



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA URBANA

DISSERTAÇÃO

**Avaliação do desempenho térmico de forros produzidos com
adição de resíduo EVA**

Jefferson Thiago Macedo

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA URBANA

DISSERTAÇÃO

**Avaliação do desempenho térmico de forros produzidos com
adição de resíduo EVA**

Jefferson Thiago Macedo, Mestrando
Prof. Dr. Alúcio Braz de Melo, Orientador

2020

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
MESTRADO EM ENGENHARIA URBANA

DISSERTAÇÃO

**Avaliação do desempenho térmico de forros produzidos com adição de resíduo
EVA**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal da Paraíba, sob a orientação do Prof. Dr. Alúísio Braz de Melo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Mestre.

2020

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

M141a Macedo, Jefferson Thiago.

Avaliação do desempenho térmico de forros produzidos
com adição de resíduo EVA / Jefferson Thiago Macedo. -
João Pessoa, 2020.

39 f. : il.

Orientação: Aluísio Braz de Melo Melo.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT.

1. Desempenho Térmico. 2. Forro. 3. Gesso. 4. Resíduo
EVA. 5. Reciclagem. I. Melo, Aluísio Braz de Melo. II.
Título.

UFPB/BC

**“AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE FORROS DE GESSO MODIFICADOS
COM ADIÇÃO DE RESÍDUO EVA”**

JEFFERSON THIAGO MACEDO
Dissertação aprovada em 24 de março de 2020

Período Letivo: 2019.2



Prof. Dr. Aluísio Braz de Melo – UFPB
Orientador



Prof. Dr. Normando Perazzo Barbosa – UFPB
Examinador Interno



Profa. Dra. Lucila Chebel Labaki – UNICAMP
Examinadora Externa



João Pessoa/PB
2020

Dedico este trabalho a todos os professores que contribuíram para minha formação acadêmica. A vocês, minha eterna admiração.

AGRADECIMENTOS

À senhora Rosilda, pela receptividade, simpatia, disponibilidade e suporte para a conclusão desta pesquisa através da sua empresa Gesso Santo Antônio;

Aos funcionários da empresa Santo Antônio, sobretudo, a Severino pela ajuda na produção das placas e a equipe de Neto pela instalação do forro nas câmaras. Meu muitíssimo obrigado;

À empresa Amazonas, em especial a Abner, pela oferta dos resíduos EVA utilizados exaustivamente nessa pesquisa;

Ao professor Dr. Aluísio Braz de Melo pelas orientações, apoio e correções concedidas a este trabalho;

Aos membros desta banca, professores doutores Normando Perazzo Barbosa e Lucila Chebel Labaki que tanto contribuíram para o engrandecimento deste trabalho;

Ao professor Roberto Pimentel pela amizade e conhecimentos advindos de sua disciplina ofertada pelo PPGECAM, metodologia da pesquisa, que muito me fez evoluir como aluno pesquisador e na escrita científica;

Aos colegas de trabalho orientandos do professor Aluísio, Amanda, Mohara e Pablo, com quem pude trocar conhecimento e boas conversas;

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelos recursos disponibilizados e ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM) pelos auxílios concedidos para participação de congressos realizados nesse meio tempo;

E a você Ju por absolutamente tudo. Obrigado por não me fazer desistir jamais da conclusão desta pesquisa e obtenção deste título, além de me impedir, nos momentos difíceis, de ficar próximo ao “balcony” (risos). Te amo pra sempre!

“O homem de bem exige tudo de si próprio; o homem medíocre espera tudo dos outros.”

Confúcio

RESUMO

O setor calçadista gera enorme volume de resíduos, dentre eles o etileno acetato de vinila (EVA) com potencial de utilização em componentes pré-fabricados para a construção civil, a exemplo de placas para forro. Este trabalho verificou a eficácia da inserção do resíduo EVA na produção de placas de gesso para execução de forros em habitações de padrão popular. A metodologia foi dividida em três etapas: a definição do compósito (gesso modificado com EVA) com condutividade térmica mais baixa, a produção das placas em tamanho real e, por último, a instalação destas como um forro num protótipo em escala real, no qual foram realizados registros mensais (com data loggers) de temperatura e umidade, em períodos característicos do clima local: chuvoso (inverno) e seco (verão). Os dados foram ainda comparados com registros feitos em ambientes semelhantes com e sem forro de gesso comum instalado. Os resultados mostraram que o forro de gesso modificado com EVA teve desempenho similar ou melhor, conforme o período analisado, com relação ao isolamento térmico (redução de até 1,8 °C), quando comparado ao forro de gesso comum. O estudo permitiu concluir que as placas de gesso modificadas com EVA apresentam potencial para serem utilizadas como forros.

PALAVRAS-CHAVE: Desempenho Térmico, Gesso, Forro, Reciclagem, Resíduo EVA.

ABSTRACT

The footwear sector generates a huge volume of residues, among them ethylene vinyl acetate (EVA) with potential for use in prefabricated components for civil construction, such as false ceiling boards. This work verified the effectiveness of inserting the EVA residue in the production of plasterboard for the execution of false ceilings in houses of popular standard. The methodology was divided into three stages: the definition of the composite (plaster modified with EVA) with lower thermal conductivity, the production of the boards in real size and, finally, the installation of these as a ceiling in a full-scale prototype, in which monthly records (with data loggers) of temperature and humidity were performed, in periods characteristic of the local climate: rainy (winter) and dry (summer). The data were also compared with records made in similar environments with and without common plaster lining installed. The results showed that the plaster boards modified with EVA had a similar or better performance, according to the period analyzed, with regard to thermal insulation (reduction up to 1.8 °C), when compared to the ordinary plaster ceiling. The study concluded that plasterboard modified with EVA has the potential to be used as false ceilings.

KEYWORDS: Thermal Performance, Plaster, False Ceiling, Recycling, EVA Waste

SUMÁRIO

RESUMO	i
ABSTRACT	ii
FIGURAS	iv
TABELAS	v
CAPÍTULO 1	6
1. INTRODUÇÃO (contexto e motivação).....	6
1.1 Objetivo Geral	7
1.2 Estrutura do Trabalho	7
1.3 Metodologia Geral do Trabalho	7
REFERÊNCIAS	9
CAPÍTULO 2	10
2. INTRODUÇÃO.....	10
3. REFERENCIAL TEÓRICO.....	11
3.1 Incorporação do resíduo EVA como agregado leve em aglomerantes.....	11
3.2 Estudos com placas de gesso modificadas para uso como forro	13
4. MÉTODO	15
4.1 Definição do compósito de gesso modificado com resíduo EVA.....	15
4.1.1 Seleção e caracterização dos materiais	15
4.1.2 Definição dos traços e produção dos corpos de prova	16
4.1.3 Determinação da condutividade dos corpos de prova	17
4.2 Teste de produção em escala real das placas pré-moldadas	18
4.3 Verificação do desempenho térmico das placas em tamanho real instalada em forro	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	22
5.1 Caracterização dos materiais	22
5.1.1 Gesso	22
5.1.2 Resíduo EVA.....	22
5.2 Proporção dos materiais no traço e condutividade térmica dos corpos de prova .	22
5.3 Produção das placas e resultados dos ensaios exigidos para as placas.....	24
5.4 Desempenho térmico dos forros	26
5.4.1 Meses com temperaturas mais baixas	26
5.4.2 Meses com temperaturas intermediárias.....	28
5.4.3 Meses com temperaturas mais altas	31
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	32
REFERÊNCIAS	36

FIGURAS

Figura 1- Fluxograma com as etapas de caracterização dos materiais envolvidos na pesquisa	15
Figura 2- Conjunto de traços elaborados	16
Figura 3- (A) Formas de silicone com formato prismático (dimensões 18cm x 18cm x 5cm) e (B) Corpos de prova produzidos.....	17
Figura 4- ISOMET 2114: medição da condutividade térmica através da sonda de agulha	18
Figura 5- Equipamento para moldagem das placas de gesso com dimensões 60cm x 60cm x 1,2cm	19
Figura 6- Ambientes analisados em pavimento superior: (A) e (C) Protótipo com forro de gesso modificado com EVA e (B) e (D) Protótipo com forro de gesso comum	20
Figura 7- Registrador de temperatura e umidade relativa do ar: (A) Localizado no interior do ambiente (elemento circulado); (B) e (C) Protetor externo (elemento circulado) com o registrador colocado internamente para coletar as medições	20
Figura 8- Organização dos grupos para análise comparativa entre os meses dos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020 sob diferentes condições de ventilação do ático e presença ou ausência dos forros diferentes.....	21
Figura 9- Composição granulométrica do resíduo EVA	22
Figura 10- Primeira tentativa de moldagem da placa de gesso modificada com 30% EVA (traço escolhido inicialmente): (A) Placa ainda no molde com concentração de resíduo EVA no centro (elemento circulado); (B) e (C) Placas rompidas na região de concentração de resíduo.....	24
Figura 11- Placa de gesso modificada com EVA: (A) Imagem após receber acabamento; (B) Placas sendo secas em espaço aberto protegido da chuva	25
Figura 12- Registros durante meses com temperaturas externas mais baixas (amenas; entre 22,0 °C e 29,9 °C) na condição dos ambientes com forro e ausência de ventilação no ático (2019).....	26
Figura 13- Registros durante meses com temperaturas externas mais baixas (amenas; entre 22,0 °C e 29,6 °C) na condição dos ambientes sem forro (2018)	26
Figura 14- Registros durante meses com temperaturas externas mais baixas (amenas; entre 22,0 °C e 29,1 °C) na condição dos ambientes sem forro (2017).....	27
Figura 15- Registros durante meses com temperaturas externas intermediárias (entre 24,3 °C e 32,0 °C) na condição dos ambientes com forro e ausência de ventilação no ático (2019)	29
Figura 16- Registros durante meses com temperaturas externas intermediárias (entre 24,7 °C e 32,2 °C) na condição dos ambientes sem forro (2018)	29
Figura 17- Registros durante meses com temperaturas externas intermediárias (entre 23,3 °C e 32,0 °C) na condição dos ambientes sem forro (2017)	29
Figura 18- Registros durante meses com temperaturas externas mais altas (entre 26,4 °C e 33,5 °C) na condição dos ambientes com forro e ventilação no ático (2019/2020)	31
Figura 19- Registros durante meses com temperaturas mais altas (entre 25,6 °C e 31,8 °C) na condição dos ambientes sem forro (2018)	31

TABELAS

Tabela 1: Proporções utilizadas na elaboração dos corpos de prova e suas condutividades térmicas.....	23
Tabela 2: Resultados dos ensaios exigidos pela NBR 16382 para uso das placas de gesso para forro	25

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO (contexto e motivação)

Uma das apreensões mais pertinentes nas discussões atuais sobre conservação do meio ambiente é a destinação adequada dos resíduos nos diversos setores da economia, sobretudo no setor industrial. A elevada capacidade produtiva das indústrias e, conseqüentemente, o grande volume de resíduos que podem vir a serem gerados, potencializam as preocupações diante desse evento, tendo em vista que, quando as “sobras” do processo produtivo não encontram uma forma de serem reinseridas no mercado, a partir dos processos de reciclagem, de reutilização ou de redução, muitas vezes, acabam sendo destinadas de forma inadequada e podem vir a tornarem-se fontes agressoras ao meio ambiente, a exemplo dos resíduos gerados pelas indústrias calçadistas: o etileno acetato de vinila (EVA). Por outro lado, esses resíduos podem representar possibilidades e soluções para pesquisadores e setores, tendo como base o histórico dos estudos desenvolvidos, nos quais se confirmam que há grande capacidade em absorver os resíduos sólidos industriais, por exemplo, no setor da construção civil (DANTAS *et al.*, 2014).

A construção civil é um segmento importante para a economia do país. Sua capacidade abrangente, não a limita à construção de casas ou edifícios, mas se refere a qualquer atividade relacionada com a produção de obras. Um dos elementos construtivos que é foco no presente estudo e que detém importância para os ambientes construídos, como também, para os usuários, são os forros. Os forros são elementos construtivos localizados a certa distância da face inferior da laje estrutural ou de telhados com madeiramento aparente, de modo a constituir a superfície superior, normalmente plana, de um ambiente interno do edifício. Apesar de terem sua funcionalidade muito vinculada com a parte estética, os forros podem ser um elemento importante para contribuir no desempenho térmico dos ambientes, sobretudo se forem utilizados em sua composição materiais que tenham potencial para tal objetivo.

Outro aspecto associado ao desempenho térmico de um ambiente é o clima, ao qual este está inserido. Situações de ocorrência frequente de elevadas temperaturas causam maior consumo de energia, devido ao uso de ventiladores e ar condicionados, sendo estes, um dos maiores responsáveis pelo aumento do consumo de energia. Propostas que venham reduzir a problemática citada anteriormente, são bem-vindas, pois,

além de promoverem melhor conforto térmico aos usuários, geram economias (sobretudo para famílias de baixa e média renda) e ajudam o meio ambiente, porque reduzem o consumo energético e beneficiam a economia dos recursos naturais (RIVERO; SATHRE; NAVARRO, 2016).

Neste contexto, esta pesquisa se propôs a avaliar a ideia de um forro que compatibilize baixo custo, uso de materiais com maior capacidade de isolamento térmico e ainda represente algum benefício ao meio ambiente, favorecendo a reciclagem como, por exemplo, a inserção do resíduo EVA gerado pelas indústrias calçadistas, na produção de placas de gesso.

1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho foi desenvolver um forro com maior capacidade de isolamento térmico, baseado na ideia do componente de gesso modificado com a adição de agregados leves, originados dos resíduos EVA. Tal forro se enquadra como material alternativo para aplicações em habitações térreas, visando conciliar baixo custo de produção e material com adequado desempenho térmico.

1.2 Estrutura do Trabalho

Essa dissertação está configurada como um artigo científico, seguindo as normas do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECAM) da Universidade Federal da Paraíba (UFPB) dividida em dois capítulos:

- O Capítulo 1 tece considerações iniciais sobre o trabalho desenvolvido e visa aproximar o leitor da problemática abordada.
- O Capítulo 2 trata do artigo desenvolvido a partir desta pesquisa seguindo as subdivisões típicas, como: Introdução, Referencial Teórico, Método, Resultados, Discussões, Considerações Finais e Referências.

1.3 Metodologia Geral do Trabalho

A metodologia foi dividida em três etapas principais, sendo elas: a definição do compósito de gesso modificado com resíduo EVA para produzir as placas pré-moldadas para forro, teste de produção em escala real na configuração das placas pré-moldadas em tamanho padrão do mercado local (60cm x 60cm x 1,2cm), para uso em execução de forro

e por fim, a verificação do desempenho térmico das referidas placas em tamanho real instalada em forro no protótipo em escala real.

Na primeira etapa, foram realizadas a seleção e a caracterização dos materiais utilizados na preparação de diferentes compósitos (gesso + agregados de EVA) e, por conseguinte, a produção de corpos de prova (placas: 18cm x 18cm x 5cm), no objetivo de determinar aquela composição de maior interesse, qual seja, com menor condutividade térmica.

Na segunda etapa, a partir da avaliação da condutividade térmica dos corpos de prova, com diferentes traços, feita na primeira etapa, foi possível chegar à composição desejável para atender o objetivo geral desta pesquisa, que é desenvolver um forro com maior capacidade de isolamento térmico. Para tal ocorrência, um dos principais fatores era que a placa pré-moldada de gesso modificada com EVA tivesse uma menor condutividade térmica, comparada à placa de gesso convencional.

Na terceira etapa, foi feito o monitoramento das temperaturas e umidades relativas do ar internas dos ambientes, com os diferentes forros instalados, respectivamente, com gesso comum e com gesso modificado com EVA. Cabe destacar, que os forros foram instalados em protótipos com as mesmas dimensões e características construtivas (alvenaria com bloco de solo cimento e coberta com madeiramento aparente e telha canal de cerâmica vermelha). Além disso, também foram registradas as temperaturas e umidades relativas do ar externas aos protótipos, durante as medições mensais. Adicionalmente, os dados coletados durante os anos 2019 e 2020, período em que os forros estavam instalados, foram comparados com os registros coletados em 2017 e 2018, quando a condição dos mesmos protótipos era sem forros instalados.

REFERÊNCIAS

DANTAS, Carolina Pereira et al. Light Cementitious Composites with Wastes from the Footwear Industry. **Key Engineering Materials**, v. 600, p.648-656, mar. 2014. Trans Tech Publications, Ltd.. <http://dx.doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.600.648>.

RIVERO, Ana Jiménez; SATHRE, Roger; NAVARRO, Justo García. Life cycle energy and material flow implications of gypsum plasterboard recycling in the European Union. **Resources, Conservation And Recycling**, v. 108, p.171-181, mar. 2016. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.01.014>.

CAPÍTULO 2

2. INTRODUÇÃO

O etileno acetato de vinila (EVA) é um material copolímero resultado de um processo de polimerização em reatores de alta pressão, produzindo um composto micro poroso, constituído por: agente de expansão, agente reticulante, cargas, ativadores, auxiliares de processo, polímeros e seu componente mais importante – a resina de EVA, que contém o acetato de vinila, cuja proporção define as propriedades do composto de EVA.

A principal utilização desse material é na indústria calçadista. O EVA com proporções de acetato de vinila entre 18% e 28% em massa possui grande aplicação neste setor. Ele é utilizado para confecção de placas expandidas para estampagem de palmilhas, confecção de solados e entressolas, ou de variados artigos como: viseiras, brinquedos, material didático, etc. (ZATTERA *et al.* 2005).

Na fase de produção dos calçados, são gerados dois tipos de resíduos: os resultantes das sobras das placas expandidas originadas do processo de obtenção dos formatos dos calçados (cortes) e possíveis refugos de solado, entressola ou palmilha de calçado e o pó obtido através do lixamento do calçado na fase de acabamento (GARLET, 1998).

Bezerra (2002) atenta que existem limitações quanto ao reaproveitamento desses resíduos, como: nível de reticulação, excesso de silicone e a presença de gás no material, além das limitações técnicas que fazem com que a reciclagem na própria indústria seja inferior a 40% do volume gerado.

Este dado acaba ganhando forte preocupação quando se observa o aumento do consumo de EVA, após seu estabelecimento no setor calçadista na década de 70 (século XX), como matéria prima para produção de calçados e similares. Na Paraíba, por exemplo, Estado que ocupa o 2º lugar no ranking de produção de calçados do Brasil, a produção chega a mais de um milhão de pares por dia, segundo informação dada pelo vice-presidente do Sindicato da Indústria de Calçados da Paraíba, Eduardo Souto (SOUTO, 2018).

Dado o problema e a importância de se procurar por soluções que reduzam o volume de resíduos gerados pelo setor calçadista que podem vir a tornar-se fontes agressoras ao meio ambiente, é que este estudo tem por premissa.

A literatura mostra que a maior parte das intervenções realizadas para diminuir a carga térmica que chega aos ambientes internos das habitações é através da cobertura (ALYASARI; AMEEN; ALTAWELL, 2018; KOSNY *et al.*, 2018). Faz sentido que assim seja, devido ao nível de exposição maior que os telhados (a quinta fachada), geralmente, estão submetidos, quando comparados a elementos da edificação que ficam em contato com o meio externo, como por exemplo, as fachadas. Entretanto, intervenções em cobertas podem ter custos maiores e metodologias mais complexas de se implantar (SIMAS, 2009). Portanto, são bem-vindas alternativas mais econômicas e processos executivos mais simples, que procurem reduzir a carga térmica que chega aos ambientes internos.

Procurando contribuir com a literatura, reduzindo o viés principal das intervenções em cobertas, propondo uma nova aplicação, somado a necessidade ambiental em reduzir o volume de resíduos industriais não aproveitados e proporcionando execução e produção com menores custos, é que este trabalho visou desenvolver a ideia de forro que ofereça boa capacidade de isolamento térmico e que utilize em sua composição o resíduo descartado das industriais calçadistas- o resíduo EVA.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Incorporação do resíduo EVA como agregado leve em aglomerantes

Garlet (1998), um dos pioneiros do estudo com EVA na construção civil, trabalhou em sua dissertação com o aproveitamento de resíduos EVA como agregado para concreto leve e de componentes de vedação para a construção civil. Ele obteve importantes resultados como um novo tipo de concreto leve, com grande ductilidade em decorrência das propriedades elásticas do agregado de EVA. Sendo uma importante referência para estudos com esse tipo de resíduo, o autor aponta em seu trabalho, possíveis aplicações desse material, sendo elas: o uso como contrapiso de lajes entrepisos para atenuação do ruído de impacto (BORGES, 2015; PEDROSO, 2007; SANTOS, 2013), isolamento térmico (GOMES, 2015), absorção acústica e produção de alguns materiais tendo como base o cimento, desde que a resistência à compressão seja adequada na dosagem do concreto (BEZERRA, 2014; MEDEIROS, 2018; MENDONÇA, 2015; ROCHA, 2008).

O pioneirismo de Garlet e as conclusões do seu trabalho foram importantes para o avanço do tema em pesquisas futuras. Os trabalhos dos autores: Viana (2011), Silva, Cahino e Melo (2012) e Medeiros (2016) contribuíram para atestar a afinidade versátil do

resíduo com outros materiais e sua capacidade em melhorar o desempenho térmico do componente a qual foi incorporado. Viana (2011), por exemplo, avaliou o comportamento térmico de um forro do composto de EVA mais outro copolímero- o estireno butadieno rubber (SBR), na proporção 90% para 10%, respectivamente, em edificações de habitação de interesse social a partir de um modelo reduzido estruturado com blocos de madeira compensada e telhado com telha de fibrocimento. A análise comparativa dos espaços com forro do composto EVA+SBR e sem forro, mostraram que ambientes com forro tiveram desempenho muito superior: eles proporcionaram níveis de temperaturas menores que os modelos sem forro (5,0 °C a menos); todos os índices de desempenho térmico, foram menores com forro, sobretudo em horários mais intensos da radiação solar (entre as 11:00-14:00 horas); no período frio, o forro EVA+SBR contribuiu para manter o ambiente mais aquecido, entre outros resultados.

Silva, Cahino e Melo (2012), desenvolveram os chamados blocos EVA. Eram blocos cimentícios, sem função estrutural, onde foi incorporado o resíduo EVA. No que concerne o desempenho térmico do material, os autores acreditam que tanto a geometria do componente quanto o percentual de EVA incorporado nos blocos EVA foram aspectos relevantes para o seu desempenho térmico, isso porque foram produzidos vários blocos com diferentes proporções de EVA e dimensões, e aquele que obteve o melhor desempenho térmico foi o bloco com a maior proporção de resíduo EVA (80%) e com maior espessura das dimensões confeccionadas (25 cm x 25 cm x 12,5cm).

Por fim, Medeiros (2016), produziu blocos destinados a vedação, feitos com gesso incorporados com resíduo EVA. Além dos aspectos de propriedades físicas e mecânicas analisadas, a autora preocupou-se em avaliar o desempenho térmico do material. Assim como nos estudos anteriores, agora com um novo material trabalhado, o bloco apresentou bom desempenho térmico, inclusive com resistência térmica superior ao bloco de gesso utilizado como referência (sem a adição de resíduos e relação água/gesso de 0,5), apresentando 0,56 m².K/W contra 0,51 m².K/W, respectivamente.

Baseado na boa integração entre o EVA e o gesso, a partir das referências citadas, sobretudo por Medeiros (2016), optou-se pelo gesso para ser o outro material a compor o compósito desenvolvido neste trabalho. Além disso, o gesso tem por característica intrínseca já ser um material com boa capacidade de isolamento térmico (KARNI; KARNI, 1995), não sendo à toa o seu vasto uso como componente principal de forros existentes no mercado.

Entretanto, esse tipo de compósito apresenta uma ressalva importante: no trabalho de tese de Oliveira (2009) é mostrado que maiores adições de resíduo EVA no gesso acabam reduzindo o seu tempo de pega. Portanto, a depender da quantidade de EVA incorporado, sem o uso de um aditivo retardador de pega, o material torna-se praticamente não trabalhável, impossibilitando assim, sua moldagem e/ou modelagem. A trabalhabilidade pode ser aumentada com a elevação da relação água/gesso (a/g), mas deve se atentar para o fato que maiores quantidades de água adicionada ao gesso reduzem sua resistência mecânica, sendo, portanto, fundamental estabelecer limites para essa relação a fim de que o gesso tenha adequada resistência para atingir a aplicabilidade desejada.

3.2 Estudos com placas de gesso modificadas para uso como forro

Segundo Moura (2019), em uma construção, o telhado representa um fator importante no ganho de calor contribuindo tanto para o aumento da carga térmica em dias quentes quanto reduzindo em dias frios. Michels (2007) explica que a transferência de calor entre telhado, forro e o ambiente ocorre da seguinte forma:

- A radiação solar composta por radiação infravermelha de onda curta, ao entrar em contato com as telhas, as aquece;
- Uma parte deste calor é perdida por convecção e irradiação para o ambiente externo, e a outra parte, adicionada, pelas telhas que transmite para o ático;
- Dentro do ático, o calor é transferido das telhas até a superfície do forro por convecção e radiação;
- O forro absorve parte deste calor e o transmite para o espaço interno da residência.

Logo, para reduzir a transferência de calor para dentro de um ambiente, é necessário a colocação de um material entre eles com baixa condutividade térmica. Quando utilizado corretamente, ele retarda a energia térmica que atravessa o objeto por qualquer meio de troca térmica. Essa capacidade de reduzir as trocas de calor é diretamente relacionada com a resistência térmica característica de materiais isolantes.

Diferentes trabalhos com placas de gesso para uso como forros buscaram justamente essa redução da condutividade térmica incorporando outros materiais. Abden *et al.* (2020), por exemplo, trabalharam placas de gesso para forros integrados com material de mudança de fase (PCM). Segundo esses autores, materiais que tem essa característica possuem a capacidade de armazenar energia térmica solar na forma de calor

latente acima da temperatura de transformação de fase e libera-o lentamente durante o processo de transição de fase reversa em uma faixa estreita de temperatura. Os autores avaliaram o desempenho térmico das placas de gesso com PCM através da medição das temperaturas do ar interno de câmaras de teste em miniatura durante três dias consecutivos tendo como coberta as próprias placas. Como resultado observado, o pico de temperatura do ar (em torno das 12:00 horas), dentro da câmara com a placa de gesso com PCM, reduziu em média 3,5 °C, atingindo o máximo de 4,9 °C no primeiro dia que foi quando o céu estava mais limpo, comparado a placa de gesso comum.

Braiek *et al.* (2017) desenvolveram placas para forros unindo gesso a fibra de palma. Segundo os autores as fibras apresentam propriedades termofísicas e acústicas interessantes para o desenvolvimento de materiais isolantes eficientes. De fato, os resultados mostraram que a maior a quantidade de fibras da palma, em sua proporção máxima testada (20%), apresentou condutividade térmica menor (0,174 W/m.K) do que o valor de referência (sem a fibra) que foi de 0,452 W/m.K. Um outro trabalho que também une materiais naturais ao gesso é o de Cherki *et al.* (2014). Estes propuseram uma placa de gesso modificada com a inserção de cortiças, a fim de melhorar as propriedades térmicas e reduzir o peso da placa. Para tal análise, os autores fixaram uma relação de a/g igual a 0,7 e variaram a granulometria da cortiça. Os resultados desta pesquisa mostraram que a placa de referência (apenas com gesso) apresentou maior condutividade térmica (0,30 W/m.K) comparado as outras placas com cortiça testadas, especialmente a que teve a maior granulometria trabalhada (entre 8mm – 12,5mm) que foi de 0,10 W/m.K. Além disso, a massa específica deste último foi menor do que a placa de referência (447,32 kg/m³ contra 801,76 kg/m³) o que atesta sua menor massa.

Por fim, o trabalho de Pedreño-rojas *et al.* (2017) desenvolveram placas para uso como forro tendo como composição o gesso incorporado com diferentes resíduos de madeira de demolição (aparas e serragem). Além da condutividade térmica, outras propriedades foram estudadas neste trabalho como a capacidade de absorção sonora e o desempenho mecânico. Com relação a condutividade térmica, o traço trabalhado com maior introdução de aparas de madeira (20%) apresentou menor condutividade térmica (0,156 W/m.K) comparado a serragem adicionada (0,167 W/m.K) e o de referência (0,250 W/m.K) o que demonstra sua potencialidade para uso como forro.

4. MÉTODO

A pesquisa foi dividida em três principais etapas, sendo elas: a definição do compósito de gesso modificado com resíduo EVA para produzir as placas pré-moldadas para forro, a produção em escala real na configuração das placas pré-moldadas em tamanho padrão do mercado local (60cm x 60cm x 1,2cm), para uso em execução de forro e por fim, a verificação do desempenho térmico das referidas placas em tamanho real instalada em forro no protótipo em escala real.

A seguir uma descrição mais sucinta dessas etapas.

4.1 Definição do compósito de gesso modificado com resíduo EVA

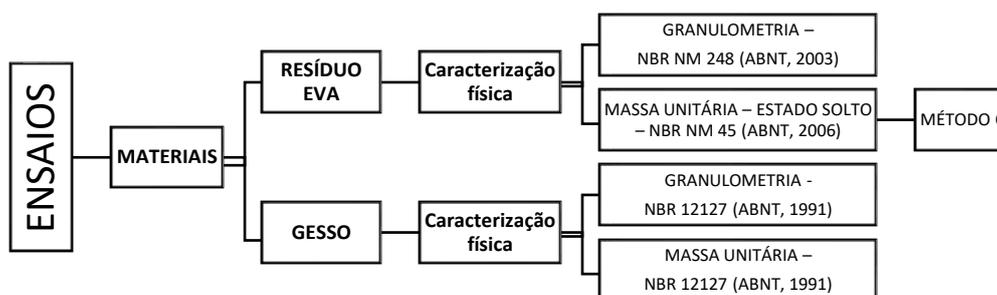
Nesta etapa, foram realizadas a seleção e a caracterização dos materiais utilizados na preparação de diferentes compósitos (gesso + agregados de EVA) e, por conseguinte, a produção de corpos de prova (placas: 18cm x 18cm x 5cm), no objetivo de determinar aquela composição de maior interesse, qual seja, com menor condutividade térmica.

4.1.1 Seleção e caracterização dos materiais

Três materiais foram utilizados para a produção do compósito, sendo eles: o gesso, a água e o resíduo EVA. O gesso e água foram provenientes de uma empresa especializada em fornecimento de placas de gesso, localizada em João Pessoa, Paraíba. O gesso desta fábrica é obtido do município de Araripina, localizado em Pernambuco. Já o resíduo EVA, foi cedido pela empresa local (indústria de calçados), em sacos de 10 kg com o material já triturado, numa granulometria padrão proporcionada por uma máquina do tipo moinho de facas, existente na fábrica.

Com relação a caracterização dos materiais, o seguinte fluxograma foi seguido conforme pode ser visto na Figura 1.

Figura 1- Fluxograma com as etapas de caracterização dos materiais envolvidos na pesquisa

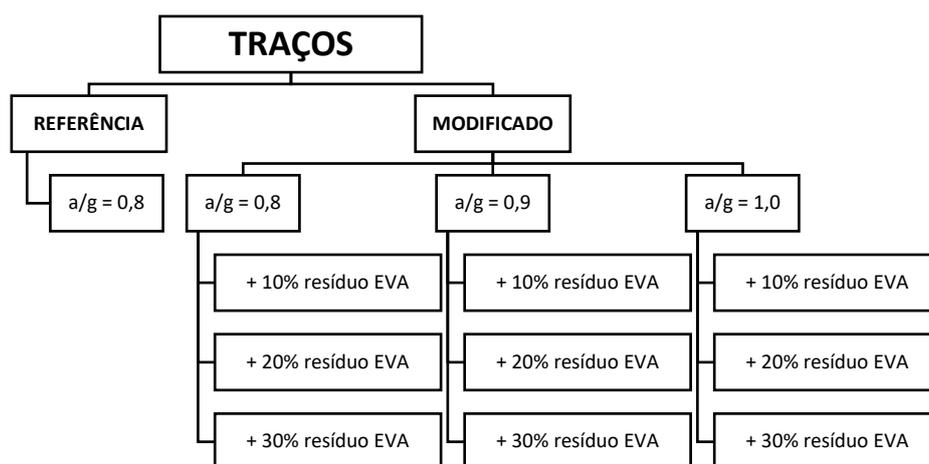


4.1.2 Definição dos traços e produção dos corpos de prova

Para definir qual traço era o mais adequado para a produção das placas em escala real foi necessário elaborar corpos de prova com diferentes combinações de relações água/gesso (a/g) e quantidades diferentes de resíduo EVA, para em seguida, definir a dosagem a ser utilizada na fabricação das placas de gesso modificadas, baseado no traço com menor condutividade térmica.

Foram escolhidos nove traços distintos, sendo as proporções de resíduo EVA adotadas (10%, 20% e 30%) justificadas pelo trabalho de Oliveira (2009), além de um traço de referência sem a incorporação do resíduo, conforme pode ser visto na Figura 2. As relações de a/g adotadas (0,8, 0,9 e 1,0) foram justificadas baseado no traço geralmente utilizado no mercado para produção de placas de gesso para forro (0,8) e os valores maiores a 0,8 tinham o intuito de tentar aumentar a porosidade na peça e assim reduzir a condutividade térmica do produto final, conforme explicado por Isern e Messing (2016).

Figura 2- Conjunto de traços elaborados



No que consiste o processo de mistura, foram seguidos os seguintes passos: separaram-se as proporções necessárias para o traço a ser testado; colocou-se a água e depois o resíduo EVA num recipiente; os dois materiais foram misturados por alguns instantes; e por fim, introduziu-se o gesso até que se formasse um conjunto homogêneo, sendo a mistura final colocada na forma para pré-moldar as placas.

Para moldar os corpos de prova (Figura 3B) foram utilizadas formas de silicone (Figura 3A), em formato prismático, com dimensões 18cm x 18cm x 5cm.

Figura 3- (A) Formas de silicone com formato prismático (dimensões 18cm x 18cm x 5cm) e (B) Corpos de prova produzidos



O momento para a retirada dos corpos de prova das formas foi determinado pelo aspecto visual com aparência de material seco na superfície da peça. Sabe-se que rapidamente o gesso se solidifica, variando essa velocidade, em função da quantidade de água e resíduo EVA que foi inserido (OLIVEIRA, 2009). Portanto, o processo de moldagem e remoção das placas das formas ocorre em questão de minutos.

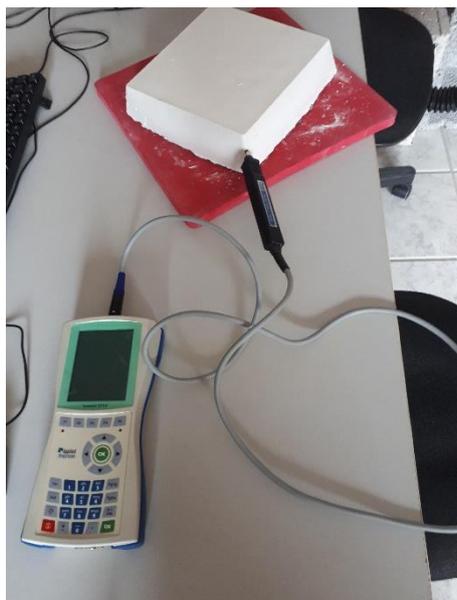
Ao retirar as peças dos moldes, elas foram levadas para secagem ao ar livre e protegidas do contato com água. A utilização dessas peças para os ensaios seguintes esperou quatro dias.

4.1.3 Determinação da condutividade dos corpos de prova

Para avaliar a condução térmica dos corpos de prova produzidos, com diferentes traços, foi utilizado o equipamento denominado ISOMET 2114, Figura 4. Segundo o manual do próprio equipamento (APPLIED PRECISION, 2011), o princípio de funcionamento consiste na análise da resposta da temperatura do material estudado aos impulsos de fluxo de calor. Esse fluxo é excitado pelo aquecimento elétrico através da resistência presente internamente na sonda que está em contato direto com o calor desenvolvido pelo corpo de prova testado.

Para se obter uma melhor representação dos resultados das propriedades térmicas das amostras, quatro perfurações foram feitas nas diferentes diagonais dos corpos de prova (pontos de medição), a fim de introduzir totalmente a sonda do equipamento e, assim, medir, coletar os valores e realizar as análises. Os resultados apresentados pelo equipamento para cada ponto de medição foram anotados e retirados uma média aritmética, sendo este, o resultado final para aquele corpo de prova analisado.

Figura 4- ISOMET 2114: medição da condutividade térmica através da sonda de agulha



Com o objetivo de permitir fácil introdução e retirada da sonda durante as medições, as perfurações tiveram profundidade correspondente ao comprimento da sonda do equipamento (11cm) e diâmetro um pouco acima (3,1mm) do diâmetro da sonda (3mm).

O objetivo dessa etapa consistiu, inicialmente em: determinar se os corpos de prova modificados com resíduo EVA apresentavam menor condução térmica do que o corpo de prova de referência (sem EVA); e, posteriormente, qual desses corpos de prova teriam menor condutividade térmica, para assim definir o traço que seriam feitas as placas com dimensões 60cm x 60cm x 1,2cm, necessárias para a montagem do forro nos protótipos construídos em escala real no Laboratório (LABEME-UFPB).

4.2 Teste de produção em escala real das placas pré-moldadas

Utilizando os resultados obtidos do ensaio de condutividade térmica nos corpos de prova com distintos traços, encaminhou-se à etapa seguinte que foi a elaboração das placas de dimensões 60cm x 60cm x 1,2cm. Estas placas foram produzidas em formas de silicone, com uma tampa de acrílico que resulta em um acabamento específico para serem utilizadas em um sistema de forro dito autoportante, conforme por ser visto na Figura 5.

Figura 5- Equipamento para moldagem das placas de gesso com dimensões 60cm x 60cm x 1,2cm



Além do teste de produção, foram realizados diferentes ensaios, orientados através da norma NBR 12775 (ABNT, 2018) com a placa modificada, a fim de saber se as exigências solicitadas pela norma NBR 16382 (ABNT, 2015), que trata dos requisitos das placas de gesso para forro, eram também atendidas na placa de gesso com o resíduo EVA.

4.3 Verificação do desempenho térmico das placas em tamanho real instalada em forro

Depois que as placas de gesso modificada com resíduo de EVA foram submetidas aos ensaios da norma NBR 12775 e tendo as exigências atendidas pela norma NBR 16382, estas passaram para o teste de desempenho térmico em escala real com a execução do forro.

Cada protótipo (Figura 6), localizado no espaço externo do LABEME-UFPB, recebeu um tipo de forro diferente, sendo: um apenas com gesso comum e o outro com gesso modificado com resíduo EVA. Ambos os protótipos apresentam as mesmas dimensões (2,84m x 2,42m), foram executados com o mesmo material na alvenaria (blocos de solo e cimento - terra crua estabilizada com cimento Portland), com a cobertura em madeiramento e telha canal em cerâmica vermelha e estão ambos sujeitos ao mesmo micro clima. Deve-se destacar que os forros em teste foram instalados apenas no pavimento superior de cada protótipo.

Figura 6- Ambientes analisados em pavimento superior: (A) e (C) Protótipo com forro de gesso modificado com EVA e (B) e (D) Protótipo com forro de gesso comum



Os forros foram instalados a uma mesma altura em ambos protótipos (2,12m). Durante as medições de temperatura e da umidade relativa do ar foram utilizados registradores (data loggers da marca HOBO) que ficaram localizados no centro do volume de cada ambiente interno de teste (Figura 7A), sempre a uma mesma distância com relação ao piso (1,60m). A temperatura do ar e a umidade relativa do local foram considerados parâmetros importantes para analisar o potencial de isolamento térmico dos forros. Além disso, foi utilizado um registrador na parte externa aos protótipos, a fim de também coletar a temperatura e umidade do ar do meio externo. Este ficou alojado no interior de um dispositivo apropriado para tais medições em ambiente externo (Figura 7B e 7C), que é permeável ao ar através das suas faces laterais.

Figura 7- Registrador de temperatura e umidade relativa do ar: (A) Localizado no interior do ambiente (elemento circulado); (B) e (C) Protetor externo (elemento circulado) com o registrador colocado internamente para coletar as medições



Os dados foram coletados de junho de 2019 a fevereiro de 2020 sempre realizados entre os dias 21 e 28 de cada mês, na condição com os forros instalados em cada protótipo. O intervalo de dias escolhidos teve como referência a possibilidade de coincidir, em algumas ocasiões, com as datas de transição entre as estações do ano (solstícios e equinócios). Os registradores foram programados para coletar os dados a cada 15 minutos, ligados ininterruptamente durante os dias de medição, sempre começando ao meio dia do dia 21 de cada mês e terminado ao meio dia do dia 28 de cada mês. Esse mesmo padrão de medições foi realizado nos mesmos meses de anos anteriores (2017 e 2018), mas os protótipos estavam em condições diferentes, ou seja, sem forros instalados.

Com o propósito de identificar a influência do ático no isolamento térmico dos forros testados, foram criadas duas condições para as medições realizadas em 2019 e 2020, sendo elas: meses em que a ventilação externa circulava pelo ático, através das pequenas frestas existentes entre o madeiramento e as telhas da cobertura (condição com ático aberto) e meses em que tal ventilação externa foi bloqueada (condição com ático fechado). A primeira condição ficou vigente entre os meses de junho até novembro de 2019 e a segunda condição entre os meses de dezembro de 2019 a fevereiro de 2020.

Outra análise realizada investigou a contribuição da presença do forro nos protótipos, comparando aos anos em que estes não estavam instalados, e o nível de isolamento proporcionado pelo forro de gesso modificado com EVA, quando comparado com o forro de gesso comum. Para isso, os meses foram divididos em três grupos. O critério utilizado para tal agrupamento foram as semelhanças observadas nos resultados de temperatura e umidade relativa do ar, registrados ao longo das medições feitas durante o tempo dessa pesquisa. A organização desses grupos pode ser vista na Figura 8. Deve-se lembrar que durante todos os registros realizados os ambientes foram mantidos com as portas fechadas, ou seja, sem ventilação.

Figura 8- Organização dos grupos para análise comparativa entre os meses dos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020 sob diferentes condições de ventilação do ático e presença ou ausência dos forros diferentes



5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Caracterização dos materiais

5.1.1 Gesso

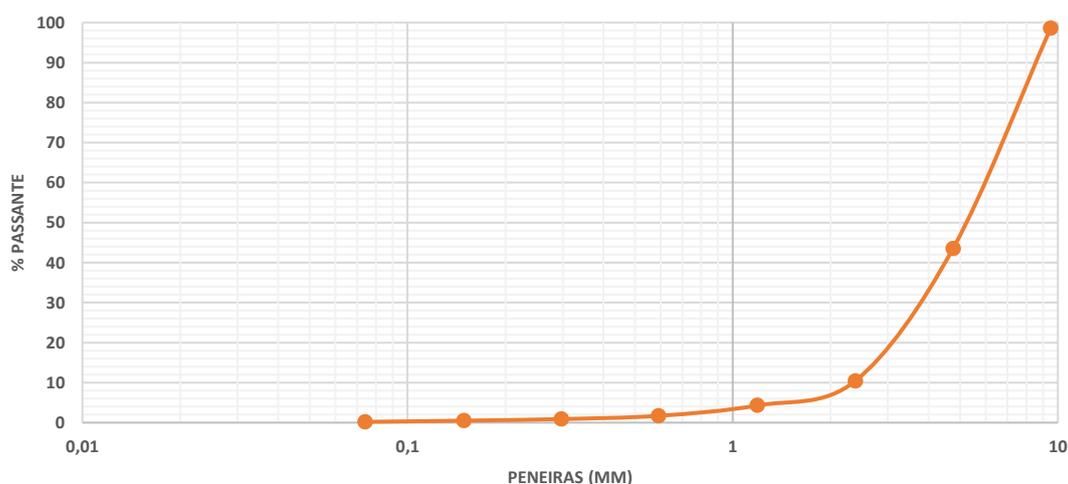
Os ensaios de granulometria e massa unitária revelaram, respectivamente, os valores do módulo de finura do gesso e sua massa unitária que foram de 0,814 e 0,910 g/cm³.

5.1.2 Resíduo EVA

Os ensaios de granulometria e massa unitária, revelaram, respectivamente, o módulo de finura, o diâmetro máximo característico do lote ensaiado e a massa unitária do resíduo que foram de 5,40, 9,50 mm e 0,28 g/cm³. Trata-se de um material que se enquadra como agregado leve.

A composição granulométrica do resíduo EVA pode ser observada na Figura 9.

Figura 9- Composição granulométrica do resíduo EVA



Observou-se que mesmo o processo de trituração do resíduo sendo feito em uma máquina de corte (moinho de facas), na qual poderia se esperar um padrão nos tamanhos dos grãos, houve uma variação da granulometria do material produzido como agregado leve, embora boa parte do resíduo tenha se concentrado entre as peneiras de série normal 4,76 mm e 2,38 mm (88,19%).

5.2 Proporção dos materiais no traço e condutividade térmica dos corpos de prova

A quantidade de gesso necessária na elaboração dos corpos de prova, a partir da forma silicone escolhida, foi de 1,80 kg para 1,44 litros de água, uma vez que, a proporção

adotada ($a/g = 0,8$) é a utilizada pela fábrica na produção das placas utilizadas para instalação de forros. Portanto, todos os outros traços seguiram com esse valor fixo em massa tendo sua quantidade de água variando, como pode ser observado na Tabela 1.

Os resultados para a condução térmica de cada corpo de prova podem ser vistos também na Tabela 1. Vale ressaltar que o valor da condução térmica definido para o corpo de prova é a média aritmética dos quatro valores obtidos por cada peça ensaiada.

Três informações podem ser retiradas da Tabela 1. A primeira delas é que os corpos de prova modificados com a inserção do resíduo EVA tiveram menores condutividades térmicas (a maior delas sendo de 0,3337 W/m.K) comparado a condutividade térmica do corpo de prova de referência (sem EVA) que foi de 0,3557 W/m.K.

Tabela 1- Proporções utilizadas na elaboração dos corpos de prova e suas condutividades térmicas

a/g	EVA (%)	Gesso (kg)	EVA (kg)	Água (litros)	CONDUTIVIDADE TÉRMICA (W/m.K)				Média
					Diagonal I	Diagonal II	Diagonal III	Diagonal IV	
0,8	-	1,80	-	1,440	0,3370	0,3628	0,3678	0,3552	0,3557
0,8	10%	1,62	0,18	1,296	0,3122	0,4002	0,2739	0,3484	0,3337
0,8	20%	1,44	0,36	1,152	0,2782	0,3058	0,2822	0,2744	0,2852
0,8	30%	1,26	0,54	1,008	0,2615	0,2549	0,2616	0,2589	0,2592
0,9	10%	1,62	0,18	1,458	0,3347	0,2610	0,2975	0,3039	0,2993
0,9	20%	1,44	0,36	1,296	0,2474	0,2550	0,2263	0,2474	0,2440
0,9	30%	1,26	0,54	1,134	0,2131	0,2791	0,2290	0,2337	0,2387
1,0	10%	1,62	0,18	1,620	0,2920	0,3049	0,2919	0,2834	0,2931
1,0	20%	1,44	0,36	1,440	0,2393	0,2324	0,2495	0,2325	0,2384
1,0	30%	1,26	0,54	1,260	0,2367	0,2567	0,2128	0,2295	0,2339

O segundo aspecto perceptível é que o aumento tanto das quantidades de água nos corpos de prova quanto do resíduo EVA reduziram a condutividade térmica do material compósito. Para notar isso basta fixar um item e variar o outro, por exemplo, ao fixar a relação a/g em 0,8, o aumento do teor do resíduo EVA reduz gradativamente a condutividade térmica (0,3337 W/m.K; 0,2852 W/m.K e 0,2592 W/m.K). O mesmo comportamento pode ser observado fixando a quantidade de resíduo e variando a proporção de a/g. Por exemplo, ao fixar a quantidade de resíduo em 10% e variar as proporções de a/g (0,8; 0,9 e 1,0), observa-se a redução gradual da condutividade térmica (0,3337 W/m.K; 0,2993 W/m.K e 0,2931 W/m.K).

Da verificação anterior se chega à terceira constatação de que o aumento da quantidade de resíduo EVA tem maior influência na redução da condutividade térmica do que o aumento da quantidade de água. Basta verificar nos exemplos, anteriormente citados, que a maior redução da condutividade térmica foi quando se aumentou a proporção do resíduo EVA nos compósitos.

A partir destas análises, foi definido o traço para produzir as placas de gesso modificadas com agregado de resíduo EVA, sendo ela a de relação $a/g = 1,0$ e uso de 30% de resíduo EVA sobre a massa de gesso, que correspondeu ao traço de menor condutividade térmica e conseqüentemente, a de maior potencial para isolamento térmico do sistema de forro desejado.

5.3 Produção das placas e resultados dos ensaios exigidos para as placas

Baseado no traço inicialmente escolhido (relação $a/g = 1,0$ e 30% de resíduo EVA), a primeira composição testada tinha as seguintes quantidades: 1,5 kg de resíduo EVA, 3,5 kg de gesso e 3,5 litros de água. Porém, essa tentativa não foi exitosa, devido a duas situações ocorridas: a tampa de acrílico não fechava adequadamente sobre o molde por causa da quantidade de resíduo (30%) presente na mistura; e a pouca quantidade de água, deixou a peça muito seca, tornando-a frágil e quebradiça. Ambos aspectos podem ser vistos na Figura 10.

Figura 10- Primeira tentativa de moldagem da placa de gesso modificada com 30% EVA (traço escolhido inicialmente): (A) Placa ainda no molde com concentração de resíduo EVA no centro (elemento circulado); (B) e (C) Placas rompidas na região de concentração de resíduo



A ocorrência desta situação permitiu concluir que a forma e o processo de produção das placas limitam a proporção de resíduo EVA, que pode estar presente na mistura. Portanto, todas as proporções com 30% de resíduo foram excluídas do processo de teste.

O segundo teste foi realizado com o segundo traço de menor condutividade térmica, sendo este o de relação a/g = 1,0 e incorporação de 20% de resíduo EVA em relação à massa do aglomerante, gerando a seguinte proporção: 1,0 kg de resíduo EVA, 4,0 kg de gesso e 4,0 litros de água.

A placa com o novo traço conseguiu ser removida do molde sem problemas de ruptura e passou perfeitamente na máquina de acabamento da empresa cujo objetivo é padronizar as placas para serem comercializadas. Portanto, a placa (Figura 11) foi considerada habilitada para ser testada no conjunto de ensaios exigidos pela norma NBR 16382. Os resultados são mostrados na Tabela 2.

Figura 11- Placa de gesso modificada com EVA: (A) Imagem após receber acabamento; (B) Placas sendo secas em espaço aberto protegido da chuva



Tabela 2- Resultados dos ensaios exigidos pela NBR 16382 para uso das placas de gesso para forro

DETERMINAÇÕES	EXIGÊNCIAS NBR 16382 (ABNT, 2015)	PLACAS	
		Placa com gesso	Placa com gesso + EVA
Massa (kg)	Pesada	6,17	5,25
Dimensões (mm)	600 ± 3,0	600	600
Largura reforço lateral (mm)	≥ 20,0	25,0	25,0
Espessura reforço lateral (mm)	25 ± 5,0	30,0	30,0
Espessura na região central (mm)	≥ 10,0	12,0	12,0
Folga nos encaixes (mm)	≤ 0,8	0,5	0,5
Deflexão na diagonal (mm)	≤ 1,0	1,0	1,0
Diferença na diagonal (mm)	≤ 1,0	0	0
Arrancamento (N)	≥ 2 vezes o peso da placa mais 6 kg	260	≥ 165
Massa Específica (kg/m ³)	Não há especificação	1079,5	881,2

Além dos resultados positivos para as determinações previstas na norma NBR 16382, a placa de gesso modificada com EVA apresentou uma redução de quase 1,0kg comparada a placa de gesso comum. Em se tratando da montagem do forro, a diminuição da massa da placa é um aspecto interessante, uma vez que deve resultar em uma maior agilidade de instalação (ganho em produtividade).

5.4 Desempenho térmico dos forros

5.4.1 Meses com temperaturas mais baixas

As Figuras 12, 13 e 14 mostram as médias máximas e mínimas de temperatura e umidade relativa do ar, considerando os dados coletados nos meses chuvosos no clima local, que representa nesse estudo o período com temperaturas do ar mais baixas (amenas) no ambiente externo, referentes aos anos de 2019, 2018 e 2017.

Figura 12- Registros durante meses com temperaturas externas mais baixas (amenas; entre 22,0 °C e 29,9 °C) na condição dos ambientes com forro e ausência de ventilação no ático (2019)

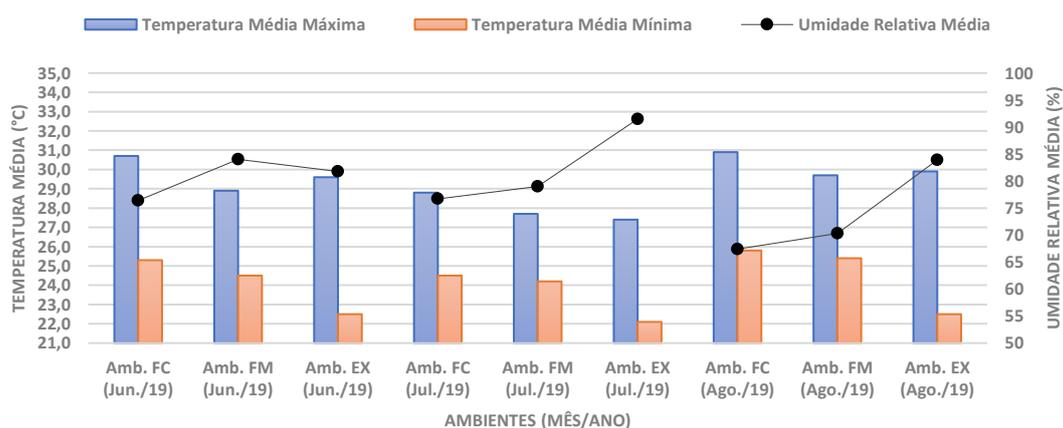


Figura 13- Registros durante meses com temperaturas externas mais baixas (amenas; entre 22,0 °C e 29,6 °C) na condição dos ambientes sem forro (2018)

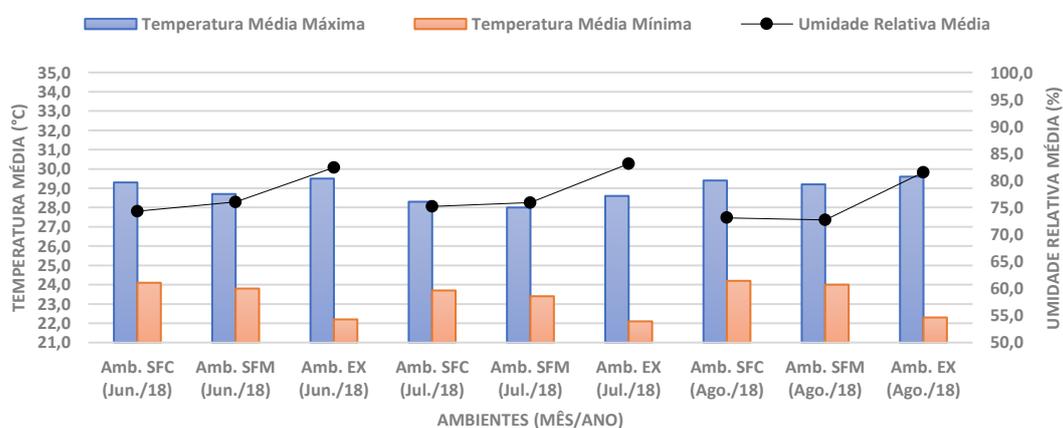
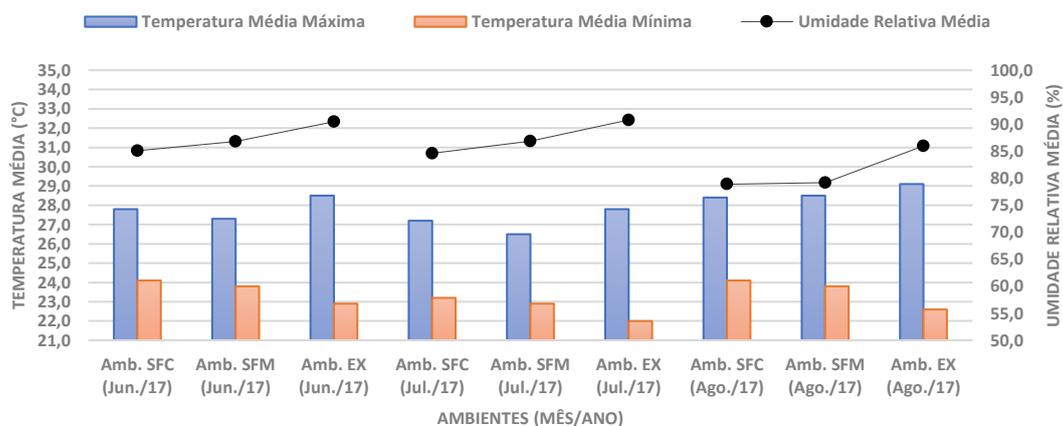


Figura 14- Registros durante meses com temperaturas externas mais baixas (amenas; entre 22,0 °C e 29,1 °C) na condição dos ambientes sem forro (2017)



A respeito da umidade relativa do ar média, observou-se (Figuras 13 e 14, respectivamente) que os ambientes sem o forro de gesso comum (Amb. SFC, anos 2017 e 2018) e sem o forro de gesso modificado com EVA (Amb. SFM, anos 2017 e 2018), apresentaram valores muito semelhantes (as retas que conectam os dois dados são pouco inclinadas). Tais resultados da umidade relativa do ar são sempre mais baixos quando comparados com aqueles do ambiente externo (Amb. EX). Por outro lado, os ambientes que tiveram o forro de gesso comum (FC, ano 2019) e o forro de gesso modificado com EVA (Amb. FM, ano 2019) instalados (Figura 12), sem ventilação no ático, tenderam para resultados de umidade relativa do ar média mais díspares (retas mais inclinadas), entre si (FC x FM) e, principalmente, em relação ao ambiente externo. Portanto, esses resultados confirmam (como se esperava) que os ambientes com forros instalados tendem a ser menos “influenciados” pela variação da umidade do ar no meio externo.

Observa-se ainda que parece existir um padrão nos resultados para o período (jun/jul/ago) analisado nos 3 anos: os ambientes FC e SFC tendem a apresentar umidades relativa de ar menores; os ambientes FM e SFM tendem a apresentar valores intermediários, enquanto o ambiente externo apresenta maiores valores.

O comportamento descrito para umidade relativa do ar média, vale também para as temperaturas do ar. Observa-se que para os meses (junho/julho/agosto) de 2017 e 2018, quando não haviam forros instalados, as temperaturas médias máximas do ar internas aos ambientes e aquelas referentes ao ambiente externo, se mantêm com valores relativamente próximos, embora sempre o ambiente externo com as temperaturas mais altas. Ao comparar com os resultados dos mesmos meses de 2019, quando os ambientes já estavam com os forros instalados (FC e FM), é notável como as temperaturas médias

máximas do ar internas do ambiente com o forro FC são sempre maiores do que as temperaturas do ar externas e, por outro lado, aquelas para o ambiente onde foi instalado o forro FM são sempre os menores valores. O resultado evidencia que o ambiente com o forro FC acumulou calor no ático não ventilado, que influenciou no aumento da temperatura interna do ambiente abaixo do forro. O mesmo comportamento não foi observado no ambiente com forro FM, que se manteve com temperaturas internas mais baixa do que a externa. O fato evidencia a efetiva contribuição do agregado de resíduo de EVA, presente nas placas do forro FM, na redução da temperatura interna do ambiente em teste.

Na análise quantitativa das temperaturas internas, observa-se que o ambiente com forro de gesso modificado com EVA apresentou as menores temperaturas máximas médias (Jun./19 = 28,9 °C; Jul./19 = 27,7 °C e Ago./19 = 29,7 °C), quando comparado ao ambiente com forro de gesso comum (Jun./19 = 30,7 °C; Jul./19 = 28,8 °C e Ago./19 = 30,9 °C), confirmando que o primeiro (FM) isolou melhor, até 1,8 °C relativo a jun/19 (mês mais chuvoso) e 1,4 °C na média para os três meses (jun/19; jul/19 e ago/19) termicamente na condição do teste (ático fechado). Por dois meses, inclusive, as temperaturas internas do ambiente com FM (Jun./19 = 28,9 °C e Ago.19 = 29,7 °C) foram menores do que as temperaturas externas (Jun./19 = 29,6 °C e Ago./19 = 29,9 °C).

Por fim, o ático sem ventilação, como esperado, proporcionou temperaturas mais altas em ambientes internos, notadamente naquele ambiente com forro de gesso comum (FC) instalado.

5.4.2 Meses com temperaturas intermediárias

As Figuras 15, 16 e 17 mostram as médias máximas e mínimas de temperatura e umidade relativa do ar, considerando os dados coletados nos meses classificados nesse estudo como os de temperaturas intermediárias (transição entre período chuvoso e seco no clima local), novamente para os anos de 2019, 2018 e 2017.

Figura 15- Registros durante meses com temperaturas externas intermediárias (entre 24,3 °C e 32,0 °C) na condição dos ambientes com forro e ausência de ventilação no ático (2019)

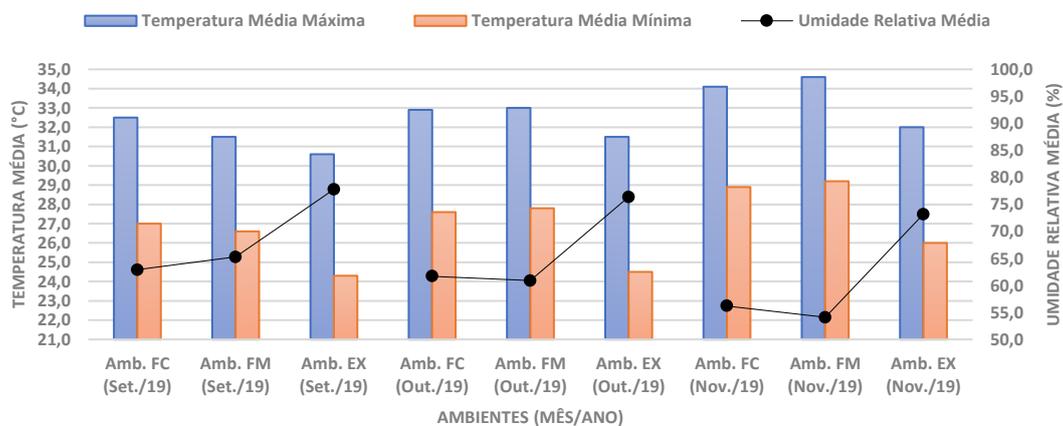


Figura 16- Registros durante meses com temperaturas externas intermediárias (entre 24,7 °C e 32,2 °C) na condição dos ambientes sem forro (2018)

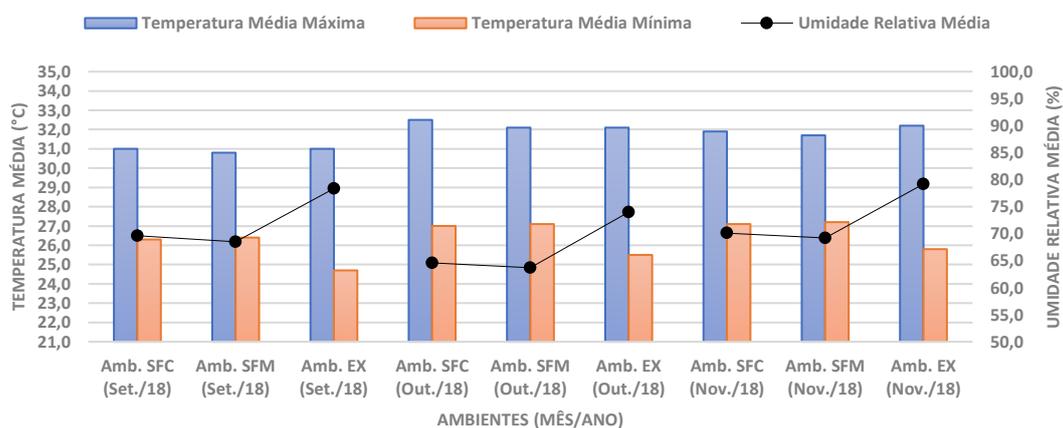
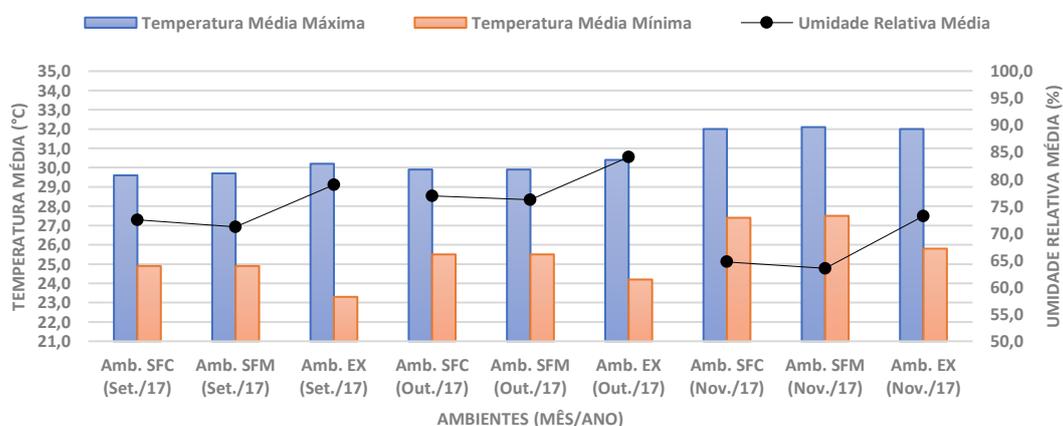


Figura 17- Registros durante meses com temperaturas externas intermediárias (entre 23,3 °C e 32,0 °C) na condição dos ambientes sem forro (2017)



Nesse grupo de dados, o padrão observado com relação a umidade relativa do ar média é mantido: ambientes sem a presença do forro tiveram valores próximos entre si e com pequenas diferenças em relação ao meio externo (Figuras 16 e 17). Quando os ambientes receberam os forros (Figura 15) crescem as diferenças entre os registros da umidade relativa do ar média nos ambientes internos e externos. Neste caso, não se percebe (exceção para o mês de setembro de 2019 - Figura 15) a tendência de valores maiores para umidade relativa do ar nos ambientes, seja com forro de gesso modificado com EVA (FM - Figura 15) ou sem esse tipo de forro instalado (SFM - Figuras 16 e 17), comparado aos ambientes com forro de gesso comum (FC - Figura 15) e sem esse tipo de forro (SFC - Figuras 16 e 17), como ocorreu quando as temperaturas eram mais amenas (jun/jul/ago – Figuras 12, 13 e 14). Ou seja, parece fazer diferença as mudanças entre os meses de registros, em relação à incidência solar e o sombreamento nas fachadas de cada protótipo, em razão da existência de vegetação e outras edificações no entorno.

Com relação aos protótipos com diferentes forros instalados em 2019 (Figura 15), à medida que as temperaturas médias máximas externas foram aumentando (Set./19 = 30,6 °C; Out./19 = 31,5 °C e Nov./19 = 32,0 °C), houve elevação gradativa nas temperaturas médias máximas internas no ambiente FM (Set./19 = 31,5 °C; Out./19 = 33,0 °C e Nov./19 = 34,6 °C), superando, a partir de outubro, as temperaturas verificadas no ambiente FC (Set./19 = 32,5 °C; Out./19 = 32,9 °C e Nov./19 = 34,1 °C). Esse comportamento foi diferente do observado nos meses de registros com temperaturas mais amenas (jun/jul/ago) em que o ambiente FM apresentou temperaturas menores do que no ambiente FC. Neste caso, os dois tipos de forros se mantiveram com suas temperaturas médias máximas maiores do que aquelas registradas externamente (Figura 15). Quando os ambientes estavam sem forros instalados (Figuras 16 e 17) os registros de temperatura média máxima se mantiveram com valores próximos.

No que concerne ao efeito do ático sem ventilação, para este período (set/out/nov - 2019) de registros, que representa a transição entre os meses chuvosos e secos, característicos do clima local, confirmou-se que os ambientes abaixo dos forros instalados apresentaram temperaturas médias máximas superiores (até 2,6 °C, em novembro) quando comparados aos valores externos. Os registros para os mesmos meses (2018 e 2017) quando os ambientes estavam sem os forros instalados confirma que há o aumento gradativo mensal (set. 30,5 °C; out. 31,0 °C e nov. 32,0 °C) das temperaturas médias máximas internas e externas, que são muito parecidas em cada mês.

5.4.3 Meses com temperaturas mais altas

As Figuras 18 e 19 mostram as médias máximas e mínimas de temperatura e umidade relativa do ar, a partir dos dados coletados nos meses, que representam nesse estudo aqueles com temperaturas mais altas (período seco), referente aos anos de 2020, 2019 e 2018.

Figura 18- Registros durante meses com temperaturas externas mais altas (entre 26,4 °C e 33,5 °C) na condição dos ambientes com forro e ventilação no ático (2019/2020)

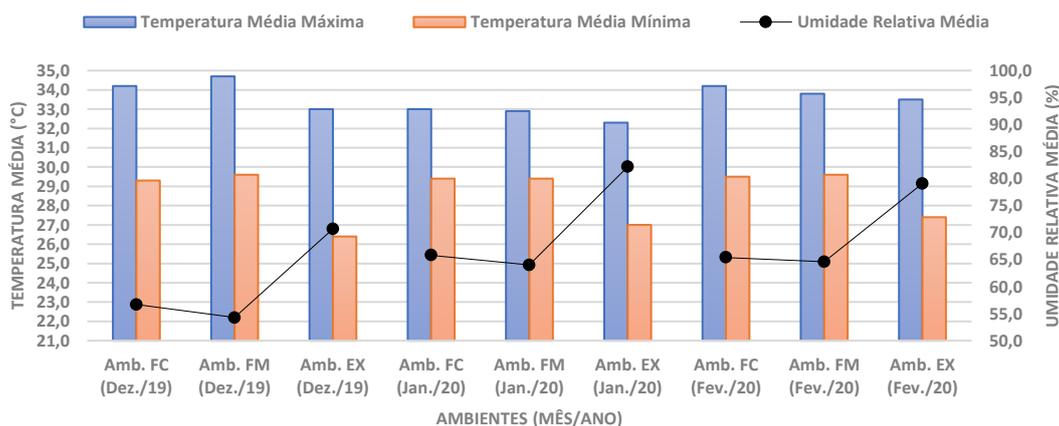
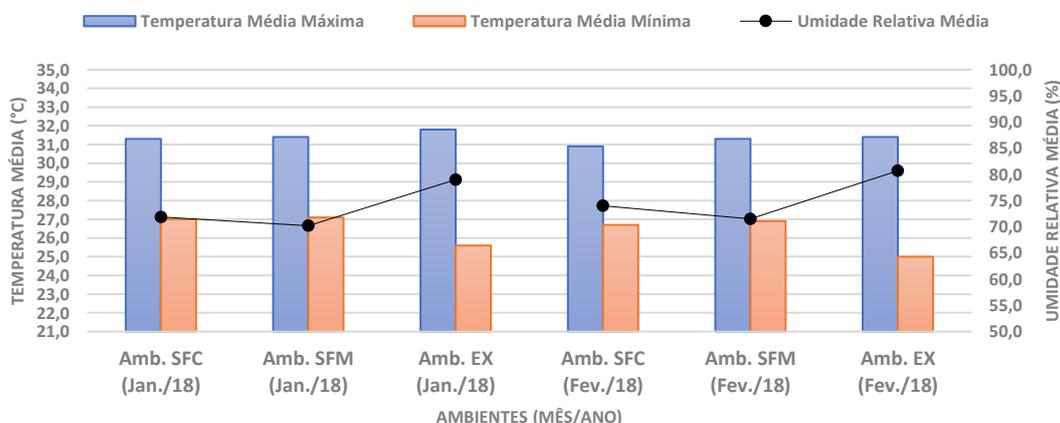


Figura 19- Registros durante meses com temperaturas mais altas (entre 25,6 °C e 31,8 °C) na condição dos ambientes sem forro (2018)



Com relação à condição do ático ventilado, combinado com o período com temperaturas externas mais altas (Figura 18), observa-se um padrão semelhante para o registro da umidade relativa do ar, quando as temperaturas externas foram consideradas intermediárias, qual seja: a umidade relativa do ambiente externo foi bem maior do que a do ambiente interno com FC, que por sua vez, foi maior do que a do ambiente interno com FM.

Mais uma vez, constatam-se pequenas variações entre os registros de umidade relativa média do ar nos ambientes internos e externos, quando não há a instalação dos forros (Figura 19), assim como, também ocorrem com as temperaturas do ar médias máximas. Os resultados confirmam que as temperaturas internas dos ambientes com forros instalados (Figura 18) se mantêm acima daquelas registradas quando os ambientes estavam sem os forros instalados (Figura 18).

No que concerne às temperaturas do ar médias máximas internas na condição dos forros instalados e com o ático ventilado, esses foram os resultados que mais apresentaram variações (Figura 18). Por exemplo, na comparação entre as temperaturas internas aos ambientes com forros diferentes instalados, foram constatados os maiores valores (diferença de 0,5 °C) para o forro de gesso modificado com EVA (FM), em dezembro; valores praticamente iguais para ambos ambientes (33 °C p/ FC e 32,9 °C p/ FM), em janeiro; e finalmente, confirma-se a temperatura menor para FM (diferença de 0,4 °C), em fevereiro. Ou seja, entre dezembro de 2019 e fevereiro de 2020 há uma inversão de comportamento entre os dois tipos de forro comparados. A considerar que os meses de registros (dez/jan/fev) aqui analisados correspondem àqueles com temperaturas altas no clima local, e que normalmente a tendência de aumento das temperaturas seguem até o mês de março, pode-se especular que tais mudanças nos registros das temperaturas do ar no ambiente com forro de gesso modificado com EVA estejam relacionadas com o fato do ático estar ventilado neste período de medições. Evidente, que serão necessárias mais medições e análises para ser conclusivo sobre esse resultado. De qualquer modo, a abertura do ático não parece ter proporcionado grandes mudanças para o período de registro. Imagina-se que na condição com o ático ventilado pode ser que o forro de gesso modificado com EVA apresente o mesmo comportamento destacado no período considerado com temperaturas mais amenas (jun/jul/ago), mas isso requer mais medições para ser assertivo.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A pesquisa com resíduo EVA é relevante quando se observa a necessidade de reciclagem deste material, tendo em vista sua potencialidade de poluição ao meio ambiente. Essa poluição é verificada em dois aspectos, que se conectam e exponenciam o problema: a dificuldade deste material ser reaproveitado pelo setor calçadista como

explicado por Bezerra (2002) e a elevada produção da indústria calçadista, como relatado por Souto (2018).

A ideia da adição do resíduo EVA como material incorporado ao gesso na produção de placas para execução de forro se mostrou viável e é importante para mostrar o potencial de aplicação e uma alternativa para o resíduo gerado nas indústrias calçadistas.

Considerando os materiais utilizados e as condições dos ensaios realizados, podem ser destacadas as seguintes conclusões:

- Tanto a presença do resíduo EVA quanto da água reduziu a condutividade térmica dos corpos de prova, embora o EVA tenha apresentado maior influência na diminuição da propriedade térmica;
- Os componentes produzidos atendem a todas as recomendações estabelecidas pelas normas, confirmando efetivamente o seu potencial para aplicação como placas para execução de forros;
- A placa de gesso modificada com EVA, comparada à placa de gesso comum, apresentou menor massa, o que proporciona maior agilidade de instalação (ganho em produtividade) e menor custo, tendo em vista que se utiliza menos gesso para a sua fabricação;
- O ambiente com forro de gesso modificado com EVA (FM) apresentou menores temperaturas do ar médias máximas internas, quando comparado ao ambiente com forro de gesso comum, nos meses considerados com temperaturas mais baixas (clima local); e praticamente semelhantes nos meses ditos com temperaturas intermediárias e mais altas, o que indica que as placas propostas para forro tem igual ou maior eficiência ao isolamento térmico do que as placas para forro de gesso comum, até 1,8 °C relativo a jun/19 (mês mais chuvoso) e 1,4 °C na média para os três meses (jun/19; jul/19 e ago/19) de diferença em favor de FM, para as medições no período com temperaturas externas amenas, entre 22,0 °C e 29,9 °C;
- A efetiva contribuição do agregado de resíduo de EVA, presente nas placas do forro de gesso modificada (FM) foi confirmada;
- As temperaturas do ar médias máximas internas do ambiente com FM podem ser menores (até 0,7 °C) do que as temperaturas do ar médias máximas externas;
- A temperatura do ar média máxima interna do ambiente com FM pode ser menor (cerca de 0,4 °C), em comparação com ambiente com forro FC, no período

considerado com temperaturas médias máximas externas mais altas, no clima local (entre 26,4 °C e 33,5 °C).

Como sugestões para trabalhos futuros podem ser sugeridos:

- Avaliar o uso de granulometrias do agregado leve originado do resíduo, que tenha maior uniformidade e tenha menor diâmetro máximo característico na produção das placas de gesso modificada com EVA. Dessa forma, maiores quantidades de resíduo talvez possam ser introduzidas no compósito (gesso + EVA) e a condição de uniformidade dos grãos poderá aumentar a porosidade do material, o que, como citado nesta pesquisa, possivelmente favorecerá o potencial de isolamento térmico do componente;
- Incorporar o retardador de pega obtido da mucilagem da Palma Forrageira (*Opuntia Ficus*), conforme mostrado por Monteiro (2015), na mistura entre o gesso e o resíduo EVA com objetivo de tentar moldar corpos de provas modificados com faces planas a fim de medir a condutividade térmica e a resistência térmica através do método fluximétrico, previsto na norma NBR 15220-5 (ABNT, 2005). Como citado neste trabalho, a introdução do resíduo EVA reduz o tempo de pega do gesso inviabilizando determinadas moldagens que poderiam ser conseguidas a partir do uso de um aditivo retardador de pega;
- Realizar o mesmo estudo com execução dos forros propostos em vários protótipos construídos em um espaço livre da influência de sombreamentos, seja por vegetação, seja por construções ao redor. Desse modo, o controle das variáveis, tais como a incidência direta do sol nas fachadas e nas diferentes coberturas, poderá ser mais eficiente favorecendo a interpretação mais precisa dos resultados;
- Realizar novos estudos com maior rigor no controle dos fenômenos, através do uso de termopares nas superfícies dos elementos construtivos (paredes, piso, telhado e forro), de modo que se possa verificar a influência de cada componente na variação das temperaturas dos ambientes internos, possibilitando determinar de forma mais precisa, a contribuição do forro modificado com EVA no isolamento térmico de um ambiente;
- Programar novos estudos, nos quais as temperaturas dos ambientes sem forro, com forro de gesso comum e com forro de gesso modificado com EVA sejam monitorados ao mesmo tempo, sob as mesmas condições climáticas relativa ao

ambiente externo, com registros por pelo menos dois anos completos e que tenha também a possibilidade de ventilação dos ambientes, simulando um caso real;

- Verificar que tipos de gases que são emitidos, quando a placa de gesso modificada com EVA é submetida a queima. A ideia é simular uma situação de incêndio, no qual o interesse é verificar a liberação eventual de gases tóxicos, que possam prejudicar a saúde humana.

REFERÊNCIAS

ABDEN, M. J. *et al.* Inclusion of methyl stearate/diatomite composite in gypsum board ceiling for building energy conservation. **Applied Energy**, v. 259, p.1-14, 2020.

APPLIED PRECISION. **ISOMET 2114**: Thermal properties analyzer, 2011. 31 p. User's Guide version 1.6.

ALYASARI, H. I; AMEEN, R. F. M.; ALTAWHEEL, M. D. Thermal Performance Through the Use of Radiant Barrier and Phase Change Material in Concrete Flat Roofs. **Iop Conference Series: Materials Science and Engineering**, v. 454, p.1-9, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉRMICAS. **NBR 12127**: Gesso para construção – Determinação das propriedades físicas do pó. Rio de Janeiro, 1991.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉRMICAS. **NBR 12775**: Placas lisas de gesso para forro autoportante – Método de ensaio. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉRMICAS. **NBR NM 45**: Agregados – Determinação da massa unitária e do volume de vazios. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉRMICAS. **NBR NM 248**: Agregados – Determinação da composição granulométrica. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉRMICAS. **NBR 15220-5**: Desempenho térmico de edificações Parte 5: Medição da resistência térmica e da condutividade térmica pelo método fluximétrico. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉRMICAS. **NBR 16382**: Placas de gesso para forro- Requisitos. Rio de Janeiro, 2015.

BRAIEK, A. *et al.* Estimation of the thermophysical properties of date palm fibers/gypsum composite for use as insulating materials in building. **Energy And Buildings**, v. 140, p.268-279, 2017.

BEZERRA, A. J. V. **Concretos com substituição parcial do agregado natural por resíduos de EVA: influência em propriedades físicas, mecânicas, microestruturais e de durabilidade**. 2014. 269 f. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2014.

BEZERRA, A. J. V. **Utilização do resíduo da indústria de calçados (EVA – Etileno Acetato de Vinila) como agregado leve na produção de blocos vazados de concreto para alvenaria sem função estrutural**. 2002. 115 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2002.

BORGES, J. G. K. **Análise das propriedades acústicas de contrapisos produzidos com materiais reciclados**. 2015. 121f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2015.

CHERKI, A. *et al.* Experimental thermal properties characterization of insulating cork–gypsum composite. **Construction And Building Materials**, v. 54, p.202-209, 2014.
FAREY, P. **Designing and Installing Radiant Barrier Sytems**. Florida Solar Energy Center, 1994, 5 p.

GARLET, G. **Aproveitamento de resíduos de E.V.A (Ethylene Vinyl Acetate) como agregado para concreto leve na construção civil**. 1998. 146 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1998.

GOMES, E. G. S. **Desempenho térmico de alvenarias: uma alternativa com o uso de blocos EVA**. 2015. 126f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

ISERN, E. R.; MESSING, G. L. Direct foaming and seeding of highly porous, lightweight gypsum. **Journal and Material Research**, v. 91, n. 15, p. 2244-2251, 2016.

KARNI, J; KARNI, E. Y. Gypsum in construction: origin and properties. **Materials and Structure**, p. 92-100, 1995.

KOSNY, Jan et al. Thermal performance analysis of residential attics containing high performance aerogel-based radiant barriers. **Energy And Buildings**, v. 158, p.1036-1048, 2018.

MEDEIROS, M. A. **Blocos EVA de vedação: compatibilização entre aspectos físicos, mecânicos e térmicos**. 2018. 134f. Dissertação (Mestrado em Estruturas e Materiais) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.

MEDEIROS, M. P. **Desempenho térmico de blocos de vedação com o uso de gesso e de resíduos poliméricos**. 2016. 115 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2016.

MENDONÇA, T. N. M. **Telhado verde extensivo em pré-moldado de concreto EVA (Acetato Etil Vinila)**. 2015. 210f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

MICHELS, C. **Análise da transferência de calor em coberturas com barreiras radiantes**. 2007. 119 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

MONTEIRO, A. G. S. **Desenvolvimento de aditivo plastificante e retardador de pega para gesso a partir da mucilagem da palma forrageira**. 2015. 99f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2015.

MOURA, C. A. **Análise térmica de coberturas verdes aplicados em contêineres**. 2019. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2019.

OLIVEIRA, M. P. **Materiais compósitos à base de gesso contendo EVA (Etileno Acetato de Vinila) e vermiculita: otimização de misturas e propriedades termomecânicas**. 2009. 216f. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

PEDREÑO-ROJAS, M.A. *et al.* Eco-efficient acoustic and thermal conditioning using false ceiling plates made from plaster and wood waste. **Journal Of Cleaner Production**, v. 166, p.690-705, 2017.

PEDROSO, M. A. T. **Estudo comparativo entre as modernas composições de pisos flutuantes quanto ao desempenho no isolamento ao ruído de impacto**. 2007. 140f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2007.

ROCHA, F. M. D. **Aproveitamento de resíduos sólidos industriais em materiais alternativos na perspectiva da construção seca: Bloco EVA - intertravamento e racionalização das alvenarias**. 2018. 110f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) - Universidade Federal da Paraíba, 2008.

SANTOS, F. A. **Avaliação de placas cimentícias com resíduo de EVA quanto ao seu nível de isolamento acústico em sistemas de pisos flutuantes**. 2013. 142f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2013.

SIMAS, S. R. N. G. **Análise de custo-benefício de sistemas de cobertas em edificações comerciais para o clima de Natal/RN visando eficiência energética**. 2009. 150f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2009.

SINGH, S. P.; BHAT, V. Performance evaluation of dual phase change material gypsum board for the reduction of temperature swings in a building prototype in composite climate. **Energy And Buildings**, v. 159, p.191-200, 2018.

SILVA, E. P.; CAHINO, J. E. M.; MELO, A. B. de. Avaliação do desempenho térmico de blocos EVA. In: ENCONTRO NACIONAL DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, .14, Juiz de Fora, 2012. **Anais...** Juiz de Fora: ANTAC, 2012.

SOUTO, E. Entrevista concedida a Associação Brasileira das Indústrias de Calçados – ABICALÇADOS. São Paulo, 18 jul. 2018. Disponível em: <http://www.fiepb.com.br/noticias/2018/07/19/industria_de_calcados_da_pb_gera_30_mil_empregos_e_e_a_2_maior_em_producao_do_brasil>. Acesso em: 15 set. 2018.

VIANA, M. P. **Análise do comportamento térmico do forro de resíduo de composto EVA+SBR em habitação de interesse social na cidade de Campina Grande-PB**.

2011. 143 f. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2011.

ZATTERA, A. J. *et al.* Caracterização de Resíduos de Copolímero de Etileno-Acetato de Vinila - EVA. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 15, n. 1, p.73-78, 2005.