Fonte: DNS Loja, 2017¹⁶.

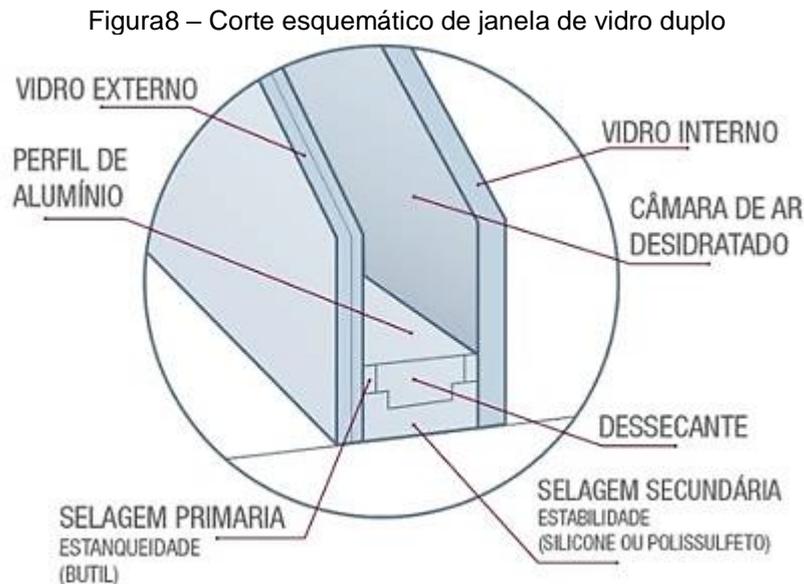
2.4.2 Janelas de vidro duplo

As janelas de vidro duplo, também conhecidas como janelas de vidros insulados, exercem importante influência no isolamento termoacústico de uma edificação. Compostos por duas ou mais chapas de vidro separados por um

¹⁵Disponível em: <<http://www.biola.com.br/la-de-rocha/>>. Acesso em 13 out. 2017

¹⁶Disponível em: <https://img2.dnsloja.com/arquivos_loja/41777/Fotos/thumbs3/produto_Foto3_9120983.jpg?cache=20160421>. Acesso em 13 out. 2017

espaçador que garante uma camada de ar desidratado, essas janelas são eficientes como isolante do fluxo de calor por condução. Para que isso ocorra, o quadro de vidro é selado em todo o seu perímetro com os quadros que o compõem, a fim de evitar que ocorram trocas entre a atmosfera interna do ambiente e o ambiente externo, proporcionando estanqueidade no interior da esquadria (ARRUDA, 2010). A FIG. 8 apresenta o corte esquemático de uma janela de vidro duplo.



Fonte: Vidraçaria del Mota, 2017¹⁷.

Como orienta o autor,

O desempenho térmico do vidro insulado pode ser melhorado quando se utiliza em sua composição vidros reflexivos nas faces externas. Assim, parte da radiação é refletida para o exterior, enquanto o insulamento reduzirá o coeficiente de sombreamento do conjunto. Essa solução, aliada ao baixo coeficiente de transmissão de calor, resultará em um vidro com bom controle solar que mantém alta transmissão luminosa (ARRUDA, 2010).

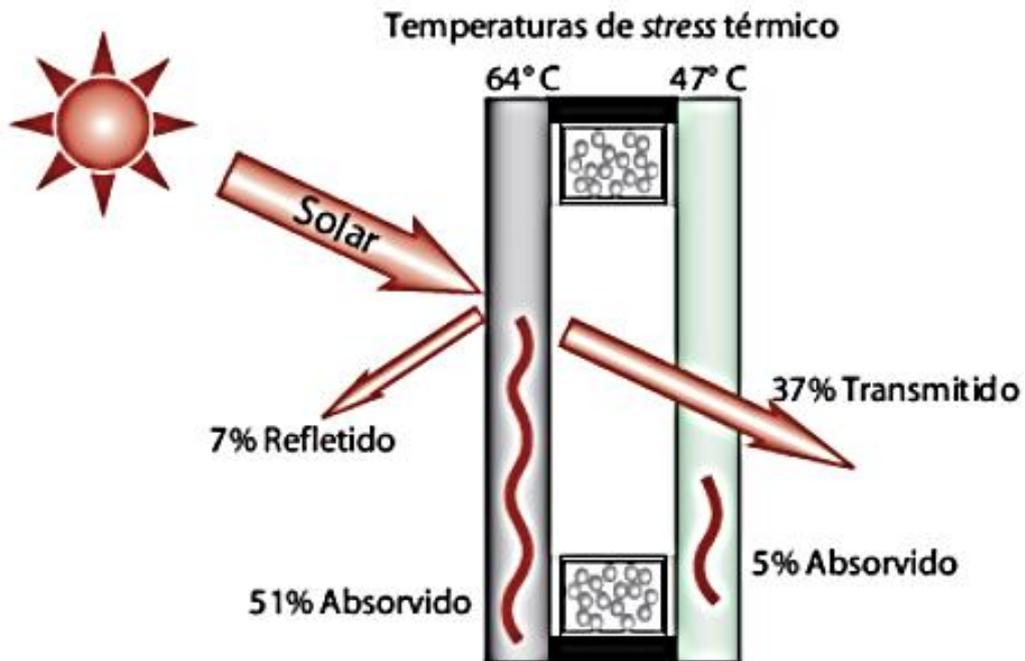
Com relação ao isolamento acústico, o desempenho pode ser melhorado utilizando um dos vidros laminados ou vidros de diferentes massas. No Brasil, os vidros insulados são normatizados pela NBR 16015 (ABNT, 2012), que regulamenta suas características, requisitos e métodos de ensaio. Segundo Westphal (2017), o comportamento do fluxo de calor com as janelas de vidros insulados pode ser

¹⁷Disponível em:

<https://vidracariadelmota.com.br/wpcontent/uploads/2015/09/Vidro_termoacustico.jpg>. Acesso em 03 dez. 2017

representado pela FIG. 9. Quanto ao conforto acústico proporcionado pelos vidros insulados, o bloqueio dos ruídos deve-se ao fato de o som não se propagar no vácuo porque nele não há um meio físico para transmissão de ondas mecânicas.

FIGURA 9 – Comportamento do fluxo de calor com janelas de vidro insulados



Fonte: Westphal, 2017.

2.4.3 Telhado Verde

Construídos sobre as lajes com materiais recicláveis, os telhados verdes visam a forração das coberturas com uma camada de vegetação, com a finalidade de captar a água da chuva, concedendo às cidades maior área permeável e facilitando o reaproveitamento dessa água, além de prover conforto térmico e acústico aos ocupantes, como ilustra a FIG. 10. Segundo Silva (2011, p. 20), os telhados verdes são “eficientes na redução da temperatura das coberturas em até 15%, dando aos moradores das edificações conforto térmico com conseqüente diminuição do uso do ar condicionado e redução do consumo de energia”, além de possibilitar o aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis.

As coberturas verdes aparecem como uma forma promissora de utilização das lajes e telhados, em que o concreto das cidades é substituído pelo verde e o colorido das plantas. Além das vantagens ambientais como a purificação do ar urbano, através da fotossíntese e da absorção de poluentes, a implantação da vegetação na cobertura

reduz significativamente a necessidade de climatização dos ambientes, especialmente no verão, reduzindo a temperatura interna das edificações (SILVA, 2011).

Figura10 – Telhado verde de uma edificação



Fonte: Postura Correta, 2017¹⁸.

Sob o ponto de vista ambiental, as coberturas verdes trazem consigo a ideia de recomposição da vegetação original retirada do solo, de forma a recuperar suas propriedades superficiais originais. Para isso, tal tecnologia utiliza a cobertura das edificações, onde são implantadas camadas de vegetação, substrato, drenagem e impermeabilização, de forma a simular uma superfície de solo vegetado. Em certo sentido, as coberturas verdes podem ainda ser entendidas como uma forma de realocação da vegetação do solo retirada para a implantação do edifício (CAETANO; TIBIRIÇÁ; SANTOS, 2010).

2.4.4 Vermiculita

A vermiculita expandida é um mineral formado de ferro, alumínio, e magnésio hidratado lamelar, sofrendo a expansão quando aplicado a ele elevada temperatura, transformando o material em flocos com ar aprisionado, o que lhe dá a característica de ser termoacústico (BARROS E CARDILLO, 2014, *apud* Brasil Minérios, 2011).

¹⁸Disponível em: <<http://posturacorreta.com/wpcontent/uploads/2014/07/telhado-verde-projeto.jpg>>. Acesso em 13 out. 2017

O nome vermiculita vem do latim *vermiculus*. Seu nome deve-se ao fato de que esse material se expande sob aquecimento, durante ao qual a sua partícula mobiliza-se de forma semelhante às dos vermes. A vermiculita é um argilomineral não metálico existente na natureza na forma de macro e micro cristais.

As principais características deste tipo de material são: baixa densidade que varia de 80 até 120kg/m³, baixa condutibilidade, incomburente, insolúvel em água, não tóxico, não abrasivo, inodoro, não se decompõe, deteriora ou apodrece, etc. A vermiculita dentro da construção civil pode ser aplicada para: enchimento de pisos, isolamento termoacústico em divisórias, forros, lajes e paredes, corta fogo, câmaras a prova de som, câmaras a prova de fogo, rebocos isolantes, etc. (CATAI, PENTEADO e DALBELLO, 2006, p. 4209).

A vermiculita por ser agregada ao reboco de assentamento como excelente isolante térmico, diminuindo a variação de temperatura entre o ambiente externo e interno da construção. Segundo o fabricante Brasil Minérios¹⁹, em ambiente climatizado, a redução do consumo de energia elétrica pode atingir 20%, em virtude de sua baixíssima condutividade térmica, entre 0,024 e 0,040kcal/h.m².°C. O produtor ainda afirma que a vermiculita é uma solução simples e eficaz para isolamento sonoro de paredes. Ao ser aplicado diretamente no preenchimento dos espaços confinados dos blocos de alvenaria (seja cerâmico ou de concreto), como ilustra a FIG.11, o produto garante melhoria do desempenho acústico a fim de atender aos requisitos da NBR 15575 (ABNT, 2013).

Figura11 – Aplicação de vermiculita nos espaços confinados dos blocos de alvenaria



Fonte: Brasil Minérios, 2017²⁰.

¹⁹Disponível em: <<http://brasilminerios.com.br/>>. Acesso em 13 out. 2017

²⁰Disponível em: <<http://brasilminerios.com.br/negocios/construcao-civil/>>. Acesso em 13 out. 2017

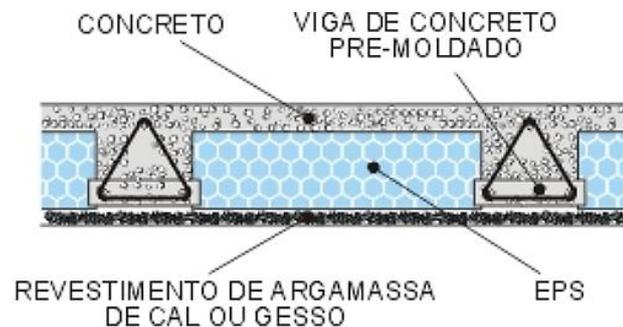
2.4.5 Poliestireno Expandido (EPS)

Segundo a Associação Brasileira de Poliestireno Expandido (ABRAPEX)²¹, O Poliestireno Expandido (EPS), também conhecido como isopor, é uma espuma formada a partir de derivados de petróleo. Adotando a forma de um plástico celular rígido, seu produto final se apresenta como pérolas de até 3 milímetros de diâmetro, que sofreram um processo de expansão em até 50 vezes do seu tamanho original.

O EPS possui inúmeras aplicações. Na construção civil, vindo sendo aplicado como isolamento térmico e acústico na forma de placas, no enchimento de lajes (FIG. 12) e na composição das camadas de revestimento das alvenarias (FIG. 13), gerando ótimos resultados. Seu coeficiente de condutividade térmica é $0,025 \text{kcal/h.m}^2.\text{°C.}$, o que permite avaliar o material como um isolante térmico eficiente.

Ao se utilizar o EPS como solução de isolamento térmico, a edificação experimenta economia de energia devido à redução das necessidades de aquecimento e de arrefecimento do ambiente interno e a diminuição do gradiente de temperaturas a que estão sujeitas as camadas interiores das paredes, segundo a ABRAPEX.

Figura 12 – Enchimento de lajes com placas de EPS

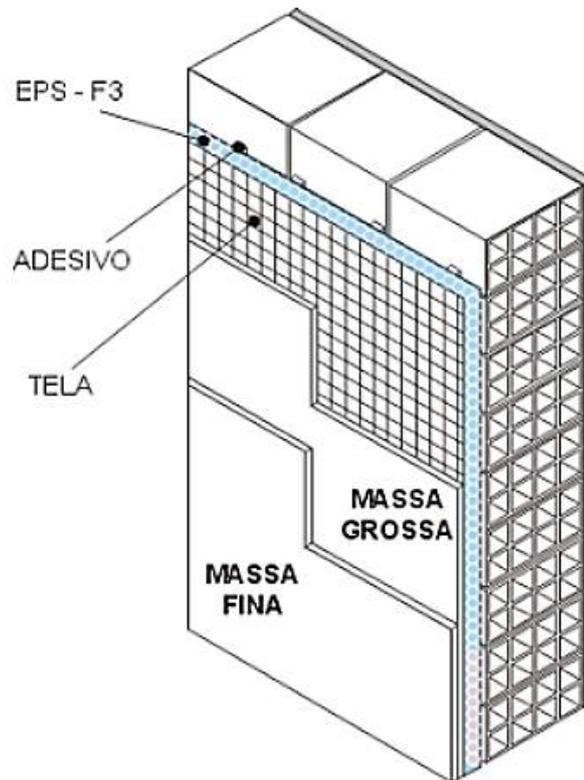


Fonte: ABRAPEX, 2017²²

²¹Disponível em: <www.abrapex.com.br>. Acesso em: 13 out. 2017

²²Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/31z03LajesInd.html>>. Acesso em 24 out. 2017

Figura 13 – Revestimento de alvenarias com placas de EPS



Fonte: ABRAPEX, 2017²³

De acordo com ABRAPEX,

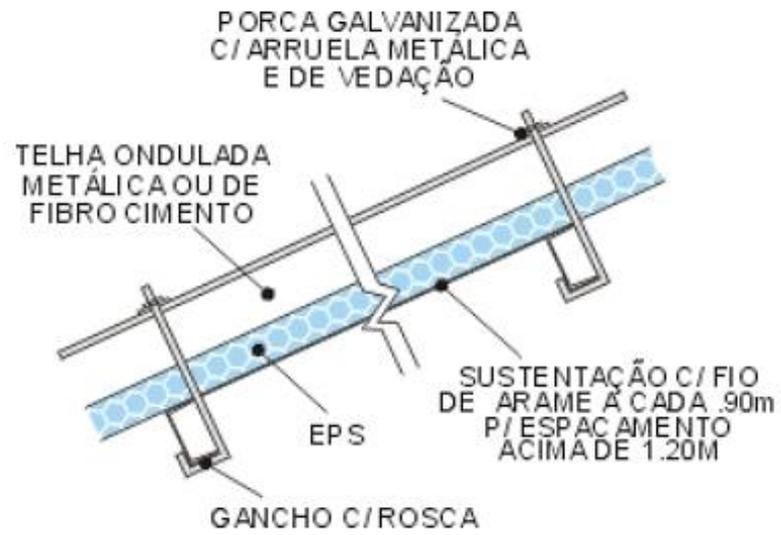
Nos casos de edificações térreas a superfície de exposição ao calor ou frio tem 70% da troca de calor através do telhado. Em sobrados, em média é de 50%. Assim sendo, tem-se na cobertura o maior responsável pelas perdas ou ganhos de calor nos edifícios de 1 ou 2 pavimentos. Quem pretende projetar ou construir com resultados confortáveis e de manutenção econômica deve sempre pensar no isolamento térmico da cobertura. Em climas de variações muito grandes em relação às temperaturas de conforto o mesmo cuidado deve ser tomado com as paredes (ABRAPEX, 2017)²⁴.

Como solução para o isolamento dos telhados, sugere-se a aplicação de placas de EPS em dimensões adequadas, juntamente com as telhas, sobre as terças ou entre elas, conforme indica a FIG. 14. Usa-se como apoio fios de arame esticados transversalmente às terças e fixados nelas.

²³Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/31z05ITelha.html>>. Acesso em 24 out. 2017

²⁴Disponível em: <www.abrapex.com.br>. Acesso em: 13 out. 2017

Figura 14 – Telhados revestidos com placas de EPS

Fonte: ABRAPEX, 2017²⁵

²⁵Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/31z05ITelha.html>>. Acesso em 24 out. 2017

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio das pesquisas realizadas para a produção desse trabalho, foi possível demonstrar a importância da utilização de materiais que contribuam para conforto térmico e acústico das edificações, favorecendo o bem-estar dos habitantes.

Atualmente, em virtude das demandas ambientais, torna-se necessária a adoção de técnicas de construção mais sustentáveis, que causem menos impacto ao meio ambiente e que contribuam para a redução de custos nos processos construtivos. Percebe-se então, a importância na utilização de técnicas que favoreçam o desenvolvimento sustentável de forma viável, como o uso do telhado verde para aumentar o conforto térmico das edificações, uso do drywall, a lã de rocha, o poliestireno expandido e a vermiculita como excelentes isolantes termoacústicos.

Com base ao exposto, conclui-se que os materiais e métodos construtivos citados neste texto são de extrema importância para o tema, pois, além das vantagens descritas, possuem a habilidade de reduzir o uso de energia elétrica, economizando dessa forma os sistemas de refrigeração de ar.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10152**. Níveis de ruído para conforto acústico. Rio de Janeiro, 1987.

_____. **NBR 12298**. Representação de área de corte por meio de hachuras em desenho técnico. Rio de Janeiro, 1995.

_____. **NBR 15575**. Edificações habitacionais: desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

_____. **NBR 16015**. Vidro insulado: características, requisitos e métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO. Disponível em: <www.abrapex.com.br>. Acesso em: 13 out. 2017.

_____. Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/31z03LajesInd.html>>. Acesso em 24 out. 2017.

_____. Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/31z05ITTelha.html>>. Acesso em 24 out. 2017.

_____. Disponível em: <<http://www.abrapex.com.br/31z05ITTelha.html>>. Acesso em 24 out. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO DRYWALL. Disponível em: <<http://www.drywall.org.br/biblioteca.php/1/3/dl/29/manual-de-projeto-de-sistemas-drywall>>. Acesso em 13 out. 2017.

BARROS, A. G. A.; CARDILLO, H. R. P.. 2014, 28 f. **Concreto leve com vermiculita expandida**. (Trabalho de Conclusão de Curso) – Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2014.

BIOLÃ. Disponível em: <<http://www.biola.com.br/la-de-rocha/>>. Acesso em 13 out. 2017.

BRASIL MINÉRIOS. Disponível em: <<http://brasilminerios.com.br/>>. Acesso em 13 out. 2017.

_____. Disponível em: <<http://brasilminerios.com.br/negocios/construcao-civil/>>. Acesso em 13 out. 2017.

CAETANO, F. D. N.; TIBIRIÇÁ, A. C. G.; SANTOS, G. L. A. A.. Sistema de cobertura verde para uma edificação da área de saúde numa IFES. *In*: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 13. 2010, Canela. **Anais eletrônicos...** Porto Alegre: ANTAC, 2010. Disponível em: <<http://www.infohab.org.br/entac2014/2010/arquivos/618.pdf>>. Acesso em: 12 nov. 2016.

CATAI, R. E.; PENTEADO, A. P.; DALBELLO, P. F.. Materiais, técnicas e processos para isolamento acústico. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIA DOS MATERIAIS, n. 17, 2006, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Foz do Iguaçu, CBECIMat, 2006. p. 4205-4216. Disponível em: <<http://www.ceap.br/material/MAT12032009181855.pdf>>. Acesso em 12 nov. 2017.

CLIQUE ARQUITETURA. Disponível em: <<http://www.cliquearquitetura.com.br/public/inc/userfile/image/05-interiores-decoracao/03-conforto/07-janela-acustica/02-ja-acustica.jpg>>. Acesso em 13 out. 2017.

CONSTRUCLIMA. Disponível em: <<http://www.construclima.com.br/pdf/02.pdf>>. Acesso em 13 out. 2017.

COSTA, A. T.; NASCIMENTO, F. B. C.. Uso de gesso acartonado em vedações internas. **Cadernos de graduação: ciências exatas e tecnológicas**. Maceió, v. 2, n. 3, maio 2015. Disponível em: <<https://periodicos.set.edu.br/index.php/fitsexatas/article/download/2139/1264>>. Acesso em 12 nov. 2017.

DNS LOJA. Disponível em: <https://img2.dnsloja.com/arquivos_loja/41777/Fotos/thumbs3/produto_Foto3_9120983.jpg?cache=20160421>. Acesso em 13 out. 2017.

FQ. Disponível em: <<http://www.fq.pt/images/energia/calor.png>>. Acesso em 11 nov. 2017.

FROTA, A. B.; SCHIFFER, S. R.. **Manual de conforto térmico: arquitetura e urbanismo**. 5. ed. São Paulo: Studio Nobel, 2001. 241 p.

GLOBALPLAC. Disponível em: <http://globalplac.com.br/wp-content/uploads/2014/11/Como_e_a_parede_Drywall-2.png>. Acesso em 13 out. 2017.

HALLIDAY, D.; WALKER, J.; RESNICK, R.. **Fundamentos de Física**. 10. ed. São Paulo: LTC, 2016. 324 p. v. 2.

ISOLINE. Disponível em: <<https://www.isoline.com.br/produtos/knauf-drywall/>>. Acesso em 13 out. 2017.

NAKAMURA, J.. Conforto acústico. **Revista Techné**, São Paulo, n. 106, jan. 2006. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/106/artigo286049-1.aspx>>. Acesso em 11 nov. 2017.

NAKAMURA, N. K.; MACIEL, L. F.; CARLO, J. C.. Impactos de medidas de conservação de energia propostas para o nível de eficiência energética de envoltórias de um edifício naturalmente condicionado. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 13, n. 4, p. 105-119, out. /dez. 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/ac/v13n4/v13n4a08.pdf>>. Acesso em 11 nov. 2017.

LIVI, C. P.. **Fundamentos de fenômenos de transporte**. 2. ed. São Paulo: LTC, 2012. 256 p.

LOPES, A.. O sobreaquecimento das cidades: causas e medidas para a mitigação da ilha de calor de Lisboa. *In*: Jornadas de Climatização, n. 6, 2006, Lisboa. **Anais...** Lisboa, 2006. p. 1-12. Disponível em: <http://www.ceg.ul.pt/urbklim/9_ALopes_sobreaquecimento.pdf>. Acesso em 11 nov. 2017.

OGAWA, M. O. F.; ÁVILA FILHO, M. C.; RASSI, P. F.. **Isolamento acústico ao ruído de impacto em lajes de edifícios habitacionais**. 2014, 76 p. Monografia (Graduação) – Escola de Engenharia Civil, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

PORTAL MET@LICA. Disponível em: <<http://wwwo.metalica.com.br/images/stories/ld3360/desempenho-acustico-dry-06.jpg>>. Acesso em 13 out. 2017.

POSTURA CORRETA. Disponível em: <<http://posturacorreta.com/wp-content/uploads/2014/07/telhado-verde-projeto.jpg>>. Acesso em 13 out. 2017.
RESUMO ESCOLAR. Disponível em: <<https://www.resumoescolar.com.br/wp-content/imagens/resumo-das-ilhas-de-calor.jpg>>. Acesso em 11 nov. 2017.

SILVA JÚNIOR, J. S.. **Ondas sonoras**. *In*: Brasil Escola. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/ondas-sonoras.htm>>. Acesso em 11 nov. 2017.

SILVA, N. C.. **Telhado verde**: sistema construtivo de maior eficiência e menor impacto ambiental. 2011. 63f. Monografia (Especialização em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011.

SISTEMA NOVI. Disponível em: <https://www.sistemanovi.com.br/basenovi/image/ConteudosDisciplinas/27/62/306/301616/onda.png?pfdruid_c=true>. Acesso em 11 nov. 2017.

SOUZA L. C. L.; ALMEIDA M.G.; BRAGANÇA L.. **Bê-a-bá da acústica arquitetônica**: ouvindo a arquitetura. Bauru: Editora da Universidade Federal de São Carlos (EduFSCar), 2007. 149 p.

TEZA, C. T. V.; BAPTISTA, G. M. M.. Identificação do fenômeno ilhas urbanas de calor por meio de dados ASTER ondemand 08 – Kinetic Temperature (III): metrópoles brasileiras. SIMPOSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 12. Goiânia, 2005. **Anais...** p. 3911-3918.

VIDRAÇARIA DEL MOTA. Disponível em: <https://vidracariadelmota.com.br/wp-content/uploads/2015/09/Vidro_termoacustico.jpg>. Acesso em 03 dez. 2017.

VITRUVIUS. Disponível em:

<http://www.vitruvius.com.br/media/images/magazines/grid_9/0048bfd11072_image_mniveissonoros.jpg>. Acesso em 11 nov. 2017.

WESTPHAL, F. S. **Vidros de Controle Solar**. Notas de aula. Disponível em:

<http://arq5658.paginas.ufsc.br/files/2012/03/a4_vidros.pdf>. Acesso em 13 out. 2017.