

Análise do Comportamento Térmico Com Diferentes Preenchimentos no Sistema Construtivo Light Steel Frame

Gabriel Just Faraco (1), Prof. Elaine Guglielmi Pavei Antunes (2), Prof. Augusto
Wanderlind (3)

UNESC – Universidade do Extremo Sul Catarinense

(1) gjustf@gmail.com, (2) elainegpa@unesc.net, (3) acw@unesc.net

Resumo: O sistema construtivo *Light Steel Frame* vem conquistando vários mercados internacionais, porém no Brasil ainda sofre certa resistência por parte da população quanto ao seu uso. Com base nisso, este trabalho buscou experimentar diferentes tipos de isolamento térmico das paredes. Em painéis com fechamentos externos em placas de OSB e placas cimentícias, foram criados mini painéis sem isolante como referência, e testados painéis isolados com lã de rocha, em poliuretano e com manta térmica. Os três isolantes apresentaram resultados satisfatórios, não permitindo que houvessem trocas significativas de calor entre os meios externos e internos, da mesma maneira que os painéis sem isolamento. A conclusão que do estudo, é que o sistema construtivo *Light Steel Frame* apresenta um bom desempenho térmico, pois sua execução prevê um espaço livre dentro das paredes preenchido apenas por ar, que é o melhor isolante de calor, não permitindo a criação de pontes de calor, além da ponte feita pelo aço utilizado na estrutura.

Palavras-chave: materiais isolantes térmicos; desempenho térmico; ensaio térmico.

Introdução

Em vigor desde julho de 2013, as novas construções devem atender aos requisitos da ABNT NBR 15.575:2013, a qual apresenta como seus principais requisitos: a durabilidade, a diminuição do impacto ambiental, conforto térmico e conforto acústico e, segurança. Essa norma visa segurança, habitabilidade e durabilidade dos imóveis, proporcionando uma melhor experiência para os moradores.

Um sistema inovador que vem ganhando o mercado é o sistema construtivo *Light Steel Frame* (LSF), que já é conhecido e difundido em países como EUA, Inglaterra, Austrália, Japão e Canadá, há mais de trinta anos, no entanto, só foi introduzido no Brasil ao final dos anos 90 e início dos anos 2000 (RODRIGUES, 2006). Isso se dá devido ao alto conservadorismo do mercado da construção civil no Brasil, que se mostra muito tímido e pouco aberto em termos de inovações tecnológicas (TOLEDO, ABREU, JUNGLES 2014).

O sistema é composto por uma estrutura metálica, e painéis de vedação. Os perfis de aço galvanizado formados a frio formam um esqueleto estrutural que resistem as cargas solicitadas pela edificação, e por vários componentes e subsistemas inter-relacionados que possibilitam uma construção industrializada (FREITAS; CRASTO, 2006; RODRIGUES, 2006). A vedação pode ser feita por placas cimentícias, OSB (*Oriented Strand Board*) que são placas compostas por tiras de madeiras, placas de gesso acartonado (*drywall*), dentre outros.

O sistema construtivo Steel Frame apresenta vantagens consideráveis sobre a construção convencional, tais como pouco peso e elevada resistência mecânica, velocidade de construção, potencial de reciclagem e reutilização pontuados pelo *Leadership and Environmental Design* (LEED), além da pré-fabricação facilitada, (SANTOS, 2014). No entanto, a alta condutividade térmica do aço pode criar pontes térmicas significativas, e que afetam diretamente no conforto térmico da construção.

Para que uma edificação apresente um bom desempenho térmico ela precisa reduzir o consumo de energia de forma que não prejudique o conforto e a saúde dos ocupantes (OLESEN, 2007). A energia consumida depende da demanda requerida pelos ambientes internos, que devem proporcionar condições agradáveis para os ocupantes. A eficiência energética da edificação também depende da quantidade de calor trocada entre os materiais, e a velocidade em que isso ocorre, bem como a redução nos gastos de energia.

Segundo dados de 2011, o consumo de eletricidade das residências representou 23,3% do consumo total no Brasil (BRASIL, 2012), e por esse motivo é de suma importância que as construções tenham uma melhor eficiência energética.

O sistema *Light Steel Frame* desde sua concepção, já é planejado para apresentar um bom desempenho térmico, uma vez que sua vedação cria um espaço no interior da parede que possibilita a utilização de materiais termo isolantes. A eficiência do isolamento depende tanto do painel de vedação, como do material isolante utilizado no interior da parede, pois um recebe o calor diretamente e o outro tem como objetivo diminuir ou neutralizar a quantidade de calor transmitida entre os extremos.

Com base nisto, essa pesquisa teve como objetivo avaliar experimentalmente a quantidade de calor absorvida e passante no painel do sistema LSF.

Materiais e Métodos

Este estudo foi realizado em quatro etapas, sendo que a primeira delas se refere ao estudo do sistema construtivo, adotando como referência dois tipos de painéis como fechamento externo, OSB e placas cimentícias, e sem utilizar nenhum isolante térmico. A segunda constituiu-se de executar os oito painéis, dos quais quatro tiveram como fechamento externo placas cimentícias, e os outros quatro com placa de OSB. Os oito painéis tiveram o fechamento interno feito em placas de gesso acartonado. Tendo como referência os painéis sem isolantes térmicos, foram testados perfis isolados com lã de rocha, poliuretano, e manta térmica. As Figuras 1 e 2 apresentam o projeto dos painéis, contemplando a estrutura e vedação do sistema, e a execução dos mesmos.

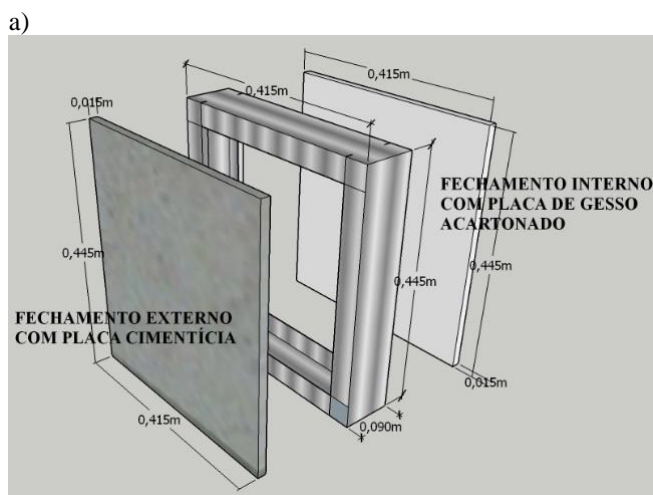


Figura 1. Projeto base dos painéis. a) Projeto dos painéis com fechamento em placa cimentícia. b) Execução dos painéis com fechamento externo em placa cimentícia

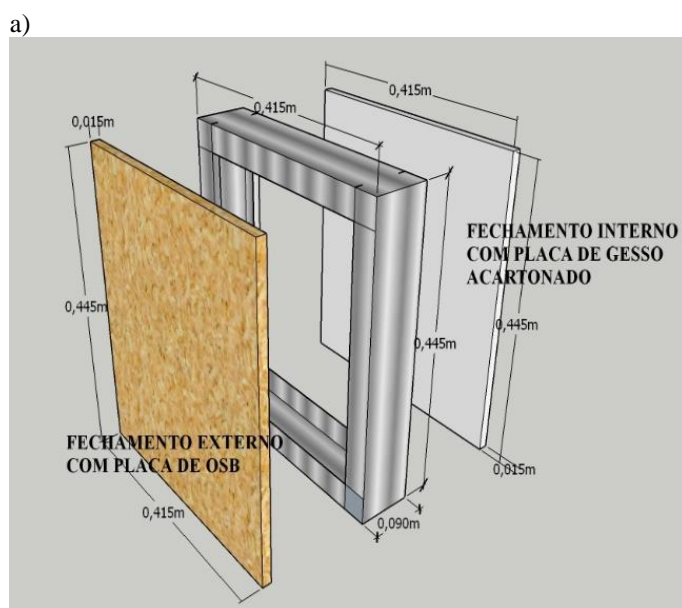


Figura 2. Projeto base dos painéis. a) Projeto dos painéis com fechamento em placa de OSB. b) Execução dos painéis com fechamento externo em placa de OSB.

A terceira etapa trata-se do ensaio térmico realizado em uma estufa de 42cm X 45cm, a qual teve sua porta retirada para colocação dos corpos de prova, e nas extremidades foi realizada a vedação do calor com lã de rocha em espessura superior à dos corpos de prova. Foram utilizados cinco termopares. O primeiro foi colocado dentro da estufa, para medir a temperatura da mesma. O segundo foi colocado na face da placa de fechamento externo, posicionada no interior da estufa, para aferir a temperatura diretamente na placa. O terceiro foi colocado na face da placa de fechamento interno, virada para o lado de fora da estufa, para podermos

registrar se havia troca de calor entre a estufa, vedada pelo painel, e o ambiente. O quarto termopar foi posto fora da estufa, sem fazer contato com a parede, para medir a temperatura ambiente, que permaneceu constante em todos os ensaios, mantendo uma temperatura de 23 ± 3 °C. O quinto e último termopar, foi posto na lã usada como vedação da estufa, para que verificássemos se havia perda de calor pelas bordas, constatando que não houveram percas, pois as temperaturas registradas pelo termopar se mantiveram constante, ficando entre as temperaturas registradas no ambiente, e as temperaturas da placa de gesso. Com a câmera termográfica foram realizadas fotografias térmicas da placa de gesso acartonado, para analisar a maior transmissão e distribuição de calor e também com a finalidade de detectar possíveis problemas causados pela temperatura a que foram expostas. Foram registradas as fotos ao início e final do ensaio, de maneira que fosse possível observar a distribuição do calor nas placas de gesso ao término do ensaio. A estufa forneceu o calor de 45°C (escolhida empiricamente, por ter sido a maior temperatura registrada no Brasil), por aproximadamente 24 horas. Na quarta etapa foram feitas as análises e comparações entre os resultados das referências, os modelos com isolamentos térmicos, e os modelos sem isolamento.

A Figura 3 apresenta o fluxograma da pesquisa realizada em laboratório.

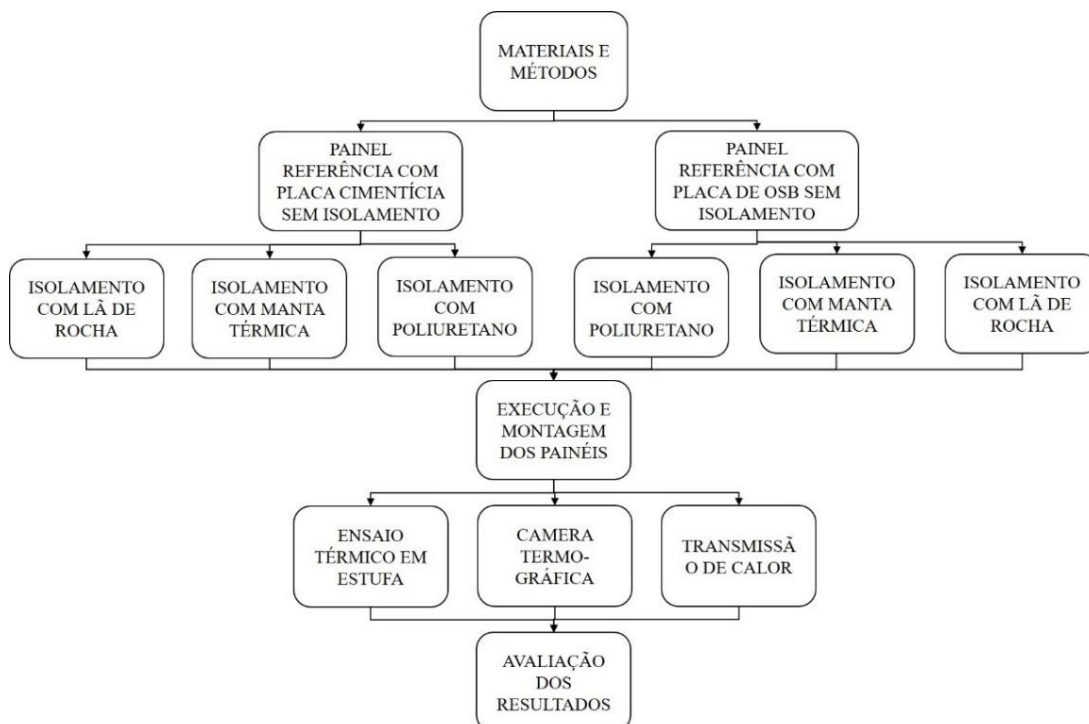


Figura 3. Fluxograma das atividades.

A Figura 4, a seguir, mostra a montagem do corpo de prova na estufa, com os termopares indicados.

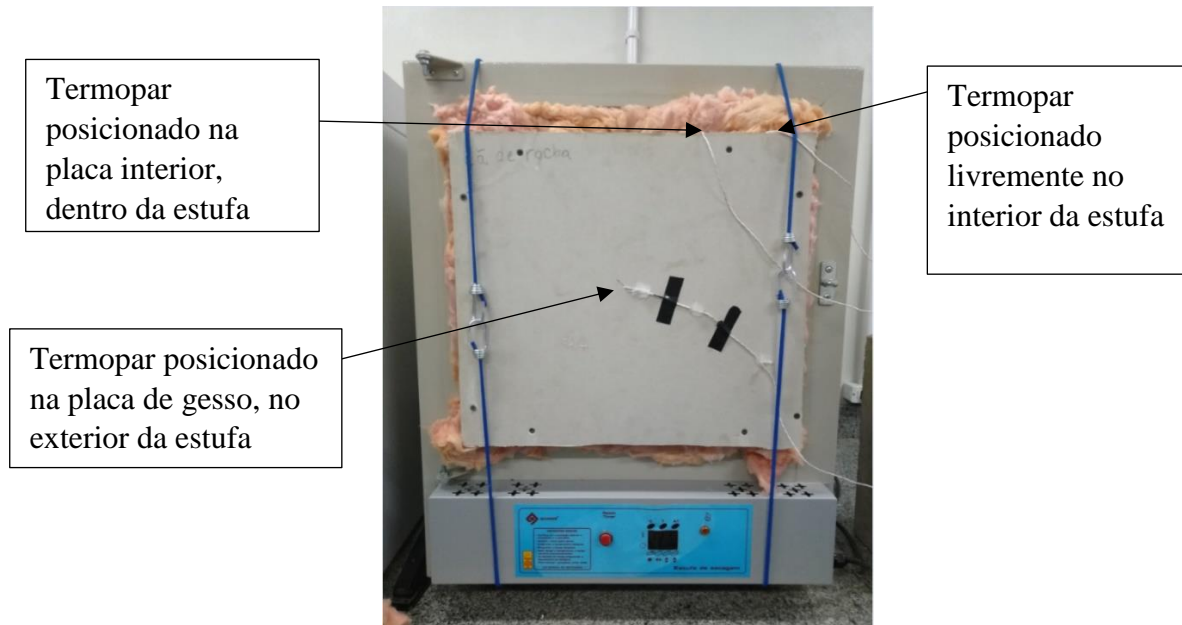


Figura 4. Corpo de prova montado na estufa.

Os perfis utilizados na montagem da estrutura foram os perfis horizontais (guias) tipo U, com dimensões de 90mm X 40mm X 0,80mm, e perfis verticais (montantes) tipo Ue (perfil U enrijecido), com dimensões de 90mm X 40mm X 12mm X 0,80mm, conforme ABNT NBR 15253:2014, conforme mostra a Figura 5.

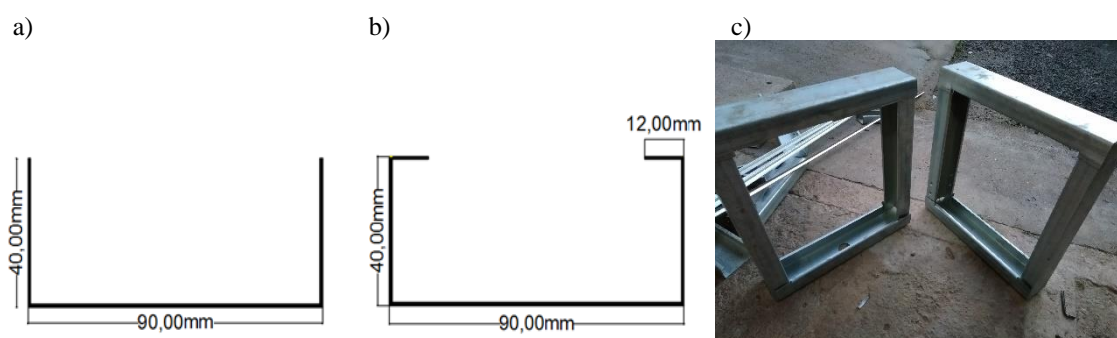


Figura 5. Perfis leves de aço zincado. a) Dimensões Perfil U. b) Dimensões Perfil Ue, também conhecido como U enrijecido. c) Estrutura metálica dos painéis executada.

As placas cimentícias impermeabilizadas (Figura 6), são feitas com uma mistura de cimento Portland, celulose com fios sintéticos, e agregados naturais. São desenvolvidas com a

tecnologia CRFS (cimento reforçado com fio sintético), e não utiliza amianto. Essas placas são produzidas conforme a norma ABNT NBR 15.498 (Placa Plana Cimentícia Sem Amianto). As placas utilizadas neste trabalho têm uma espessura de 4 mm, e não possuem função estrutural, se limitando apenas a vedação das paredes.

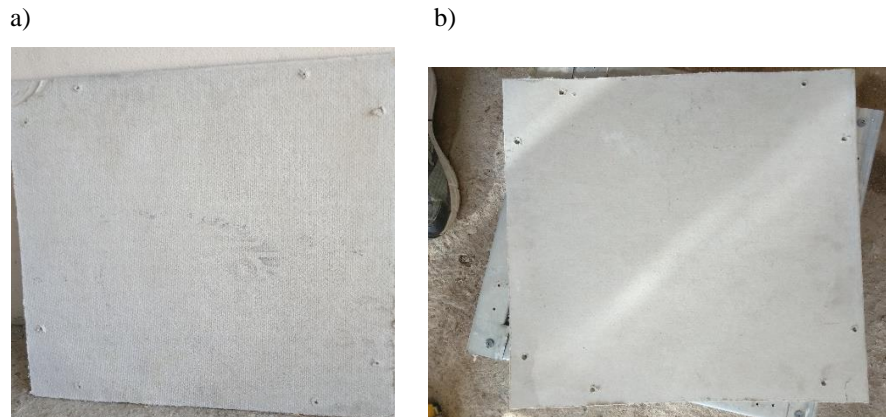


Figura 6. Placas cimentícias. a) Placa cimentícia. b) Placa cimentícia sob estrutura de aço. 2018

As chapas de OSB são constituídas de tiras de madeira com uma liga de resina sintética sobrepostas, e orientadas de forma perpendicular umas às outras, de acordo com a NP-EN 300/2002 (norma europeia). Isto dá as placas maiores valores de módulo de elasticidade, e apresenta maior resistência a flexão. Por ter grande resistência mecânica, elas possuem características estruturais, e é muito utilizado para contraventamento em edificações. A Figura 7 mostra uma placa de OSB, com 10 mm de espessura, utilizada neste trabalho.

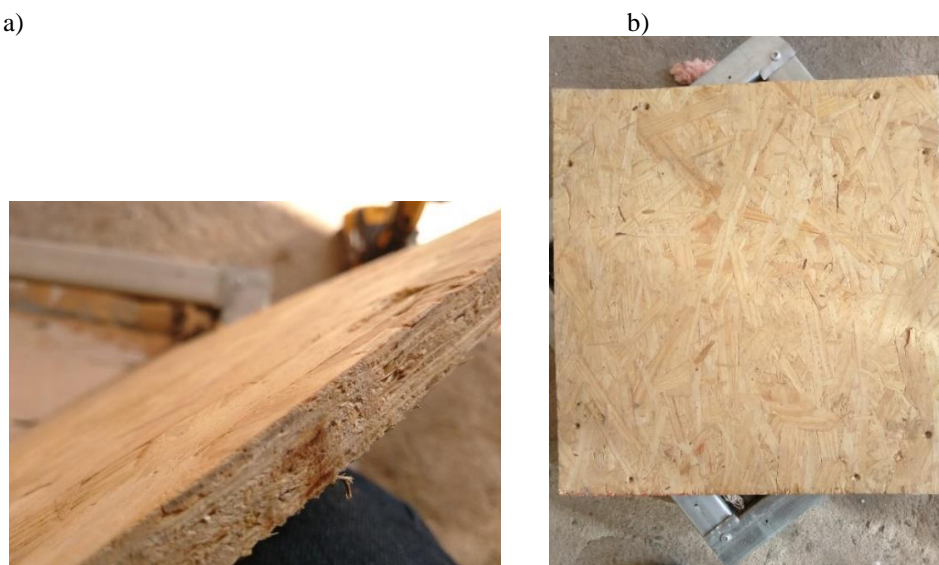


Figura 7. Oriented Strand Board. a) Detalhes das tiras de madeira da placa OSB. b) Placa de OSB.

O drywall é a utilização da placa de gesso acartonado como vedação de paredes. As placas são produzidas a partir de gesso e papel cartão, e apresentam resistência a compressão e a maleabilidade, o que possibilita que sua aplicação seja feita de maneira mais rápida e prática. Por ter placas lisas e texturizadas, ele pode ter vários fins, pois suas emendas são feitas de forma homogênea e permitem um bom acabamento. Existem três tipos de placas que são as mais usadas: chapa standard, para usos gerais; chapa RU, que por ser resistente a umidade pode ser usada em áreas molhadas, como banheiros e cozinhas; chapa RF, que apresenta resistência ao fogo. A norma ABNT NBR 15.758:2009 define como devem ser feitos os projetos e montagens dos sistemas drywall em paredes, e a ABNT NBR 14.715-1:2010 define os requisitos das placas de gesso para serem utilizadas. A Figura 8 a seguir, mostra a placa de gesso utilizada neste trabalho, que tem uma espessura de 1,20 cm.



Figura 8. Placa de gesso.

A lâ de rocha apresentada na Figura 9, é um isolante térmico feito a partir de lâ mineral. Sua fabricação provem do aquecimento de rochas vulcânicas, como calcário e basalto, que se transformam em filamentos, os quais são aglomerados com soluções de resinas orgânicas. Podem ser leves e flexíveis, ou rígidos, conforme grau de compactação. A lâ de rocha é um dos isolantes termo acústicos mais utilizados nas construções, já que possui baixa condutividade térmica, e um elevado índice de absorção acústica (Silva, 2012). Seu coeficiente de condutividade apresenta valores que variam entre 0,030 a 0,041 W.mK⁻¹. Algumas de suas principais características são: excelente isolante termo acústico; não propaga fogo; não poluente; não é nocivo à saúde. A lâ utilizada neste trabalho tem uma espessura de 4 cm, e foi

colocado de maneira livre no interior do painel, sem ser fixada em alguma das faces internas das placas de vedação.

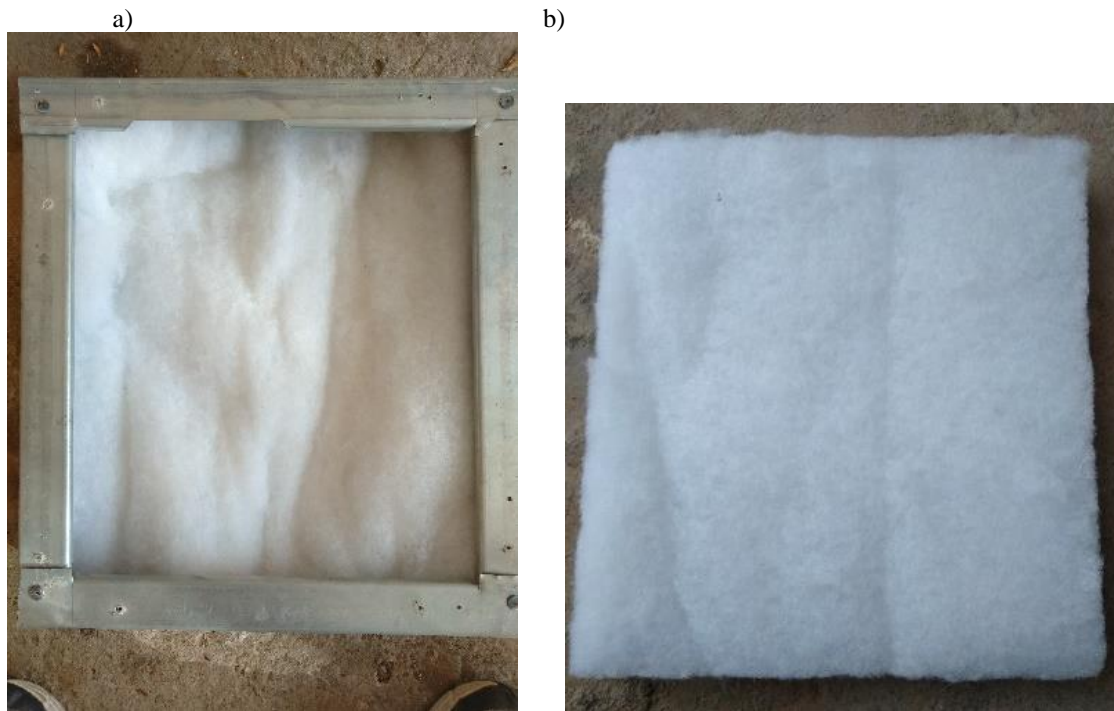


Figura 9. Lã de rocha. a) Lã de rocha posicionado no interior do painel. b) Lã de rocha.

O poliuretano é um material que traz um isolamento térmico de maneira eficaz na construção civil. É um material celular com um grande número de poros, constituído por células fechadas que apresentam densidades entre 20 kg.m^{-3} até 750 kg.m^{-3} . Apresenta baixa condutividade térmica com valores que variam entre $0,025$ a $0,035 \text{ W.mK}^{-1}$, uma boa resistência mecânica, e baixo peso. É um elemento químico que possui a capacidade de variar sua forma, densidade e resistência, dependendo da sua finalidade. Seus valores de condutividade térmica. Por ser uma espuma expansiva, sua forma não se manteve constante após a aplicação no interior dos painéis. Aplicado na face interna das placas de fechamento externo, OSB e placa cimentícia, ele manteve uma espessura média de 7 cm aplicado na placa OSB, e $4,5 \text{ cm}$ aplicado na placa cimentícia. Na Figura 10 é possível ver como o poliuretano se apresenta após atingir seu estado final.



Figura 10. Poliuretano rígido

A manta asfáltica utilizada é composta basicamente por duas camadas. A camada externa é aluminizada, de forma que reflete o calor exterior e a camada interna, que é composta por uma espuma, retém a dispersão do calor, não permitindo que haja troca de calor com o meio externo, mantando a temperatura estável no ambiente interno. É pré-fabricada a base de cimento asfáltico, com um filme de polietileno de alta densidade. A Figura 11 ilustra como é a manta asfáltica, e como a mesma foi posicionada no painel.

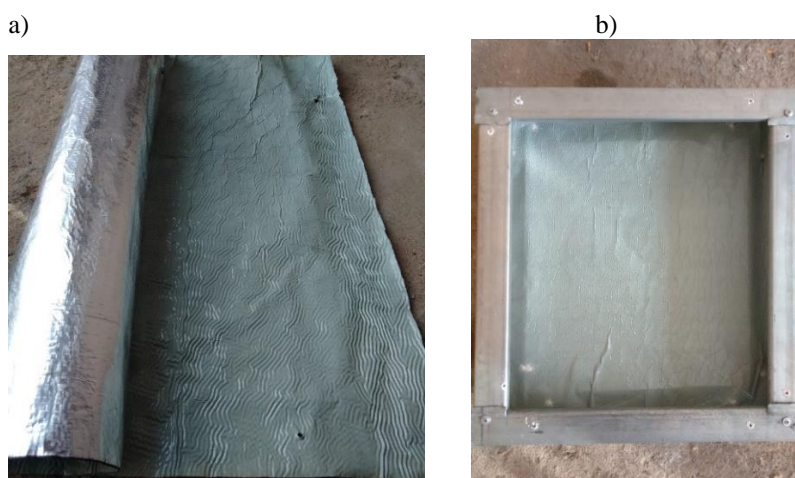


Figura 11. Manta asfáltica. a) Manta asfáltica demonstrada com as duas faces. b) Manta asfáltica aplicada no interior do painel.

Resultados e discussões

A Tabela 01, a seguir, traz os valores com as temperaturas médias alcançadas nos oito ensaios realizados.

Tabela 01. Temperaturas médias dos ensaios.

MATERIAL	TEMP. Média da estufa (°C)	TEMP. Média na placa fechamento externo (°C)	TEMP. Média na placa de Gesso (°C)	Temp. Média Ambiente (°C)
Placa OSB - Lã de rocha	44,65	44,10	28,07	25,65
Placa OSB - Poliuretano	41,78	42,35	26,09	24,72
Placa OSB - Manta térmica	40,68	42,48	25,81	22,97
Placa OSB - Sem Isolamento	44,82	38,48	26,30	22,83
Placa Cimentícia - Lã de rocha	44,41	41,08	26,16	23,98
Placa Cimentícia - Poliuretano	44,92	43,75	27,53	25,47
Placa Cimentícia - Manta térmica	44,89	41,54	27,82	25,22
Placa Cimentícia - Sem Isolamento	44,98	37,41	25,67	21,20

De acordo com os valores médios obtidos, verificados na Tabela 01, constata-se que os oito painéis se comportaram de maneiras semelhantes. As variações de temperatura entre as placas de OSB e cimentícia, posicionadas no lado interior da estufa, comparadas com as placas de gesso, posicionadas no lado exterior da estufa, mostram diferenças de temperatura que ficaram entre 11,74 e 16,67 °C, apresentando uma diferença de menos de 5 °C entre os diferentes modelos.

Os três materiais utilizados como isolantes atenuaram as trocas de calor de maneiras similares, assim como os painéis sem vedação.

As paredes sem isolantes tiveram uma menor variação nas temperaturas, e isso ocorreu, pois, a placa que recebeu o calor da estufa aqueceu menos que as outras, que tinham isolantes. Com base nesse fato, constata-se que os materiais isolantes absorvem mais calor que o ar, já que o ar absorve muito menos calor devido suas moléculas estarem mais afastadas umas das outras. Embora os isolantes tenham absorvido mais calor que o ar, os sistemas retiveram bem o calor, já que não houveram valores muito elevados na variação de temperatura entre as placas de OSB/placa cimentícia e a placa de gesso.

As temperaturas das placas de gesso permaneceram similares em todos os ensaios, apresentando valores entre 25 e 28 °C, e isso mostra que o ar parado dentro da parede, não permite que o calor seja transmitido para o lado exterior da placa de gesso.

Na Tabela 02 estão expostos os dados das variações de temperaturas médias entre as placas de fechamento externo e interno.

Tabela 02. Variações de temperaturas médias entre as placas de fechamento externo e interno.

MATERIAL	TEMP. Média na placa de fechamento externo - TEMP. Média na placa de gesso
Placa OSB - Lã de rocha	16,03 °C
Placa OSB - Poliuretano	16,26 °C
Placa OSB - Manta térmica	16,67 °C
Placa OSB - Sem Isolante	12,18 °C
Placa Cimentícia - Lã de rocha	14,92 °C
Placa Cimentícia - Poliuretano	16,22 °C
Placa Cimentícia - Manta térmica	13,72 °C
Placa Cimentícia - Sem Isolamento	11,74 °C

Os gráficos das Figuras 12 e Figura 13, mostram as diferenças de temperaturas de maneira visualmente mais simplificada.

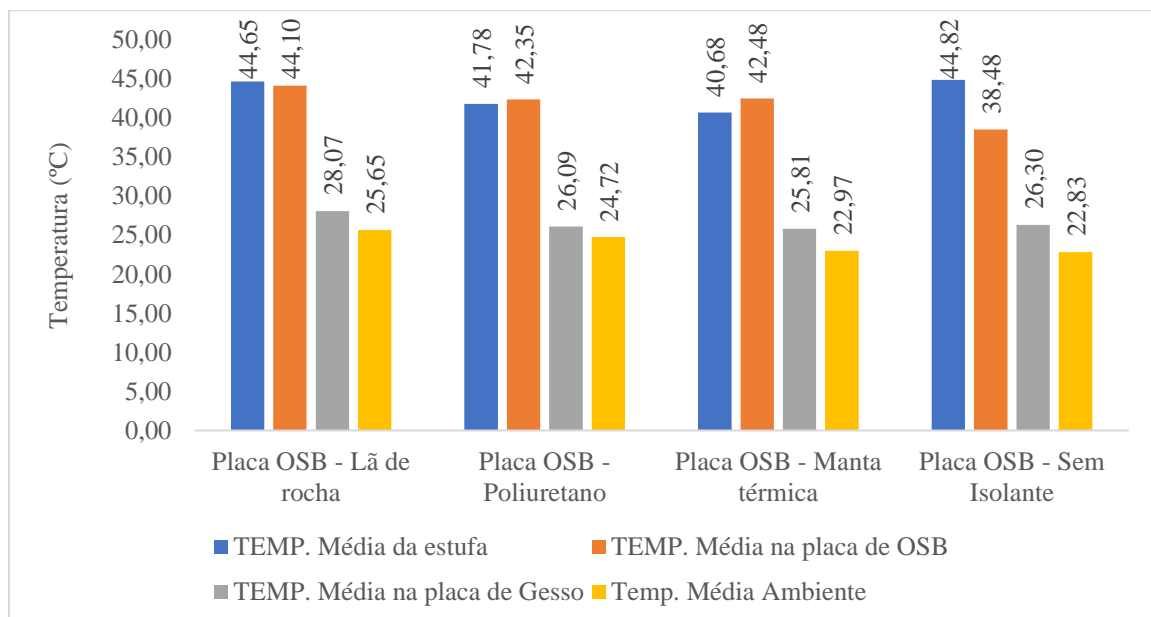


Figura 12. Gráfico de barras com as diferenças de temperaturas entre os painéis com placas de OSB.

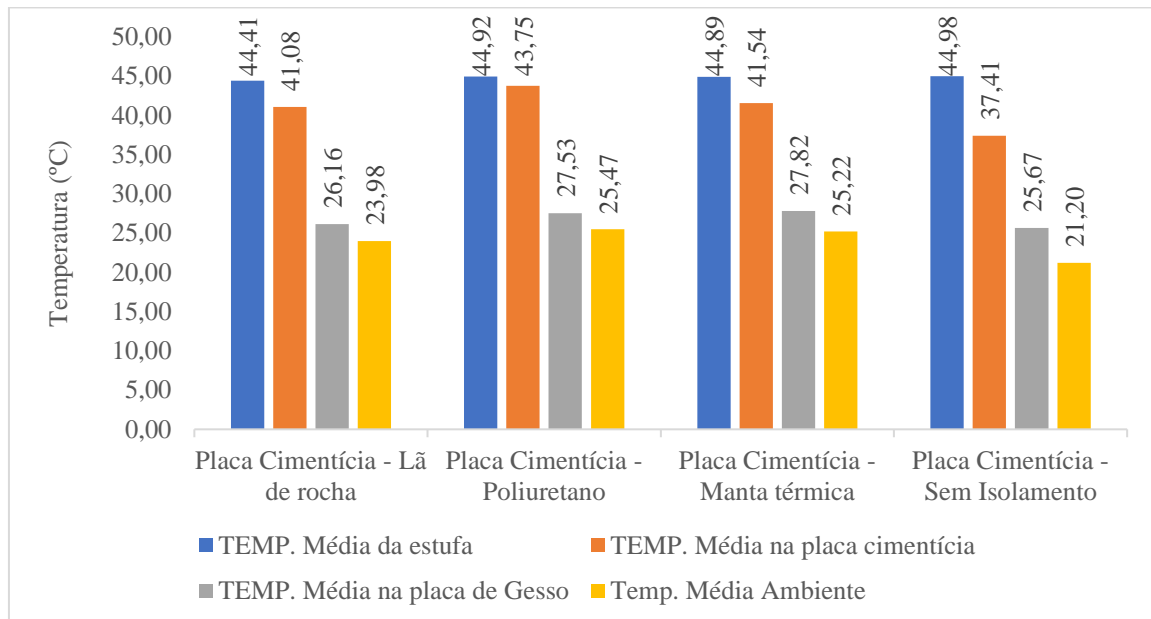


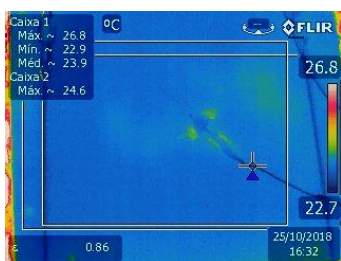
Figura 13. Gráfico de barras com as diferenças de temperaturas entre os painéis com placas cimentícias.

Através dos gráficos é possível notar que as temperaturas nas placas de fechamento externo, OSB e placa cimentícia, se mantiveram próximas nos ensaios com isolantes. Porém nos ensaios realizados sem nenhum material isolante, as temperaturas das placas de fechamento externo registraram em torno de 4 °C a menos que os outros ensaios. Essa pequena variação mostra que o isolamento térmico, no interior das paredes, faz com que a placa externa absorva mais calor. Mas mesmo com a ocorrência dessa absorção por parte dos materiais isolantes, as temperaturas na placa de gesso não sofreram variações de maneiras diferentes. As temperaturas do gesso, nos ensaios com e sem isolamento, ficaram em valores próximos. Assim, mesmo que exista de fato uma absorção maior de calor ocasionada pelos materiais, isso não cria pontes de calor, de forma que o calor absorvido fique retido no isolamento, e não seja transmitido para a placa de gesso. Isso acontece da mesma forma nas paredes sem isolamento, que absorveram menos calor.

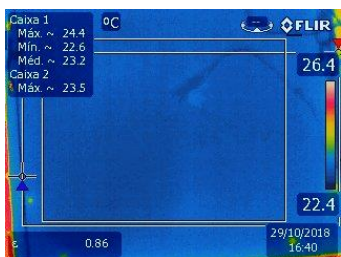
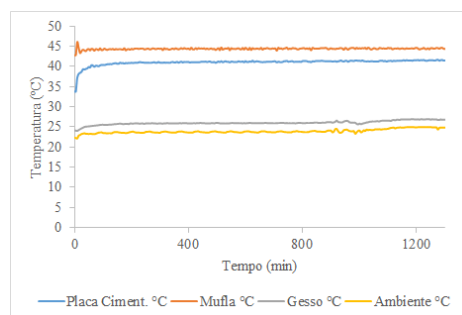
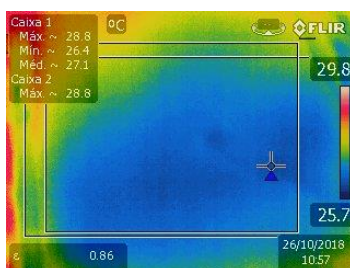
Com as fotos obtidas através da câmera termográfica, é possível perceber como o calor se comportou na placa de gesso, e por onde houveram maiores trocas de calor. A Tabela 03 traz as fotos registradas ao início e término de cada ensaio, juntamente com o gráfico da variação de temperatura de cada um.

Tabela 03. Fotos da câmera termográfica registradas ao início e término de cada ensaio, com os gráficos de cada ensaio respectivamente

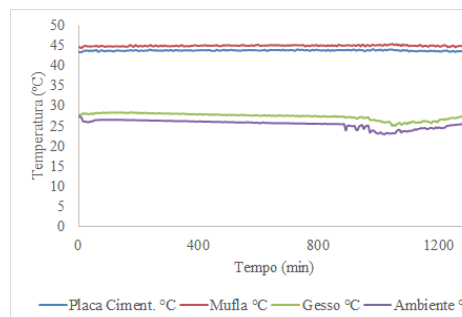
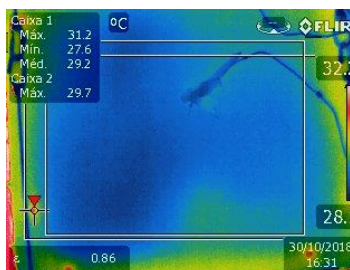
Foto no início do ensaio	Foto no final do ensaio	Gráfico do ensaio
<p>Caixa ~ 28.1 Máx. ~ 25.1 Mín. ~ 25.8 Méd. ~ 29.0 27/11/2018 16:03</p>	<p>Caixa ~ 26.9 Máx. ~ 24.2 Mín. ~ 26.2 Méd. ~ 27.6 28/11/2018 06:38</p>	<p>Temperatura (°C) vs. Título do Eixo</p> <p>— OSB °C — Mufla °C — Gesso °C — Ambiente °C</p>
OSB sem Isolante		
<p>Caixa 1 ~ 30.1 Máx. ~ 28.3 Mín. ~ 28.8 Méd. ~ 29.2 22/10/2018 18:30</p>	<p>Caixa 1 ~ 29.8 Máx. ~ 26.8 Mín. ~ 27.8 Méd. ~ 30.7 23/10/2018 16:15</p>	<p>Temperatura (°C) vs. Tempo (min)</p> <p>— OSB °C — Mufla °C — Gesso °C — Ambiente °C</p>
OSB Lã de rocha		
<p>Caixa 1 ~ 29.5 Máx. ~ 26.5 Mín. ~ 26.3 Méd. ~ 29.5 23/10/2018 16:38</p>	<p>Caixa 1 ~ 29.2 Máx. ~ 23.6 Mín. ~ 26.0 Méd. ~ 28.7 24/10/2018 16:18</p>	<p>Temperatura (°C) vs. Tempo (min)</p> <p>— OSB °C — Mufla °C — Gesso °C — Ambiente °C</p>
OSB Poliuretano		
<p>Caixa 1 ~ 26.3 Máx. ~ 23.5 Mín. ~ 24.3 Méd. ~ 24.9 24/10/2018 16:39</p>	<p>Caixa 1 ~ 26.7 Máx. ~ 23.2 Mín. ~ 25.1 Méd. ~ 27.2 25/10/2018 16:15</p>	<p>Temperatura (°C) vs. Tempo (min)</p> <p>— OSB °C — Mufla °C — Gesso °C — Ambiente °C</p>
OSB Manta		
<p>Caixa ~ 31.6 Máx. ~ 25.8 Mín. ~ 26.7 Méd. ~ 31.8 28/11/2018 15:24</p>	<p>Caixa ~ 33.8 Máx. ~ 26.7 Mín. ~ 30.4 Méd. ~ 33.4 28/11/2018 15:13</p>	<p>Temperatura (°C) vs. Tempo (min)</p> <p>— Placa Cimentícia °C — Mufla °C — Placa de gesso °C — Ambiente °C</p>
Cimentícia sem Isolante		



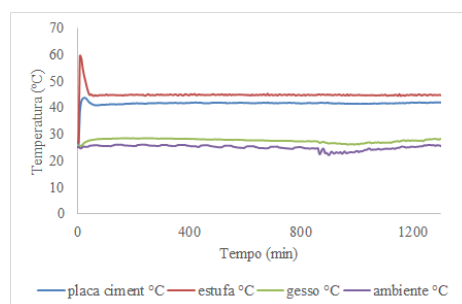
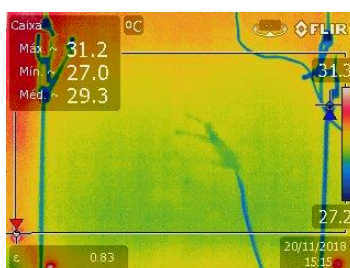
Cimentícia Lã de rocha



Cimentícia Poliuretano



Cimentícia Manta



Através das fotos registradas, é possível notar que a transmissão de calor através das placas de gesso, ocorreu de maneiras variadas, de acordo com os materiais usados como isolantes. Enquanto a placa de OSB sem isolamento permitiu que o calor se espalhasse em toda a extensão da placa, a placa cimentícia sem isolamento concentrou as maiores transferências de calor nas bordas do painel, mantendo áreas próximas ao centro com diferenças de temperatura consideráveis. Nas paredes isoladas com lã de rocha, a distribuição do calor nas placas de gesso não aconteceu de maneira homogênea. Nos dois ensaios, a temperatura menor permaneceu próximo ao centro da placa, enquanto a maior parte da transferência ocorreu novamente pelos cantos do painel. Com isso percebe-se que a lã de rocha isola o calor de maneira eficiente, já que a maior parte da transferência de calor acontece pelo aço da estrutura.

Na parede de OSB isolada com poliuretano houve uma maior distribuição de calor pela placa de gesso. Porém observando a escala de temperatura da foto, pode-se constatar que embora a distribuição ocorra de maneira uniforme, a temperatura da placa se mantém abaixo dos 28 °C. Já a parede de placa cimentícia com poliuretano não permitiu uma distribuição

regular, porem o seu ponto mais frio registra uma temperatura superior a 28 °C, chegando aos 32,2 °C nos cantos da placa. A manta térmica, nos dois ensaios aos quais foi utilizada, proporcionou uma distribuição bem homogênea de calor pela placa de gesso, mantendo a temperatura na placa entre 23 e 27 °C na parede de OSB, e 27 e 31 °C na parede em placa cimentícia.

Em todos os casos, a maior parte da transferência de calor entre as placas de OSB e cimentícia, com a placa de gesso, acontece pelos cantos da placa. Isto acontece, principalmente, pois é onde fica posicionada a estrutura da parede. Como a estrutura é feita de aço, e o aço é um bom condutor térmico, ele acaba criando pontes de calor entre as placas internas e externas. Mesmo acontecendo essas pontes de calor, a placa de gesso não alcançou temperaturas muito elevadas, nem teve aumentos significativos em relação a temperatura média do ambiente.

Através do gráfico de barras da Figura 14, pode-se relacionar as temperaturas máximas e mínimas na placa de gesso.

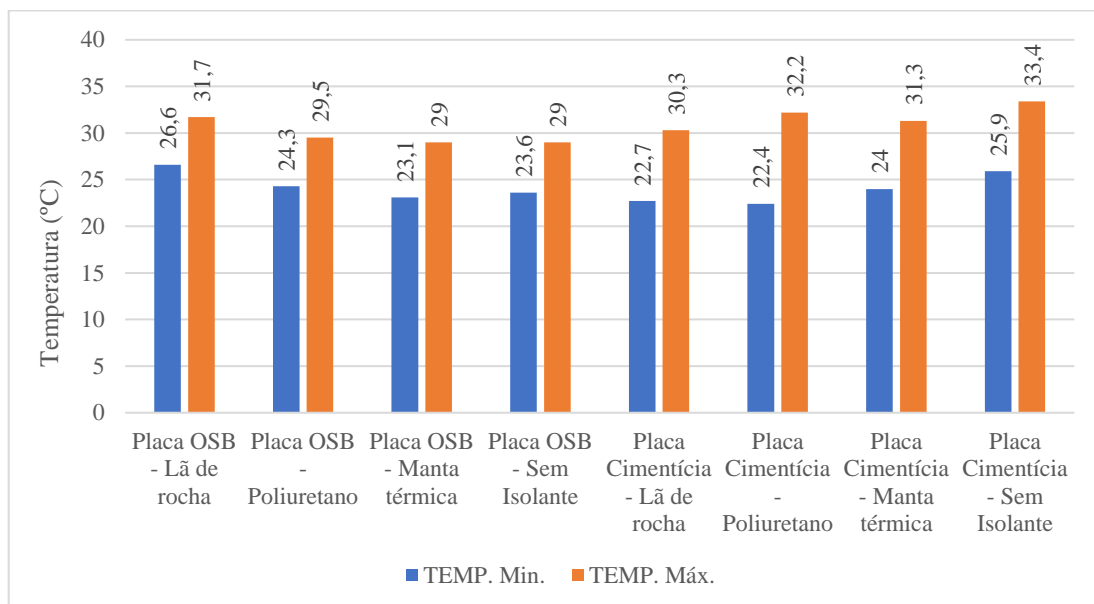


Figura 14. Temperaturas máximas e mínimas da placa de gesso registradas pela câmera termográfica.

2018

De acordo com o gráfico, o ensaio que apresentou a maior variação na placa de gesso foi o da placa cimentícia com isolante em poliuretano, com uma diferença de 9,8 °C entre o ponto mais frio e mais quente da placa. Em contrapartida, o ensaio com a menor variação de temperatura foi o da parede em OSB isolada com lã de rocha, com uma diferença de 5,1 °C. Os

demais ensaios tiveram as diferenças de temperatura entre esses dois extremos. Nota-se também, que as paredes em OSB apresentaram variações menores que as placas cimentícias. Enquanto a média de variação das paredes em OSB ficou em 5,4 °C, a variação das paredes de placa cimentícia ficou em 8,0 °C.

Conclusões

Os painéis sem isolamento e os painéis que foram isolados com os diferentes tipos de preenchimento apresentaram resultados satisfatórios. As variações de temperatura entre a face aquecida da parede, e a face que permaneceu em uma temperatura ambiente de 23 ± 3 °C, foram pequenas. Nenhum dos oito sistemas permitiram que houvesse pontes de calor significativas, a ponto de elevar a temperatura da placa de gesso de modo significativo.

Conclui-se então, que mesmo que não seja utilizado um isolante térmico, para a temperatura de 45 °C solicitada nesse trabalho, o sistema LSF tem um bom desempenho térmico, impedindo a passagem de calor. Os isolantes aqui apresentados e testados apresentaram resultados satisfatórios em todas as situações, tendo desempenho similar entre eles.

Assim, com base nos resultados deste trabalho, pode-se afirmar que as quatro maneiras apresentam um desempenho térmico satisfatório, já que em nenhum momento da pesquisa houveram grandes diferenças de temperatura, impedindo a criação de pontes térmicas, e mantendo a temperatura da placa de fechamento interno, muito próxima a temperatura ambiente.

Referências Bibliográficas

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14715-1: 2010 Chapas de gesso para drywall - Requisitos**. São Paulo, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações Habitacionais – Desempenho: Requisitos Gerais**. São Paulo, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-4: Edificações Habitacionais – Desempenho: Sistemas De Vedações Verticais Internas E Externas**. São Paulo, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15758-1: 2009 Sistemas construtivos em chapas de gesso para drywall - Projeto e procedimentos executivos para montagem. Parte 1: Requisitos para sistemas usados como paredes**. São Paulo, 2009
- BRASIL. **Balanco Energético Nacional 2013: Ano Base 2012**. Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro, p.284. 2013
- CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: light steel frame**. 2005. 231 F. Dissertação (mestrado em engenharia civil) – programa de pós-graduação em engenharia civil, escola de minas, universidade federal de ouro preto, ouro preto, 2005.
- CRASTO, R. C. M.; FREITAS, A. M. S. **Construções em Light Steel Frame**. Revista Técnica, São Paulo: Pini, Ano 14, n. 112, p. 60-65, jul. 2006a.
- IOM3, The Institute Of Materials, Minerals And Mining. **ORIENTED STRAND BOARD (OSB)**. 2018. Disponível em: <<https://www.iom3.org/wood-technology-society/oriented-strand-board-osb>>. Acesso em: 26 set. 2018.
- OLESEN, B. W. **The Philosophy Behind EN15251: Indoor Environmental Criteria For Design and Calculation of Energy Performance of Buildings**. Energy and Buildings. Issue 7, v.39, p.740-749, 2007.
- PEREIRA, CAIO. **Steel Frame: O Que é, Características, Vantagens e Desvantagens**. 2018. Disponível Em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/steel-frame/>>. acesso em: 15 jun. 2018.
- RODRIGUES, F. C. **Steel Framing: Engenharia**. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2006.
- SANTOS P, MARTINS C, SIMÕES DA SILVA L. **Thermal Performance of Lightweight Steelframed Construction Systems**. Metall Res Technol 2014; 111:329–38.
- Silva, Renata Berger da. **Isolamento térmico e acústico: lã de rocha e lã de vidro**. 2012. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/eso/content/?p=1246>>. Acesso em: 27 nov. 2018.
- TOLEDO, R. DE; ABREU, A. F. DE; JUNGLES, A. E. **A difusão de inovações tecnológicas na indústria da construção civil**. ENTAC - Encontro Nacional De Tecnologia Do Ambiente Construído, 2014. Maceió-Al. Disponível em: <http://www.infohab.org.br/entac2014/2000/artigos/entac2000_563.pdf> acesso em abril de 2018.