

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE ENGENHARIA**

**ESTUDO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE PAREDE DE
PAINEL MONOLÍTICO DE EPS DE UMA RESIDÊNCIA
UNIFAMILIAR NO MUNICÍPIO DE DOURADOS – MS**

MARIA GABRIELA LAZARINI

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2023**

ESTUDO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE PAREDE DE PAINEL MONOLÍTICO DE EPS DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO MUNICÍPIO DE DOURADOS – MS

Maria Gabriela Lazarini

Orientador: Prof. Me. Daniele Araujo Altran

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Dourados

Mato Grosso do Sul

2023



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

ANEXO H – ATA DE DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 10 : 00 horas do dia 14 de abril de 2023, realizou-se no(a) Sala de Reuniões da Faculdade de Engenharia - UFGD a defesa pública do Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Civil, intitulado “Estudo do Desempenho Térmico de Parede de Paineis Monolíticos de EPS de uma Residência Unifamiliar do Município de Dourados-MS”, de autoria do(a) discente Maria Gabriela Lazarini, como requisito para a aprovação no componente curricular Trabalho de Conclusão de Curso II.

Após a defesa e posterior arguição, a banca examinadora concluiu que o Trabalho apresentado deve ser:

Aprovado

Reprovado

O(A) discente(a) declara ciência de que a sua aprovação está condicionada à entrega da versão final (encadernada, corrigida e assinada) do Trabalho de Conclusão de Curso, nos termos em que especifica o regulamento do componente curricular, em anexo ao Projeto Pedagógico do Curso de Engenharia Civil da UFGD. O(A) orientador(a) se responsabilizará pela verificação e aprovação das correções do manuscrito feitas pelo(a) discente(a) para a elaboração da versão final.

OBSERVAÇÕES ADICIONAIS

DISCENTE

Nome: Maria Gabriela Lazarini Assinatura: Maria Gabriela Lazarini

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Daniele Araujo Altran Assinatura: Daniele Araujo Altran

Membro: André Felipe Aparecido de Mello Assinatura: André Felipe Ap. de Mello

Membro: Maria Aparecida G. T. C. Machado Assinatura: Maria Aparecida G. T. C. Machado

ESTUDO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE PAREDE DE PAINEL MONOLÍTICO DE EPS DE UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR DO MUNICÍPIO DE DOURADOS-MS

Maria Gabriela Lazarini¹; Daniele Araujo Altran²

maria.lazarini060@academico.ufgd.edu.br-mail¹; danieléaltran@ufgd.edu.br-mail²

RESUMO

Atualmente, indivíduos e organizações têm aumentado sua busca por conforto e bem-estar, e um fator crucial, é a temperatura do ambiente. Para garantir o conforto humano, os espaços devem proporcionar condições térmicas adequadas, que estão especificadas na norma técnica NBR 15575 (ABNT, 2021), que define os requisitos mínimos de desempenho para edificações, uma vez que a resposta de uma edificação às variações ambientais externas e internas é influenciada pela escolha de materiais e suas propriedades térmicas. O poliestireno expandido (EPS) tem sido amplamente utilizado na construção civil devido à sua habilidade de isolar termicamente e acusticamente. Ademais, sua capacidade de resistência e sua reação às intempéries climáticas fazem deste material uma escolha pertinente para melhorar a eficiência térmica das edificações. O presente trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho térmico *in loco* do EPS como material de paredes de vedação em uma residência do município de Dourados, comparando também as propriedades térmicas das paredes de painéis de EPS utilizados com blocos cerâmicos. A metodologia empregada foi comparativa, e se dividiu em três etapas: coleta de dados, medição da temperatura e cálculo das propriedades térmicas dos materiais. Realizando os cálculos de resistências térmicas, transmitâncias térmicas e capacidades térmicas dos materiais, de acordo com os procedimentos estipulados pela NBR 15220-2 (ABNT, 2005), constatou-se que as vedações possuem boas condições térmicas. É relevante destacar que o EPS foi o material que obteve melhor desempenho em relação aos outros protótipos, atendendo a todos os requisitos estabelecidos pela norma.

Palavras-chave: Propriedades térmicas; EPS; Parede de vedação.

ABSTRACT

Currently, individuals and organizations have increased their search for comfort and well-being, and a crucial factor is the temperature of the environment. To ensure human comfort, spaces must provide adequate thermal conditions, which are specified in the technical standard NBR 15575 (ABNT, 2021), which defines the minimum performance requirements for buildings, since the response of a building to external environmental variations and interior is influenced by the choice of materials and their thermal properties. Expanded polystyrene (EPS) has been widely used in civil construction due to its ability to thermally and acoustically insulate. Furthermore, its resistance capacity and its reaction to weather conditions make this material a relevant choice to improve the thermal efficiency of buildings. This study aimed to evaluate the *in loco* thermal performance of EPS as a sealing wall material in a residence in the city of Dourados, also comparing the thermal properties of the walls of EPS panels used with ceramic blocks. The methodology employed was comparative, and was divided into three stages: data collection, temperature measurement and calculation of the thermal properties of the materials. Performing the calculations of thermal resistance, thermal transmittances and thermal capacities of the materials, according to the procedures stipulated by NBR 15220-2 (ABNT, 2005), it was found that the seals have good thermal conditions. It is important to highlight that EPS was the material that performed better in relation to the other prototypes, meeting all the requirements established by the standard.

Keywords: Thermal properties; EPS; Fence wall.

1 INTRODUÇÃO

A necessidade de projetar de acordo com o clima tem sido amplamente abordada na tecnologia de construção. O termo “desempenho térmico”, geralmente, se refere à eficiência com que algo retém ou impede a passagem de calor. Normalmente, isso está relacionado à condutividade térmica de materiais ou conjuntos de materiais (PEREIRA FILHO, 2016). Os materiais considerados de bom desempenho térmico são aqueles que, também, tendem a ser bons isolantes, ou seja, não transmite calor facilmente (LAMBERTS et al., 2016).

Desse modo, desempenho térmico de uma edificação refere-se a quão bem uma estrutura responde às mudanças na temperatura externa durante os ciclos diários e sazonais e se tornou uma consideração crítica no projeto de residências. Normalmente, isso está relacionado à condutividade térmica dos materiais (DALBERTO, 2017).

No Brasil, a NBR 15575 (ABNT, 2021) normatiza os padrões de desempenho das edificações habitacionais estabelecendo os requisitos mínimos de qualidade, durabilidade, segurança e desempenho para as construções habitacionais brasileiras. Dentre os requisitos abordados nesta norma, estão os parâmetros relativos ao desempenho térmico das edificações.

Com relação aos sistemas construtivos, pode-se dizer que: diferentes sistemas de construção se adaptam a diferentes climas e projetos e, também, níveis variados de durabilidade, manutenção e custo; Para qualquer sistema de construção, é preciso considerar a energia incorporada e seu impacto na energia operacional para minimizar o uso a longo prazo, bem como o impacto ambiental; de igual forma é preciso certificar-se de que o sistema de construção é durável e que há como fornecer o nível de manutenção necessário (LOSS, 2019).

Assim, um mesmo sistema construtivo pode ter desempenho térmico diferente dependendo da localidade onde é utilizado. No verão, quando as temperaturas externas podem ser muito mais altas no exterior do que no interior, uma edificação com um desempenho térmico inferior permitirá a passagem de mais calor. O comportamento térmico do também é afetado por condições como mudanças de estação e de temperatura, sombreamento, radiação de calor de entrada e saída, absorção de água e umidade, movimento do ar, infiltração, diferenças de pressão (LOSS, 2019).

Os métodos convencionais de construção ainda são amplamente praticados, sendo “a alvenaria tradicional de blocos cerâmicos um dos sistemas construtivos mais utilizados nacionalmente para vedação interna e externa” (CASSAR, 2018, p. 2).

Com relação às trocas térmicas, o calor entra e sai de uma casa através de todo o envelope da edificação – telhado, paredes, piso e vidros. O layout interno – paredes, portas e arranjos de cômodos – também afeta a distribuição de calor dentro de uma casa. Assim, a vedação e o isolamento do ar são questões críticas para se obter o conforto térmico, que é mais do que apenas condições agradáveis. Se o ambiente térmico não atender às expectativas, os ocupantes tentarão influenciá-lo, instalando unidades locais de aquecimento ou resfriamento elétrico; equipamentos que utilizam energia adicional que poderia ter sido evitada se a edificação tivesse sido projetada com o conforto térmico desde a sua concepção (SCHIFFER; FROTA, 2016).

A vedação e o isolamento do ar são questões críticas para a conservação de energia, o design sustentável e, conseqüentemente, o conforto térmico. O isolamento térmico está associado à capacidade de controlar a transmissão de calor de um espaço para outro. Portanto, um produto com propriedades isolantes reduz a troca de calor; já a vedação garante que todo o esforço colocado na construção de uma estrutura estanque e bem isolada, não saia devido à vazamentos que criam uma troca indesejada de interior e exterior (NOVAIS et al., 2014).

Com relação aos materiais que também podem ser aplicados em sistemas de vedação, encontra-se o poliestireno expandido (EPS). Este é um dos materiais de construção capazes de melhorar o design e a integridade estrutural das residências. Desde o seu reconhecimento como material isolante convencional na década de 1950, o EPS vem experimentando um rápido progresso em outras novas implementações (MORAES; BRASIL, 2015).

Os painéis monolíticos de EPS cumprem as exigências da NBR 15.575 (ABNT, 2013), bem como as diretrizes estabelecidas pelo Sistema de Avaliações Técnicas (SINAT), em conformidade com a diretriz nº 011. Essa diretriz diz respeito à avaliação técnica de paredes moldadas no local, compostas por componentes de poliestireno expandido, aço e argamassa, microconcreto ou concreto (BRASIL, 2016).

Sobre os painéis: O EPS é um material obtido a partir do petróleo e existem sete tipos comerciais disponíveis no mercado, que são classificados de acordo com a densidade. Para a utilização na construção civil, é recomendado o uso do EPS da classe denominada "Classe F". Essa classe apresenta propriedades que retardam a propagação do fogo e, em caso de contato com chamas, o material se contrai, inibindo a sua combustão (MORAES; BRASIL, 2015).

Para realizar a montagem dos painéis, é necessário fixar as placas de EPS utilizando telas, grampos e espaçadores entre elas.

Com relação à argamassa, a principal diferença reside na composição e traço é, na verdade, uma argamassa estrutural ou microconcreto. A mistura é composta por cimento e areia média, podendo incluir fibras plásticas e aditivos para aumentar a consistência e evitar a retração excessiva do revestimento. O processo de revestimento é realizado em duas etapas, sendo a primeira para preencher a superfície do EPS com microconcreto até cobrir a tela metálica, e a segunda para aplicar o reboco, que é o final de acabamento. A argamassa pode ser aplicada manualmente ou projetada com o uso de rebocadoras pneumáticas, e em ambos os casos é necessário utilizar o desempeno para alcançar a espessura especificada no projeto (SIQUEIRA, 2017).

A principal aplicação do poliestireno expandido na construção está relacionada à sua capacidade isolante, tanto térmica quanto acústica. Isso, aliado à sua resistência e comportamento frente às condições climáticas, fazem dele um material perfeito para alcançar uma maior eficiência térmica (MORAES; BRASIL, 2015).

Outro fator que influencia o desempenho térmico das edificações é o zoneamento bioclimático. Na década de 1990, Baruch Givoni criou sua Carta Bioclimática baseada no Índice de Stress Térmico, que descreve as trocas de calor entre o corpo humano e o ambiente (SILVA, 2009). A NBR 15220 (ABNT, 2005) adaptou essa carta, que segundo Lamberts et. al (2016) é adequada para países em desenvolvimento.

Na NBR 15220 (2005), também é apresentada uma divisão do Brasil em oito zonas homogêneas quanto ao clima, e criou recomendações construtivas para cada uma, com a finalidade de melhorar o desempenho técnico das edificações. De acordo com esta norma Dourados se encontra na Zona 3. As recomendações construtivas para esta zona são: aberturas para ventilação devem ser médias (com área entre 15 a 25% do tamanho da área de piso), deve ser permitida a incidência solar no inverno, as paredes devem ser leves refletoras, as coberturas leves isoladas. Em relação às estratégias de condicionamento térmico passivo, no verão deve ser utilizada a ventilação cruzada, no inverno deve-se ter o aquecimento solar, assim como vedações internas pesadas (inércia térmica).

Lamberts et al. (2016), apontam que, para análise do desempenho térmico de materiais e sistemas construtivos, algumas propriedades térmicas podem ser consideradas, são elas:

- Resistência térmica (R) – É uma medida de quão resistente ele é à transferência de calor através dele. Quanto maior o valor da resistência térmica de um material, mais eficaz

ele é como isolante.

- Transmitância térmica (U) – É a capacidade de um componente construtivo transmitir calor. O valor U, expresso em $W/m^2 \cdot K$.
- Capacidade térmica (CT) - Mede a quantidade de calor que deve ser integrada para que ocorra variação de $1\text{ }^\circ\text{C}$.

Em relação à transmitância térmica, as paredes leves refletoras terão transmitância menor ou igual a $3,6W/m^2 \cdot K$ enquanto as coberturas isoladas terão seu índice menor ou igual a $2,0W/m^2 \cdot K$ (LAMBERTS et al., 2016).

Além de depender das condições ambientais, o desempenho térmico de uma edificação também depende da materialidade dela, como o pé-direito, dimensões, materiais, orientação das fachadas, entre outros. Assim, uma edificação é considerada eficiente termicamente quando o consumo desta é mínimo, mas o ambiente é ainda confortável para os usuários (LOSS, 2019).

Desta forma, o desempenho térmico das edificações diz respeito à transferência de energia entre um edifício e a sua envolvente e a otimização disso ocorre através da utilização de meios de controle térmico para manter os ocupantes de um edifício confortáveis. O controle térmico modera a temperatura dentro de uma edificação e isso reduz o consumo de energia do edifício para aquecimento e resfriamento. Assim, um bom controle térmico pode reduzir sua demanda de energia (tanto de refrigeração quanto de aquecimento) em mais de 20% (INÁCIO, 2014).

Neste contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar o desempenho térmico do EPS como material de paredes de vedação em uma residência do município de Dourados, comparando as propriedades térmicas das paredes de painéis de EPS com paredes de alvenaria de blocos cerâmicos.

2 METODOLOGIA

Este trabalho consiste na realização de um estudo comparativo da medição da temperatura de paredes em fachada com EPS em relação à NBR 15220 (ABNT, 2005). A metodologia utilizada foi a comparativa, dividida em três partes, sendo elas: coleta de dados, medição da temperatura e cálculo de transmitância térmica e, por fim, o comparativo do resultado encontrados com o que está disposto na NBR 15220 (ABNT, 2005), para verificar se o poliestireno expandido é um material que tem um desempenho térmico condizente com o estabelecido pela Norma Brasileira.

A escolha da fachada se deu por ter sua localização mais voltada para o Norte, pois

há mais incidência do sol e, assim, ficando mais evidente o desempenho térmico dos materiais analisados.

2.1 Descrição da edificação e sistema construtivo

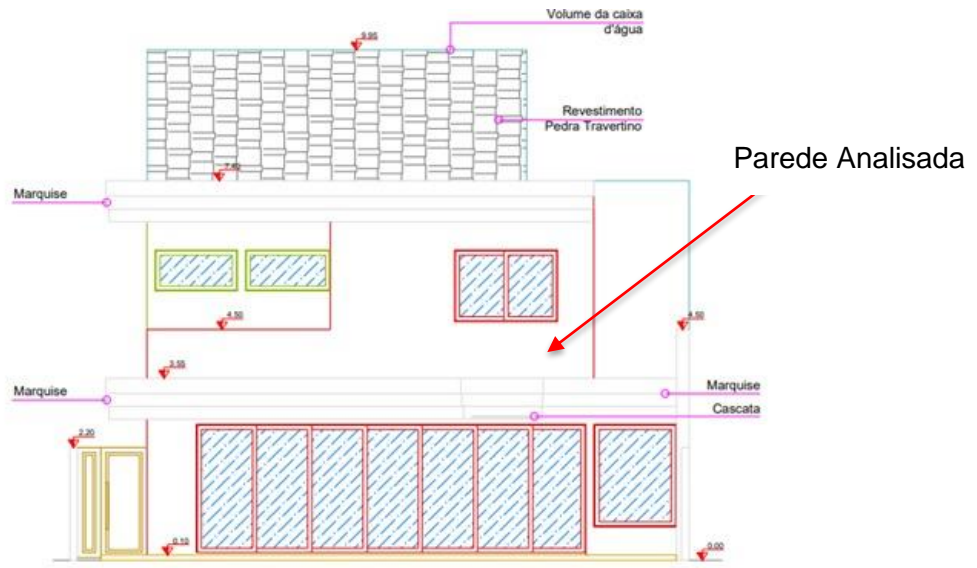
A residência analisada (Apêndices A e B) tem 246,446m² de área construída e está localizada no Residencial Porto Madero, município de Dourados/MS, que segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2010), localiza-se na latitude de 22°13'18.54" Sul e longitude de 54°48'23.09" Oeste. Tem clima tropical úmido no verão e seco no inverno, com algumas geadas.

Para a edificação que serviu de instrumento de estudo foi escolhido o sistema construtivo de painéis monolíticos em EPS, que ao contrário do sistema convencional, não necessita de pilares e/ou vigas. O método estrutural que emprega pilares e vigas é utilizado apenas em edificações com mais de dois pavimentos, o que não se aplica nesse caso.

De acordo com Siqueira (2017), esse método utiliza cerca de 10% do aço utilizado em um sistema tradicional. O processo de montagem dos painéis em EPS tem um diferencial se comparado aos outros métodos, pois os painéis são pré-fabricados conforme o projeto, que passa por um estudo e as peças são fabricadas conforme a necessidade de cada projeto, isso traz um diferencial neste método para a obra sendo prático e ágil. Já a alvenaria de blocos cerâmicos, técnica de construção mais comumente empregada na vedação em edificações, requer uma quantidade considerável de tempo durante a execução da obra e resulta na geração significativa de resíduos sólidos. Além dos custos relacionados aos materiais e à mão de obra, a alvenaria de blocos cerâmicos impõe uma carga considerável à estrutura da edificação devido à sua alta carga por metro quadrado. Adicionalmente, a quebra e recorte dos blocos geram uma quantidade significativa de resíduos sólidos.

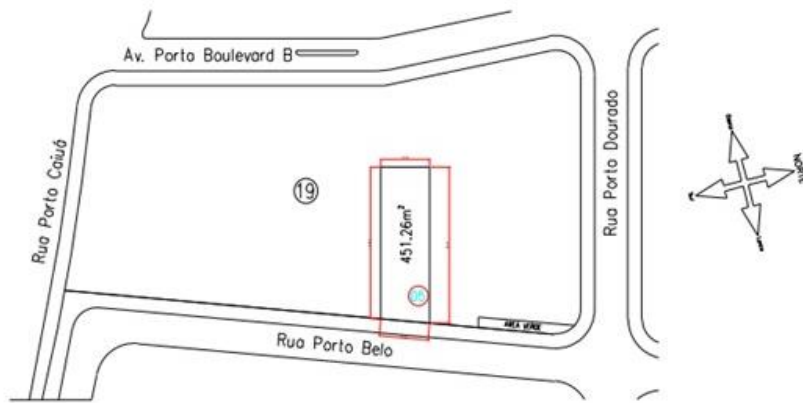
A Figura 1 demonstra a fachada posterior, em seguida a Figura 2 apresenta o mapa de quadra, que apresenta o terreno da residência dentro da área do condomínio e a Figura 3 apresenta a imagem em 3D da fachada onde se realizou a medição.

Figura 1 – Fachada posterior



Fonte: Saraiva (2020)

Figura 2 – Mapa de quadra



Fonte: Saraiva (2020)

Figura 3 – Imagem 3D da fachada em que se realizou a medição



Fonte: Saraiva (2020)

2.2 Coleta de dados

Para a realização da aferição, utilizou-se um termômetro infravermelho (Figura 4), que tem como característica fazer leituras com rapidez e precisão, permitindo verificações pontuais de várias superfícies em segundos.

Figura 4 – Termômetro infravermelho



Fonte: TCDN (2023)

A medição da temperatura das paredes (lado externo e interno) foi realizada durante 13 dias, de segunda a sexta-feira. Sempre aferindo o mesmo ponto tanto externo como interno e de preferência no mesmo horário todos os dias. As paredes aferidas se caracterizam da seguinte forma:

- Parede externa: Fachada posterior, direção solar para o leste, segundo pavimento, começa no nível 3,55 e termina no nível 7,40. A parede na qual foi realizada a medição, possuía 5,1 metros de comprimento e pintura cor prata envelhecida da marca Suvinil.
- A parede interna media 3,05m de altura e 4,80m de comprimento, pintada com a tinta cor Reco Reco Suvinil.
- A janela veneziana de 2m de comprimento por 1,4 de altura e peitoril de 1,10.

Tendo a atenção de sempre aferir os mesmos pontos externos e internos. As anotações foram feitas em planilha com os seguintes dados: dia, hora, temperatura, condições do tempo (incidência de sol no ponto analisado).

2.3 Procedimento de Cálculo das Propriedades Térmicas analisadas

2.3.1 Descrição das equações utilizadas

Os procedimentos de cálculos das propriedades térmicas estão descritos na NBR 15220 (ABNT, 2005) como descritos a seguir:

➤ Resistência Térmica

A Equação 1 apresenta o cálculo da resistência térmica para materiais homogêneos.

$$R = \frac{e}{\lambda} (m^2.K/W) \quad (1)$$

Onde:

e Espessura (m);

λ Condutividade térmica (W/m.K) (Anexo 1)

Para os casos que a resistência térmica considerando materiais heterogêneos pode-se ter dois casos:

Caso 1 – cálculo das resistências em série, descrito na Equação 2:

$$R_t = R_1 + R_2 + \dots + R_n \quad (2)$$

Onde:

R_t Resistência total

R Resistência térmica

Caso 2 – cálculo das resistências em paralelo, descrito na Equação 3:

$$R_t = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{\frac{A_1}{R_1} + \frac{A_2}{R_2} + \dots + \frac{A_n}{R_n}} \quad (3)$$

Onde:

R_t Resistência total

A Área

R Resistência térmica

➤ Considerando de ambiente a ambiente

O cálculo da resistência térmica total considerando os ambientes interno e externo é apresentado na Equação 4.

$$R_T = R_{se} + R_t + R_{si} \quad (4)$$

Onde:

R_{se} Resistência superficial externa

R_{st} Resistência térmica

R_{si} Resistência superficial interna

Tanto a R_{se} quanto a R_{si} apresentam valores médios recomendados pela NBR 15220 (ABNT, 2005) – Tabela A.1 da norma (Anexo A)

➤ **Transmitância térmica**

Outra propriedade é a transmitância térmica, cujo cálculo é o inverso da resistência térmica total e está apresentado na Equação 5.

$$U = \frac{1}{R_T} \quad (5)$$

➤ **Capacidade térmica**

Outra propriedade é a capacidade térmica, cujo cálculo para materiais homogêneos está apresentado na Equação 6.

$$C_t = e \cdot c \cdot \rho \quad (6)$$

Onde:

C_t Capacidade térmica

e Espessura

c Calor específico

ρ Densidade - conforme NBR 15220 (ABNT, 2005), Anexo 3.

Análogo aos cálculos das resistências térmicas para materiais heterogêneos, a capacidade térmica para esse tipo de matéria é calculada da mesma forma para dois casos:

Caso 1 – capacidade térmica para materiais heterogêneos em série, conforme Equação 7:

$$C_t = C_1 + C_2 + \dots + C_n \quad (7)$$

Onde:

C_T Capacidade térmica total

A Área

A_T Capacidade térmica

Caso 2 – capacidade térmica para materiais heterogêneos em paralelo, conforme Equação 8:

$$C_t = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_n}{\frac{A_1}{C_{T1}} + \frac{A_2}{C_{T2}} + \dots + \frac{A_n}{C_{Tn}}} \quad (8)$$

Onde:

C_T Capacidade térmica total

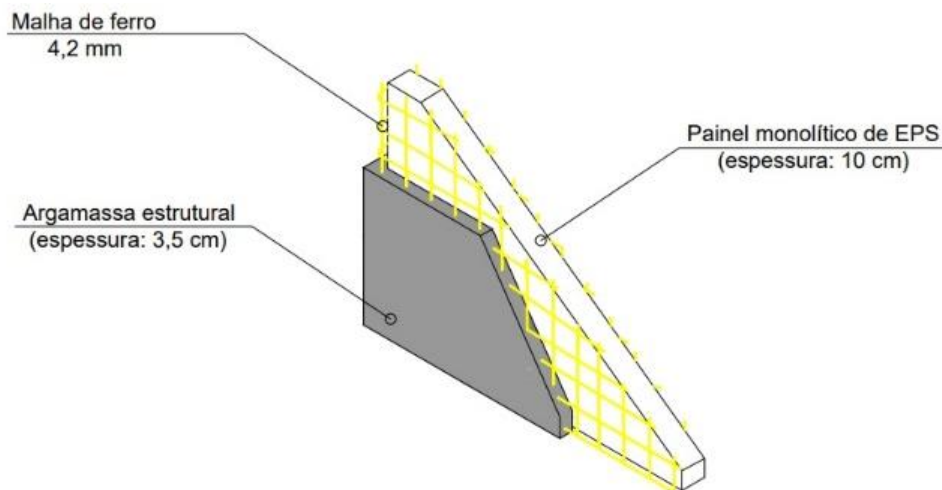
A Área

A_T Capacidade térmica

2.3.2 Procedimento das propriedades térmicas por tipo de material

A parede da edificação analisada é de painel monolítico de EPS (max. 4,5m x 2m) (Figura 5), que consiste em placas de poliestireno expandido (EPS), cobertos com malhas de aço leve altamente resistentes, que são conectadas através de barras de aço. A seleção das malhas e barras de aço utilizadas nos painéis monolíticos é determinada pela finalidade para a qual a estrutura será empregada.

Figura 5 – Representação de parede de painel monolítico de EPS (max. 4,5x2m)

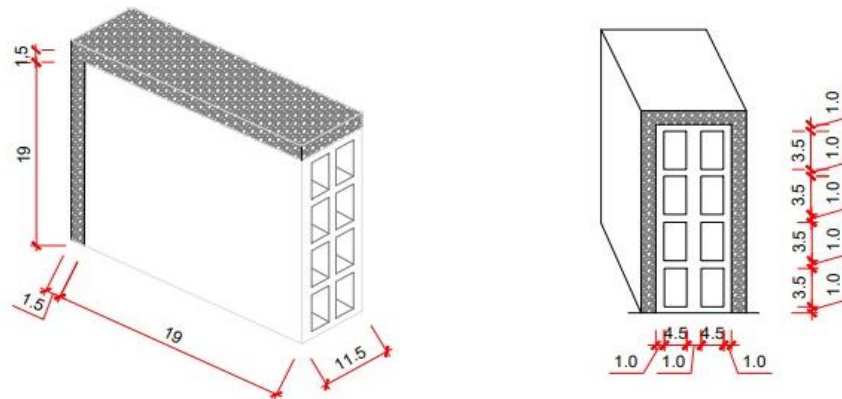


Autora (2023)

Para o cálculo das propriedades desta parede de EPS foram consideradas as Equações de 1, 2 e 4 para as resistências térmicas, a Equação 5 para a transmitância térmica e Equações 6 e 7 para as capacidades térmicas, que foram descritas no item 2.3.1.

A outra parede analisada para fins de comparação foi de blocos cerâmicos de 8 furos assentados em meia vez, com as seguintes dimensões: 11,5cm x 19cm x 19cm. Os blocos cerâmicos para vedação são comumente empregados em paredes internas com a finalidade de fechar espaços em edificações. A Figura 6, ilustra os blocos utilizados na parede na qual foi realizada a medição.

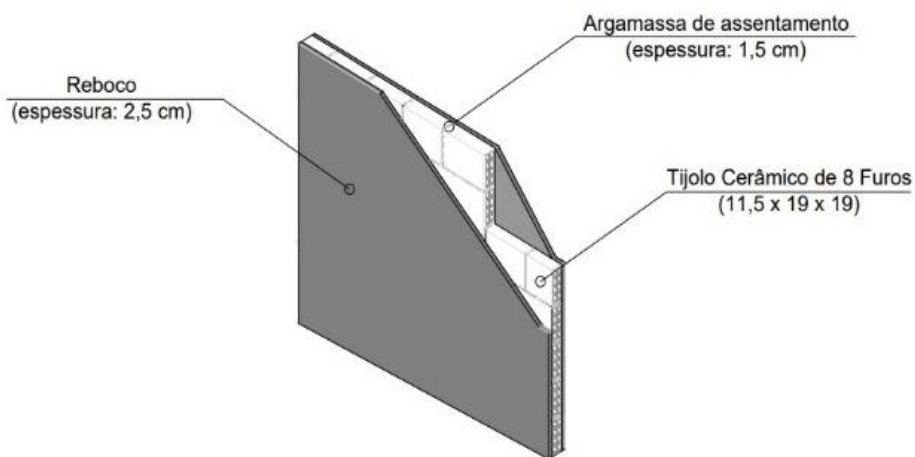
Figura 6 – Ilustração dos blocos (8 furos; 11,5 x 19 x 19; meia vez)



Autora (2023)

A Figura 7 ilustra a representação da parede de bloco cerâmico de vedação.

Figura 7 – Representação de parede de bloco cerâmico



Autora (2023)

Para o cálculo das propriedades desta parede de blocos cerâmicos foram consideradas as Equações de 1, 2, 3 e 4 para as resistências térmicas, a Equação 5 para a transmitância térmica e Equações 6, 7 e 8 para as capacidades térmicas, que foram descritas no item 2.3.1.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Dados coletados *in loco*

De acordo com a normativa brasileira NBR 15575 (ABNT, 2021) o ambiente interno de um edifício deve apresentar requisitos de conforto térmico iguais ou melhores que do

ambiente externo, à sombra em um dia de verão. Já em ambientes residenciais de longa permanência, como quartos, escritórios e salas de estar, é especificada uma temperatura máxima diária, que deve ser sempre igual ou inferior à temperatura externa.

Assim, chegou-se aos dados apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Dados obtidos na medição

Data	Horário	Temperatura ambiente	Clima	Incidência do Sol	Temperatura		Diferença entre a temperatura da parede
					Interna	Externa	
21/12/2022	13:51	33° C	Ensolarado	Sim	23,8° C	40,6° C	16,8° C
22/12/2022	14:10	30° C	Ensolarado	Sim	22,6° C	43,9° C	21,3° C
23/12/2022	13:42	31° C	Ensolarado	Sim	24,9° C	42,7° C	17,8° C
26/12/2022	14:23	32° C	Ensolarado	Sim	22,4° C	44,8° C	22,4° C
27/12/2022	15:44	34° C	Ensolarado	Sim	19,8° C	47,9° C	28,1° C
28/12/2022	13:25	33° C	Nublado	Não	19,2° C	38,2° C	19,0° C
29/12/2022	14:38	31° C	Ensolarado	Sim	25,0° C	47,9° C	22,9° C
30/12/2022	15:54	33° C	Ensolarado	Sim	21,5° C	46,9° C	25,4° C
09/01/2023	13:42	30° C	Ensolarado	Sim	20,9° C	39,7° C	18,8° C
10/01/2023	15:26	32° C	Nublado	Não	20,2° C	36,5° C	16,3° C
11/01/2023	14:06	31° C	Ensolarado	Sim	27,3° C	36,8° C	9,5° C
12/01/2023	14:10	30° C	Ensolarado	Sim	25,4° C	41,2° C	15,8° C
13/01/2023	14:35	30° C	Ensolarado	Sim	26,1° C	43,1° C	17,0° C
Médias		31,5° C			23,0° C	43,3° C	19,3° C

Autora (2023)

Todos os dias em que foram feitas as medições, estavam bem quentes; mesmo em dias nublados. Dessa forma, não houve incidência do sol na parede em dias nublados.

Observou-se que a temperatura externa da parede sempre era bem maior do que a temperatura interna.

O dia no qual ocorreu a maior diferença de temperatura entre o lado externo e o interno das paredes foi, também, o dia em que a temperatura ambiente foi a mais alta (27/12/2022). Já o dia com menor diferença entre os lados externo e interno foi em 11/01/2023. Não houve ocorrência de temperatura interna maior do que a externa.

Em nenhum dos casos foi levado em consideração as camadas de pintura (por serem finas demais), porém, sabe-se que, quanto mais clara a cor da tinta, mais refletirá o calor e menos o transmitirá.

A cor das superfícies é um dos fatores que pode afetar o comportamento térmico das edificações, especialmente quando considerada em conjunto com outras propriedades físicas dos materiais. Por isso, o uso adequado das cores com base em dados reais de absorvância dos materiais pode ser uma estratégia passiva eficaz e simples para alcançar desempenho térmico recomendado para as edificações (NOVAIS et al., 2014).

Os dias com menores temperaturas ambientes foram: 22/12/2022; 09/01/2023; 12/01/2023 e 13/01/2023.

A média de temperatura ambiente nos dias analisados foi de 31,5°C. A média de temperatura interna da parede foi de 23°C e externa de 43,3°C, resultando em uma média da diferença entre a parede externa e interna de 19,3°C, cuja diferença é considerada expressiva.

Importante ressaltar que de acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2021), a edificação precisa apresentar atributos que satisfaçam as demandas de desempenho térmico, tendo em vista a região bioclimática na qual está situada, avaliada em condições naturais da mesma.

3.2 Propriedades térmicas

Os cálculos realizados encontram-se disponíveis no Apêndice C. Após a obtenção dos resultados, realizou-se um comparativo em relação a NBR 15520 (ABNT, 2005), que dispõe sobre o desempenho térmico das edificações.

A norma NBR 15575 (ABNT, 2021) estabelece padrões e requisitos para avaliar o desempenho térmico mínimo de vedação vertical interna e externa. Por isso, as construções devem atender aos critérios de transmitância térmica e capacidade térmica, que são definidos de acordo com o zoneamento bioclimático estipulado na NBR 15220-2 (ABNT, 2005), a qual classifica a cidade de Dourados - MS na zona 03. É necessário cumprir com esses requisitos mínimos.

Critério – Transmitância térmica de paredes externas

Transmitância Térmica U [W/ m².K]		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2.5	$\alpha^a \leq 0.6$	$\alpha^a > 0.6$
	U ≤ 3.7	U ≤ 2.5

α^a é a absorvância à radiação solar da superfície externa da parede

Fonte: NBR 15220 (2005)

Capacidade TÉRMICA (CT) [kJ/ m².K]	
Zona 8	Zonas 1, 2, 3, 4, 5, 6 e 7
Sem exigência	≥130

Fonte: NBR 15220 (2005)

Os resultados para fins comparativos entre vedação de cerâmica e vedação de painel monolítico ficaram definidos como mostra a Tabela 2:

Tabela 2 – Resultados dos cálculos comparativos

PROPRIEDADES	VEDAÇÃO COM CERÂMICA	VEDAÇÃO COM EPS
Resistência térmica da parede	$R_t = 0,7117 (m^2.K)/W$	$R_t = 2,56 (m^2.K)/W$
Resistência térmica total da parede	$R_t = 0,8817 (m^2.K)/W$	$R_t = 2,73 (m^2.K)/W$
Transmitância térmica	$U = 1,13 W/(m^2.K)$	$U = 0,3663 W/(m^2.K)$
Capacidade térmica da parede	$C_t = 745,8 KJ/(m^2.k)$	$C_t = 142 KJ/(m^2.k)$

Autora (2023)

Ambos os tipos de vedação estão em conformidade com a NBR 15220-2 (ABNT, 2005), no entanto, pode-se notar que a parede em EPS apresenta uma transmitância térmica 32,41% do valor da parede de blocos cerâmicos, ou seja, o elemento de EPS analisado apresenta uma capacidade de transmitir de calor 67,59% menor do que o sistema de vedação de cerâmica. Além disso, em relação à capacidade térmica, que é a capacidade do material reter calor no seu interior, o valor calculado do EPS é 80,96% menor do que o da cerâmica.

É importante destacar que, em ambos os casos, valores menores para essas propriedades são considerados melhores em climas considerados quentes na maior parte do ano, como é o caso do município de Dourados-MS.

Isso ficou comprovado através do experimento realizado em 13 dias, em que foram medidas as temperaturas da parede interna e externa de uma residência construída com painéis monolíticos em EPS, podendo-se observar uma grande diferença entre as temperaturas. Isso, provavelmente não teria ocorrido em uma edificação em que o sistema de vedação fosse de blocos cerâmicos.

5 CONCLUSÃO

É correto afirmar que a utilização de materiais isolantes ou a aplicação de técnicas de isolamento pode aprimorar as condições de conforto no ambiente, tornando-o mais agradável, sem aumentar o consumo de energia elétrica.

O presente trabalho consistiu em realizar um comparativo do desempenho térmico *in loco* do EPS como material de paredes de vedação em uma residência, em relação as suas propriedades térmicas com paredes de alvenaria de blocos cerâmicos.

Após o cálculo das resistências térmicas, transmitâncias térmicas e capacidades térmicas dos materiais, seguindo os procedimentos estabelecidos pela NBR 15220-2 (ABNT, 2005), observou-se que as vedações apresentam boas condições térmicas. No

entanto, é importante ressaltar que o EPS foi o material que melhor se destacou em relação aos outros protótipos, cumprindo todos os requisitos estabelecidos pela norma. Além disso, considerando todas as coletas de dados de campo, o EPS foi o que ofereceu o melhor conforto térmico.

Mesmo assim, em comparação com a NBR 15220 (ABNT, 2005) e a NBR 15575 (ABNT, 2021) é possível afirmar que ambos os sistemas possuem capacidade de isolamento adequada para o nosso clima.

Realizando os cálculos, foi possível perceber que a parede de EPS apresenta uma transmitância térmica inferior à parede de cerâmica, o que significa que o EPS é um material que conduz menos calor de uma face para outra da parede. Já a parede de cerâmica tem uma capacidade térmica superior, o que faz com que ela absorva mais calor do ambiente e o armazene por um período de tempo maior em sua estrutura.

Como sugestão para pesquisas futuras, recomenda-se a criação de dois protótipos idênticos, com a mesma posição para o sol, sendo um de bloco cerâmico e outro de painel monolítico de EPS. Através da medição de temperatura das paredes internas e externas, realizadas por no mínimo 10 dias e em horários próximos, poderá evidenciar qual dos materiais possibilitará um melhor desempenho térmico de acordo com as especificações das NBRs específicas.

AGRADECIMENTOS

À empresa Juliana Saraiva, pela disponibilização dos materiais de estudo que foram de grande utilidade para elaboração deste trabalho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho térmico de edificações – Parte 2: Componentes e elementos construtivos das edificações – resistência e transmitância térmica – métodos de cálculo. Rio de Janeiro, 2005.

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

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – desempenho – Rio de Janeiro, 2021.

BRASIL. Ministério das Cidades. **Diretriz SINAT n. 011**. Disponível em: https://pbqp-h.mdr.gov.br/wp-content/uploads/2021/04/pbqph_d1229.pdf. Acesso em 09 mar. 2023.

CASSAR, Bernardo Camargo. **Análise comparativa de sistemas construtivos para empreendimentos habitacionais: alvenaria convencional x light steel frame**. Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2018. Disponível em: <http://repositorio.poli.ufrj.br/monografias/monopoli10025484.pdf>. Acesso em 19 mai. 2022.

DALBERTO, Ebrael. **Análise comparativa de isolamento térmico entre lajes pré-moldadas e laje painel treliçada com a utilização de tabelas cerâmicas e blocos de poliestireno expandido (EPS) para fins de conforto térmico**. Monografia (graduação). Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário UNIVATES. 2017. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1619/1/2017EbraelDalberto.PDF>. Acesso em 06 mai. 2022.

INÁCIO, William dos Santos. **Dimensionamento da carga térmica de resfriamento de ambientes: estudo de caso no Instituto Federal Fluminense campus Itaperuna**. Universidade Candido Mendes - Campos/RJ. 98p. 2014. Disponível em: <https://pep.ucam-campos.br/wp-content/uploads/2014/11/William-dos-Santos-In%C3%A1cio.pdf>. Acesso em 29 out. 2022.

KHOUKHI, M.; ABDELBAQI, S.; DARSALEH, A. **Impact of dynamic thermal conductivity change of EPS insulation on temperature variation through a wall assembly**. Case Studies in Thermal Engineering, v. 25, 2021.

LAMBERTS, R.; ABREU, A.L.P.; CARLO, J.C.; BATISTA, J.O.B. et al. **Desempenho térmico de edificações**. Universidade Federal de Santa Catarina CTC - Departamento de Engenharia Civil. 239p. 2016. Disponível em: https://labeeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf. Acesso em 29 set. 2022.

LOSS, G.T. **Avaliação do desempenho térmico de habitações do programa nacional de habitação rural no município de Vespasiano Corrêa/RS**. Monografia. 93 p. Universidade do Vale do Taquari. Lageado, 2019.

MORAES, C.B.; BRASIL, P.C. **Estudo da viabilidade do Poliestireno Expandido (EPS) na produção de edificações com baixo impacto ambiental**. In: 4º Seminário Nacional de Construções Sustentáveis. Passo Fundo/RS, 2015. Disponível em: [https://www.imed.edu.br/Uploads/Estudo%20da%20Viabilidade%20do%20Poliestireno%20Expandido%20\(EPS\).pdf](https://www.imed.edu.br/Uploads/Estudo%20da%20Viabilidade%20do%20Poliestireno%20Expandido%20(EPS).pdf). Acesso em 18 set. 2022.

NOVAIS, J. W. Z., OLIVEIRA, E. V., JOAQUIM, T. D., LEAL, L. A., NOGUEIRA, M. C. J. A., SANCHES, L. **Comparação do Desempenho Térmico de Painéis em EPS como Alternativa aos Tijolos Cerâmicos no Conforto Térmico de Residências em Cuiabá-MT**. UNOPAR Científica Exatas Tecnológica, Londrina, vol. 13, n. 1, p. 39-43, nov. 2014. Disponível em: <https://www.researchgate.net/journal/DESAFIOS-Revista-Interdisciplinar-da-Universidade-Federal-do-Tocantins-2359-3652>. Acesso em 09 mai. 2022.

PEREIRA FILHO, S.C. **Análise de duas propostas de métodos – propagação cilíndrica e plana – para a determinação da capacidade de isolamento térmico de mantas de EVA**. Trabalho de conclusão. 58p. Universidade Federal do Recôncavo da Bahia. Cruz das Almas, 2016.

SARAIVA, Juliana. Escritório de Arquitetura. 2020.

SCHIFFER, S.R.; FROTA, A.B. **Manual de conforto térmico**. 8. Ed. São Paulo :Studio Nobel, 2016.

SILVA. F.B. Paredes estruturais com painéis de EPS, Edição 151 - Outubro/2009; Disponível em: <http://www.techne17.pini.com.br/engenharia-civil/151/artigo287692-2.aspx>. Acesso em 10 mar. 2023.

SILVA, P.E.V.; MOREIRA, R.R. **Projeto de alvenaria de vedação – diretrizes para a elaboração, histórico, dificuldades e vantagens da implementação e relação com a NBR 15575**. Monografia. 79 p. Universidade Federal de Goiás. Goiânia, 2017.

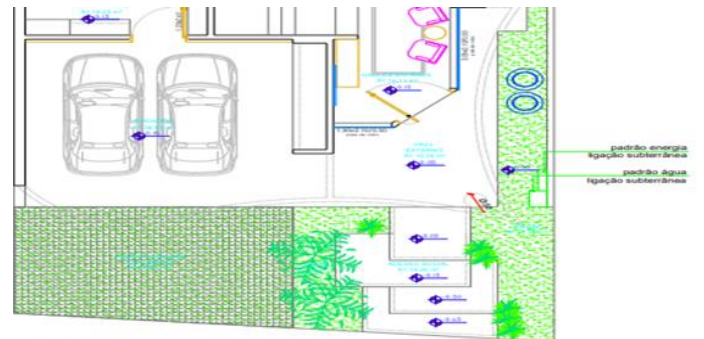
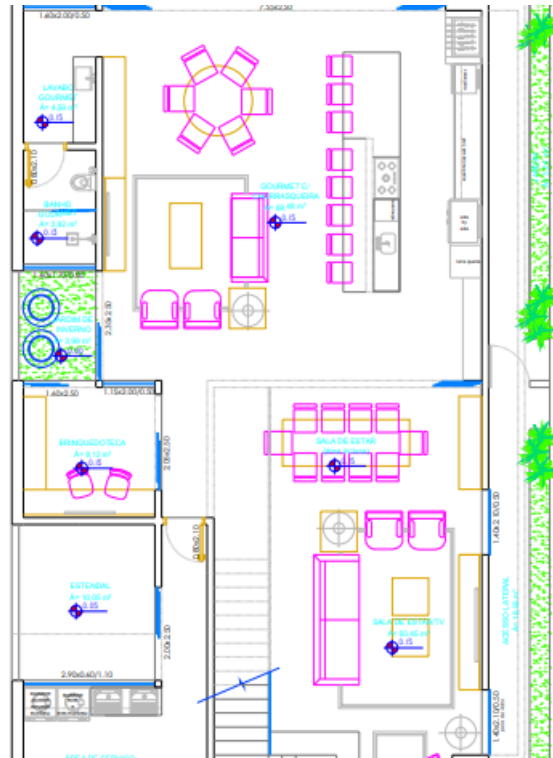
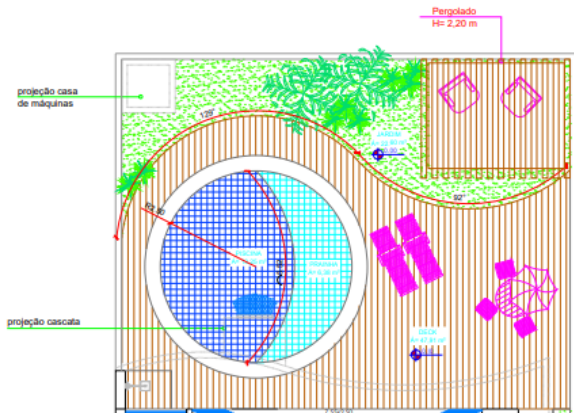
SIQUEIRA, Thais Elenize de. **Análise de desempenho e custos de sistema de vedação em EPS. Trabalho de Conclusão de Curso**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. 2017. Disponível

em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/8614/1/PB_COECI_2017_1_16. Acesso em 08 mar. 2023.

TCDN. **Termômetro digital.** Disponível em: https://images.tcdn.com.br/img/img_prod/244597/termometro_digital_infravermelho_com_mira_laser_50o_a_420o_c_2384_variacao_148_1_20190207180934.jpg. Acesso em 06 mar. 2023.

APÊNDICES

APÊNDICE A – Anteprojeto Térreo (sem escala)



TERREÇO = 315,25 m²
 SUPERIORES = 194,72 m²
 FIBRADA = 15,63 m²
 MARQUISE = 12,58 m²
 PE DIREITO TERREÇO = 9,20 m
 PE DIREITO SUPERIOR = 9,20 m
 TAXA DE PERMEABILIDADE = 76,79 m² / 17,01 %
 TAXA DE OCUPAÇÃO = 227,81 m² / 56,48 %
 ÁREA TOTAL C/ MARQUISE = 382,16 m²
 ÁREA TOTAL S/ MARQUISE = 369,58 m²

Fonte: Saraiva (2020)

APÊNDICE C – Fórmulas utilizadas para os cálculos comparativos**VEDAÇÃO COM CERÂMICA****a) Resistência térmica da parede****Sessão 1: (reboco + argamassa + reboco)****Área 1: $(0,015 \times 0,19) + (0,015 \times 0,205) = 0,006 \text{ m}^2$**

$$R_1 = \frac{e \text{ reboco}}{\lambda \text{ reboco}} + \frac{e \text{ argamassa}}{\lambda \text{ argamassa}} + \frac{e \text{ reboco}}{\lambda \text{ reboco}}$$

$$R_1 = \frac{0,025}{1,15} + \frac{0,115}{1,15} + \frac{0,025}{1,15} = \frac{0,165}{1,15}$$

$$R_1 = 0,1435 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

Sessão 2: (reboco + cerâmica + reboco)**Área 2: $0,01 \times 0,19 = 0,003 \text{ m}^2$**

$$R_2 = \frac{e \text{ reboco}}{\lambda \text{ reboco}} + \frac{e \text{ cerâmica}}{\lambda \text{ cerâmica}} + \frac{e \text{ reboco}}{\lambda \text{ reboco}}$$

$$R_2 = \frac{0,025}{1,15} + \frac{0,115}{0,90} + \frac{0,025}{1,15}$$

$$R_2 = 0,1713 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

Sessão 3: (reboco + cerâmica + câmara de ar + cerâmica + câmara de ar + cerâmica + reboco)**Área 3: $0,035 \times 0,19 = 0,0067 \text{ m}^2$**

$$R_3 = \frac{e \text{ reboco}}{\lambda \text{ reboco}} + \frac{e \text{ cerâmica}}{\lambda \text{ cerâmica}} + R_{ar} + \frac{e \text{ cerâmica}}{\lambda \text{ cerâmica}} + R_{ar} + \frac{e \text{ cerâmica}}{\lambda \text{ cerâmica}} + \frac{e \text{ reboco}}{\lambda \text{ reboco}}$$

$$R_3 = \frac{0,025}{1,15} + \frac{0,010}{0,90} + 0,16 + \frac{0,010}{0,90} + 0,16 + \frac{0,010}{0,90} + \frac{0,025}{1,15}$$

$$R_3 = 0,3968 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

Portanto a resistência da parede será:

$$R_t = \frac{A_1 + 5 \times A_2 + 4 \times A_3}{\frac{A_1}{R_1} + \frac{A_2}{R_2} + \frac{A_3}{R_3}}$$

$$R_t = \frac{0,006 + 5 \times 0,003 + 4 \times 0,0067}{\frac{0,006}{0,1435} + \frac{5 \times 0,003}{0,1713} + \frac{4 \times 0,0067}{0,3968}}$$

$$R_t = 0,7117 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)/W}$$

b) Resistência térmica total

$$R_T = R_{se} + R_t + R_{si}$$

$$R_T = 0,13 + 0,7117 + 0,04$$

$$R_T = 0,8817(m^2 \cdot k)/W$$

c) Transmitância térmica

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{0,8817}$$

$$U = 1,13 W/(m^2 \cdot k)$$

d) Capacidade térmica da parede

Sessão 1: (reboco + argamassa + reboco)

$$\text{Área 1: } (0,015 \times 0,19) + (0,015 \times 0,205) = 0,006m^2$$

$$C_{t1}: \sum_{i=1}^3 e_i + c_i + \rho_i = (e \times c \times \rho)_{reboco} + (e \times c \times \rho)_{argamassa} + (e \times c \times \rho)_{reboco}$$

$$C_{t1}: 0,165 \times 1,00 \times 2000 = C_{t1}: 330 \text{ kJ}/(m^2 \cdot k)$$

Sessão 2: (reboco + cerâmica + reboco)

$$\text{Área 2: } (0,015 \times 0,19) = 0,003m^2$$

$$C_{t2}: \sum_{i=1}^3 e_i + c_i + \rho_i = (e \times c \times \rho)_{reboco} + (e \times c \times \rho)_{cerâmica} + (e \times c \times \rho)_{reboco}$$

$$C_{t2}: 0,025 \times 1,00 \times 2000 + 0,0115 \times 0,92 \times 1600 + 0,025 \times 1,00 \times 2000$$

$$C_{t1}: 270 \text{ kJ}/(m^2 \cdot k)$$

Sessão 3: (reboco + cerâmica + câmara de ar + cerâmica + câmara de ar + cerâmica + reboco)

$$\text{Área 3: } 0,035 \times 0,19 = 0,0067m^2$$

$$C_{t3}: \sum_{i=1}^3 e_i + c_i + \rho_i = (e \times c \times \rho)_{reboco} + (e \times c \times \rho)_{cerâmica} + (e \times c \times \rho)_{ar} + (e \times c \times \rho)_{cerâmica} + (e \times c \times \rho)_{ar} + (e \times c \times \rho)_{cerâmica} + (e \times c \times \rho)_{reboco}$$

$$C_{t3}: 0,05 \times 1,00 \times 2000 + 0,03 \times 0,92 \times 1600$$

$$C_{t3}: 144 \text{ kJ}/(m^2 \cdot k)$$

Logo, a capacidade da parede será:

$$R_t = \frac{A_1 + 5 \times A_2 + 4 \times A_3}{\frac{A_1}{R_1} + \frac{A_2}{R_2} + \frac{A_3}{R_3}}$$

$$C_t = \frac{0,006 + 5 \times 0,003 + 4 \times 0,0067}{\frac{0,006}{330} + \frac{5 \times 0,003}{270} + \frac{4 \times 0,0067}{144}}$$

$$C_t = 745,8 \text{ kJ}/(m^2 \cdot K)$$

VEDAÇÃO COM PAINEL MONOLÍTICO DE EPS

a) Resistência térmica da parede

$$R_t = \frac{e \text{ argamassa}}{\lambda \text{ argamassa}} + \frac{e \text{ painel}}{\lambda \text{ painel}} + \frac{e \text{ argamassa}}{\lambda \text{ argamassa}}$$

$$R_1 = \frac{0,035}{1,15} + \frac{0,1}{0,040} + \frac{0,035}{1,15}$$

$$R_1 = 2,56 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)}/W$$

b) Resistência térmica total

$$R_T = R_{se} + R_t + R_{si}$$

$$R_T = 0,13 + 2,56 + 0,04$$

$$R_T = 2,73 \text{ W}/(m^2 \cdot \text{k})$$

c) Transmitância térmica

$$U = \frac{1}{R_T}$$

$$U = \frac{1}{2,73}$$

$$U = 0,3663 \text{ (m}^2 \cdot \text{k)}/W$$

d) Capacidade térmica da parede

$$C_t = C_{T1} + C_{T2} + C_{T3}$$







$$C_t = 0,035 \times 1,00 \times 2000 + 0,1 \times 1,42 \times 10 + 0,035 \times 1,00 \times 2000$$

$$C_t = 142 \text{ kJ}/(m^2 \cdot K)$$

ANEXOS

ANEXO A – Resistência térmica superficial interna e externa

Tabela A.1 – Resistência térmica superficial interna e externa

$R_{si} (m^2 \cdot K)/W$			$R_{se} (m^2 \cdot K)/W$		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
					
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Fonte: NBR 15220 (2005)

ANEXO B – Propriedades térmicas dos materiais – valores indicativos

Tabela B.3 – Densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) de materiais

Material	ρ (kg/m^3)	λ ($w/(m \cdot K)$)	c ($k \cdot J/(kg \cdot K)$)
Argamassas			
Argamassa comum	1800 – 2100	1,15	1
Argamassa de gesso	1200	0,70	0,84
Argamassa celular	600 – 1000	0,40	1,00
Cerâmica			
Tijolos e telhas de barro	1000 – 1300	0,70	0,92
	1300 – 1600	0,90	0,92
	1600 – 1800	1,00	0,92
	1800 - 2000	1,05	0,92
Isolantes térmicos			
Lã de rocha	20 – 200	0,045	0,75
Lã de vidro	10 – 100	0,045	0,70
Poliestireno expandido moldado	15 – 35	0,040	1,42
Poliestireno extrudado	25 – 40	0,035	1,42
Espuma rígida de poliuretano	30 – 40	0,030	1,67

Fonte: NBR 15220 (2005)