



**Ministério da Educação
Secretaria de Educação
Profissional e Tecnológica**

**DIRETORIA DE ENSINO DO CAMPUS DE SALVADOR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES**

**ISABELA DE SOUSA RODRIGUES
MARCELA BARROS NASCIMENTO
THAINARA DOS SANTOS**

**ESTUDO DE MANTAS SUSTENTÁVEIS PARA CONFORTO TÉRMICO NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**SALVADOR
2023**

ISABELA DE SOUSA RODRIGUES
MARCELA BARROS NASCIMENTO
THAINARA DOS SANTOS

**ESTUDO DE MANTAS SUSTENTÁVEIS PARA CONFORTO TÉRMICO NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
IFBA-Campus Salvador, como requisito para
conclusão do curso de Técnico em Edificações.

Orientadora: Prof. Regina Maria Cunha Leite.

SALVADOR
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

**DIRETORIA DE ENSINO DO CAMPUS DE SALVADOR
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CONSTRUÇÃO CIVIL
CURSO TÉCNICO EM EDIFICAÇÕES**

ISABELA DE SOUSA RODRIGUES
MARCELA BARROS NASCIMENTO
THAINARA DOS SANTOS

**ESTUDO DE MANTAS SUSTENTÁVEIS PARA CONFORTO TÉRMICO NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de Conclusão de Curso aprovado como requisito parcial para obtenção do grau de Técnico em Edificações pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Orientadora: Regina Maria Cunha Leite

Titulação: Doutora em Gestão e Tecnologia Industrial - SENAI - CIMATEC
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia - *Campus* Salvador.

1º participante da banca: Darlan Souza Duarte Júnior

Titulação: Especialista em Engenharia Ambiental Urbana - Universidade Federal do Sul da Bahia (UFSB)

2º participante da banca: Juliane Santos Souza

Titulação: Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental pela UEFS

Salvador, 05 de dezembro de 2023

À minha mãe por ser o alicerce de toda a construção que eu sou hoje, e por não me deixar desistir no meio do caminho.

— T

Também a minha mãe, pois sem ela e seu apoio eu não estaria aqui.

— M

AGRADECIMENTOS

Ao IFBA, seu corpo docente, direção e administração, que nos ajudaram a evoluir e a nos tornar profissionais.

A todos os nossos parentes, amigos e colegas, pelo convívio e aprendizado em nosso dia a dia, que contribuíram para o nosso crescimento como pessoas e profissionais.

À professora e orientadora Regina Leite, que nos auxiliou na concretização deste trabalho.

“Você conseguiu chegar ao fim. com meu coração nas mãos. obrigada. por chegar aqui a salvo. por ter cuidado com o que há de mais delicado em mim. sente-se. respire. deve estar cansado. me deixa beijar suas mãos. seus olhos. devem estar precisando de alguma coisa doce. te mando toda a minha doçura. eu não iria a lugar algum e não seria nada se não fosse por você. você me ajudou a me tornar a mulher que eu queria ser. mas que tinha medo de ser. será que você tem alguma ideia do milagre que é. do quanto foi incrível. e do quanto sempre vai ser incrível. estou de joelhos diante de você. agradecendo. estou mandando meu amor para os seus olhos. que eles sempre vejam bondade nas pessoas. e que você sempre exercite a gentileza. que vejamos uns aos outros como um. que possamos nada menos que nos apaixonar por tudo que o universo tem a oferecer. e que sempre tenhamos raízes. estrutura. nossos pés firmemente plantados na terra.”

Rupi Kaur

RESUMO

O aquecimento global tem sido o maior causador das alterações climáticas, resultando em uma notável flutuação de temperaturas que afeta a vida diariamente. A busca pelo conforto térmico, particularmente em ambientes residenciais, tornou-se uma prioridade. Nesse contexto, há um crescente enfoque na harmonia com a natureza, buscando edificações que não apenas proporcionassem conforto climático, mas também o faça de maneira sustentável, minimizando impactos ambientais. Tendo em vista essa situação, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica de mantas sustentáveis fabricadas a partir de resíduos sólidos. Isso abrangeu uma variedade de mantas, incluindo aquelas feitas de materiais como asfalto, embalagens de leite do tipo Tetra Pak e Longa Vida, polipropileno e fibra de coco. A análise visou averiguar essas mantas de forma bibliográfica e destacar os benefícios identificados em estudos e pesquisas relacionados a esses materiais para isolamento da cobertura. Os procedimentos metodológicos empregados neste estudo foram a pesquisa bibliográfica e a pesquisa documental. Almejou-se que essa revisão proporcionasse uma compreensão mais profunda das alternativas disponíveis para enfrentar as mudanças climáticas sem causar danos à natureza. Como resultados, tem-se que a fibra de coco teve condutividade térmica muito similar à convencional lã de vidro, a manta asfáltica também demonstrou bons resultados, tendo uma ótima resistência térmica. As embalagens de leite tipo Tetra Pak ou Longa Vida demonstraram potencial térmico, e, por fim, as mantas produzidas a partir de polipropileno reciclado foram eficientes para reduzir perdas ou ganhos de calor.

Palavras-chave: Mantas termoisolantes. Conforto térmico. Sustentabilidade. Cobertura.

ABSTRACT

Global warming has been the biggest cause of climate change, resulting in notable fluctuations in temperatures that affect life on a daily basis. The search for thermal comfort, particularly in residential environments, has become a priority. In this context, there is a growing focus on harmony with nature, seeking buildings that not only provide climatic comfort, but also do so in a sustainable way, minimizing environmental impacts. In view of this situation, the present study aimed to carry out a bibliographical review of sustainable blankets manufactured from solid waste. This covered a range of blankets, including those made from materials such as asphalt, Tetra Pak and Longa Vida milk cartons, polypropylene and coconut fiber. The analysis aimed to investigate these blankets in a bibliographical way and highlight the benefits identified in studies and research related to these materials for roof insulation. The methodological procedures used in this study were bibliographic research and documentary research. It was hoped that this review would provide a deeper understanding of the alternatives available to face climate change without causing damage to nature. As a result, the coconut fiber had thermal conductivity very similar to conventional glass wool, the asphalt blanket also demonstrated good results, having excellent thermal resistance. Tetra Pak or Longa Vida milk packaging demonstrated thermal potential, and, finally, blankets produced from recycled polypropylene were efficient in reducing heat losses or gains.

Key-words: Thermal insulation blankets. Thermal comfort. Sustainability. Roof.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 01 - Delineamento da Pesquisa..... | 13 |
| Figura 02 - Pilares da Sustentabilidade..... | 14 |
| Figura 03 - Logo do Programa Minha Casa, Minha Vida..... | 15 |
| Figura 04 - Informações sobre o prêmio ganhado pelo MCMV..... | 16 |
| Figura 05 - Aplicação da manta de lã de vidro..... | 23 |
| Figura 06 - Instalação da manta termoacústica no telhado..... | 23 |
| Figura 07 - Imagem da manta de lã de vidro..... | 28 |
| Figura 08 - Imagem da mantas de lã de vidro em armazém..... | 28 |
| Figura 09 - Imagem de manta de lã de rocha..... | 29 |
| Figura 10 - Imagem da aplicação da manta de lã rocha..... | 30 |
| Figura 11 - Utilização de manta de polipropileno durante obra..... | 32 |
| Figura 12 - Manta aplicada ao protótipo..... | 33 |
| Figura 13 - Embalagem de leite Tetra Pak..... | 34 |
| Figura 14 - Produção de tiras para confecção de mantas térmicas..... | 35 |
| Figura 15 - Fotografia da manta asfáltica..... | 36 |
| Figura 16 - Aplicação da manta asfáltica..... | 37 |
| Figura 17 - Manta de fibra de coco..... | 38 |
| Figura 18 - Fibra de coco..... | 49 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 01 - Referências bibliográficas focadas nas mantas sustentáveis..... | 31 |
| Tabela 02 - Parâmetros analisados importantes para o conforto térmico..... | 40 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| 1 INTRODUÇÃO..... | 12 |
| 2 SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO CIVIL..... | 13 |
| 3 CONFORTO TÉRMICO..... | 17 |
| 3.1 CONDUTIVIDADE TÉRMICA..... | 17 |
| 3.2 ANÁLISE DA NORMA NBR-15575-1/2013..... | 18 |
| 3.2.1 Avaliação de Desempenho..... | 19 |
| 3.2.2 Desempenho Térmico..... | 19 |
| 3.2.2.1 Simulação Computacional..... | 19 |
| 3.2.2.2 Métodos de Medição de Propriedades Térmicas de Materiais e Elementos Construtivos..... | 20 |
| 3.2.3 Zona Bioclimática..... | 20 |
| 3.2.3.1 Exemplos de Condições Críticas..... | 21 |
| 3.2.3.2 Absortância à Radiação..... | 21 |
| 3.2.3.3 Não Atendimento dos Critérios..... | 21 |
| 4 MANTAS TERMOISOLANTES..... | 22 |
| 4.1 Características e aplicações..... | 22 |
| 4.2 Formas de instalação..... | 24 |
| 4.2.1 Instalação sob as Telhas:..... | 24 |
| 4.2.2 Instalação sobre o Telhado:..... | 24 |
| 4.2.3 Instalação por Baixo do Forro:..... | 24 |
| 4.3 Formas de fixação..... | 25 |
| 4.3.1 Colagem com Adesivo Térmico:..... | 25 |
| 4.3.2 Fixação Mecânica:..... | 25 |
| 4.3.3 Fixação por Pressão:..... | 25 |
| 4.3.4 Fixação por Grampeamento:..... | 25 |
| 4.3.5 Fixação por Costura:..... | 25 |
| 4.4 Benefícios da manta termoisolante..... | 25 |
| 4.5 Critérios para escolha da manta termoisolante..... | 26 |
| 4.5.1 Resistência..... | 27 |
| 4.5.2 Capacidade de Isolamento Térmico..... | 27 |
| 4.5.3 Facilidade de instalação..... | 27 |
| 4.5.4 Compatibilidade com outros Materiais..... | 27 |
| 4.5.5 Certificações e Normas Técnicas..... | 27 |
| 4.6 Tipos de mantas termoisolantes usadas pelo mercado..... | 28 |
| 4.6.1 Mantas de Lã de Vidro..... | 28 |
| 4.6.2 Mantas de Lã de Rocha..... | 29 |
| 5. RESULTADOS..... | 30 |
| 5.1. Mantas termoisolantes fabricadas de materiais recicláveis..... | 30 |
| 5.1.1 Mantas de polipropileno..... | 32 |
| 5.1.2 Mantas produzidas com embalagens de leite (do tipo tetra pak e longa vida)..... | 33 |
| 5.1.3 Mantas asfálticas..... | 36 |
| 5.1.4 Mantas de fibra de coco..... | 38 |
| 5.2 Análise dos resultados encontrados..... | 40 |

| | |
|-------------------------------------|-----------|
| 6. CONSIDERAÇÕES FINAIS..... | 41 |
| REFERÊNCIAS..... | 43 |

1 INTRODUÇÃO

As mudanças climáticas que acontecem no mundo e seu impacto sobre os seres humanos estão se tornando cada vez mais evidentes. Do mesmo modo, e com o aumento da frequência e foco sobre o tema na atualidade, fatores que não eram motivo de preocupação no passado têm ganhado notória atenção devido à necessidade da construção de edificações que proporcionem o maior conforto possível aos moradores. A cobertura, por ser a superfície mais suscetível à radiação solar, proporciona o maior ganho de calor das edificações, o que afeta o fluxo de calor da cobertura para o ambiente, resultando no aumento da temperatura interna da edificação, acréscimo no consumo de energia e na diminuição do conforto térmico do ambiente.

Dada a situação atual, com um foco crescente na natureza, é importante que as edificações não sejam apenas confortáveis climaticamente, mas que sejam capazes de alcançar esse conforto de forma sustentável e com impacto mínimo à natureza. Diante de pesquisas sobre métodos sustentáveis de conforto domiciliar, encontrou-se como alternativa mantas termoisolantes feitas de resíduos sólidos. Uma alternativa pouco conhecida de conforto térmico, mas com evidências de que são eficazes. Entre eles, tem-se mantas asfálticas, mantas desenvolvidas por meio de embalagens de leite, do tipo Tetra Pak e Longa Vida, mantas feitas de polipropileno e mantas produzidas com fibra de coco. Em virtude disso, o presente trabalho traz uma pesquisa sobre essas mantas produzidas a partir de materiais reciclados, discorrendo sobre os benefícios encontrados, o método de produção dessas mantas termoisolantes e outras informações pertinentes.

Este trabalho tem como objetivo estudar a revisão bibliográfica de mantas sustentáveis fabricadas a partir de resíduos sólidos, alcançando essa finalidade através da identificação das mantas termoisolantes sustentáveis que possuam características úteis para sua utilização em coberturas, a relação de benefícios das mantas identificadas e, por fim, as considerações finais sobre os materiais encontrados.

Para atingir os objetivos da pesquisa foi utilizado o levantamento bibliográfico, utilizando plataformas de pesquisas como o google acadêmico, tencionando a escolha dos estudos dos tipos de mantas que fazem parte do trabalho e a pesquisa bibliográfica para estudo desses materiais. Já em relação às técnicas de pesquisa, foi utilizado a análise de textos e documentos coletados no levantamento bibliográfico, bem como a consideração do arcabouço teórico que fundamentou a construção da pesquisa. Por fim, os procedimentos metodológicos utilizados foram a pesquisa bibliográfica - com a investigação de artigos científicos, periódicos, trabalhos de conclusão do curso, entre outros para conhecer mais

sobre mantas termoisolantes sustentáveis -, e a pesquisa documental, onde foi estudado, principalmente, normas brasileiras e relatórios de pesquisa. O delineamento desta pesquisa está apresentado na figura 1.

Figura 1 – Delineamento da Pesquisa



Fonte: elaborado pelas autoras.

O presente trabalho está estruturado da seguinte forma: introdução; uma segunda seção, cujo objetivo é explicar a sustentabilidade e como ela influencia na necessidade de utilizar materiais reciclados na construção civil; na terceira sessão falamos um pouco sobre conforto e condutividade térmica e temos uma análise da norma ABNT NBR 15575-1 Edificações habitacionais — Desempenho, mais especificamente o tópico 11 que aborda o desempenho térmico das edificações; na quarta seção é apresentado as mantas estudadas, as suas características e aplicações. Por último, a análise e considerações finais dessas pesquisas.

2 SUSTENTABILIDADE E CONSTRUÇÃO CIVIL

Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), sustentabilidade é suprir as necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de

satisfazerem as suas próprias necessidades. Para isso, é necessário observar a utilização de recursos naturais, assim como o impacto das atividades humanas na natureza, se atentando aos limites do planeta e promovendo um desenvolvimento social e econômico de maneira ecológica.

Figura 2 – Pilares da Sustentabilidade



Fonte: SAIBA (2021)

Com o objetivo de garantir que o futuro da humanidade tenha acesso aos recursos naturais assim como a geração atual, o fato da construção civil ser uma das grandes áreas causadoras de poluição do mundo é um incentivador para a escolha desse tema. O setor da construção é uma das áreas que mais causam impacto ambientalmente, seja com o grande uso de diferentes matérias-primas quanto no trabalho no canteiro de obras e, principalmente, nos descartes dos resíduos sólidos das construções. Essa indústria tem sido alvo constante na discussão sobre desenvolvimento sustentável e é imprescindível a busca por meios de diminuição desses prejuízos.

O Brasil, como integrante e auxiliadora da ONU, tem como responsabilidade atingir os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODSs), um apelo global para a tomada de ações que visem a erradicação da pobreza, a proteção ao meio ambiente e a asseguarção de que todas as pessoas possam desfrutar de paz e prosperidade. Essas decisões também devem visar o desenvolvimento urbano sustentável, que conta com uma agenda nacional do Governo brasileiro, porém, de acordo com o Panorama dos Resíduos de Construção e Demolição (RCD) no Brasil, realizado pelo Ministério das Cidades, a cadeia produtiva da construção civil consome entre 14 e 50% dos recursos naturais extraídos do planeta e, somente no Brasil, os RCD atingem elevadas proporções da massa dos resíduos sólidos urbanos, variando de 51 à 70%. Por essa razão, as leis e regulamentações relacionadas à

construção sustentável no Brasil evoluíram ao longo dos anos para promover práticas mais ambientalmente amigáveis e eficientes, um retrato disso é a Norma 15575-1/2013.

A Norma de Desempenho ABNT NBR 15575, também conhecida como "Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais", é um conjunto de regulamentos técnicos estabelecidos pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Ela tem como objetivo principal definir critérios e requisitos mínimos de desempenho que as edificações habitacionais devem atender para garantir qualidade, segurança, conforto e sustentabilidade. A norma foi criada em 2013 e está dividida em seis partes, cada uma delas abordando aspectos específicos do desempenho de edificações, incluindo requisitos relacionados à sustentabilidade.

A NBR 15575 visa promover a qualidade das edificações habitacionais e a redução de impactos ambientais, alinhando-se com os princípios da construção sustentável. Ela é de grande importância para construtores, arquitetos, engenheiros e outros profissionais do setor da construção, pois fornece diretrizes técnicas claras e atualizadas para a construção de edifícios mais eficientes, confortáveis e ambientalmente responsáveis.

Outro exemplo de iniciativa de construção sustentável no Brasil é o Programa Minha Casa, Minha Vida. O Minha Casa, Minha Vida (MCMV) é um programa de habitação federal do Brasil criado pelo governo do presidente Luiz Inácio Lula da Silva em março de 2009 (Sobre, 2023). Com o objetivo de facilitar o acesso à moradia para famílias de baixa renda, o programa busca reduzir o déficit habitacional no país, oferecendo subsídios e condições de financiamento mais vantajosas para aquisição ou construção de imóveis.

Figura 3 – Logo do Programa Minha Casa, Minha Vida



Fonte: Como comprar (2019)

A relação entre o Programa Minha Casa, Minha Vida e a construção sustentável é importante, pois oferece uma oportunidade significativa para que as famílias de baixa renda

tenham acesso a moradias sustentáveis. Isso ocorre porque, em muitos casos, as novas habitações construídas pelo programa podem ser projetadas e construídas de acordo com padrões de sustentabilidade.

Dentro do programa, também é possível incorporar medidas de eficiência energética, como isolamento térmico, instalação de sistemas de aquecimento solar e o uso de iluminação LED. Isso não apenas reduz os custos de energia para os moradores, mas também contribui para a redução do consumo energético e das emissões de carbono. Essas medidas implementadas pelo programa garantiram um prêmio internacional, o prêmio de Melhor Projeto Colaborativo Internacional, foi concedido durante a cerimônia dos The British Expertise International Awards 2018 em Londres, e destacou a relevância das iniciativas realizadas.

Figura 4 – Informações sobre o prêmio ganhado pelo MCMV

The image shows a screenshot of a news article on the gov.br website. The header includes the gov.br logo, navigation links for 'Órgãos do Governo', 'Acesso à Informação', 'Legislação', and 'Acessibilidade', and a button to 'Entrar com o gov.br'. The breadcrumb trail indicates the article is from the 'Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional'. The main title of the article is 'Projeto de sustentabilidade em moradias do Minha Casa, Minha Vida recebe prêmio internacional'. Below the title, it shows the publication date (14/06/2018 23h39) and the update date (03/11/2022 11h27). The article text begins with a lead sentence: 'Diversas ações são implementadas pelo Ministério das Cidades e Caixa Econômica Federal para tornar empreendimentos mais sustentáveis'. The text continues to describe the Minha Casa, Minha Vida (PMCMV) program, mentioning its creation in 2009 and the delivery of 5 million units and 20 million people with their own homes. It also notes that in 2011, the program moved to develop a set of actions to make developments and housing units more sustainable and resilient.

Fonte: Projeto (2022)

Assim, é possível perceber uma crescente na mecanização e utilização de energia para manter aspectos como ventilação, temperatura, luminosidade, entre outros, em um nível adequado e confortável para vivência. Isso, a longo prazo, pode ser extremamente prejudicial para o meio ambiente, assim como também pode tornar o custo de vida mais alto e é necessário recorrer a meios mais ecológicos para obter um ambiente termicamente confortável.

Dessa forma, o conforto térmico desempenha um papel importante na sustentabilidade de edifícios e nas práticas de construção sustentável. Os irmãos Olgay, na década de 60, aplicaram a bioclimatologia na arquitetura considerando o conforto térmico humano e criaram a expressão “projeto bioclimático”, promovendo a ideia de que a arquitetura deve estar em harmonia com o ambiente natural, levando em consideração as

características climáticas e os recursos disponíveis localmente. Eles defendiam o uso inteligente de estratégias passivas, como o design orientado para o sol, o uso de materiais isolantes e a ventilação natural, para minimizar o consumo de energia e garantir o conforto térmico.

Em decorrência disso, o presente estudo tem como foco as mantas termoisolantes produzidas com materiais sustentáveis, que possibilitam alcançar o conforto térmico sem grandes impactos ao meio ambiente. As mantas térmicas são materiais isolantes que podem desempenhar um papel importante na melhoria do conforto térmico dos edifícios. Essas coberturas são geralmente feitas de materiais isolantes, como lã mineral, lã de vidro, poliuretano ou poliestireno. No entanto, existem mantas térmicas feitas de materiais recicláveis que são uma opção sustentável que ajuda a melhorar o conforto térmico dos edifícios, reduzindo o impacto ambiental.

3 CONFORTO TÉRMICO

Conforto térmico é a condição em que as pessoas se sentem fisicamente confortáveis em relação à temperatura ambiente, não experimentando nem excesso de calor, nem de frio. O conforto térmico se compõe das condições ambientes nas quais o usuário apresenta ótimos níveis de saúde, conforto e desempenho de suas atividades (Oliveira, 2003). Envolve a sensação subjetiva de bem-estar em termos de temperatura, considerando fatores como a temperatura do ar, a umidade, a velocidade do ar e a radiação térmica.

Conforto térmico em construção de edificações envolve criar um ambiente onde as pessoas se sintam confortáveis em relação à temperatura. Isso é alcançado por meio de isolamento térmico, ventilação adequada, materiais de construção apropriados, orientação solar planejada, zonificação, controle inteligente e consideração das variações sazonais. O objetivo é manter uma temperatura interna agradável, independentemente das condições climáticas externas. Dessa forma, o conforto térmico também está muito associado à condutividade térmica dos materiais escolhidos durante a construção de uma edificação.

3.1 CONDUTIVIDADE TÉRMICA

A condutividade térmica é entendida como a transferência de energia térmica de objeto para objeto até o momento de equilíbrio térmico, ou seja, equalização de temperatura (Da Silva, D. G.; Muniz Ventura Jr., 2023). Em outras palavras, estabelece a taxa na qual o calor se move através de um material quando duas partes dele têm temperaturas diferentes.

O calor pode dissipar-se rapidamente através de materiais com alta condutividade térmica, enquanto materiais com baixa condutividade térmica são isolantes térmicos eficazes. A fórmula básica para calcular a taxa de condução de calor através de um material é:

$$Q = \frac{d}{k \cdot A \cdot \Delta T}$$

Onde:

Q é a taxa de condução de calor (em watts ou joules por segundo),

k é a condutividade térmica do material (em watts por metro por kelvin),

A é a área de seção transversal do material através da qual o calor está fluindo (em metros quadrados),

ΔT é a diferença de temperatura através do material (em kelvins),

d é a espessura do material (em metros).

Basicamente, esta fórmula afirma que a taxa de condução de calor é inversamente proporcional à espessura do material e diretamente relacionada à condutividade térmica do material, à área da seção transversal e à diferença de temperatura.

Diferentes materiais têm diferentes valores de condutividade térmica, o que afeta a rapidez com que o calor se propaga através deles. Por exemplo, metais tendem a ter alta condutividade térmica, enquanto materiais isolantes como madeira ou espuma têm baixa condutividade térmica, eles variam amplamente e podem ser influenciados por fatores como densidade, composição química e estrutura cristalina.

3.2 ANÁLISE DA NORMA NBR-15575-1/2013

A NBR-15575-1, norma de desempenho de edificações residenciais, analisa o comportamento das construções e dos materiais ao longo da vida útil, isso favorece o mercado da construção civil para o desenvolvimento dos materiais, porque essa norma tem critérios, requisitos e metodologias específicas para cada parte das edificações, que podem ser utilizadas para garantir qualidade e conforto das construções. Em 2021, a norma ganhou uma atualização, na qual não revoga o conteúdo dito na analisada de 2013, mas detalha de forma mais abrangente a aplicação dos conceitos de conforto térmico nas edificações. No presente trabalho, a parte que será discutida, principalmente, o desempenho térmico, parte essencial na utilização de mantas térmicas.

3.2.1 Avaliação de Desempenho

A avaliação de desempenho busca analisar a adequação ao uso de um sistema ou de um processo construtivo destinado a atender a uma função, independentemente da solução técnica adotada (ABNT NBR 15575-1). Ainda de acordo com o apresentado pela norma, o teste é uma investigação metódica baseada em técnicas confiáveis que podem produzir uma descrição objetiva do comportamento esperado de um sistema sob circunstâncias de uso específicas. Como resultado, a avaliação de desempenho requer uma base científica sólida em todas as áreas de desempenho de construção, materiais de construção e técnicas de construção, bem como nas necessidades arquitetônicas de vários usuários em diversos cenários de uso.

3.2.2 Desempenho Térmico

Esta seção da ABNT NBR 15575 define o processo normativo mostrado abaixo para determinar se a habitação é adequada. A primeira passagem traz a seguinte definição: NBR 15575-1

Simplificado (normativo): atendimento aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas, conforme ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5. Para os casos em que a avaliação de transmitância térmica e capacidade térmica, conforme os critérios e métodos estabelecidos nas ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5, resultem em desempenho térmico insatisfatório, o projetista deve avaliar o desempenho térmico da edificação como um todo pelo método da simulação computacional (NBR 15575-1, p. 21).

A segunda passagem traz, por sua vez, a seguinte definição apresentada:

Medição (informativo): verificação do atendimento aos requisitos e critérios estabelecidos na Norma, por meio da realização de medições em edificações ou protótipos construídos. Este método é de caráter meramente informativo e não se sobrepõe aos procedimentos descritos no item a) (NBR 15575, p. 21).

3.2.2.1 Simulação Computacional

Na falta de dados para a cidade onde se encontra a habitação, recomenda-se utilizar os dados climáticos de uma cidade próxima com características climáticas semelhantes, na mesma Zona Bioclimática brasileira (NBR 15220-3).

Ainda de acordo com o estabelecido pelo documento, “para a realização das simulações computacionais recomenda-se o emprego do programa EnergyPlus”. Por outro lado, “para a geometria do modelo de simulação, deve ser considerada a habitação como um todo, considerando cada ambiente como uma zona térmica.”

3.2.2.2 Métodos de Medição de Propriedades Térmicas de Materiais e Elementos Construtivos

Os métodos apresentados são listados como condutividade térmica, calor específico, densidade de massa aparente, emissividade, absorvância à radiação solar, resistência ou transmitância térmica de elementos e características fotoenergética (vidros).

3.2.3 Zona Bioclimática

Ainda em linha com a Norma de Desempenho, a edificação habitacional deve apresentar características que atendam aos padrões técnicos de desempenho, considerando a zona bioclimática especificada na ABNT NBR 15220-3.

Os edifícios de habitação devem, de acordo com os valores máximos de temperatura admissíveis, apresentar no seu interior condições térmicas superiores ou equivalentes às do ambiente exterior, para um dia típico de verão. A temperatura máxima do ar deve ser sempre inferior ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior em ambientes de permanência prolongada, como, por exemplo, salas e quartos, sem a presença de fontes internas de calor. Isso é desejável para atender aos requisitos de desempenho no verão.

As estruturas residenciais devem ter melhores condições térmicas internas do que externas em um dia médio de inverno, além de já atenderem aos critérios de desempenho no inverno. Uma avaliação térmica para o inverno pode não ser essencial, dependendo da zona bioclimática onde o edifício está situado. Os valores mínimos de temperatura devem atender a esse requisito. A temperatura mínima do ar interna em um dia típico de inverno em edificações de longa permanência, incluindo salas e quartos, deve ser sempre maior ou igual à temperatura mínima externa acrescida de 3 °C, conforme ABNT NBR 15575-1. A avaliação deve ser feita para um dia típico de verão e de inverno.

3.2.3.1 Exemplos de Condições Críticas

A norma apresenta alguns exemplos para a apresentação de condições críticas. A primeira sendo é o caso do verão, onde o que é redigido é que a “janela do dormitório ou da sala voltada para oeste e a outra parede exposta voltada para norte. Caso não seja possível, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para oeste”.

O segundo exemplo é o do inverno, em que a “janela do dormitório ou da sala de estar voltada para sul e a outra parede exposta voltada para leste. Caso não seja possível, o ambiente deve ter pelo menos uma janela voltada para sul.”

3.2.3.2 Absortância à Radiação

A absortância à radiação solar das superfícies expostas deve ser definida conforme a cor e as características das superfícies externas da cobertura e das paredes expostas. No caso que abrange a cobertura, o “valor especificado no projeto, correspondente, portanto, ao material declarado para o telhado ou outro elemento utilizado que constitua a superfície exposta da cobertura.” Contudo, no caso que se refere à parede, é recomendado assumir o valor da absortância à radiação solar correspondente à cor definida no projeto.

3.2.3.3 Não Atendimento dos Critérios

A unidade habitacional que não atender aos critérios estabelecidos para o verão deve ser simulada novamente, considerando-se as seguintes alterações: ventilação, sombreamento e ventilação e sombreamento.

Em relação à ventilação, no caso do não atendimento dos critérios, a norma recomenda a “configuração da taxa de ventilação de cinco renovações do volume de ar do ambiente por hora (5,0 ren/h) e janelas sem sombreamento.” Se tratando do caso de sombreamento, a recomendação apresentada é a seguinte:

“Inserção de proteção solar externa ou interna da esquadria externa com dispositivo capaz de cortar no mínimo 50% da radiação solar direta que entraria pela janela, com taxa de uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1,0 ren/h)” (NBR 15575, p. 25).

Quando os critérios não atendidos correspondem tanto ao sombreamento quanto à ventilação, é indicada a combinação das duas estratégias anteriores.

É importante entender o desempenho térmico da edificação para avaliar a necessidade de implementar materiais ou elementos construtivos que tornem a habitação confortável climaticamente. Isso pode contribuir para evitar gastos com energia elétrica causados pelo uso excessivo de ventiladores e ar-condicionado. Caso seja necessário a aplicação de um elemento que permita alcançar um conforto térmico, as mantas termoisolantes apresentam um bom resultado e podem satisfazer o conforto térmico e acústico, e possuem uma ampla variedade, o que os torna muito recomendados.

O uso de mantas termoisolantes sustentáveis e eficazes pode ser fundamental para o cumprimento dos requisitos da NBR-15575-1/2013, pois melhoram a eficiência energética, proporcionam conforto térmico, reduzem a transmissão de ruído, promovem a sustentabilidade através do uso de materiais ecológicos, possuem alta durabilidade, são seguras e apoiam a gestão de resíduos. Dessa maneira, essas mantas desempenham um papel crucial no desenvolvimento de edificações que atendem aos requisitos de desempenho estabelecidos na norma.

4 MANTAS TERMOISOLANTES

4.1 Características e aplicações

Muito utilizadas na construção civil para manter o conforto térmico de ambientes, as mantas termoisolantes são responsáveis por resultar no bem estar do homem no ambiente. Este material, segundo Paz (2018), aumenta o desempenho do ser humano e também a conservação de energia no ambiente, evitando desperdícios com aquecimento e refrigeração. Existem vários materiais que podem ser usados na fabricação de mantas térmicas, alguns dos materiais mais comuns incluem: lã mineral, espuma de poliestireno expandido (EPS), poliuretano (PU), alumínio, papel alumínio e fibras naturais.

Figura 5 – Aplicação da manta de lã de vidro



Fonte: Lã (2021)

Em geral, a escolha do material depende das necessidades específicas de isolamento térmico e do ambiente em que a manta será utilizada. Cada material possui suas próprias características únicas e benefícios, tornando importante escolher o material certo para a aplicação adequada.

As mantas termoisolantes podem ser instaladas em diferentes partes da construção, como no telhado, nas paredes, no piso e em dutos de ar-condicionado, por exemplo. A instalação adequada das mantas termoisolantes contribui para reduzir a necessidade de uso de aparelhos de ar-condicionado e aquecedores, já que elas mantêm a temperatura interna do ambiente mais estável, reduzindo a transferência de calor entre o interior e exterior.

Além disso, as mantas termoisolantes também ajudam a diminuir o ruído, pois possuem propriedades acústicas, contribuindo para um ambiente mais confortável e silencioso. Por esses motivos, as mantas termoisolantes são frequentemente utilizadas em construções residenciais, comerciais e industriais.

Figura 6 – Instalação da manta termoacústica no telhado



Fonte: Manta (2022)

Existem diversas empresas e organizações que se dedicam a desenvolver soluções sustentáveis para isolamento térmico, e uma das opções é a utilização de materiais reciclados. Ao utilizar materiais reciclados na produção de mantas térmicas, é possível reduzir a quantidade de resíduos gerados e contribuir para a preservação do meio ambiente. Além disso, as mantas térmicas produzidas com materiais reciclados oferecem o mesmo nível de eficiência que as mantas convencionais, garantindo o conforto térmico em ambientes residenciais.

4.2 Formas de instalação

A instalação de manta térmica pode variar dependendo do tipo de telhado e da manta térmica utilizada. No entanto, geralmente as formas de instalação mais comuns são:

4.2.1 Instalação sob as Telhas:

Nesse método, a manta térmica é instalada diretamente sob as telhas. A instalação começa na cumeeira do telhado e a manta é fixada com adesivo ou grampos de metal. Em seguida, a manta é estendida até a beirada do telhado e cortada de acordo com o tamanho do telhado. Esse método é mais indicado para telhados com pouca inclinação.

4.2.2 Instalação sobre o Telhado:

Nesse método, a manta térmica é instalada sobre o telhado existente. A manta é fixada com adesivo ou grampos de metal. Em seguida, é necessário colocar uma camada de proteção contra raios UV sobre a manta para evitar sua degradação. Esse método é mais indicado para telhados com muita inclinação.

4.2.3 Instalação por Baixo do Forro:

Nesse método, a manta térmica é instalada por baixo do forro do telhado. A manta é fixada com grampos de metal nas ripas do telhado. Esse método é mais indicado para telhados com forro e é especialmente útil para evitar o calor em locais fechados como os sótãos.

A instalação da manta térmica deve ser feita por um profissional qualificado e experiente para garantir que a instalação seja realizada corretamente e que a manta ofereça o máximo de eficiência térmica.

4.3 Formas de fixação

Existem diversas formas de fixação da manta térmica, sendo as mais comuns:

4.3.1 Colagem com Adesivo Térmico:

A manta térmica é fixada na superfície por meio de adesivo térmico, aplicado na base da manta e colado na superfície.

4.3.2 Fixação Mecânica:

A manta térmica é fixada na superfície por meio de fixadores mecânicos, como parafusos, rebites ou grampos.

4.3.3 Fixação por Pressão:

A manta térmica é fixada na superfície por meio de pressão, utilizando fitas adesivas dupla-face ou fitas de velcro.

4.3.4 Fixação por Grampeamento:

A manta térmica é fixada na superfície por meio de grampeadores específicos, que pressionam os grampos na superfície e na manta.

4.3.5 Fixação por Costura:

A manta térmica é fixada na superfície por meio de costura, utilizando linhas especiais que resistem à alta temperatura.

A escolha do método de fixação da manta térmica depende das características do substrato a ser isolado, do tipo de manta térmica utilizada e das condições de instalação. É importante seguir as instruções do fabricante para garantir uma instalação adequada e eficaz da manta térmica.

4.4 Benefícios da manta termoisolante

Dessa forma, as mantas térmicas são frequentemente utilizadas na construção civil para proporcionar uma série de benefícios, tais como:

- Isolamento térmico: As mantas térmicas ajudam a manter o interior dos edifícios quente no inverno e fresco no verão, o que resulta em economia de energia, já que o uso de aquecedores e ar-condicionado é reduzido.
- Redução de custos: Com a redução da necessidade de uso de aquecedores e ar-condicionado, há uma redução significativa nos custos de energia elétrica ou de gás, o que é especialmente relevante em grandes edifícios comerciais e residenciais.
- Controle de umidade: As mantas térmicas também ajudam a controlar a umidade nos ambientes internos, prevenindo a condensação e o aparecimento de mofo e bolor.
- Redução do ruído: As mantas térmicas possuem propriedades acústicas que ajudam a reduzir o ruído, o que é importante em áreas urbanas ou próximas a estradas movimentadas.
- Durabilidade: As mantas térmicas são duráveis e resistentes, podendo suportar condições climáticas adversas e a ação do tempo, sem perder suas propriedades isolantes.
- Facilidade de instalação: As mantas térmicas são fáceis de instalar e podem ser cortadas para se ajustarem perfeitamente ao espaço, o que significa que a instalação é rápida e eficiente.

Em resumo, as mantas térmicas são uma escolha popular na construção civil devido aos benefícios significativos que elas proporcionam, como economia de energia, controle de umidade e redução de ruído, além de serem duráveis e fáceis de instalar. É possível compreender a importância de projetar e construir edificações que considerem o conforto térmico desde o início. Desta forma, esse estudo busca contribuir para a investigação de métodos sustentáveis que possam ser acessíveis à população de baixa renda, gerando economia financeira em gastos de energia e oferecendo conforto às residências, além disso, o estudo visa esclarecer o custo mínimo para a criação dessas mantas.

4.5 Critérios para escolha da manta termoisolante

Ao escolher a melhor manta térmica para construção civil, é importante considerar as seguintes características:

4.5.1 Resistência

A manta térmica precisa ser resistente e durável o suficiente para suportar as condições da obra e proteger o isolamento térmico. É importante verificar a resistência ao rasgo e à perfuração, além da resistência à exposição a intempéries, como chuva e vento.

4.5.2 Capacidade de Isolamento Térmico

Deve-se verificar se a manta térmica tem uma boa capacidade de isolamento térmico, ou seja, se ela é capaz de reduzir a transferência de calor entre o ambiente interno e externo. A capacidade de isolamento térmico pode ser medida pela resistência térmica (R), que é a medida da resistência da manta à transferência de calor.

4.5.3 Facilidade de instalação

A manta térmica deve ser fácil de instalar, o que ajuda a reduzir o tempo e o custo de instalação. Deve-se levar em consideração avaliar se a manta térmica pode ser facilmente cortada e moldada para se adaptar às formas das superfícies da obra, além de ser fácil de prender com grampos ou adesivos.

4.5.4 Compatibilidade com outros Materiais

A manta térmica deve ser compatível com outros materiais usados na construção civil, como impermeabilizantes, adesivos e selantes. É necessário observar se a manta térmica é compatível com os materiais usados na obra para garantir que não ocorra nenhum dano ou desgaste prematuro.

4.5.5 Certificações e Normas Técnicas

É importante verificar se a manta térmica possui certificações e atende às normas técnicas exigidas pela construção civil. Certificações e normas técnicas ajudam a garantir a qualidade e segurança do material utilizado.

Ao considerar esses fatores, pode-se escolher a melhor manta térmica para construção civil que atenda às necessidades específicas da obra. É importante também buscar a orientação de um profissional qualificado para ajudar na escolha do melhor material para o isolamento térmico da obra.

4.6 Tipos de mantas termoisolantes usadas pelo mercado

A pesquisa em questão está centrada na investigação de mantas termoisolantes fabricadas a partir de resíduos sólidos, com o objetivo de proporcionar conforto térmico e substituir de maneira eficaz as tradicionais mantas de lã de vidro e lã de rocha, amplamente utilizadas. Para atingir esse propósito, é fundamental adquirir conhecimento e compreensão sobre as mantas convencionalmente empregadas. Esse conhecimento servirá como ponto de partida para a análise de mantas térmicas já consolidadas no mercado, permitindo, assim, uma avaliação crítica das inovações que envolvem materiais sustentáveis e ecologicamente responsáveis.

4.6.1 Mantas de Lã de Vidro

A lã de vidro é mundialmente reconhecida como um dos melhores isolantes térmicos (Catai, Penteado e Dalbello, 2006). As mantas térmicas produzidas com lã de vidro são frequentemente utilizadas para isolamento térmico e acústico em diversas aplicações, como construção civil, indústria naval, entre outras. A lã de vidro é um material fabricado a partir de vidro reciclado e outras matérias-primas, como areia, barrilha e calcário, fundidos em alta temperatura e transformados em fibras. Elas são conhecidas por suas excelentes propriedades de isolamento térmico e acústico, além de serem resistentes a altas temperaturas, não serem inflamáveis e não emitirem gases tóxicos em caso de incêndio.

As mantas térmicas de lã de vidro podem ser encontradas em diferentes espessuras e densidades, o que as torna versáteis para uma ampla gama de aplicações. Elas são frequentemente utilizadas em paredes, forros, telhados, pisos, tubulações, equipamentos industriais, entre outras aplicações. É possível observar exemplares de mantas térmicas através da Figura 7 e da Figura 8.

Figura 7 - Imagem da manta de lã de vidro



Fonte: ACUSTERM (2013).

Figura 8 - Imagem da mantas de lã de vidro em armazém



Fonte: ACUSTERM (2013)

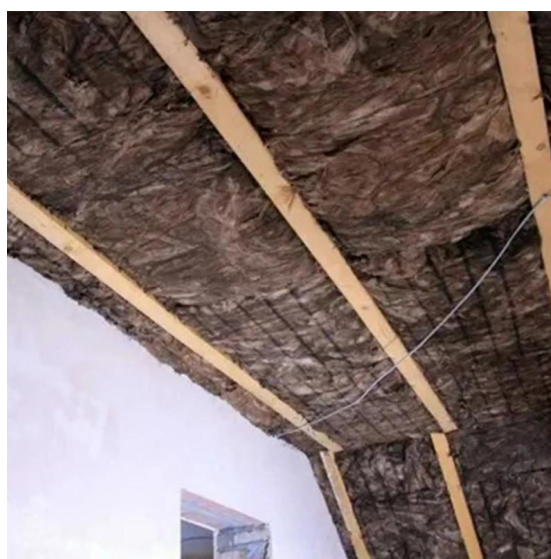
Além disso, as mantas térmicas de lã de vidro são fáceis de instalar e oferecem uma vida útil longa e durável. No entanto, é importante ressaltar que, assim como outras mantas térmicas, a lã de vidro deve ser manuseada com cuidado para evitar a inalação de partículas finas que podem causar irritações nas vias respiratórias. É sempre recomendável utilizar equipamentos de proteção individual durante a instalação.

4.6.2 Mantas de Lã de Rocha

Segundo a NBR 13047, que trata de Isolante Térmico de Lã de Rocha, a lã de rocha é um conglomerado de fibras minerais e é produzida a partir de matérias-primas abundantes na natureza, rocha basáltica e outros minerais, e recicladas, escória metalúrgica (ROCKFIBRAS, 2022). Tendo diversas propriedades, a lã de rocha pode ser empregada não só como isolamento térmico, mas também acústico e para proteção contra incêndios. Podem ser moldadas em diversas maneiras e podem ser compactadas para reduzir o seu volume durante o acondicionamento, tornando-o mais barato e mais fácil de transportar e de manusear. (Rodrigues, 2013)

Esses materiais também podem ser encontrados em forma de placas, sendo as placas mais usadas em paredes e as lãs mais usadas em instalações horizontais como no forro do teto, como pode ser visto na figura 9.

Figura 9 - Imagem de manta de lã de rocha



Fonte: Lojas isaura (2020)

Figura 10 - Imagem da aplicação da manta de lã rocha



Fonte: Isolamento (2021)

O isolamento de lã de rocha (Figura 10) tem função e aparência similar ao isolamento de lã de vidro, o que o torna uma escolha acessível para a instalação em residências convencionais como uma alternativa mais sustentável à fibra de vidro em projetos de grande reforma.

5. RESULTADOS

5.1. Mantas termoisolantes fabricadas de materiais recicláveis

As mantas termoisolantes fabricadas de materiais recicláveis são produtos de isolamento térmico que são feitos a partir de materiais reciclados ou recicláveis. Elas são projetadas para serem utilizadas em construções e edificações com o objetivo de reduzir a transferência de calor entre o interior e o exterior, melhorando assim a eficiência energética e o conforto térmico do ambiente.

No contexto da construção sustentável e do design ecológico, o uso de mantas termoisolantes fabricadas de materiais recicláveis é uma escolha ecologicamente responsável que contribui para a redução do desperdício e a conservação dos recursos naturais. Nesse tópico, serão apresentadas as mantas sustentáveis de polipropileno, mantas produzidas com embalagens de leite, manta asfáltica e a manta feita de fibra de coco mediante estudos realizados.

A Tabela 01 apresenta referências bibliográficas que disponibilizaram os resultados da presente pesquisa sobre as mantas sustentáveis.

Tabela 01 - Referências bibliográficas focadas nas mantas sustentáveis

| Artigo/ano | Título |
|------------------------------|--|
| Araujo <i>et al.</i> , 2015 | Estudo das propriedades termofísicas da fibra de coco minimamente processada visando aplicação como isolante térmico |
| Costacurta, 2021 | Análise de eficiência de isolamento térmico entre lã de vidro e lã de polietileno tereftalato (pet) em alvenaria e gesso acartonado. |
| Durante <i>et al.</i> , 2023 | Determinação da condutividade térmica do tetra pak para fins de aplicação como barreira radiante |
| Jahnke <i>et al.</i> , 2006 | Análise do desempenho térmico de painéis de vedação e mantas para subcobertura com a reutilização de embalagem lv |
| Medeiros, 2019 | Viabilidade econômica de mantas térmicas, produzidas a partir de resíduos de asfalto, para revestimento de telhados |
| Paz, 2018 | Desenvolvimento de uma manta térmica para construção civil utilizando resíduos de polipropileno |
| Rodrigues, 2017 | Mantas asfálticas para impermeabilização: reuso de resíduos |
| Senhoras, 2003 | Estratégias de uma agenda para a cadeia agroindustrial do coco: transformando a ameaça dos resíduos em oportunidades eco-eficientes |

5.1.1 Mantas de polipropileno

As mantas térmicas produzidas com polipropileno são utilizadas para isolamento térmico em diversas aplicações, desde a construção civil até a indústria de embalagens. O polipropileno é um termoplástico semicristalino produzido através da polimerização do monômero propeno (Paz, 2018) que possui propriedades isolantes e resistência à temperatura, tornando-o uma escolha popular para produtos de isolamento térmico.

Essas mantas térmicas são geralmente produzidas por meio de extrusão, onde o polipropileno é derretido e moldado em um formato desejado. Elas podem ser encontradas em diferentes espessuras e tamanhos, dependendo do seu uso final.

Além do isolamento térmico, as mantas térmicas de polipropileno também podem oferecer outros benefícios, como resistência à umidade, facilidade de instalação e durabilidade. Elas podem ser utilizadas em diversas aplicações, como em telhados, paredes, pisos e tubulações. A Figura 11 demonstra a utilização de uma manta de polipropileno durante uma obra.

Figura 11 - Utilização de manta de polipropileno durante obra



Fonte: AECweb (2014).

Paz (2018), avalia a possibilidade de criar uma manta térmica a partir de resíduos sólidos provenientes da indústria têxtil. O trabalho da autora definiu objetivos específicos, que incluíam a caracterização do resíduo, a produção da manta utilizando resíduos de polipropileno por meio de consolidação térmica, e a classificação da manta como material não tecido.

O texto aponta desafios relacionados aos custos na implementação e adoção de práticas de produção mais sustentáveis nas empresas, já que os benefícios

desse modelo não se manifestam a curto prazo. Além disso, destaca que a reutilização ou reciclagem de resíduos é a opção mais vantajosa tanto do ponto de vista ambiental quanto econômico para a destinação adequada dos resíduos da indústria têxtil (Paz, 2018).

Figura 12 - Manta aplicada ao protótipo



Fonte: PAZ (2018).

Os resultados do estudo demonstraram que a manta térmica feita com resíduos de polipropileno apresentou um desempenho térmico satisfatório, reduzindo a temperatura interna dos protótipos em comparação com protótipos sem a manta térmica. Além disso, a manta revelou características adequadas para ser utilizada na construção civil, como resistência mecânica e estabilidade dimensional. Paz (2018) sugere que a utilização de resíduos de polipropileno na fabricação de mantas térmicas para construção civil é uma alternativa sustentável e viável, permitindo a reutilização de materiais que de outra forma seriam descartados como resíduos e contribuindo para a redução do impacto ambiental.

5.1.2 Mantas produzidas com embalagens de leite (do tipo tetra pak e longa vida)

As mantas térmicas produzidas com embalagens do tipo Tetra Pak são uma opção sustentável e ecológica para o isolamento térmico de casas e edifícios. Essas embalagens são compostas por várias camadas de materiais, incluindo papel, plástico e alumínio, que combinados proporcionam uma excelente capacidade de isolamento térmico.

O processo de fabricação das mantas térmicas envolve a separação das camadas de papel e plástico das embalagens Tetra Pak, que são então combinadas e compactadas para formar uma manta de isolamento térmico. Além de ser uma forma de reutilizar materiais que poderiam ser descartados, as mantas térmicas

produzidas a partir de embalagens Tetra Pak são leves, duráveis e resistentes à umidade e a insetos, tornando-se uma opção eficiente e econômica para o isolamento térmico de edifícios.

No ano de 2020, mantas térmicas foram produzidas por um grupo de voluntários da Fraternidade sem Fronteiras, em Sergipe. Essas mantas foram produzidas tendo como objetivo final servir de cobertura de moradias em comunidades carentes. A figura 13 exemplifica a composição das embalagens usadas no processo de produção dessas mantas.

Figura 13 - Embalagem de leite Tetra Pak



Fonte: Telhado (2015)

Na dissertação intitulada "Análise do Desempenho Térmico de Painéis de Vedação e Mantas para Subcobertura com Reutilização de Embalagens Longa Vida (LV)," de Jahnke *et al.* (2006) que dedicou-se a se aprofundar na ideia de utilizar resíduos sólidos urbanos, especificamente embalagens longa vida, na construção civil. Além disso, o estudo se propôs a promover a conscientização ambiental e os princípios de sustentabilidade.

A pesquisa se concentrou na aplicação de embalagens longa vida, que são uma mistura de alumínio, papel e polietileno, para criar componentes de construção, como painéis de vedação e mantas de isolamento térmico. A autora explorou diferentes abordagens, como a combinação de camadas de polietileno e alumínio com placas de madeira, além do reuso das próprias embalagens longa vida com argamassa.

É importante notar que a pesquisa não abordou questões econômicas, resistência mecânica, estrutural ou impermeabilidade dos componentes propostos. Em vez disso, o foco foi na gestão de resíduos sólidos urbanos e no impacto que o descarte inadequado tem na saúde pública.

Os resultados apontaram o potencial da reutilização de embalagens longa vida na construção civil como uma abordagem sustentável. A combinação de filetes de embalagens longa vida em painéis reciclados mostrou um bom desempenho térmico. Por outro lado, o uso de embalagens fechadas apresentou resistência térmica inferior devido à condução de calor pelas paredes da embalagem. O estudo conclui que embalagens longa vida podem ser uma opção viável para isolamento térmico, embora não substituam completamente os materiais convencionais, mas representem uma alternativa adicional. Além disso, os resultados experimentais se mostraram consistentes, permitindo a medição de diferentes tipos de isolamento térmico em mantas de cobertura e painéis de vedação.

Figura 14 - Produção de tiras para confecção de mantas térmicas



Fonte: BENEVIDES, Rita de Cássia (2020).

No entanto, é importante destacar que a produção de mantas térmicas a partir de embalagens Tetra Pak ainda é limitada e não é amplamente difundida, o que pode tornar a aquisição desses produtos um pouco mais difícil. Além disso, é importante verificar a qualidade e a procedência do material utilizado na fabricação das mantas térmicas para garantir sua eficiência e durabilidade.

Durante *et al* (2023) afirmam que a busca por informações sobre valores da condutividade térmica de embalagens Tetra Pak, constatou-se que não há registro

anterior sobre esse dado, apesar de sua aplicação como barreira radiante ser amplamente abordada.

5.1.3 Mantas asfálticas

Mantas térmicas produzidas com resíduo asfáltico são uma forma de reutilizar o material resultante da produção de asfalto, que muitas vezes é descartado no meio ambiente. De acordo com o que foi apresentado por Rodrigues (2017), as mantas asfálticas são produtos flexíveis pré-fabricados na forma de rolos compostas por asfaltos modificados e estruturantes em seu interior. Essas mantas são usadas para isolamento térmico em edificações e em outras aplicações que exigem proteção contra altas temperaturas.

O processo de produção das mantas térmicas geralmente envolve a mistura do resíduo asfáltico com outros materiais, como polímeros, fibras de vidro e alumínio, para melhorar suas propriedades térmicas e mecânicas. O material é então aquecido e moldado em uma forma específica para obter a manta térmica final.

As mantas térmicas produzidas com resíduo asfáltico têm várias vantagens ambientais, como a redução da quantidade de resíduos que vão para aterros sanitários, o uso de um material renovável e a redução da emissão de gases de efeito estufa associados à produção de materiais convencionais. Além disso, essas mantas são duráveis e oferecem excelente isolamento térmico, o que pode ajudar a reduzir o consumo de energia em edificações. A Figura 15 ilustra a aparência de uma manta asfáltica.

Figura 15 - Fotografia da manta asfáltica



Fonte: DRYKO (2020).

No estudo "A Avaliação da Viabilidade Econômica de Mantas Térmicas Fabricadas a Partir de Resíduos de Asfalto para o Revestimento de Telhados," de Medeiros, Franco, Klepa e Santana (2019), se propõe a aprimorar o isolamento térmico do telhado de uma pousada localizada em São Joaquim, Santa Catarina, uma região conhecida por seu clima frio. A ideia central deste projeto é a utilização de um material isolante fabricado a partir de asfalto reciclado, com o intuito de avaliar tanto sua eficácia em reter o calor quanto sua viabilidade econômica em comparação com os isolantes convencionais amplamente utilizados na construção no Brasil.

O projeto concentrou-se na reutilização de asfalto fresado das estradas, que é frequentemente descartado de maneira prejudicial ao meio ambiente. Além de realçar a eficácia da manta de asfalto reciclado, também se destacou sua viabilidade econômica, um fator crucial para promover sua adoção em uma escala mais ampla. Além dos benefícios econômicos, a utilização do asfalto reciclado também ressalta sua natureza ecologicamente responsável.

Figura 16 - Aplicação da manta asfáltica



Fonte: Como escolher (2023)

No entanto, é importante lembrar que o uso de resíduos asfálticos na produção de mantas térmicas requer cuidados específicos para garantir a qualidade do material e a segurança do processo produtivo. Portanto, é essencial que as empresas que produzem essas mantas sigam as regulamentações ambientais e de segurança aplicáveis e realizem testes rigorosos para garantir a qualidade do produto final.

5.1.4 Mantas de fibra de coco

As mantas termoisolantes de fibra de coco desempenham um papel fundamental no isolamento térmico em diversas aplicações, especialmente em construções. A opção de aproveitar fibras de resíduos agrícolas é atrativa não só do ponto de vista econômico como também ambiental (Araújo, 2015). O processo de fabricação dessas mantas começa com a extração das fibras naturais do coco. Após a extração, as fibras passam por um rigoroso processo de separação e lavagem para eliminar impurezas.

Para criar as mantas, as fibras de coco são frequentemente combinadas com ligantes e aglutinantes naturais, como látex ou resinas vegetais. Esses componentes desempenham um papel crucial na manutenção da integridade da manta e na garantia de sua resistência. A mistura resultante é então processada e moldada em várias espessuras e tamanhos, adaptando-se às necessidades específicas de cada aplicação.

Posteriormente, as mantas são submetidas a um processo de secagem, seja em estufas controladas ou ao ar livre. Isso garante que os ligantes estejam completamente secos e que a manta mantenha sua forma e eficácia. No final do processo, as mantas termoisolantes de fibra de coco são cortadas e moldadas conforme as especificações necessárias. Elas oferecem uma série de benefícios, como resistência ao fogo, durabilidade e excelentes propriedades de isolamento térmico. Além disso, são consideradas materiais sustentáveis, pois aproveitam um subproduto da produção de alimentos e não contêm produtos químicos nocivos.

Figura 17 - Manta de fibra de coco



Fonte: COBASI (2019)

No artigo intitulado "Análise das Características Termofísicas da Fibra de Coco com Processamento Mínimo para Possível Utilização como Isolante Térmico," os autores Araújo, Félix Filho e Barbosa (2015) apresentam um projeto para a redução do consumo de energia e o aprimoramento do conforto em residências. O foco está na criação de um material inovador, feito a partir de fibra de coco processada com uma solução à base de caju, destinado a ser utilizado como isolamento térmico em projetos de construção.

O projeto envolveu a análise das características termofísicas desse novo material, com a criação de amostras de diferentes espessuras e densidades. Foram conduzidos testes para determinar a capacidade térmica, condutividade térmica e calor específico do material. Os resultados revelaram que a fibra de coco, tanto na forma verde quanto seca, apresenta valores de condutividade térmica comparáveis aos isolantes tradicionais, como a fibra de lã vidro e a lã de rocha.

Figura 18 - Fibra de coco



Fonte: Araújo (2015)

Araújo *et al.* (2015) destacam a relação direta entre a densidade do material e sua capacidade de armazenar calor, o que é crucial para manter a temperatura interna estável, mesmo diante de flutuações externas. A pesquisa enfatiza a necessidade de equilibrar a densidade para evitar um aumento excessivo na condutividade térmica. Como conclusão, Araújo *et al.* (2015) sugerem que esse material, além de ser ecologicamente sustentável, também é economicamente viável, apontando para sua possível aplicação futura na melhoria do isolamento térmico e acústico em projetos de construção.

5.2 Análise dos resultados encontrados

Neste tópico, é apresentada a análise da condutividade térmica e resistência térmica como características representativas de um potencial térmico. A análise dessas propriedades térmicas das mantas desenvolvidas a partir de materiais reciclados visa evidenciar sua viabilidade como alternativas sustentáveis para isolamento térmico em diversas aplicações construtivas, utilizando a manta de lã de vidro como uma base comparativa para as considerações, como visto na tabela 02.

Tabela 02 - Parâmetros analisados importantes para o conforto térmico

| | Coco | Asfalto | Embalagem de leite | Polipropileno | Lã de vidro |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------|
| Condutividade térmica | 0,043 a 0,045 W/mk | 0,221 W/mK | 0,0896 W/m ² K | 0,12 a 0,14 W/mK | 0,042 W/m °C |
| Referência da condutividade térmica | Senhoras (2003) | Medeiros (2019) | Durante <i>et al.</i> (2023) | Holguin <i>et al.</i> (2013) | Costacurta (2021) |
| Resistência térmica | 0,410 a 0,924 m ² °C/W | 1,8208.10 ⁻³ K/W | 0,43 m ² K/W | – | 1,19m ² °C/W |
| Referência da resistência térmica | Araújo <i>et al.</i> (2015) | Medeiros (2019) | Jahnke <i>et al.</i> (2006) | – | Costacurta (2021) |

Fonte: Dados reunidos das fontes bibliográficas

A resistência térmica da manta de fibra de coco foi obtida a partir da análise de 8 amostras de fibra de coco seco, enquanto na condutividade térmica da manta de embalagem de leite foi analisada o triplo empilhamento da amostra Tetra Pak na realização de medições de condutividade térmica de amostras do material a partir de quatro medições. Já a resistência térmica dessa manta teve os ensaios realizados num aparato com tamanho 30 x 30 cm.

A lã de vidro da fabricante Isover, do grupo Saint-Gobain tem como resistência térmica, dada por 1,19m² °C/W e condutividade térmica de 0,042 W/m °C (Costacurta, 2021), o que indica um parâmetro de comparação, já que essa manta já é utilizada convencionalmente no mercado.

Como é possível observar na tabela 02, a fibra de coco tem condutividade térmica muito similar à convencional lã de vidro, apesar da resistência térmica ser menor. Senhoras, 2003, diz que a fibra de coco satisfaz os padrões técnicos exigidos atualmente, onde apresenta uma elevada eficácia.

A manta asfáltica também demonstra bons resultados, tendo uma ótima resistência térmica. Medeiros, 2019, relata que “a manta térmica de asfalto reciclado, proposta neste artigo, reduz a perda de calor do telhado entre 68 e 72% e o seu custo com material é de duas a cinco vezes menor em relação às demais mantas estudadas.”.

As embalagens de leite tipo Tetra Pak ou Longa Vida demonstram potencial térmico, podendo ser utilizadas no isolamento térmico em edificações, porém é necessários mais estudos e, principalmente a aplicação em edificações reais para além dos protótipos.

Por fim, as mantas produzidas a partir de polipropileno reciclado são eficientes para reduzir perdas ou ganhos de calor (Paz, 2018), mas não foram encontrados valores para a resistência térmica.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A análise sobre as mantas produzidas com material sustentáveis atingiu seu propósito, de modo a possibilitar um conhecimento maior sobre essa alternativa de alcançar o conforto térmico dentro de edificações.

No presente estudo, averiguou-se que as mantas de polipropileno recicladas, juntamente com embalagens "longa vida" reutilizadas, mostraram ser eficazes no isolamento térmico das coberturas das edificações, reduzindo custos e impactos ambientais, contudo ainda é muito importante um maior foco em desenvolvimento de pesquisas sobre essas mantas, principalmente a de polipropileno que carece de informações técnicas como a resistência térmica. As mantas de asfalto reciclado também oferecem excelente isolamento a um custo acessível. Além disso, a manta de fibra de coco apresenta propriedades térmicas comparáveis a isolantes convencionais. Por conseguinte, nota-se que essas alternativas sustentáveis têm o potencial de melhorar o conforto térmico e acústico em projetos de construção.

Embora os resultados deste trabalho tenham sido significativos, houve limitações iniciais que precisaram ser superadas. Inicialmente, o foco da pesquisa

era o orçamento de produção de mantas sustentáveis e o objetivo foi mudado devido à falta de informações disponíveis. Contudo, foram obtidos resultados significativos ao optar por analisar os benefícios e a eficiência térmica das mantas pesquisadas.

Portanto, sugere-se que trabalhos e pesquisas futuras tenham como objetivo a comparação e análise dos custos de produção e a aplicação das mantas apresentadas durante esse estudo em edificações reais para verificar os seus impactos.

REFERÊNCIAS

ACUSTERM. Lã de Vidro: Aplicações da Lã de Vidro. **Acusterm.**, 20 jul. 2021. Disponível em: <https://www.acusterm.com.br/produto/la-de-vidro>. Acesso em: 10 jul. 2023.

AECWEB **Manta de Polipropileno Expandido** de 2mm tem desempenho acústico superior em obra. Aecweb, 13 maio 2014. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/empresa/multinova/20566/conteudo/manta-de-polipropileno-expandido-de-2mm-tem-desempenho-acustico-superior-em-obra/9843>. Acesso em: 10 mar. 2023.

ARAUJO, Paulo; FELIX FILHO, Luis F.; BARBOSA, Jessyca J. Estudo das propriedades termofísicas da fibra de coco minimamente processada visando aplicação como isolante térmico. Revista Interdisciplinar de Pesquisa e Inovação, v. 1, n. 1, p. 134-142, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220 – 3: desempenho térmico de edificações residenciais**. Parte 3 – Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro, ABNT, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações Habitacionais – Desempenho**, Rio de Janeiro, 2013.

BENEVIDES, Rita de Cássia: **Campanha reutiliza caixas de leites para confecção de mantas térmicas**. [S. l.], 28 jul. 2020. Disponível em: <https://infonet.com.br/noticias/cidade/campanha-reutiliza-caixas-de-leites-para-confeccao-de-mantas-termicas/>. Acesso em: 21 mar. 2023.

CATAI, Rodrigo Eduardo; PENTEADO, André Padilha; DALBELLO, Paula Ferraretto. Materiais, técnicas e processos para isolamento acústico. In: **Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciência dos Materiais**. 2006. p. 4205-4216.

COBASI Fibra de Coco Coquim 13 x 2. **Cobasi**, 12 maio 2019. Disponível em: <https://www.cobasi.com.br/limitador-de-canteiro-de-fibra-de-coco-coquim-3304638/p>. Acesso em: 11 set. 2023.

COMO COMPRAR um terreno, construir e conseguir financiamento “Minha casa, minha vida”. **Setpar**, 17 set. 2019. Disponível em: <https://www.setpar.com.br/blog/como-comprar-um-terreno-construir-e-conseguir-financiamento-minha-casa-minha-vida/>. Acesso em: 13 set. 2023.

COMO ESCOLHER **manta asfáltica para impermeabilizar a minha obra?**. Aecweb, 30 maio 2023. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/como-escolher-manta-asfaltica-para-impermeabilizar-a-minha-obra/22954>. Acesso em: 21 ago. 2023.

CONHEÇA 5 tipos de manta térmica e qual o melhor isolante térmico para telhado para você. **3TC Isolamento**, 1 jun. 2022. Disponível em: <https://www.3tc.com.br/blog/como-escolher-a-melhor-manta-termica-ou-isolamento-termico/#:~:text=A%20manta%20de%20isolamento%20térmico,e%20manter%20o%20conforto%20térmico>. Acesso em: 22 maio 2023.

COSTACURTA, Victor; SANT' ANNA, Paola M. M.; BRESSAN, Rodrigo T. ANÁLISE DE EFICIÊNCIA DE ISOLAMENTO TÉRMICO ENTRE LÃ DE VIDRO E LÃ DE POLIETILENO TEREFALATO (PET) EM ALVENARIA E GESSO ACARTONADO. 19º Encontro Científico Cultural Interinstitucional, [s. l.], 2019. Disponível em: https://www2.fag.edu.br/coopex/inscricao/arquivos/ecci_2021/12-10-2021--22-18-15.pdf. Acesso em: 28 nov. 2023.

DA SILVA, D. G.; MUNIZ VENTURA JR., A. **Determinação do material isolante ideal entre a manta de lã de vidro e lã de rocha para aplicações na indústria de bioenergia**. Ciência & Tecnologia, [S. l.], v. 14, n. 1, p. 34-44, 2023. DOI: 10.52138/citec.v14i1.262. Disponível em: <https://citec.fatecjaboticabal.edu.br/index.php/citec/article/view/262>. Acesso em: 23 ago. 2023.

DRYKO. **MANTAS ASFÁLTICAS DRYKO**. Dryko, 15 out. 2020. Disponível em: <https://dryko.com.br/mantas-asfalticas-dryko/>. Acesso em: 28 nov. 2022.

DURANTE, Luciane Cleonice; CALLEJAS, Ivan Julio Apolonio; AREDES, Fernanda Marques Botelho; BARBOSA, Fabiani Dalla Rosa. **Determinação da condutividade térmica do tetra pak para fins de aplicação como barreira radiante**. XVII Encontro nacional de conforto no ambiente construído, [s. l.], 2023. Disponível em: <https://eventos.antac.org.br/index.php/encac/article/view/3938/3810>. Acesso em: 28 nov. 2023.

HOLGUIN, Isabel C. *et al.* ESTUDO DE VIABILIDADE TÉRMICA DO PET E PP RECICLADOS PARA SUBSTITUIÇÃO DO ALUMÍNIO NAS ESTRUTURAS DE PAINÉIS SOLARES FOTOVOLTAICOS. 12º Congresso Brasileiro de Polímeros, [s. l.], 2013.

ISOLAMENTO Térmico: **Como Melhorar o Isolamento da Minha Obra**. Inova Civil: IGOR PINHEIRO, 19 mar. 2021. Disponível em:

<https://www.inovacivil.com.br/isolamento-termico-como-melhorar/>. Acesso em: 5 set. 2023.

JAHNKE, Karin Anete *et al.* Análise do desempenho térmico de painéis de vedação e mantas para subcobertura com a reutilização de embalagem LV. 2006.

Lã de rocha é solução para conforto acústico de edificações. **Aecweb**, 11 mar. 2021. Disponível em:

<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/la-de-rocha-e-solucao-para-conforto-acustico-de-edificacoes/13486>. Acesso em: 17 maio 2023.

LOJAS ISAURA **Lã De Rocha Isolamento Térmico** 13 Lãs 120x60 8,64 M². Lojas isaura, 3 ago. 2020. Disponível em: <https://www.lojasisaura.com.br/l-de-rocha-isolamento-termico-13-l-s-120x60-8-64-m.html>. Acesso em: 9 ago. 2023.

MANTA termica 2mm 1 face aluminio multiterm 100x50m 50m². **Balaroti**, 5 abr. 2022. Disponível em:

<https://www.balaroti.com.br/manta-termica-2mm-1-face-aluminio-multiterm-100x50m-50m2-121430/p>. Acesso em: 11 jul. 2023.

MEDEIROS, Mágilla Feitosa *et al.* Viabilidade econômica de mantas térmicas, produzidas a partir de resíduos de asfalto, para revestimento de telhados. revista *Matéria*, v. 24, n. 4, 2019.

OLIVEIRA, Lidiane Alves de. **Conforto térmico em edificações**. 2003. 70 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2003. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/932657a0-4013-42a6-b880-94d24f3cefc3/content>. Acesso em: 13 nov. 2022.

ONU - **Organização das Nações Unidas**. Declaração Universal dos Direitos Humanos da ONU. Disponível em: <http://www.onu-brasil.org.br/documentosdireitoshumanos>. Acesso em: 11 jun. 2023.

PAZ, Mayara Fernanda da. **Desenvolvimento de uma manta térmica para construção civil utilizando resíduos de polipropileno**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

PROJETO de sustentabilidade em moradias do Minha Casa, Minha Vida recebe prêmio internacional. **Gov.br**, 3 nov. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/noticias/projeto-de-sustentabilidade-em-moradias-do-minha-casa-minha-vida-recebe-premio-internacional>. Acesso em: 22 ago. 2023.

ROCKFIBRAS **Lã de Rocha THERMAX®**. Rockfibras., 17 jan. 2022. Disponível em: <http://rockfibras.com.br/produtos/la-de-rocha-thermax/>. Acesso em: 9 jul. 2023.

RODRIGUES, G. F.; ALVES, J. O.; TENÓRIO, J. A. S.; ESPINOSA, D. C. R. **Fabricação de lã de rocha a partir da escória da produção de ligas FeSiMn**. Scielo, [s. l.], 23 jan. 2013.

RODRIGUES, Victor Gabriel. Mantas asfálticas para impermeabilização: reuso de resíduos. **MBA Gestão de Obras e Projetos-Florianópolis**, 2017.

SAIBA QUAIS SÃO OS 3 PILARES DA SUSTENTABILIDADE. **Mundo isopor**, 14 out. 2021. Disponível em: <https://www.mundoisopor.com.br/sustentabilidade/pilares-da-sustentabilidade>. Acesso em: 19 jun. 2023.

SENHORAS, Elói Martins. ESTRATÉGIAS DE UMA AGENDA PARA A CADEIA AGROINDUSTRIAL DO COCO: TRANSFORMANDO A AMEAÇA DOS RESÍDUOS EM OPORTUNIDADES ECO-EFICIENTES. 2003. Artigo científico (Instituto de Economia) - Universidade Estadual de Campinas, [S. l.], 2003. Disponível em: <http://www.cocoverderj.com.br/CocoMonografia.pdf>. Acesso em: 28 nov. 2023.

SOBRE, o Minha Casa, Minha Vida. **Gov.br**, 17 abr. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/cidades/pt-br/aceso-a-informacao/acoes-e-programas/habitacao/programa-minha-casa-minha-vida/sobre-o-minha-casa-minha-vida-1>. Acesso em: 29 ago. 2023.

TELHADO **Verde é a melhor opção de telhado?**. Homenagem flores, 19 jul. 2015. Disponível em: <https://homenagemflores.wordpress.com/2015/07/19/telhado-verde-e-a-melhor-opcao-de-telhado/>. Acesso em: 21 ago. 2023.