

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE ALVENARIA DE VEDAÇÃO DE BLOCO CERÂMICO REVESTIDO EM ARGAMASSA E CERÂMICA PARA A REGIÃO DE GOIÂNIA

EVALUATION OF THE THERMAL PERFORMANCE OF CERAMIC BLOCK SEALING MASONRY COATED IN MORTAR AND CERAMIC FOR THE REGION OF GOIÂNIA

BORGES, Ana Carolina Aquiles¹; BERNALDO, Andressa da Silva²; SOARES, Daniel Vitor Fernandes³; MORAIS, Laísa Carla Nascimento⁴; TENÓRIO, Helen⁵

RESUMO

A finalidade deste trabalho foi analisar a aplicação dos princípios de eficiência térmica para dois tipos de alvenaria de vedação, sendo bloco cerâmico revestido em argamassa e bloco cerâmico revestido em cerâmica, de uma edificação na cidade de Goiânia, que possui clima tropical. Para a execução deste trabalho, foram utilizados métodos analíticos e medições *in loco*, conforme a NBR 15220 (ABNT, 2005) e a NBR 15575 (ABNT, 2013), para verificar os valores mínimos estabelecidos por norma. Com base nos resultados obtidos, pôde-se verificar que os valores ficaram de acordo com os limites, tanto intermediários quanto superiores, para a Zona Bioclimática Brasileira 6, e, por fim, foi feito um comparativo com o bloco de EPS revestido em concreto. Desse modo, notou-se uma significativa diferença nos valores encontrados.

Palavras-chave: Desempenho térmico. Eficiência. Zona Bioclimática.

ABSTRACT

The purpose of this work was to analyze the application of the principles of thermal efficiency for two types of sealing masonry, ceramic block coated with mortar and ceramic block coated with ceramic, in a building in the city of Goiânia, which has a tropical climate. For the execution of this work, analytical methods and on-site measurements were used, according to NBR 15220 (ABNT, 2005) and NBR 15575 (ABNT, 2013), to verify the minimum values established by standard. Based on the results obtained, it was possible to verify that the values were in accordance with the limits, both intermediate and superior, for the Brazilian Bioclimatic Zone 6, and, finally, a comparison was made with the EPS block coated in concrete. Thus, there was a significant difference in the values found.

Keywords: Thermal performance. Efficiency. Bioclimatic Zone.

¹ Ana Carolina Aquiles Borges. Graduanda de Engenharia Civil. E-mail: itsanaborges38@gmail.com.

² Andressa da Silva Bernaldo. Graduanda de Engenharia Civil. E-mail: dessa2178@gmail.com.

³ Daniel Vitor Fernandes Soares. Graduando de Engenharia Civil. E-mail: danielv-soares@hotmail.com.

⁴ Laísa Carla Nascimento Moraes. Graduanda de Engenharia Civil. E-mail: laisacarlamorais1999@gmail.com.

⁵ Helen Tenório. Docente do Curso de Engenharia Civil. E-mail: helen.tenorio@facunicamps.edu.br.

1. INTRODUÇÃO

O clima brasileiro é definido como tropical, de acordo com sua posição geográfica, pois o país situa-se em uma das áreas de maior recebimento de energia solar e de grande pluviosidade, resultando em um clima quente e úmido, segundo explicações de Mendonça e Oliveira (2009). Logo, por natureza, possui um clima quente, mas, em detrimento das ações humanas, isso vem se alterando.

A partir desse pressuposto, tem-se discutido muito, em pautas internacionais, em reuniões parlamentares e em todo contexto popular, sobre o aquecimento global, visto que as alterações climáticas, registradas em grandes regiões brasileiras, se mostram altas e com grandes variações com o passar dos anos. E, como resultado, a população sofre com as consequências desse desequilíbrio climático, com a falta de infraestrutura e com o aumento das doenças que podem ser geradas.

Pensando na temática do aumento das temperaturas e na necessidade de amenizar esse desconforto para as pessoas, a Construção Civil tem por objetivo buscar mecanismos e novas tecnologias que tragam conforto ou que possam amenizar esse quadro problemático. Para tanto, escolhe um sistema construtivo que melhor se adeque ao clima da região, trazendo viabilidade econômica e alinhando os diversos tipos de alvenaria utilizadas atualmente, que são responsáveis por trazer isolamento térmico e acústico, o que impacta diretamente no conforto de seus usuários.

Conforme o avanço das tecnologias e dos modos construtivos, tornou-se comum o uso dos mesmos materiais, como bloco cerâmico ou bloco de concreto, para construções, com a finalidade de redução de custos. No entanto, deve-se atentar e realizar um estudo mais detalhado, que tenha efeito tanto no conforto ao uso da edificação quanto à adequação do edifício à zona climática, de acordo com sua classificação estabelecida pela norma NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Como, em alguns casos, os materiais nem sempre atendem aos padrões estabelecidos, deve-se atentar aos aspectos de cada material, pois suas características podem interferir no desempenho dos sistemas construtivos, analisando, ainda, se é viável a sua execução *in loco*. Assim, conforme os principais métodos construtivos utilizados, observa-se que o bloco de cerâmica é um dos principais sistemas de vedação utilizados, principalmente, no Brasil. Contudo, antes da escolha, recomenda-se um estudo que mostre os dados de desempenho desse tipo de alvenaria, com o propósito de trazer possíveis comparações com os diferentes tipos de acabamento aplicados a ele e as diferenças térmicas que proporcionam.

Logo, os dois tipos de alvenaria analisados serão: revestimento em argamassa e revestimentos cerâmicos. Estes, por sua vez, trazem diversos benefícios, principalmente aos elementos da estrutura do edifício, que são indispensáveis em qualquer edificação, indo além da estética arquitetônica, garantindo segurança com a proteção das alvenarias contra as ações da água. Assim, para verificar esses serviços e garantir que a edificação terá o conforto mínimo, a Associação Brasileira de Normas Técnicas criou as normas de desempenho NBR 15575, que “apresenta requisitos, critérios e métodos de avaliação que uma edificação habitacional deve ter para que atinja o comportamento apropriado durante o uso” (ABNT, 2013).

Dessa forma, na fase de planejamento de uma edificação, faz-se necessário uma análise detalhada para que haja a adequação de viabilidade econômica, tanto no contexto cultural da região como nos sistemas construtivos, desde a escolha dos melhores materiais aos métodos de execução, em conformidade com os critérios estabelecidos pela norma. Tais exigências podem ser obtidas por meio de cálculos analíticos, conforme as orientações das NBR 15220 e NBR 15575, que descrevem o desempenho de conforto térmico das edificações e o desempenho dos confortos gerais da edificação, respectivamente, e, também, podem ser feitos ensaios com melhor precisão de dados, realizados em laboratórios e por meios computacionais.

1.1. Justificativa

Para atender ao padrão mínimo de conforto térmico das edificações estabelecidos pela NBR 15575 (ABNT,2013) e pela NBR 15220 (ABNT, 2005), deve-se considerar os materiais utilizados e a região em que a edificação se situa, de acordo com as Zonas Bioclimáticas; uma vez que esta influencia diretamente no desempenho. Dessa forma, deve-se planejar e executar os sistemas construtivos mediante as características da região, pensando nas variáveis físicas e ambientais, como troca de calor, temperatura do ar, umidade relativa do ar etc. No Brasil, a alvenaria é o sistema prevalecente, considerando a durabilidade, a mão de obra e a economia. Em relação à construção e ao aquecimento global, o país, ainda, precisa construir mecanismos para reduzir os impactos do aumento da temperatura climática. Logo, justifica-se estudar o conforto térmico para aprimorar o desempenho e para aumentar a eficiência energética dos projetos arquitetônicos, reduzindo o uso de sistemas de refrigeração e, conseqüentemente, os custos com energia, proporcionando melhor qualidade de vida aos seus usuários.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo Geral

Este trabalho tem como objetivo a avaliação do desempenho térmico de alvenarias de vedação com blocos cerâmicos revestidos de argamassa e em cerâmica, aplicando os conceitos vigentes e dispostos pela NBR 15575 (ABNT, 2013) e pela NBR 15220 (ABNT, 2005) no que se refere ao conforto térmico.

1.2.2. Objetivos Específicos

Realizar cálculos da transmitância térmica dos sistemas de vedação de dois sistemas de alvenaria de um condomínio vertical com base na NBR 15220-2 (ABNT, 2005).

Aferir a temperatura, em campo interno e externo, de um apartamento nas mesmas condições de horário e de clima.

Verificar os critérios segundo a NBR 15575, observando se os sistemas propostos atendem aos requisitos de conforto para edificações segundo a Zona Bioclimática.

Comparar os resultados obtidos com outro trabalho acadêmico desenvolvido na mesma Zona Bioclimática, mas com outro sistema de vedação.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Desempenho térmico

Conforme Silva (2019), o desempenho térmico em edificações é um dos principais fatores que contribui para torná-las mais eficientes. Diante disso, são necessários diversos fatores para que esse desempenho seja alcançado, um dos principais é o clima que predomina na região. Portanto, o desempenho térmico varia de uma região para outra, e torna-se indispensável a obtenção dos dados climatológicos desses locais.

Os dados climáticos que devem ser considerados para compor o desempenho térmico incluem: Temperatura uniforme de um ambiente; Velocidade/Direção do vento; Temperatura

da região; Velocidade em relação ao ar; Umidade do ar; e Topografia. Com base nesses dados, um planejamento pode ser disponibilizado, com a finalidade de oferecer desempenho térmico ideal na área onde localiza-se a edificação.

2.1.1. Critérios para obter melhor desempenho térmico

O uso e a escolha de diferentes materiais interferem diretamente no desempenho térmico das habitações. Um fator que implica é a definição das cores das superfícies irradiadas, que podem absorver calor. Segundo Abreu *et al.* (2010), para a limitação dos ganhos de calor, certos materiais, como aplicação de tintas claras, tornam-se altamente reflexivos, tendendo à baixa absorção de ondas curtas. Romero (2001) afirma que a energia transferida para o interior da edificação dependerá da capacidade térmica da envoltória e das características dos materiais de revestimento, inclusive, suas cores, já que interferem diretamente nas propriedades de absorção ou de reflexão.

Uma pesquisa de blocos de EPS revestidos em concreto realizada por Silva (2021), no município de Itumbiara - GO, localizado, segundo a NBR 15220-3 (ABNT, 2005), na Zona Bioclimática 6, mostrou resultados satisfatórios. Os resultados indicaram, em relação aos sistemas convencionais, resistência térmica calculada, cerca de 205%, superior ao bloco cerâmico; transmitância térmica encontrada, cerca de 67%, inferior ao bloco cerâmico; e fator solar calculado, cerca de 67%, inferior ao bloco cerâmico.

Notou-se que, devido às propriedades isolantes do material EPS, o desempenho térmico dos sistemas construtivos, em relação à redução da transferência de calor do meio externo para o meio interno, pode melhorar. Portanto, segundo Moraes (2020), o conhecimento das propriedades térmicas dos materiais de construção são fundamentais para a eficiência energética em edificações; dessa maneira, nas regiões de clima quente, o uso de materiais isolantes térmicos é uma opção para a redução do fluxo de calor causado pela insolação.

2.2. Normas Brasileiras 15220 e 15575

2.2.1. NBR 15220

Essa norma de desempenho apresenta as definições, símbolos e unidades; as propriedades térmicas dos materiais; os métodos de cálculos (transmitância térmica, capacidade, atraso térmico e fator solar); o Zoneamento Bioclimático Brasileiro; e as diretrizes construtivas.

2.2.2. NBR 15575

A norma de desempenho atualmente vigente para edificações residenciais – ABNT NBR 15575:2013 – visa, em última instância, consolidar os requisitos mínimos de qualidade, de durabilidade, de segurança e de desempenho das edificações residenciais no Brasil. A sua aplicação prática, no mercado, centra-se nos requisitos mais práticos e com maior potencial contencioso, como os relacionados à durabilidade, à segurança e, em alguns casos, ao conforto acústico. Mas, atender aos padrões de desempenho térmico do edifício, também, é obrigatório. Seus serviços são propriedades que devem ser compartilhadas entre os profissionais responsáveis pelo projeto. Ao exigir uma construção de qualidade, a norma visa o bem-estar de seus moradores, que receberão uma casa de qualidade.

2.3. Aquecimento global e a Construção Civil

De acordo com Stachera (2008), a indústria brasileira dispõe de uma preocupação ambiental a nível global e nacional, no entanto, está “longe” do que seria um processo que desenvolva produtos ecologicamente corretos para o mercado consumidor. A Construção Civil possui uma enorme parcela de contribuição não só nos números econômicos e na geração de empregos, mas na utilização intensa dos recursos naturais, na geração de resíduos e na poluição, o que torna o setor muito importante para a economia. No que se refere às emissões de gases causadores do efeito estufa, na produção de materiais de construção, os impactos ambientais causam problemas tanto em países desenvolvidos como em desenvolvimento.

Stachera (2008) conclui que o Brasil, apesar de não estar junto dos países que necessitam reduzir suas emissões e, também, de sua indústria de materiais da Construção Civil não ser o principal ator quanto à responsabilidade pelas emissões, não justifica a inércia desse setor diante de questões como o aquecimento global. O problema não deve ser analisado de forma pontual cartesiana, mas com um enfoque global. Em muitos casos, torna-se necessária a substituição de

materiais tradicionais por materiais locais, proporcionando ganhos ecológicos e, na maioria dos casos, ganhos econômicos.

O setor da Construção Civil, como medida de encontrar o equilíbrio entre uma boa qualidade de vida e a preservação da natureza, cria o paradigma da construção sustentável, visando reduzir e otimizar o consumo de materiais e de energia, gerar menos resíduos, preservar o ambiente natural e garantir uma melhoria na qualidade do ambiente construído (NASCIMENTO, 2017).

2.4. Sistemas de alvenaria

De acordo com Lourenço (2002), a maior parte dos edifícios construídos no país foi executada com alvenarias de tijolos furados, que são mais leves, econômicos e têm boa adaptação às estruturas de concreto armado. Segundo Gouveia (200), são produzidas 5 a 5,5 milhões de toneladas, por ano, de tijolos no país; sua fabricação é simples, de baixo custo e não poluente, porém, a utilização desse item requer observância aos requisitos climáticos. As alvenarias de tijolo furado oferecem apenas 3,7 horas de atraso térmico e têm capacidade térmica de $168 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$, ou seja, são menos eficientes para regiões quentes do que as alvenarias de adobe, com capacidade térmica de, aproximadamente, $445 \text{ kJ/m}^2\cdot\text{K}$ e atraso térmico superior a 6,5 horas.

Segundo Almeida (1997), as alvenarias de tijolo não são homogêneas por causa dos espaços ocupados pelo ar, advindos dos furos em seu interior, tais características deixam a transferência de calor, através do tijolo, de modo complexo, já que se fazem necessários cálculos por materiais e seções específicas do tijolo a ser analisado. Assim, o material mais utilizado na realização de paredes exteriores e de divisões de compartimentos nos edifícios é o tijolo cerâmico, conforme Silva (2007); ainda, é possível ver seu crescimento progressivo, em comparação a outros meios de construção menos tradicionais.

2.5. Método construtivo: tijolo cerâmico

O tijolo cerâmico, como método construtivo de alvenaria, deve preservar a regularidade das formas e dimensões, ter arestas vivas e resistentes e possuir características de cor e de massa homogêneas e uniformes; além de outras propriedades que podem ser relevantes, como

resistência aos esforços e à compressão, além de uma porosidade baixa (SILVA *et al.*, 2018). Além disso, os tijolos cerâmicos são mais leves, se comparados aos tijolos maciços, e auxiliam na dificultação da propagação da umidade pelo sistema, também, são um ótimo meio de isolamento térmico e acústico e têm um baixo custo de produção e de assentamento, devido à facilidade e à disseminação no meio construtivo (SILVA *et al.*, 2018).

2.6. Revestimento cerâmico

O revestimento cerâmico, segundo Silva *et al.* (2015), é muito importante para a seleção do ambiente, pois, além de promover a estética, protege a estrutura da edificação. Nesse caso, deve-se atentar para a aplicação desse produto, já que, no assentamento de revestimentos cerâmicos, é necessário utilizar materiais específicos, cujas recomendações, segundo as normas técnicas brasileiras, estão contidas na embalagem.

Conforme a Associação Brasileira de Cerâmica (2022), o uso de ladrilhos cerâmicos, geralmente, auxilia no trabalho, seja na aplicação ou no *design*, podendo atingir uma variedade de aplicações, por exemplo, alta durabilidade, e diversos materiais impressos para uso residencial ou comercial. Além de revestimentos com boa absorção de água e textura, padrões como resistência ao desgaste, resistência química e resistência ao impacto devem ser, cuidadosamente, observados durante o processo de seleção. Dessa maneira, a aplicação de revestimentos cerâmicos apresenta, principalmente, grandes vantagens em alguns aspectos, sendo eles: Duração do material; Facilidade de limpeza; Qualidade finalmente acabada; Proteção de estancamento; Isolamento de calor e de som; Vedação de água e de ar; Segurança contra incêndios; e Aparência bonita e confortável.

Por fim, segundo Vivaldini (2014), a porosidade total e o tamanho de poros são variáveis fundamentais, sendo que quanto maior a fração volumétrica de poros, menor a condutividade térmica. Assim, a porosidade é um dos principais fatores que altera a condutividade térmica de um material, tornando-a um fator determinante no desempenho térmico.

2.7. Caracterização da Zona Bioclimática

A NBR 15220-3 (ABNT, 2005) refere-se ao Zoneamento Bioclimático Brasileiro e às diretrizes construtivas, que dividiu o território brasileiro em oito zonas, de acordo com o clima

de cada uma. A zona abordada, nesta pesquisa, é caracterizada pela norma de nº 6, em concordância com o Anexo A da mesma norma, que contém a classificação de 330 cidades brasileiras. Nesse contexto, para cada zona, foram indicadas técnicas construtivas, conforme suas características, que atendessem ao objetivo de tornar favorável o desempenho térmico. Na Zona Bioclimática 6, onde está localizada Goiânia, as recomendações são as das Tabelas 9, 10, 11 e da Figura 3 (ABNT, 2005).

2.7.1. Características do clima de Goiânia

Conhecida como a Capital do Cerrado, Goiânia é um município brasileiro e a capital do estado de Goiás; sendo a segunda cidade mais populosa da região central do país. Está a uma distância de 209 km de Brasília, a capital nacional, e tem uma área aproximada de 728,84 km², conforme demonstrado na Figura 2. O clima predominante em Goiânia é o tropical, com estação seca (*Aw*, segundo a classificação climática de Köppen-Geiger). A temperatura média da cidade é de 23,4 °C, enquanto sua pluviosidade média anual é de 1270 mm (CLIMATE-DATA.ORG, 2022).

A média térmica é de 26 °C e tende a aumentar nas regiões oeste e norte e a diminuir nas regiões sudoeste, sul e leste. As temperaturas máximas são registradas entre setembro e outubro, enquanto as máximas podem chegar a 40 °C. As temperaturas mais baixas, por outro lado, são medidas entre os meses de maio e julho, de modo que as mínimas podem chegar a 9 °C, dependendo da região do estado. Vale ressaltar que o verão tem muito mais pluviosidade que o inverno.

2.8. Propriedades térmicas dos materiais

2.8.1. Transmitância

A transmitância térmica (*U*), ou coeficiente global de transferência de calor, é uma propriedade dos componentes construtivos relacionada à permissão da passagem de energia; trata-se de uma função dos materiais que a compõem (ABNT, 2005a).

2.8.2. Resistência

Conforme Chakravarti (2014), a resistência térmica é o inverso da transmitância térmica, e está intimamente associada à condução de calor de objeto, pois quanto maior a condução de calor, menor a resistência térmica; fazendo, assim, o material não ser um bom isolante, mas sim um bom condutor. O contrário também ocorre, ou seja, quanto menor a condução de calor pelo objeto, maior a sua resistência, tornando-o um bom isolante térmico.

2.8.3. Absortividade

Çengel (2013, p. 119) caracteriza a absortividade como a fração da energia de radiação que incide sobre uma superfície e ela a absorve; ou seja, é a taxa correspondente ao fator de absorção de uma determinada superfície de um determinado material que está sobre incidência de energia em radiação.

2.8.4. Refletividade

Refletividade, ou fração de energia radiante que é refletida da superfície, é um índice que está ligado ao tipo de material e a sua coloração, sendo que quanto mais claro o material, maior o índice de refletividade, que varia de 0 a 1. Vale destacar que quanto mais branco ele for, mais próximo de 1 ele será (MOREIRA, 2016).

2.8.5. Transmissividade

De acordo com Moreira (2016), a transmissividade está intimamente correlacionada ao material analisado, sendo que sua transparência interfere bastante nesse quesito, tendo em vista que, ao analisar a alvenaria de blocos de concreto de um edifício, terá praticamente zero transmissividade para os comprimentos de ondas de luz visíveis; outro exemplo mais claro é a pele humana, que tem praticamente 0 transmissividade. Porém, é importante dizer que certos comprimentos de onda atravessam com certa facilidade tal material, como os raios-X.

2.8.6. Emissividade

Segundo Çengel (2013, p.119), a emissividade é um fator inverso à absorvidade, caracterizado por sua aproximação ao corpo escuro. Nesse sentido, a emissividade é fator variante de 0 a 1, no qual um corpo escuro tem emissividade igual a 1 quando não emite luz, mas a absorve.

2.9. Cálculo da transmitância térmica

Para a realização dos cálculos de transmitância térmica, utilizou-se a NBR 15220 para a verificação de valores, de fórmulas e de métodos, conforme é descrito nas páginas seguintes, e tendo como objetivo final o valor do índice de transmitância térmica para comparações com os valores pré-dispostos na NBR 15575-4. Para a realização do cálculo de transmitância térmica, utiliza-se a expressão dada pela NBR 15220-2.

Expressão 1 – Cálculo da transmitância térmica

$$U = \frac{1}{RT} \quad (1)$$

Sendo que:

U = Transmitância térmica de um componente em $W/(m^2.K)$;

RT = Resistência térmica de um componente em $W/(m^2.K)$.

Nota-se que, para o cálculo da transmitância térmica, há a necessidade de encontrar o valor da resistência térmica. Sendo assim, utilizando a expressão 2, também disposta na NBR 15220-2, calcula-se a resistência térmica da alvenaria.

Expressão 2 – Cálculo da resistência térmica total

$$RT = Rse + Rt + Rsi \quad (2)$$

Sendo que:

Rt = Resistência térmica de superfície a superfície, determinada pela expressão 3;

Rse e Rsi são as resistências superficiais externa e interna, respectivamente, obtidas da Tabela A.1.

Para a obtenção da resistência térmica, primeiro necessita-se do valor calculado da resistência térmica do conjunto, das resistências externa e interna, obtidas por meio de tabelas, também, pré-dispostas na NBR 15220-2. E, para o cálculo da resistência térmica do conjunto (R_t), utiliza-se o modelo da expressão 3. Já a Área da camada é a área de influência do calor, área da seção analisada, dada pela expressão 4.

Expressão 3 – Cálculo da resistência térmica

$$R_t = \frac{Aa+Ab+\dots+An}{\frac{Aa}{Ra}+\frac{Ab}{Rb}+\dots+\frac{An}{Rn}} \quad (3)$$

Sendo que:

A_n = Área da camada “n”;

R_n = Resistência da camada “n”.

Expressão 4 – Cálculo da área de influência

$$A_n = a * b \quad (4)$$

Sendo que:

a = Largura;

b = Comprimento.

Já a resistência da camada é dada pela expressão 5 e está ligada à espessura da camada e à condutividade térmica. Após a obtenção da resistência dos “n” tipos de matérias que compõem o elemento analisado, será retirado a resistência das “n” camadas de ar, conforme a Tabela 12. A resistência do ar será obtida analisando a emissividade, a espessura e a direção do fluxo de calor, conforme análises do elemento.

Expressão 5 – Cálculo da resistência térmica da camada

$$R_n = \frac{e_n}{\lambda_n} \quad (5)$$

Sendo que:

e_n = Espessura do material;

λ_n = Condutividade térmica do material.

Após a obtenção desse valor, calcula-se a resistência térmica do conjunto (R_t), para

obtenção da resistência térmica do elemento (RT), com as informações de resistência térmica do conjunto (Rt), e as resistências das superfícies interna e externa (Rse e Rsi), obtidas pela Tabela 13.

As resistências das temperaturas das superfícies interna e externa serão obtidas analisando a direção do fluxo de calor, que, no caso, por se tratarem de alvenarias verticais em um edifício, serão de fluxo horizontal. Agora, tendo essas informações, pode-se calcular a resistência térmica do elemento, somando a resistência térmica do conjunto com as resistências térmicas das superfícies interna e externa. Invertendo esse valor e utilizando a expressão 2, obtém-se o fator de transmitância térmica, que deverá ser analisado e julgado conforme a NBR 15575-4 (ABNT, 2013); enquanto a Zona Bioclimática correspondente à localização do elemento analisado, como já mencionado.

2.10. Aferição do desempenho térmico em campo

Segundo a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), as aferições devem ser feitas de acordo com o proposto em seu Anexo A, sendo que, para medições *in loco*, se faz necessário que as edificações sejam em escala 1:1; as medições devem ser feitas no bulbo seco a 1,20 metros do piso e, em seguida, as superfícies, externa e interna, são avaliadas. Vale ressaltar que as medições devem ser feitas em três dias diferentes, em mesmo horário e com climas, relativamente, semelhantes, além de serem feitas em dias com boa incidência solar nas superfícies a serem analisadas.

A norma, ainda, traz algumas diretrizes sobre as escolhas das paredes e os locais das referidas medições, e, para a análise dos resultados, o Anexo E nos mostra na Tabela E.1, e as variações de temperaturas mínimas, intermediárias e superiores, que podem ser vistas na Tabela 8 (NBR 15575-1 ABNT, 2013).

3. METODOLOGIA

Para a execução deste trabalho, foi realizada uma pesquisa de campo, com o objetivo de avaliar e comparar o desempenho térmico das alvenarias, com o uso de dois acabamentos diferentes. É um estudo conforme as NBR 15575 e NBR 15220, para verificar se foi atendido o critério mínimo estabelecido por norma.

A edificação analisada é uma obra feita por uma construtora da região metropolitana de Goiânia. Tal edifício localiza-se no setor oeste; é um condomínio vertical de alto padrão, caracterizado por 42 pavimentos, sendo 5 pavimentos com ambientes comuns, 10 unidades habitacionais por pavimentos e 3 subsolos para estacionamento.

Conforme orientação da norma, os ensaios foram realizados em três dias diferentes, no mesmo horário e com a mesma incidência solar sobre as alvenarias, atentando-se ao clima, à umidade, à temperatura e à precipitação dos dias examinados. Também, foi considerada a Zona Bioclimática 6, referente à cidade de Goiânia, segundo a NBR 15220-3:15 (ABNT, 2005), para obter os dados de avaliação habitacional e para a referida simulação das propriedades térmicas dos materiais e seus componentes construtivos, de acordo com a espessura e a condutividade de cada material, disponibilizados na norma NBR 15220-2.

Para a realização dos objetivos, realizaram-se as averiguações das temperaturas coletadas em campo pelos estudantes, conforme a NBR 15220-1. E, depois, a análise dos dados para obtenção do índice de transmitância, conferindo se estava de acordo com o mínimo, para os cálculos teóricos, conforme a NBR 15220-2, a fim de conferir se o índice de transmitância estava de acordo e se esse índice se aproximava ao retirado em campo.

3.1. Características do apartamento analisado

A unidade analisada localiza-se no 37º andar do prédio, identificada como 3702B, de acordo com o projeto arquitetônico do Pavimento Tipo 3. Vale ressaltar que esse lado da fachada do prédio recebe uma maior incidência solar no período vespertino e em uma parte do período matutino, devido a sua posição na região.

O apartamento dispõe de ambientes integrados, com área total de 43,73 m². Remete a ambientes contemporâneos, conhecidos como *studio*, com piso e revestimentos em cerâmica, acabamento em tinta branco gelo fosco nas paredes; no teto, fizeram um efeito de cimento queimado usando massa de tal efeito. Ainda, possui esquadrias de alumínio, portas de madeira, bancadas em mármore e metais em aço inox para registros, ralos e torneiras. Nos Anexos III e IV, tem-se o projeto arquitetônico do Pavimento Tipo 3 do edifício, seguido da planta do apartamento a qual será realizada a análise.

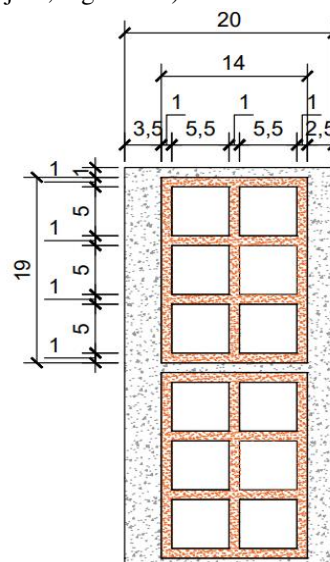
3.2. Incidência do Sol

De acordo com a norma, o apartamento observado deve estar localizado na cobertura do edifício com as vedações (argamassa e cerâmica) de mesma incidência solar, ou seja, estando com incidência solar em toda a parede. Logo, escolheu-se a parede identificada no Anexo IV, que dispõe de incidência solar durante toda a tarde, conforme a arquitetura e a localização do edifício na região.

3.3. Características da alvenaria analisada

A partir de projetos disponibilizados pela construtora, a parede tem espessura de 20 cm, sendo 14 cm de tijolo cerâmico, 2,5 cm de reboco na face interna e 3,5 cm de reboco na face externa da fachada. A parede do quarto foi argamassada e recebeu pintura branca, já a do banheiro recebeu argamassa de assentamento e revestimento em cerâmica com espessura de 7,4 mm, como mostram as Figuras 1 e 2 e o bloco cerâmico analisado disposto na Figura 5, em anexo.

Figura 1: Parede quarto (argamassa, tijolo, argamassa)

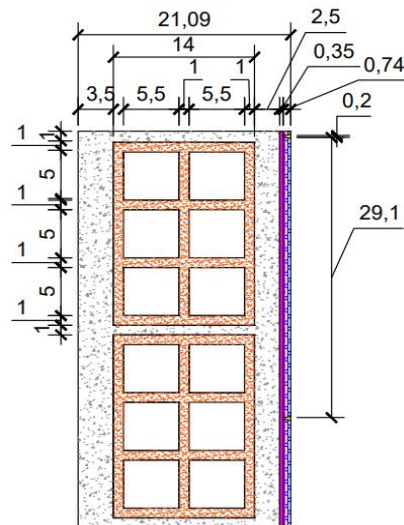


Legendas Cores





- Tijolo Cerâmico
- Reboco Argamassa Comum

Fonte: Autoria dos pesquisadores (2022).

Figura 2: Parede (argamassa, tijolo, argamassa, cerâmica)



Legendas Cores

-  Tijolo Ceramico
-  Reboco Argamassa Comum
-  Rejunte Flexivel
-  Argamassa Assentamento
-  Ceramica

Fonte: Autoria dos pesquisadores (2022).

3.5. Aferição da temperatura

Para aferir a temperatura das superfícies, foi utilizado um termômetro, modelo da Figura 6 (anexo), com infravermelho apontando para a parede com altura de 1,20 metro do piso, conforme descreve a NBR 15575-1 (ABNT, 2013), na face interna e externa da parede. Foram realizadas 3 medições e utilizado o último dado de temperatura para suceder com os cálculos e, assim, evitar erros por aproximação.

3.6. Umidade e clima para aferir a temperatura

Após a escolha das alvenarias a serem estudadas, realizaram-se as medições. No entanto, foi necessário atentar-se para não escolher dias com previsões de chuvas e/ou nublados, sendo ideal dias com boa incidência solar e com temperaturas elevadas para conseguir uma análise dos dados com maior exatidão. Também, foram coletadas informações como a temperatura da

cidade e a umidade relativa do ar por meio de *site* de climatologia, para suceder com análise das tabelas referidas pelas normas.

3.7. Cálculos

Para realização dos cálculos de transmitância térmica, seguiu-se o proposto pela NBR 15220-2 (ABNT, 2005) para as verificações de valores, de fórmulas e de métodos, conforme descrito no referencial teórico deste trabalho. O objetivo final foi determinar o valor do índice de transmitância térmica para comparações com os valores pré-dispostos na NBR 15575-1 (ABNT, 2013).

Utilizou-se a expressão 2 para encontrar o valor da transmitância térmica, que é um fator inverso ao da resistência térmica. Logo, determinou-se esse valor para encontrar o resultado. Sendo assim, utilizou-se a expressão 5 para calcular a resistência térmica da alvenaria, que é um fator que leva em conta a resistência térmica da superfície externa e da interna e a resistência térmica do elemento analisado, neste caso, a alvenaria.

As resistências da superfície interna e externa, como a norma sugere, foram obtidas pela leitura da Tabela A.1, encontrada na própria norma e citada no referencial teórico. A leitura dela ocorreu a partir do fluxo de calor que, nessa conjuntura, por se tratar de uma alvenaria vertical, tem um fluxo de calor horizontal ao plano.

Já no cálculo da resistência térmica do elemento – trata-se de um elemento não homogêneo que, em um dos casos, é composto pelas camadas de argamassa, tijolo, argamassa e cerâmica; e, em outro, argamassa, tijolo e argamassa –, obteve-se como resultado a soma das resistências dessas camadas que se utiliza da expressão 8 para o cálculo, levando em conta a espessura e a condutividade térmica da camada. É importante ressaltar, ainda, que, por ser um tijolo com 6 furos, foi necessário considerar a resistência térmica do ar na camada do tijolo.

Com esses valores, utilizou-se a expressão 6 para o cálculo da resistência térmica do elemento, que leva em conta a sua resistência em concordância com a sua área de influência; resultou-se, portanto, em um valor que, ao ser somado com as resistências interna e externa já obtidas, obteve o fator de resistência térmica da alvenaria. E, com esse fator e utilizando a expressão 2, finalmente se chegou ao fator de transmitância térmica da alvenaria, alvo do estudo dirigido.

3.8. Verificação dos critérios segundo a NBR 15575-4

Foi feita uma verificação na NBR 15575-4 (ABNT, 2013) dos valores estabelecidos de transmitância térmica para cada zona, com um comparativo em relação ao resultado obtido para o bloco escolhido neste trabalho, conforme demonstra a Tabela 1.

Tabela 1: Transmitância térmica de paredes externas

Transmitância térmica $U \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$		
Zonas 1 e 2	Zonas 3,4, 5, 6 7 e 8	
$U \leq 2,5$	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
^a α é a absorvância da radiação solar da superfície externa da parede.		

Fonte: ABNT NBR 15575-4 (2013).

4. CÁLCULOS E RESULTADOS

Para a realização dos cálculos de transmitância térmica, utiliza-se os exemplos e as informações dadas pela NBR 15220-2 (ABNT, 2005). Para início dos cálculos, são adotados alguns valores, conforme a norma sugere, além de se obter todos os dados necessários em projeto e em estudos de campo, demonstrados nas Figuras 1 e 2.

Observa-se as diferentes camadas presentes nas duas alvenarias analisadas e suas respectivas medições. Para o cálculo da transmitância térmica, foi realizado um cálculo para a alvenaria composta por reboco, tijolo e reboco; e outro para alvenaria composta por reboco, tijolo, reboco, argamassa de assentamento e cerâmica. Para a realização desses cálculos, foram observadas algumas características dos elementos presentes nas camadas, que foram retiradas de tabelas da NBR 15220-2 (ABNT, 2005), de *site* dos fornecedores e de outros artigos, conforme demonstra a tabela de características a seguir.

Tabela 2: Tabela de Características dos Elementos

Material	Densidade (kg/m^3)	Condutividade térmica (w/m.k)	Fonte
Argamassa Reboco	2000	1,15	Tabela B.3 - NBR 15220-2 (ABNT, 2005)

Material	Densidade (kg/m ³)	Condutividade térmica (w/m.k)	Fonte
Tijolo	1399	0,9	Tabela B.3 - NBR 15220-2 (ABNT, 2005)
Cerâmica	1800	1,05	(GRAF, 2011)
Argamassa de Assentamento	2000	1,15	Tabela B.3 - NBR 15220-2 (ABNT, 2005)

Fonte: Autoria dos pesquisadores (2022).

Com os valores da Tabela 2, com as espessuras necessárias para os cálculos retirados das Figuras 1 e 2 e com base nas plantas baixas fornecidas pela construtora (Anexo III e IV), foi possível seguir com o roteiro de cálculos utilizado no memorial dos cálculos dispostos no Anexo VI.

4.1. Cálculo da transmitância térmica

Conforme os cálculos dispostos no Anexo VI, foi possível verificar os índices de transmitância térmica dos dois cenários analisados e compará-los com os índices que a norma nos traz na NBR 15575-4 (ABNT, 2005).

4.1.1. Cálculo da transmitância térmica da alvenaria do quarto

Conforme os cálculos realizados no Anexo VI, obtivemos os seguintes resultados apresentados na Tabela 3 a seguir para as seções utilizadas nas alvenarias. Conforme foi demonstrado em cálculo posteriormente no Anexo VI.

Tabela 3: Dados das seções encontrados nos cálculos

Seção	Área da seção (m ²)	Resistencia térmica da seção (m ² K/W)	Alvenaria correspondente a seção
Seção A	0,0049	0,1739	Alvenaria do Quarto
Seção B	0,0551	0,3288	
Seção C	0,0050	0,1840	Alvenaria do Banheiro
Seção D	0,0551	0,3389	

Fonte: Autoria dos pesquisadores (2022).

Tendo os valores correspondentes às áreas e às resistências térmicas, pode-se, então, prosseguir para os cálculos das resistências térmicas das alvenarias aqui analisadas, e, em seguida, obter o valor inverso que corresponde ao índice de transmitância térmica, fator este que foi utilizado para analisar se está de acordo com a norma, como pode ser visto na Tabela 4 a seguir.

Tabela 4: Dados das alvenarias encontrados nos cálculos

Alvenarias	Resistencia térmica alvenaria (m^2K/W)	Resistencia superfície interna (m^2K/W)	Resistencia superfície externa (m^2K/W)	Resistencia total (m^2K/W)	Transmitância térmica ($W/(m^2K)$)
Alvenaria do Quarto	0,3065	0,13	0,04	0,4765	2,0986
Alvenaria do Banheiro	0,3167	0,13	0,04	0,4867	2,0546

Fonte: Autoria dos pesquisadores (2022).

Tendo-se realizado os cálculos e obtido os valores necessários, passamos, então, para as avaliações deles perante a norma e suas diretrizes.

4.1.1.4. Verificação da transmitância do quarto

Para essa finalidade, verifica-se o resultado da transmissão da Tabela 1. De acordo com a tabela, o índice de absorvância, conforme a NBR 15575-1, é, para paredes de cores escuras, de $\alpha = 0,7$. Já que a face da parede externa estudada é na cor marrom, adota-se este para encontrar o valor de transmitância aceitável pela norma.

Analisada a Tabela 1, pode-se verificar que o valor de transmitância aceitável é de $U \leq 2,5$, sendo assim, compara-se esse valor com o resultado da transmitância da alvenaria do quarto.

$$U_{alv.quarto} \leq 2,5 \frac{W}{m^2K} \quad 2,0986 \frac{W}{m^2K} \leq 2,5 \frac{W}{m^2K}$$

Portanto, está de acordo com a norma, com um valor 16% menor ao dado em norma.

4.1.2.3. Verificação de transmitância do banheiro

Para essa finalidade, verifica-se o resultado da transmissão da Tabela 1. De acordo com

a tabela, utiliza-se o índice de absorvância que, conforme a NBR 15575-1, é de $\alpha = 0,7$, para paredes de cores escuras. Já que a face da parede externa estudada é na cor marrom, adota-se esse parâmetro para encontrar o valor de transmitância aceitável pela norma.

Analisando a Tabela 1, pode-se verificar que o valor de transmitância aceitável é de $U \leq 2,5$, sendo assim, compara-se com o resultado da transmitância da alvenaria do quarto.

$$U_{alv.banheiro} \leq 2,5 \frac{W}{m^2K} \quad 2,0546 \frac{W}{m^2K} \leq 2,5 \frac{W}{M^2K}$$

Portanto, está de acordo com a norma com um valor 18% menor ao dado em norma e com um valor 2,5% menor ao encontrado na alvenaria do quarto.

4.2. Aferição de temperaturas *in loco*

Assim como, por meio de cálculos, também foi possível fazer as aferições de desempenho térmico dos sistemas por meio de medições no local, por intermédio de um modelo disponibilizado pela NBR 15575-1, as medições seguiram as orientações e recomendações sugeridas pela norma. Para iniciar as medições, é necessário fazer um estudo preliminar da previsão do tempo, pois uma das recomendações da norma é medir em dias típicos de inverno ou verão, para o qual as previsões são feitas com dados fornecidos pelo Instituto Nacional de Meteorologia. Foram escolhidos os dias nove, dez e onze do mês de outubro para as medições, por apresentarem clima típico de outubro no Brasil, conforme Tabela 5.

Tabela 5: Informações climatológica dos dias das medições

Data da medição	Hora da medição	Temperatura do ar (°C)	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Umidade relativa do ar (%)
09/10/2022	14h00	31,3	31,3	29,4	41
10/10/2022	14h00	27,7	27,7	25,6	62
11/10/2022	14h00	31,7	32,4	31,0	30

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (Adaptado).

No local das medições, foi escolhido o apartamento, conforme o Anexo A da NBR 15575-1, e a parede exterior voltada ao oeste, por estar mais próxima da estação do verão. As temperaturas foram aferidas no último dia com o termômetro a um metro e vinte centímetros do piso. Foram feitas três medições e a última foi utilizada, conforme orientação da norma. As temperaturas obtidas estão dispostas na Tabela 6.

Tabela 6: Temperaturas encontradas *in loco*

Data da medição: 11/10/2022	Tipo de revestimento	Hora da medição	Temp. do ar bulbo seco (°C)	Temp. parede interna (°C)	Temp. parede externa (°C)	Umidade relativa do ar (%)
Quarto	Reboco	14h00	25,5	26,8	32,2	30
Banheiro	Cerâmica	14h00	25,0	25,7	32,1	30

Fonte: Autoria dos pesquisadores (2022).

A partir das medições, os valores encontrados foram analisados e os resultados encontram-se dispostos na Tabela 7, conforme o Anexo E da NBR 15571-1 e com base na Tabela 14 deste trabalho. Utiliza-se ^a para valores que ficaram de acordo com o solicitado em norma, conforme os índices superiores e intermediários.

Tabela 7: Temperaturas encontradas *in loco*

Data da medição: 11/10/22	Tipo de revestimento	Hora da medição	Temp. interna intermediário recomendada	Temp. interna registrada (t)	Temp. interna superior recomendada	Temp. int. registrada (t)
Quarto	Reboco	14h00	$t \leq 30,4$	25,5 ^a	$t \leq 28,4$	25,5 ^a
Banheiro	Cerâmica	14h00	$t \leq 30,4$	25,0 ^a	$t \leq 28,4$	25,0 ^a

Fonte: Autoria dos pesquisadores (2022).

Nota ^a: Valores Satisfatórios.

5. DISCUSSÕES DE RESULTADOS

Por fim, de acordo com os dados analisados, pode-se notar que o desempenho térmico se mostrou bastante eficiente para a análise realizada em campo e ficou de acordo com os limites tanto intermediários quanto superiores. Além disso, para os valores superiores, as temperaturas encontradas são 10% menores aos recomendados pela norma, como pôde ser visto na Tabela 7. Dessa forma, a alvenaria de blocos cerâmicos com os revestimentos em argamassa e cerâmica foi, de fato, suficiente para garantir o conforto térmico do ambiente,

Nos cálculos, podemos observar que os valores de transmitância térmica encontrados trazem resultados que, também, estão abaixo do proposto, como a norma sugere, o que pôde ser visto nos itens 4.1.1.4 e 4.1.2.4, deste trabalho. Ambos os resultados estão dentro dos valores que a norma sugere para o tipo de ambiente em que estão dispostos, ou seja, para tanto, tais

alvenarias trariam de fato o conforto térmico que a norma sugere.

Comparando, ainda, com outros meios construtivos obtidos por meio dos mesmos cálculos, neste, foram utilizados, para estudos, tanto alvenaria com blocos cerâmicos e pintura clara quanto blocos de EPS, conforme demonstra Silva (2021), sendo que o comparativo entre eles pode ser visto abaixo.

Tabela 8: Comparação entre modelos construtivos para índice de transmitância térmica

Tipos de alvenarias	Valor sugeridos pela norma	Valores encontrados	Situação
U – Bloco cerâmico segundo Silva (2021) ($\alpha = 0,2$ – pintura branca)	$\alpha \leq 0,6$; $U \leq 3,7$	2,4259	Ok
U – Bloco EPS revestido por concreto segundo Silva (2021) ($\alpha = 0,2$ – pintura branca)	$\alpha \leq 0,6$; $U \leq 3,7$	0,7937	Ok
U – Bloco cerâmico revestido por argamassa calculado ($\alpha = 0,7$ – pintura marrom)	$\alpha \geq 0,6$; $U \leq 2,5$	2,0986	Ok
U – Bloco cerâmico revestido por cerâmica calculado ($\alpha = 0,7$ – pintura marrom)	$\alpha \geq 0,6$; $U \leq 2,5$	2,0546	Ok

Fonte: Silva (2021, adaptado).

Como pode ser notado na tabela, a alvenaria do bloco cerâmico com revestimento cerâmico possui um desempenho superior ao bloco cerâmico com o revestimento em argamassa. Porém, ele possui um desempenho bastante inferior se comparado ao sistema de EPS com revestimento em concreto. Contudo, os sistemas estão de acordo com a norma proposta e podem ser utilizados para a Zona Bioclimática 6.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio deste estudo, conclui-se que, segundo os cálculos para transmitância térmica das alvenarias de vedação com bloco cerâmico revestido de argamassa, esse tipo de alvenaria proporciona um desempenho térmico superior ao estipulado pela norma. Desse modo, a utilização do sistema é, de fato, viável para a Zona Bioclimática 6.

Já para os cálculos da transmitância térmica das alvenarias de vedação com bloco cerâmico revestido em argamassa e cerâmica, obteve-se, por intermédio dos cálculos, valores dentro da conformidade e com desempenho térmico superiores ao outro tipo de vedação sem

revestimento em cerâmica. Isso exemplifica que, por meio de cálculos, ambos os sistemas de vedação de alvenaria são, de fato, apropriados para o uso na Zona Bioclimática 6.

Além disso, vale ressaltar que, como o índice de transmitância térmica é o inverso da resistência térmica, isso significa que quanto mais baixo o índice, menos calor será transmitido, tanto de dentro para fora quanto de fora para dentro. Tal constatação resulta em um maior conforto térmico em períodos quentes e frios, impedindo o ganho ou a perda de calor para o ambiente exterior.

Conforme as medições *in loco*, para a verificação do conforto térmico do sistema de alvenaria de bloco cerâmico com revestimento em argamassa, os ambientes tiveram temperaturas registradas menores que o solicitado em norma. Isso mostrou um desempenho satisfatório. Para as medições das alvenarias de bloco cerâmico com revestimento em argamassa e cerâmica realizadas *in loco*, foram obtidos valores ainda menores ao do outro caso, sendo uma diferença de 0,5 °C entre as áreas medidas. Logo, conclui-se que, mesmo com pouca diferença, o segundo caso obteve um desempenho melhor do que o primeiro, ocasionando maior conforto térmico às áreas em que se aplica o revestimento cerâmico em adicional ao reboco.

Em contrapartida, outro fator que deve ser evidenciado é a importância da escolha dos materiais durante as etapas construtivas. Nota-se que é viável a escolha de outros materiais e que podem ser quebrados os preceitos dos sistemas convencionais para a Zona Bioclimática 6, podendo gerar resultados superiores ou iguais aos convencionais, quando este diz respeito ao conforto térmico, como o exemplo do uso de EPS mencionado. Por fim, vale salientar a importância de buscar o uso de novos métodos na Construção Civil, para contribuir com o desenvolvimento sustentável e diminuir os efeitos do aquecimento global.

REFERÊNCIAS

ABREU, P. G. *et al.* Efeito da radiação solar, do tipo de revestimento e da pintura dos oitões no condicionamento térmico no condicionamento térmico do aviário. **CONGRESSO INTERNACIONAL DE INGENIERIA AGRICOLA**, v. 6., 2010.

ABC. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Informações Técnicas**: definição e classificação, 2022. Disponível em: <https://abceram.org.br/definicao-e-classificacao/>. Acesso em: 4 nov. 2022.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 15220-1**. Desempenho térmico de edificações. Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005a.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 15220-2**. Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005b.

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

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 15575-1**. Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013b.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 15575-4**. Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas – SVVIE. Rio de Janeiro, 2013a.

ALMEIDA, M. G. *et al.* **A influência da temperatura e da radiação solar na capacidade de armazenamento térmico de elementos construtivos**. Engenharia Civil. Ed. 5, p. 3-13. Bragança, 1997.

ÇENGEL, Y. A.; BOLES, M. A. **Termodinâmica**. 7. ed. Porto Alegre, RS: AMGH, 2013. 1018 p.

CLIMATE-DATA.ORG. **Goiânia Clima (Brasil)**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/goias/goiania-2191/#climate-table>. Acesso em: 03 nov. 2022.

GRAF, H. F. **Transmitância térmica [e] energia incorporada na arquitetura**: suas relações nas superfícies do invólucro de uma edificação residencial unifamiliar conforme a Norma da NBR 12721. Ufpr.br, 2011. Disponível em: <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/28001>. Acesso em: 4 nov. 2022.

KAPPAUN, K. **Avaliação do desempenho térmico em edificações de blocos estruturais cerâmicos e de blocos estruturais de concreto para a zona bioclimática 2 brasileira**. 2012.125 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

MORAES, M. R. **Avaliação do desempenho térmico das paredes e níveis de conforto de uma edificação bioclimática em uma região de clima quente e seco**. 2020. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Nuclear - Materiais). Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, University of São Paulo, São Paulo, 2020. Disponível em: doi:10.11606/D.85.2020.tde-05112020-173658. Acesso em: 17 nov. 2022.

MOREIRA, J. R. S. **AULA 22 - PROPRIEDADES DA RADIAÇÃO TÉRMICA**. [s. l.: s. n.], 2016. Disponível em: <<http://www.usp.br/sisea/wp-content/uploads/2016/11/Aula-22-Propriedades-da-Radia%C3%A7%C3%A3o.pdf>>. Acesso em: 01 nov. 2022.

NASCIMENTO, M. S. **Direito Ambiental e o princípio do desenvolvimento sustentável**. [S.l.], 2017. Disponível em: http://www.ambitojuridico.com.br/site/index.php?n_link=revista_artigos_leitura&artigo_id=6973. Acesso em: 29 out. 2022.

NOVAIS, J. W. Z. *et al.* Comparação do desempenho térmico de painéis em EPS como alternativa aos tijolos cerâmicos no conforto térmico de residências em Cuiabá-MT. **UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas**, v. 13, n. 1, 2014. Disponível em: <https://revista.pgskroton.com/index.php/exatas/article/view/339>. Acesso em: 31 out. 2022.

PORTAL Goiás - Geografia. Disponível em: <https://www.goias.gov.br/conheca-goias/geografia.html#:~:text=O%20clima%20em%20Goi%C3%A1s%20%C3%A9>. Acesso em: 29 out. 2022.

ROMERO, B.M.A. **A arquitetura bioclimática do espaço público**. Brasília: Editora UnB, 2001.

RORIZ, M. **ZBBR - Zoneamento Bioclimático do Brasil**. UFSCar, 2004. Disponível em: <http://labeee.ufsc.br/downloads/software/zbbr>. Acesso em: 13 out. 2022.

SILVA, A. da. **Análise do desempenho térmico de edificações a partir da utilização de blocos de solo-cimento**. 2019. Trabalho de Conclusão (Curso de Engenharia Civil). Universidade do Vale do Taquari – UNIVATES, Lageado, 2019. Disponível em: <https://www.univates.br/bduserver/api/core/bitstreams/a7e64b57-c01b-42a2-9738-f05c542f4df8/content>. Acesso em: 17 nov. 2022.

SILVA, A. O. **Avaliação de Parâmetros de Desempenho Térmico para Blocos de EPS Revestidos por Concreto na Zona Bioclimática 6**. 60p. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Goiás, Catalão, GO. 2021. Disponível em: <https://repositorio.bc.ufg.br/tede/bitstream/tede/11514/3/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Alessandro%20Oliveira%20da%20Silva%20-%202021.pdf>. Acesso em: 17 nov. 2022.

SILVA, D. H. da. *et al.* TIJOLOS, NORMAS TÉCNICAS E APLICAÇÃO EM ALVENARIA. **Caderno de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas - UNIT - ALAGOAS**, [S. l.], v. 4, n. 2, p. 207, 2018. Disponível em: <https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/view/5214>. Acesso em: 17 nov. 2022.

SILVA, L. R. M. C. da. **Análise técnico/financeira de paredes exteriores em panos simples**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Instituto Superior Técnico.

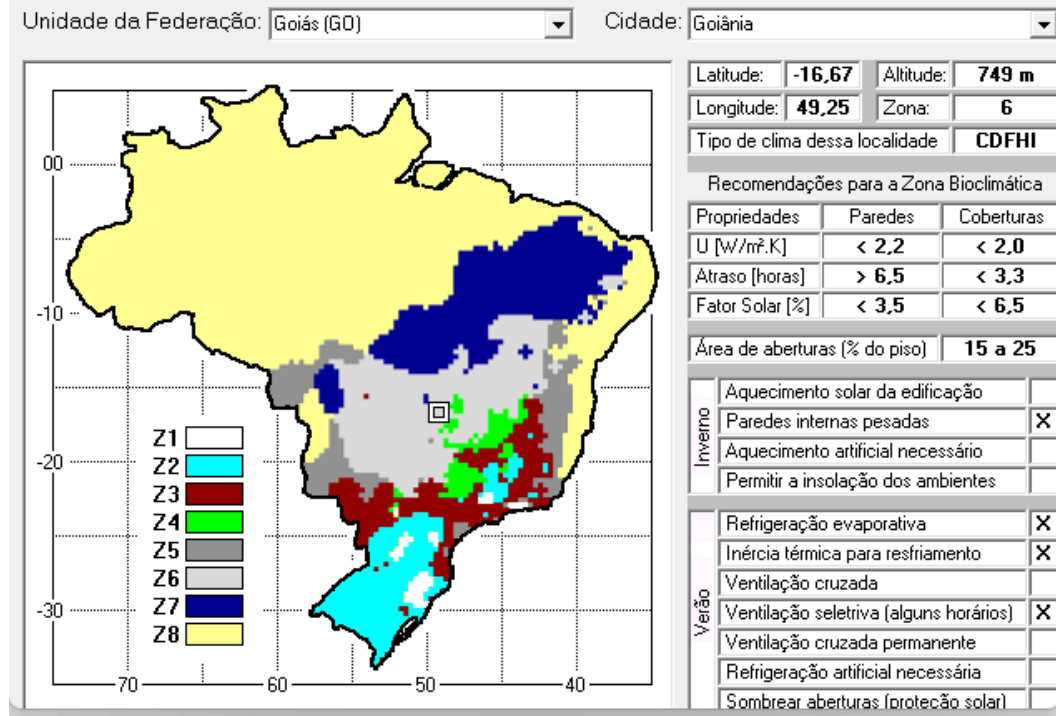
Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2007.

SILVA, M. N. P. *et al.* Revestimentos cerâmicos e suas aplicabilidades. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 2, n. 3, p. 87-97, 2015. Disponível em:
<https://periodicos.set.edu.br/fitsexatas/article/download/2138/1263/6995>. Acesso em: 14 nov. 2022.

STACHERA, T. Avaliação de Emissões de CO₂ na Construção Civil: Um estudo de caso da Habitação de Interesse Social no Paraná. **XXVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**: A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável, Rio de Janeiro, RJ, Brasil, 13 a 16 de outubro de 2008. Disponível em: <https://encurtador.com.br/hkqEX>. Acesso em: 31 out. 2022.

ANEXOS

I - FIGURAS

Figura 3: Zoneamento Bioclimático do Brasil e recomendações para Zona Bioclimática 6

Fonte: Programa ZBBR do LabEEE – UFSC (2011).

Figura 4: Localização da cidade de Goiânia.

Fontes: Wikipedia e Google Maps.

Figura 5: Bloco cerâmico.



Fonte: Autoria dos pesquisadores (2022).

Figura 6: Termômetro com infravermelho.



Fonte: Autoria dos pesquisadores (2022).

II - TABELAS

Tabela 9: Aberturas para ventilação e sombreamento das aberturas para a Zona Bioclimática 6.

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Sombrear aberturas

Fonte: NBR 15220-3.

Tabela 10: Tipos de vedações externas para a Zona Bioclimática 6.

Vedações externas
Parede: Pesada
Cobertura: Leve isolada

Fonte: NBR 15220-3.

Tabela 11: Estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 6.

Estação	Estratégias de condicionamento térmico passivo
Verão	H) Resfriamento evaporativo e massa térmica para resfriamento J) Ventilação seletiva (nos períodos quentes em que a temperatura interna seja superior à externa)
Inverno	C) Vedações internas pesadas (inércia térmica)

Fonte: NBR 15220-3.

Tabela 12: Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas, com largura muito maior que a espessura

Natureza da superfície da câmara de ar	Espessura "e" da câmara de ar cm	Resistência térmica R_{ar} $m^2.K/W$		
		Direção do fluxo de calor		
		Horizontal	Ascendente	Descendente
		\Rightarrow	$\overline{\uparrow}$	$\overline{\downarrow}$
Superfície de alta emissividade $\varepsilon > 0,8$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,14	0,13	0,15
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,16	0,14	0,18
	$e > 5,0$	0,17	0,14	0,21
Superfície de baixa emissividade $\varepsilon < 0,2$	$1,0 \leq e \leq 2,0$	0,29	0,23	0,29
	$2,0 < e \leq 5,0$	0,37	0,25	0,43
	$e > 5,0$	0,34	0,27	0,61

NOTAS

- ε é a emissividade hemisférica total.
- Os valores para câmaras de ar com uma superfície refletora só podem ser usados se a emissividade da superfície for controlada e previsto que a superfície continue limpa, sem pó, gordura ou água de condensação.
- Para coberturas, recomenda-se a colocação da superfície refletora paralelamente ao plano das telhas (exemplo C.6 do anexo C); desta forma, garante-se que pelo menos uma das superfícies - a inferior - continuará limpa, sem poeira.
- Caso, no processo de cálculo, existam câmaras de ar com espessura inferior a 1,0 cm, pode-se utilizar o valor mínimo fornecido por esta tabela.

Fonte: Tabela B.1 retirada da NBR 15220-2, ABNT, 2005.

Tabela 13: Resistência térmica superficial interna e externa

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

Fonte: Tabela A.1 retirada da NBR 15220-2, ABNT, 2005.

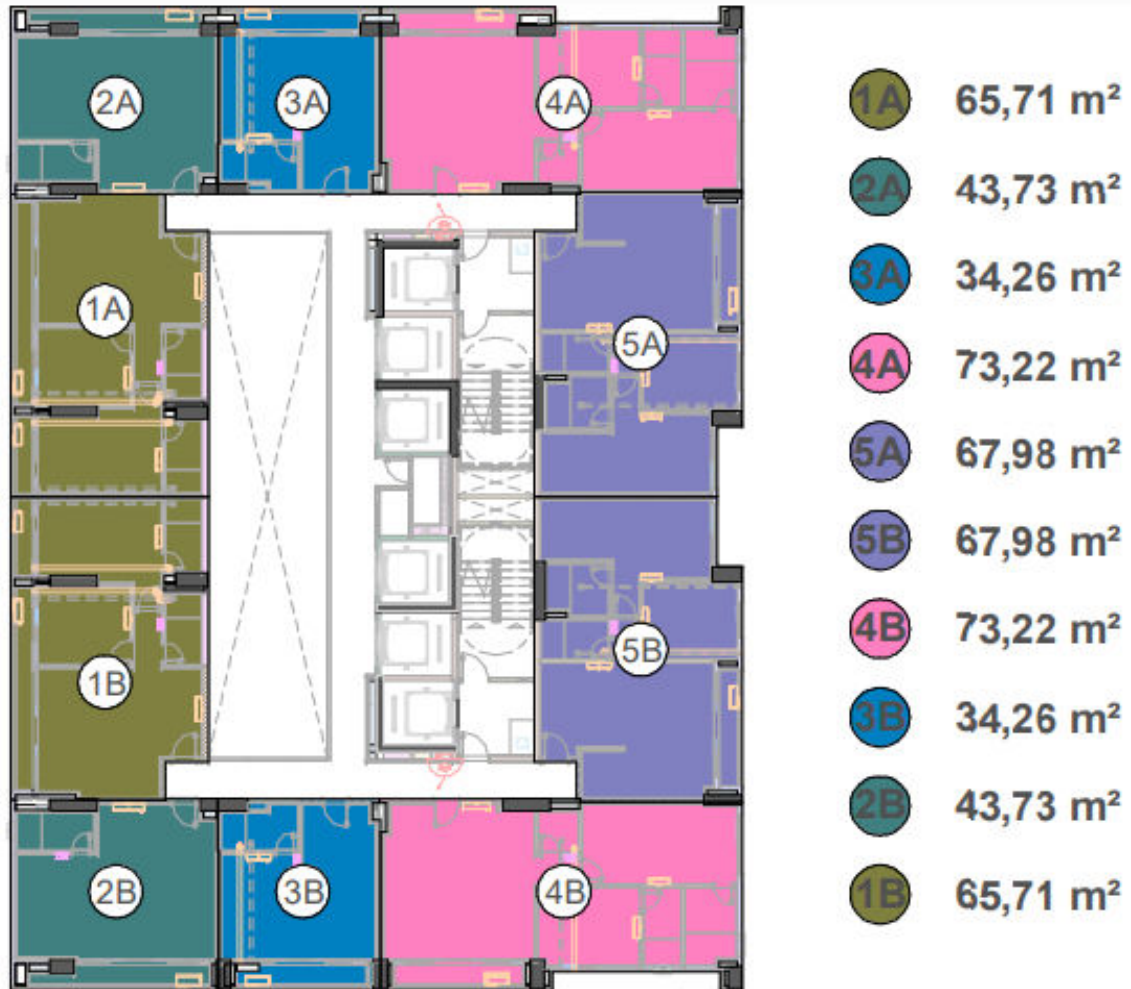
Tabela 14: Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i, \text{máx.}} \leq T_{e, \text{máx.}}$	$T_{i, \text{máx.}} \leq T_{e, \text{máx.}}$
I	$T_{i, \text{máx.}} \leq (T_{e, \text{máx.}} - 2 \text{ }^\circ\text{C})$	$T_{i, \text{máx.}} \leq (T_{e, \text{máx.}} - 1 \text{ }^\circ\text{C})$
S	$T_{i, \text{máx.}} \leq (T_{e, \text{máx.}} - 4 \text{ }^\circ\text{C})$	$T_{i, \text{máx.}} \leq (T_{e, \text{máx.}} - 2 \text{ }^\circ\text{C})$

Ti,máx. é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius. Te,máx. é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius. Ti,mín. é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius. Te,mín. é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius. NOTA: Zonas Bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

Fonte: ABNT NBR 15575-1:2013.

III - PROJETO ARQUITETÔNICO DO EDIFÍCIO COM DISPOSIÇÃO DOS APARTAMENTOS.

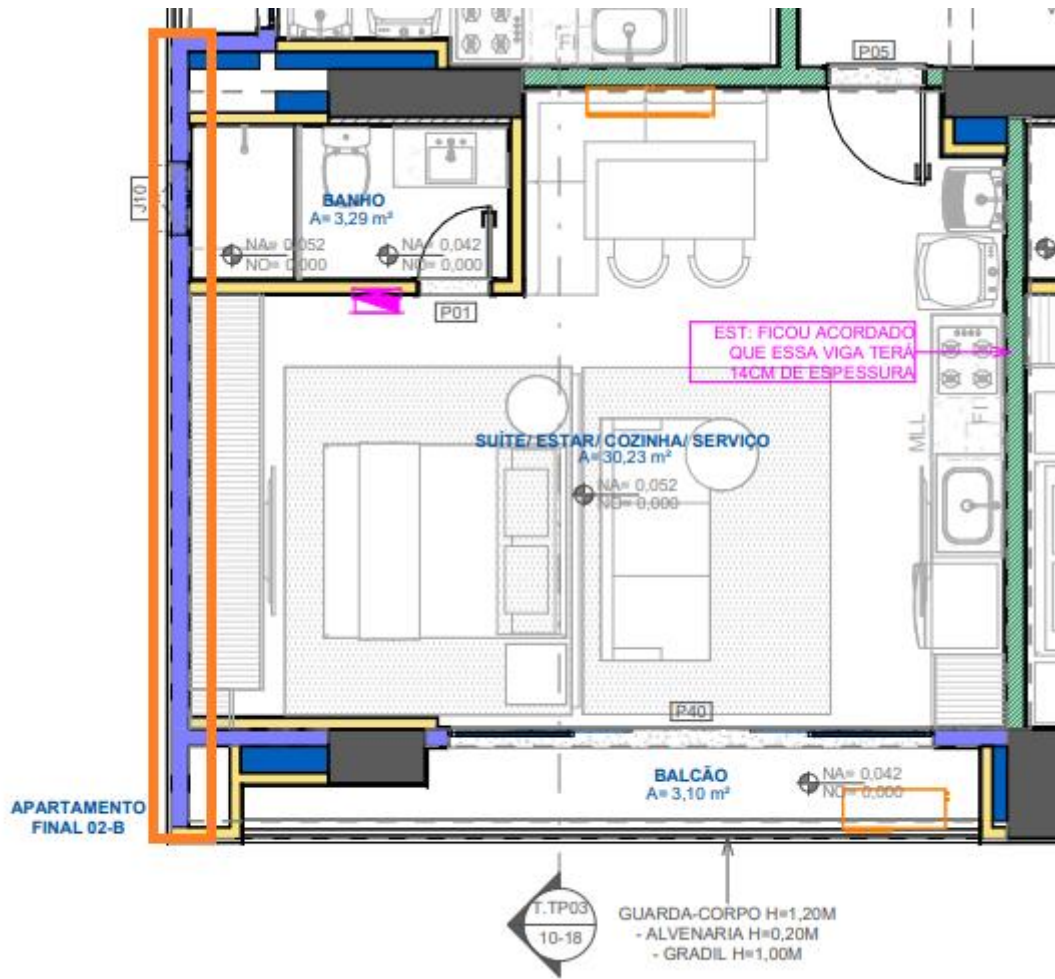


MAPA TIPO 03

1 : 400

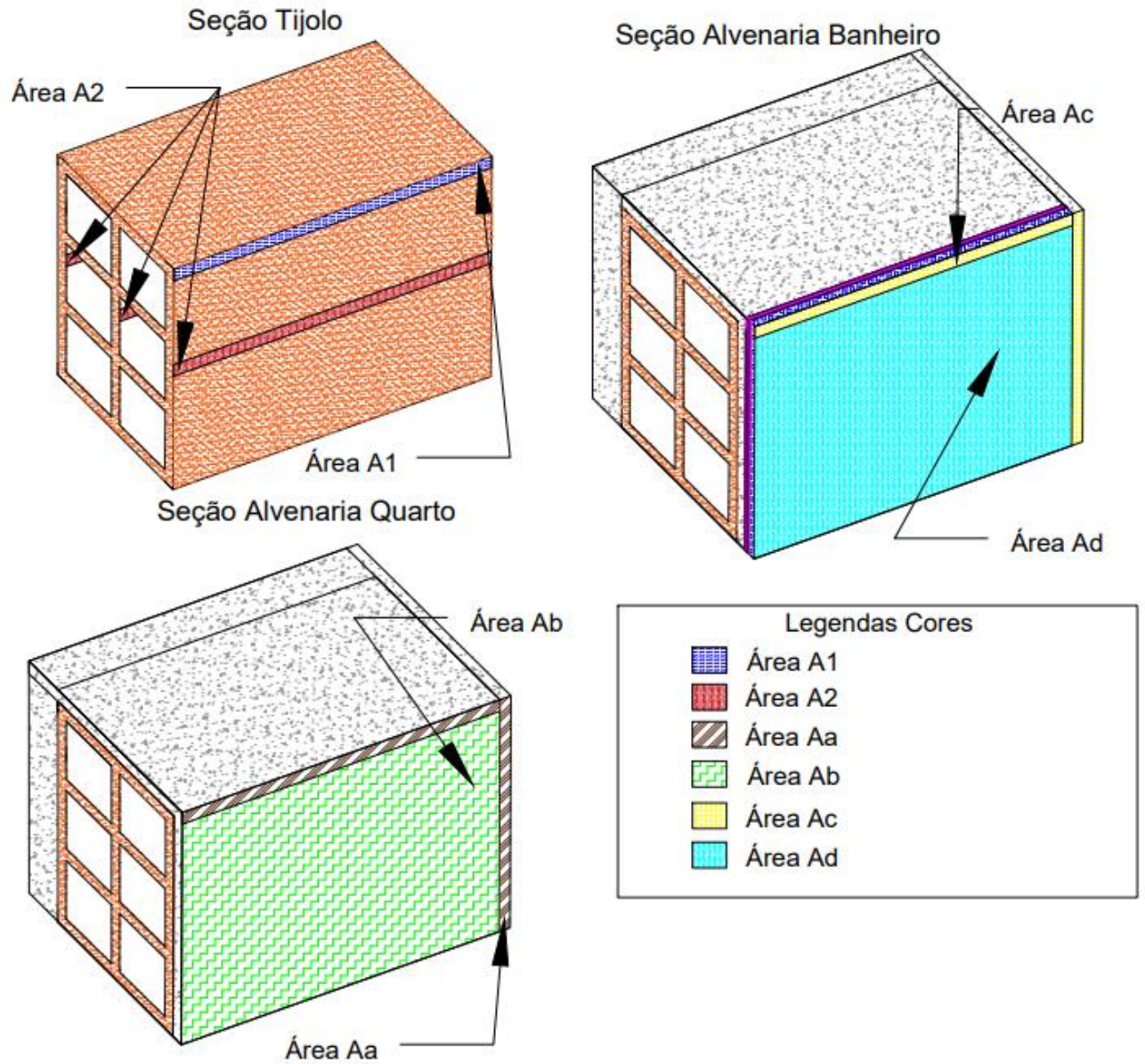
Fonte: Autoria dos pesquisadores (2022).

IV - PLANTA BAIXA DO APARTAMENTO EM ANÁLISE



Fonte: A autoria dos pesquisadores (2022).

V - IDENTIFICAÇÃO DAS SEÇÕES E ÁREAS DE INFLUÊNCIA



Fonte: Autoria dos pesquisadores (2022).

6 – MEMORIAL DESCRITIVO DOS CÁLCULOS DE TRANSMITÂNCIA TÉRMICA

1. Cálculo da transmitância térmica

Neste memorial, consta-se os cálculos realizados para encontrar os índices de transmitância térmica, como podem ser vistos a seguir de forma ordenada e explicada detalhadamente.

1.1. Cálculo da transmitância térmica da alvenaria do quarto

Essa alvenaria tem duas seções a serem consideradas; conforme a Figura 1, notou-se que, em uma seção, há um corte com camada de reboco, de argamassa e de reboco e, em outra seção, o corte é feito com camadas de: reboco, tijolo e reboco. Ou seja, para fazer o cálculo, foi necessário realizar os cálculos das camadas separadas e, depois, utilizar a expressão 3 para o cálculo da resistência térmica.

1.1.1. Cálculo da resistência térmica do tijolo cerâmico

Calculou-se a densidade do tijolo para poder utilizá-lo e, assim, descobrir seu calor específico na tabela da NBR 15220-2. Para isso, utilizou-se a fórmula da densidade massa sobre volume, e, por ter furos, foi desconsiderado o volume vazio dos furos.

$$p_{\text{tijolo}} = \frac{\text{massa}}{\text{volume} - \text{volume}_{\text{vazio}}} = \frac{4,1}{(0,14 * 0,19 * 0,29) - (6 * 0,05 * 0,055 * 0,29)}$$

$$= 1399 \text{ kg/m}^3$$

Onde:

massa = Massa do tijolo em kg medida em campo;

volume = Volume total do tijolo em m³;

volume vazios = Volume total dos vazios em m³.

Agora que se tem esse valor, primeiro calcula-se a resistência térmica do tijolo, para facilitar o cálculo da seção b, utilizando as expressões 5 e 6. Depois, utiliza-se a expressão 4 para o cálculo da área de influência da seção tijolo, conforme Anexo V, em metros quadrados.

$$A1 = a * b = 0,01 * 0,29 = 0,0029 \text{ m}^2 \text{ (4)}$$

Onde:

a e b representam a largura e o comprimento do tijolo, respectivamente.

Agora, usa-se a expressão 5 para fazer o cálculo da resistência:

$$R1 = \frac{e_{tijolo}}{\lambda_{tijolo}} = \frac{0,14}{0,9} = 0,1556 \text{ (m}^2\text{K/W)} \text{ (5)}$$

Onde:

e = Espessura;

λ = Condutividade térmica.

Repete-se o mesmo processo para a segunda seção:

Utiliza-se a expressão 4 para o cálculo da área de influência para seção tijolo, conforme Anexo V, em metros quadrados.

$$A2 = (a1 + a2 + a3) * b = (0,01 + 0,01 + 0,01) * 0,29 = 0,0087 \text{ m}^2 \text{ (4)}$$

Onde:

a e b representam a largura e o comprimento do tijolo, respectivamente.

Agora, usa-se a expressão 5 para fazer o cálculo da resistência:

$$R2 = \frac{e_{tijolo}}{\lambda_{tijolo}} + R_{ar} + \frac{e_{tijolo}}{\lambda_{tijolo}} + R_{ar} + \frac{e_{tijolo}}{\lambda_{tijolo}} = \frac{0,01}{0,9} + 0,17 + \frac{0,01}{0,9} + 0,17 + \frac{0,01}{0,9} = 0,3733 \text{ (m}^2\text{K/W)} \text{ (5)}$$

Onde:

e = Espessura;

λ = Condutividade térmica.

Com esses valores, pôde-se utilizar a expressão 3 para fazer o cálculo da resistência térmica do tijolo:

$$Rt_{tijolo} = \frac{A1+A2}{\frac{A1}{R1} + \frac{A2}{R2}} = \frac{0,0029+0,0087}{\frac{0,0029}{0,1556} + \frac{0,0087}{0,3733}} = 0,2766 \text{ (m}^2\text{K/W)} \text{ (3)}$$

Onde:

“An” representa as áreas e “Rn”, as resistências calculadas.

1.1.2. Cálculo da resistência térmica da alvenaria do quarto

Para o cálculo da resistência, utiliza-se o processo acima, ou seja, primeiro analisa-se uma seção que passa pelo reboco, argamassa e reboco, que foi nomeada de seção A. E utiliza-se a expressão 4 para o cálculo da área de influência para seção alvenaria do quarto, conforme Anexo V, em metros quadrados.

$$Aa = a * b + a * b = 0,01 * 0,29 + (0,19 + 0,01) * 0,01 = 0,0049 \text{ m}^2 \quad (4)$$

Agora, usa-se a expressão 5 para o cálculo da resistência:

$$Ra = \frac{e_{arg.reb}}{\lambda_{arg.reb}} + \frac{e_{arg.reb}}{\lambda_{arg.reb}} + \frac{e_{arg.reb}}{\lambda_{arg.reb}} = \frac{0,035}{1,15} + \frac{0,14}{1,15} + \frac{0,025}{1,15} = 0,1739 \text{ (m}^2\text{K/W)} \quad (5)$$

Onde:

e = Espessura;

λ = Condutividade térmica.

Então, será realizado o mesmo processo para a seção B, que é formada por camadas de reboco, tijolo e reboco. Utiliza-se a expressão 4 para o cálculo da área de influência para a seção alvenaria do quarto, conforme Anexo V, em metros quadrados.

$$Ab = a * b = 0,19 * 0,29 = 0,0551 \text{ m}^2 \quad (4)$$

Onde:

a e b representam a largura e o comprimento, respectivamente.

Agora, usa-se a expressão 5 para fazer o cálculo da resistência:

$$Rb = \frac{e_{arg.reb}}{\lambda_{arg.reb}} + Rt_{tijolo} + \frac{e_{arg.reb}}{\lambda_{arg.reb}} = \frac{0,035}{1,15} + 0,2766 + \frac{0,025}{1,15} = 0,3288 \text{ (m}^2\text{K/W)} \quad (5)$$

Onde:

e = Espessura;

λ = Condutividade térmica.

Com as resistências e áreas das seções que compõem a alvenaria, pôde-se fazer o cálculo da sua resistência, utilizando-se da expressão 3.

$$Rt_{alv.quarto} = \frac{Aa+Ab}{\frac{Aa}{Ra} + \frac{Ab}{Rb}} = \frac{0,0049+0,0551}{\frac{0,0049}{0,1739} + \frac{0,0551}{0,3288}} = 0,3065 (m^2K/W) \quad (3)$$

Onde:

“An” representa as áreas e “Rn”, as resistências calculadas.

Agora, pode-se calcular a resistência total da alvenaria do quarto, que é a soma da resistência da alvenaria, da resistência da superfície interna e da superfície externa, como é demonstrado na expressão 2.

Os dados Rse e Rsi são coletados da Tabela A.1 da NBR 15220-2, sendo iguais a 0,04 e 0,013, respectivamente.

$$RT_{alv.quarto} = Rse + Rt_{alv.quarto} + Rsi = 0,04 + 0,3065 + 0,13 = 0,4765 (m^2K/W) \quad (2)$$

Onde:

“RT” indica a resistência total da alvenaria do quarto; “Rse”, a resistência da superfície externa; “Rsi”, a resistência da superfície interna; e “Rt”, a resistência da alvenaria.

1.1.3. Cálculo total da transmitância térmica da alvenaria do quarto

Com o valor da resistência, pôde-se calcular o valor da transmitância, por meio da expressão 1, com valor de:

$$U_{alv.quarto} = \frac{1}{RT} = \frac{1}{0,4765} = 2,0986 (W/(m^2K)) \quad (1)$$

Onde:

“U” representa o valor da transmitância térmica e “RT”, o valor da resistência térmica.

1.1.2. Cálculo da transmitância térmica da alvenaria do banheiro

Para o cálculo da transmitância térmica da alvenaria do banheiro (Figura 2), que caracteriza a parede e seus parâmetros, mostra-se a adição de uma camada de argamassa de assentamento e uma camada de cerâmica. Sendo assim, os valores calculados no item 4.1.1, com a resistência térmica do tijolo, serão reaproveitados.

1.2.1. Cálculo da resistência térmica da alvenaria do banheiro

Para o cálculo dessa resistência, primeiro analisa-se uma seção, como o reboco, argamassa, reboco, argamassa de assentamento e cerâmica, adotando-se como seção A.

Utiliza-se a expressão 4 para o cálculo da área de influência para seção alvenaria do banheiro, conforme Anexo V, em metros quadrados.

$$Ac = a * b + a * b = 0,01 * 0,29 + 0,2109 * 0,01 = 0,0050 \text{ m}^2 \text{ (4)}$$

Sendo:

a e b = largura e comprimento, respectivamente.

Após, faz-se uso da expressão 5 para o cálculo da resistência:

$$Rc = \frac{e_{arg.reb}}{\lambda_{arg.reb}} + \frac{e_{arg.reb}}{\lambda_{arg.reb}} + \frac{e_{arg.reb}}{\lambda_{arg.reb}} + \frac{e_{arg.reb}}{\lambda_{arg.reb}} + \frac{e_{cerâmica}}{\lambda_{cerâmica}}$$

$$= \frac{0,035}{1,15} + \frac{0,14}{1,15} + \frac{0,025}{1,15} + \frac{0,0035}{1,15} + \frac{0,0074}{1,15} = 0,1840 \text{ (m}^2\text{K/W)} \text{ (5)}$$

Sendo:

e = Espessura;

λ = Condutividade térmica.

Agora, realiza-se o mesmo processo para a seção B, que é formada por camadas de reboco, tijolo, reboco, argamassa de assentamento e cerâmica.

Utiliza-se a expressão 4 para o cálculo da área de influência para seção alvenaria do banheiro, conforme Anexo V, em metros quadrados.

$$Ad = a * b = 0,19 * 0,29 = 0,0551 \text{ m}^2 \text{ (4)}$$

Sendo:

a e b = largura e comprimento, respectivamente.

Faz-se, depois, uso da expressão 5 para o cálculo da resistência:

$$Rd = \frac{e_{arg.reb}}{\lambda_{arg.reb}} + Rt_{tijolo} + \frac{e_{arg.reb}}{\lambda_{arg.reb}} + \frac{e_{arg.ass}}{\lambda_{arg.ass}} + \frac{e_{cerâmica}}{e_{cerâmica}}$$

$$= \frac{0,035}{1,15} + 0,2766 + \frac{0,025}{1,15} + \frac{0,0035}{1,15} + \frac{0,074}{1,05} = 0,3389 \text{ (m}^2\text{K/W)} \text{ (5)}$$

Sendo:

e = Espessura;

λ = Condutividade térmica.

Com as resistências e áreas das seções que compõem a alvenaria, pode-se fazer o cálculo da resistência utilizando-se da expressão 3.

$$Rt_{alv.banheiro} = \frac{Ac+Ad}{\frac{Ac}{Rc} + \frac{Ad}{Rd}} = \frac{0,0050+0,0551}{\frac{0,0050}{0,1840} + \frac{0,0551}{0,3389}} = 0,3167 (m^2K/W) (3)$$

Sendo:

“An” representa as áreas e “Rn”, as resistências calculadas.

Com os valores, calcula-se a resistência total da alvenaria do banheiro, que é a soma da resistência da alvenaria e da resistência da superfície interna e da superfície externa, como demonstrado na expressão 2.

Os dados Rse e Rsi foram coletados da Tabela A.1 da NBR 15220-2, sendo iguais a 0,04 e 0,013, respectivamente:

$$\begin{aligned} RT_{alv.banheiro} &= Rse + Rt_{alv.banheiro} + Rsi = 0,04 + 0,3167 + 0,13 \\ &= 0,4867(m^2K/W) (2) \end{aligned}$$

Sendo:

“RT” a indica resistência total da alvenaria do quarto; “Rse”, a resistência da superfície externa; “Rsi”, a resistência da superfície interna; e “Rt”, a resistência da alvenaria.

1.2.2. Cálculo total da transmitância térmica da alvenaria banheiro

Com o valor da resistência, pode-se calcular o valor da transmitância, por meio da expressão 1 com valor de:

$$U_{alv.banheiro} = \frac{1}{RT} = \frac{1}{0,4867} = 2,0546(W/m^2K) (1)$$

Sendo:

“U” representa o valor da transmitância térmica e “RT”, o valor da resistência térmica.

TERMO DE AUTORIZAÇÃO PARA PUBLICAÇÃO

Eu Ana Carolina Aquiles Borges RA 36950

Declaro, com o aval de todos os componentes do grupo a:

AUTORIZAÇÃO

NÃO AUTORIZAÇÃO ()

Da submissão e eventual publicação na íntegra e/ou em partes no Repositório Institucional da Faculdade Unida de Campinas – FACUNICAMPS e da Revista Científica da FacUnicamps, do artigo intitulado: Análise do desempenho térmico de chumbeiros de vedação de janelas enômicas revestidas em argamassa e cerâmica para região de Goiânia.
De autoria única e exclusivamente dos participantes do grupo constado em Ata com supervisão e orientação do (a) Prof. (a): Nelen Tenório

O presente artigo apresenta dados validos e exclui-se de plágio.

Curso: Engenharia Civil. Modalidade afim Construção Civil

Ana Carolina A. Borges
Assinatura do representante do grupo

Nelen Oliveira Tenório
Assinatura do Orientador (a):

Obs: O aval do orientador poderá ser representado pelo envio desta declaração pelo email institucional do mesmo.

Goiânia, 18 de novembro de 2022