

UNIEVANGÉLICA

CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

DÁLETE CRISTINA ROCHA DA SILVA

ERIKA DOS SANTOS ARAÚJO

**USO DE EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SEU
DESEMPENHO TÉRMICO COMPARADO A ALVENARIA DE
TIJOLO CERÂMICO**

ANÁPOLIS / GO

2021

**DÁLETE CRISTINA ROCHA DA SILVA
ERIKA DOS SANTOS ARAÚJO**

**USO DE EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SEU
DESEMPENHO TÉRMICO COMPARADO A ALVENARIA DE
TIJOLO CERÂMICO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA**

ORIENTADOR: FILIPE FONSECA GARCIA

ANÁPOLIS / GO: 2021

FICHA CATALOGRÁFICA

SILVA, DÁLETE CRISTINA/ ARAÚJO, ERIKA DOS SANTOS

Uso de EPS na construção civil e seu desempenho térmico comparado a alvenaria de tijolo cerâmico

61P, 297 mm (ENC/UNI, Bacharel, Engenharia Civil, 2021).

TCC - UniEVANGÉLICA

Curso de Engenharia Civil.

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| 1. Conforto térmico | 2. Poliestireno Expandido (EPS) |
| 3. Alvenaria de tijolo cerâmico | 4. Isolamento térmico |
| I. ENC/UNI | II. Bacharel |

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

SILVA, Dalete Cristina da Rocha; ARAUJO, Erika dos Santos. Uso de EPS na construção civil e seu desempenho térmico comparado a alvenaria convencional. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEVANGÉLICA, Anápolis-GO, 61p. 2021.

CESSÃO DE DIREITOS

NOME DO AUTOR: Dalete Cristina da Rocha Silva

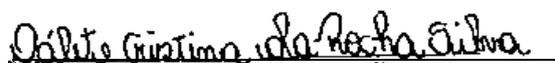
Erika dos Santos Araújo

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: Uso de EPS na construção civil e seu desempenho térmico comparado a alvenaria de tijolo cerâmico

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2021

É concedida à UniEVANGÉLICA a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. O autor reserva outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito do autor.



Dálete Cristina Rocha da Silva

E-mail: d70.com@hotmail.com



Erika dos Santos Araújo

E-mail: erika.arauujo98@gmail.com

DÁLETE CRISTINA ROCHA DA SILVA
ERIKA DOS SANTOS ARAÚJO

**USO DE EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL E SEU
DESEMPENHO TÉRMICO COMPARADO A ALVENARIA DE
TIJOLO CERÂMICO**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE
ENGENHARIA CIVIL DA UNIEVANGÉLICA COMO PARTE DOS REQUISITOS
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL**

APROVADO POR:



FILIPE FONSECA GARCIA, Especialista (UniEVANGÉLICA)
(ORIENTADOR)



VANESSA HONORATO DOMINGOS, Mestra (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)



EDUARDO MARTINS TOLEDO, Mestre (UniEVANGÉLICA)
(EXAMINADOR INTERNO)

DATA: ANÁPOLIS/GO, 26 de MAIO de 2021

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente acima de tudo ao meu Deus por me ajudar a superar as minhas dificuldades, força, ânimo para realizar um sonho muito importante para mim.

Agradeço ao meu pai Sérgio Gomes que tem trabalhando tanto juntamente com minha mãe Kelly Cristina para nos dar a oportunidade de concluir o ensino superior, todo incentivo, compreensão e orações claro não poderia de esquecer a minha irmã Dára que tanto me ajudou e tanta raiva que passou e a minha família que sempre esteve ao meu lado incentivando desde a minha entrada na universidade que celebraram fervorosamente.

E claro não poderia de agradecer aos meus amigos que fiz na faculdade principalmente a minha amiga Erika, Brunna, Daniel Oliveira, Gabriel Brandao e Jeicielly por ter me ajudado com as matérias que tive bastante dificuldade, pelos momentos difíceis, pela paciência que tiveram comigo ao longo deste tempo e que me apoiaram e me incentivaram pela busca do meu objetivo. E aos meus colegas de curso que sofreram comigo.

E nesse momento tão difícil só tenho que agradecer aos professores por não ter nos deixado mesmo com tantos novos desafios que tiveram que enfrentar em nos dar aulas remotas. Sem eles, seria impossível estar aqui. Ao longo da jornada, tive a sorte de estar com os melhores professores e orientadores, gostaria de estender meus sinceros agradecimentos, pois sem a paciência de cada um e sabedoria eu nunca teria me tornado uma pessoa tão realizada sem eles, seria impossível estar aqui.

Dálete Cristina da Rocha Silva

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer a Deus pelo seu infinito amor, proteção, por me capacitar e fortalecer para superar as dificuldades.

Agradecer a minha mãe Selma e ao meu Pai Hermes que mesmo em momentos difíceis não medirão esforços para me apoiar e me conceder a oportunidade de estudar, pelo o amor incondicional, por terem sido incentivadores constantes, pela confiança na minha capacidade, pela cumplicidade e pelas constantes orações. Ao meu querido irmão Hemerson que sempre juntamente com meus pais trabalhou para me proporcionar a oportunidade de estudar, e pela sua compreensão para comigo.

A minha vó Maria de Lourdes e minha tia Marli que me deram suporte e me ajudaram sempre que foi necessário durante minha jornada, a elas devo meus sinceros agradecimentos. Aos meus primos Sophia e Otavio que por muitas vezes mesmo sem saber trouxeram alegria para os meus dias e me mostraram que devemos continuar nossa caminhada mesmo passando por momentos difíceis.

Ao meu companheiro Junior, pela compreensão e apoio durante esses anos de formação. As amizades que fiz nas faculdades em especial Brunna e Dálete que se tornaram ao decorrer dos anos minhas grandes amigas ao qual tive a oportunidade de dividir grandes aprendizados.

Ao professor Felipe, pela orientação e dedicação para conosco.

E por fim agradecer todos aqueles familiares e amigos que de alguma forma colaborou para essa conquista.

Gratidão é tudo que me define no fim dessa jornada, e que essa seja apenas uma de muitas que conquistarei.

Erika dos Santos Araújo

RESUMO

Nos dias atuais muitos pesquisadores vêm se empenhando para obter mais informações sobre como continuar provendo produtividade para o desenvolvimento das cidades proporcionando qualidade, desempenho e, sem que isso tenha um impacto negativo no meio ambiente. Sabe-se que atualmente existem diversas tentativas e campanhas para economizar eletricidade, um dos possíveis motivos para o alto consumo de energia vem recorrente que com as altas temperaturas que o Brasil possui a população conseqüentemente para atender aos requisitos de conforto térmico acabam tendo um consumo de energia muito grande. Uma possível solução para minimizar esse problema seria a fabricação de uma alvenaria vedada que mantém um bom isolamento entre o ambiente externo e interno do edifício sem qualquer deformação, reduzindo assim um pouco do consumo de energia, essa alvenaria pode ser composta com o uso do EPS (poliestireno expandido). O poliestireno expandido (EPS) vem ganhando seu espaço no setor da construção civil e é utilizado devido à sua baixa densidade e propriedades de isolamento térmico e acústico. Sua associação pode contribuir com que o ambiente absorva menos calor, reduzindo assim o uso de refrigeração, proporcionando maior conforto e efeitos de economia de energia. Além de seus benefícios consideráveis no conforto térmico, o uso de EPS na construção civil se destaca por ser estrutural, eliminando o uso de pilares e vigas em ambientes internos, diferente da alvenaria convencional que são fundamentais para receber as cargas aplicadas, além disso, placa de EPS pode ser sobreposta diretamente nos tijolos por meio de adesivos à base de água e seguidamente receber as camadas de argamassa, correspondentes ao acabamento, proporcionando também um conforto térmico e acústico na edificação. O estudo em análise deste trabalho mostrou através de levantamento de dados em uma casa residencial no qual a mesma possui dois métodos construtivos diferentes, sendo parte de tijolo cerâmico e parte com placas de EPS, que o uso de EPS de fato pode proporcionar um maior conforto térmico em um edifício, os resultados finais mostram claramente sua eficiência quando o assunto é conforto térmico.

PALAVRAS-CHAVE:

Conforto Térmico; Poliestireno Expandido (EPS); Alvenaria convencional.

ABSTRACT

Nowadays, many researchers have been striving to obtain more information on how to continue providing productivity for the development of cities, providing quality, performance and without this having a negative impact on the environment. It is known that currently there are several attempts and campaigns to save electricity, one of the possible reasons for the high energy consumption is that with the high temperatures that Brazil has, the population consequently to meet the thermal comfort requirements end up having a consumption of very large energy. A possible solution to minimize this problem would be to manufacture a sealed masonry that maintains good insulation between the external and internal environment of the building without any deformation, thus reducing energy consumption a little. This masonry can be composed using EPS (expanded polystyrene). Expanded polystyrene (EPS) has been gaining ground in the civil construction sector and is used due to its low density and thermal and acoustic insulation properties. Its association can contribute to the environment absorbing less heat, thus reducing the use of refrigeration, providing greater comfort and energy saving effects. In addition to its considerable benefits in thermal comfort, the use of EPS in civil construction stands out for being structural, eliminating the use of columns and beams indoors, unlike conventional masonry, which are essential to receive the applied loads, in addition, plate EPS can be directly superimposed on the bricks using water-based adhesives and then receive the mortar layers, corresponding to the finish, also providing thermal and acoustic comfort in the building. The study under analysis of this work showed through data collection in a residential house in which it has two different construction methods, being part ceramic brick and part with EPS boards, that the use of EPS can in fact provide greater comfort. In a building, the final results clearly show its efficiency when it comes to thermal comfort.

KEYWORDS:

Thermal Comfort; Expanded Polystyrene (EPS); Conventional Masonry.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Troca térmica entre o corpo e o ambiente.....	17
Figura 2 - Inércia Térmica.....	19
Figura 3 - Zoneamento bioclimático brasileiro	21
Figura 4 - Zona de Conforto Térmico Humano.....	22
Figura 5 - Pérola de poliestireno (antes da expansão) e Granulado de EPS (após a expansão).....	24
Figura 6 - Painel duplo	27
Figura 7 - Painel Simples.....	27
Figura 8 - Aplicação de EPS no isolamento térmico de paredes.....	28
Figura 9 - Reação ao fogo do EPS classe F	33
Figura 10 - Resistência à compressão do poliestireno expandido	35
Figura 11 - Método construtivo de alvenaria convencional	36
Figura 12 - Marcação da primeira fiada	39
Figura 13 - Elevação da alvenaria de blocos cerâmicos	40
Figura 14 - Formatos tradicionais de tijolos cerâmicos.....	41
Figura 15 - Planta da casa.....	43
Figura 16 - Termômetro infravermelho modelo E127	45
Figura 17- planta baixa com detalhamento das paredes escolhidas	45
Figura 18 – Posições dos pontos.....	46
Figura 19 - Modelo parede de tijolo cerâmico	46
Figura 20 - Modelo parede de tijolo cerâmico com EPS.....	47
Figura 21 - Temperatura do ar (°C) e Umidade do ar (%) em Alexânia-Go.....	48

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Características exigíveis para o Eps (Classe F) - NBR 11752	32
Tabela 2 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação	38
Tabela 3 - Temperatura (° C) interna, na alvenaria em tijolos cerâmicos	50
Tabela 4 - Temperatura (° C) interna, da alvenaria em tijolos cerâmicos com placa de EPS ..	51
Tabela 5 – Média de temperatura por horário de cada método	52
Tabela 6 – Diferença entre temperaturas (°C) interna da alvenaria em tijolos cerâmicos e da alvenaria em tijolos cerâmicos com placa de EPS	53

LISTA DE ABREVIATURA E SIGLA

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAPEX	Associação Brasileira de Poliestireno Expandido
AS e AW	Clima de savana
CFC	Clorofluorcarboneto
DIN	Instituto Alemão para Normatização.
EPS	Poliestireno Expandido
HCFC	Hidroclorofluorcarbono
IBDA	Instituto Brasileiro de desempenho da arquitetura
ISO	Organização Internacional de Normalização
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
NBR	Normas Brasileiras de Regulamentação
PS	Poliestireno

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 JUSTIFICATIVA.....	13
1.2 OBJETIVOS	13
1.2.1 Objetivo geral	13
1.2.2 Objetivos específicos.....	14
1.3 METODOLOGIA	14
1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	14
2 CONFORTO TÉRMICO.....	16
2.1 TROCAS TÉRMICAS ENTRE O CORPO E O AMBIENTE.....	16
2.1.1 Variáveis de conforto térmico	18
2.1.2 Desempenho térmico das edificações	18
2.1.3 Bioclimatologia	20
2.1.3.1 Variáveis climáticas.....	21
2.1.4 Zona de conforto.....	22
2.2 POLIESTIRENO EXPANDIDO	23
2.2.1 Conceito Histórico	23
2.2.2 Composição	24
2.2.3 Características	25
2.2.4 Aplicações.....	25
2.3 POLIEXTIRENO EXPANDIDO NA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	25
2.3.1 EPS em paredes	26
2.3.1.1 Embalagens.....	29
2.3.2 Processo de fabricação	29
2.3.2.1 Pré- expansão do EPS	29
2.3.2.2 Armazenamento intermediário do EPS	29
2.3.2.3 Moldagem do EPS	30
2.3.3 Impacto ambiental.....	30
2.3.4 Propriedade dos tipos de EPS	31
2.3.5 Isolamento térmico	33
2.3.6 Vantagens e desvantagens.....	34
2.3.6.1 Vantagens	34
2.3.6.2 Desvantagens	35

2.4	ALVENARIA CONVENCIONAL.....	36
2.4.1	Definição.....	36
2.4.2	Histórico	37
2.4.3	Alvenaria em blocos cerâmicos	37
2.4.4	Execução.....	39
2.4.5	Marcação.....	39
2.4.6	Assentamento	40
2.4.7	Encunhamento	41
2.4.8	Isolamento térmico	41
2.4.9	Vantagens e Desvantagens.....	42
2.4.9.1	Vantagens	42
2.4.9.2	Desvantagens	42
3	METODOLOGIA	43
3.1	MEDIÇÕES DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DAS PAREDES	44
4	RESULTADOS	48
4.1	DADOS COLETADOS	49
5	CONCLUSÃO	54
5.1	SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS	55
	REFERÊNCIAS.....	56

1 INTRODUÇÃO

Os impactos negativos da construção civil no meio ambiente e a crescente escassez de recursos naturais vem exigindo a procura de novas soluções construtivas, a viabilização de novas ferramentas e o desenvolvimento de materiais e técnicas construtivas alternativas que contribuam para a melhoria do processo construtivo. Com isso, os pesquisadores têm se empenhado para obter mais informações sobre como continuar provendo produtividade para o desenvolvimento da cidade proporcionando qualidade, desempenho e, sem que isso tenha um impacto negativo no meio ambiente (COSTA, 2019).

O Brasil é um país predominantemente quente, portanto, o uso de climatização artificial tornou-se o principal aliado da população para estabelecer o conforto térmico, o que tem causado preocupação com o alto consumo de energia. Segundo a Eletrobrás, no Brasil, os edifícios residenciais, comerciais e públicos responderam por aproximadamente 45% do consumo de energia elétrica do país em 2009, principalmente por meio de iluminação artificial e ar-condicionado (KRUGER, 2016).

No que se refere à Construção Civil, o desenvolvimento em bases sustentáveis pode ser buscado, por exemplo, através da realização de edificações com menos perdas de energia, redução de impactos ambientais e melhor aproveitamento dos recursos naturais, voltando a análise para elaboração de sistemas construtivos alternativos e para gestão e reciclagem de resíduos (TESSARI, 2006).

Uma possível solução seria o uso de EPS (Poliestireno Expandido), o poliestireno expandido (EPS) vem ganhando espaço cada vez mais no mundo da construção civil, é usado como material de construção devido à sua baixa densidade e capacidade de isolamento térmico e acústico. Sua combinação pode fazer com que o ambiente absorva menos calor, reduzindo assim o uso de refrigeração no sistema de ar condicionado, proporcionando maior conforto e efeito de economia de energia (TESSARI, 2006).

A aplicações do Poliestireno expandido são inconstantes e por esse motivo pode ser visto em múltiplas áreas de construção, pode ser pré-fabricado fornecendo benefícios muito importantes comparado aos métodos tradicionais como no tempo de aplicação, evitar erros abrangentes de desperdício e compatibilidade, aplicável a vários projetos, maior rapidez de execução, menor uso de mão de obra, ambiente de trabalho mais limpo e redução de desperdício de materiais utilizados. (GARCIA, 2009).

Além disso placas de EPS é capaz de modo direto ser aplicada sobre o tijolo, é um método que pode ser feito em construções já existentes que recebem muito calor ou definido

por projeto na elaboração da edificação. Portanto, estudos e pesquisas comparando os benéficos do uso do EPS na construção civil tem como finalidade apontar vantagens significativa, seja no prazo de execução, praticidade, custo e responsabilidade ambiental (ANDREOLLI, 2017).

1.1 JUSTIFICATIVA

Na construção civil, é necessária a adoção de novos métodos que visem a melhoria de cenários, principalmente aqueles que possam reduzir custos, aumentar a produtividade, controlar desperdícios e alcançar excelentes resultados finais (LUEBLE, 2004).

Os materiais utilizados na construção civil são muito importantes para proporcionar segurança e conforto às pessoas. Quanto mais adequado for o desempenho térmico, menos energia é necessária para aquecer ou resfriar a área do edifício (CARVALHO, 2017)

Devido a inúmeras campanhas e tentativas de economizar energia elétrica, esse assunto vem sendo muito discutido na atualidade. Para atender aos requisitos de conforto térmico o consumo de energia é excessivo, para alcançar este objetivo pode ser fabricado uma alvenaria vedada que mantenha um bom isolamento entre os ambientes externo e interno do edifício sem qualquer deformação, reduzindo assim um pouco do consumo de energia (AQUINO; MORAIS, 2018).

Busca-se comparar o sistema convencional de alvenaria de tijolo cerâmico com o uso de EPS para responder às vantagens e desvantagens. Pesquisas como esta podem contribuir para que os envolvidos na área da engenharia civil possam entender as características dos materiais utilizados, promover o conforto térmico e as bases físicas para sua interação com o meio externo e interno.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

A pesquisa teve como objetivo analisar a aplicação do EPS como material para Construção Civil e demonstrar suas principais vantagens e desvantagens comparando com o método de construção em alvenaria convencional com uma ênfase maior no conforto térmico que o poliestireno expandido oferece.

1.2.2 Objetivos específicos

- Fazer um estudo sobre o uso do EPS na construção civil;
- Identificar as vantagens e desvantagens quanto à utilização do EPS;
- Apresentar um comparativo térmico entre o uso de poliestireno expandido e tijolo cerâmico.

1.3 METODOLOGIA

Como método quantitativo de pesquisa, por meio de exposições e explicações, busca-se procedimentos técnicos de levantamento e revisão bibliográfica para observação de publicações em estudo teórico em diversas bibliografias básicas, artigos, revistas, normas técnicas e outras fontes de informações afins.

Quanto ao tratamento de dados e informações, busca-se realizar análises comparativas para apresentar visões positivas e negativas sobre o uso de EPS na engenharia civil, observa-se a transmitância térmica desses componentes, que se tornarão os parâmetros relevantes para os usuários em termos de economia de energia e conforto térmico.

1.4 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é construído referindo-se aos conceitos de elementos específicos e métodos gerais das partes constituintes. Concentre-se em analisar o desempenho térmico, a transferência de calor e o uso do poliestireno expandido. Propõe mostrar soluções para se obter maior conforto nas edificações e realizar uma análise comparativa do uso de EPS e tijolo cerâmico, e apresenta as principais vantagens e desvantagens no uso dos dois sistemas.

- Capítulo 1 – Introdução: No primeiro capítulo foi apresentado o foco do estudo, onde foi apresentada a justificativa da escolha do tema, os objetivos a serem alcançados e a metodologia para a execução deste trabalho.

- Capítulo 2- Revisão Bibliográfica: Neste tópico apresenta-se o levantamento do material teórico realizado através de pesquisas bibliográficas e internet, este material oferece suporte para a elaboração de resultados referente ao estudo.

- Capítulo 3- Metodologia: Neste capítulo é apresentado o estudo de caso apresentado no TCC, mostrando os métodos que serão usados para alcançar resultados e a edificação que será usada como comparativos.
- Capítulo 4- Apresentação e análise de resultados: Apresentará o estudo e resultados alcançados durante os testes e os prós e contras do uso do EPS no método escolhido.
- Capítulo 5- Conclusão: Será apresentado o resultado final do estudo e sua relevância para a Engenharia Civil.

2 CONFORTO TÉRMICO

As exigências humanas pelo conforto térmico sempre estiveram relacionadas ao funcionamento do organismo. A humanidade sempre buscou o conforto e a satisfação do bem-estar físico para atender suas exigências de sobrevivência, construiu abrigos e confeccionou vestimentas para se proteger contra os rigores climáticos, procurou a proximidades da água, aprendeu a aproveitar a ventilação natural (FROTA; SCHIFFER, 2007).

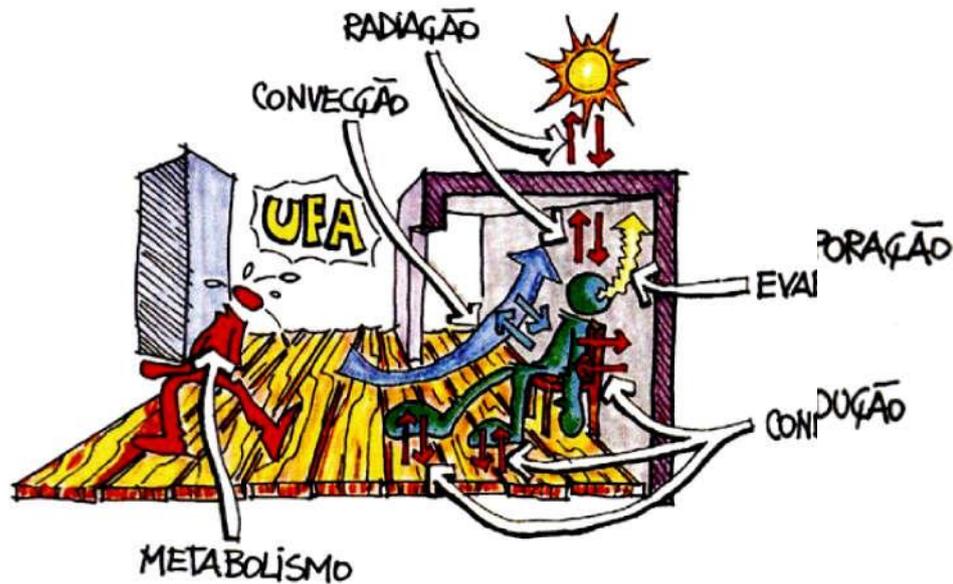
Conforto térmico, segundo Lamberts (2011), é definido como o estado mental que expressa a satisfação do homem com o ambiente térmico que o circunda, a insatisfação com o ambiente térmico pode ser causada pela perda ou pelo ganho de calor. Segundo Bittencourt; Cândido (2005) conforto “pode ser definido como a situação de satisfação psicofisiológica com as condições térmicas de um ambiente onde a manutenção da homeostase humana é obtida”

As exigências do homem com o conforto térmico procuram limitar as sensações de desconforto geradas pela perda considerável de calor pelo corpo. A sensação de conforto ou desconforto térmico no interior de um ambiente está intimamente ligada não só a fatores ambientais, tais como temperatura do ar, temperatura radiante, umidade relativa do ar, velocidade do ar, como também em atividade física (metabolismo) e resistência térmica oferecida pelo tipo de vestimenta usadas. A sensação de comodidade é necessária para que o sujeito desenvolva normalmente suas atividades sem mobilizar, seus mecanismos de defesa contra o calor ou contra o frio. Portanto, é importante que se integrem os mecanismos físicos que fundamentam os modos de transferência de calor (LAMBERTS, 2017; ASHARE, 2013).

2.1 TROCAS TÉRMICAS ENTRE O CORPO E O AMBIENTE

A fim de manter o equilíbrio térmico, o corpo humano passa por vários processos de troca de calor. O calor liberado pelo o corpo humano é função da atividade desenvolvida e será dissipado através do mecanismo de troca de calor entre o corpo humano e o ambiente. Devido às diferenças de temperatura entre o corpo humano e o ambiente (Figura 1), as trocas térmicas realizadas na ausência de água são consideradas trocas secas (condução, convecção e radiação) que é denominada calor sensível. O calor perdido pela troca úmida (evaporação) é denominado de calor latente, que envolve uma mudança de fase – suor (líquido) torna-se gasoso por evaporação. Portanto, o organismo perde calor para o ambiente de duas formas: calor sensível e calor latente (LAMBERTS *et al.*, 2016).

Figura 1 - Troca térmica entre o corpo e o ambiente



Fonte: LAMBERTS, 2016.

Quando a temperatura do ar é inferior à temperatura do corpo humano, a troca de calor é realizada por convecção, portanto, o corpo humano perde calor ao entrar em contato com o ar. Portanto, a transmissão por contato é muito importante. Uma forma de sentir é aquecer o chão no tempo frio porque restaura o equilíbrio térmico do corpo, da mesma forma que andar descalço em um chão de pedra faz com que você perca calor. Essa é uma sensação ideal para climas quentes (ALMEIDA, 2009).

Sabe-se que a principal fonte de energia radiante é o Sol. Em algumas áreas de baixa latitude no Brasil, a radiação solar é a principal fonte de ganho de calor para os edifícios. O conhecimento dos materiais utilizados nas coberturas opacas que compõem o sistema construtivo é fundamental para a análise da eficiência energética da edificação (VOGADO, 2019).

Na troca de calor, a evaporação sob alta concentração de umidade é considerada como troca úmida. O calor perdido por meio dessa forma é chamado de calor latente, que envolve a mudança da forma de suor de líquido para gasoso. Dessa forma, esse processo ocorre quando a perda de calor por convecção e radiação é insuficiente para manter a temperatura corporal em equilíbrio. Portanto, a taxa de evaporação é uma função do estado de absorção de umidade do ar e sua velocidade (ALMEIDA, 2009).

2.1.1 Variáveis de conforto térmico

Existem distintas variáveis que interferem no conforto térmico sentida por cada pessoa, que são divididas em duas classes: as variáveis humanas que é uma resistência térmica proporcionada pelas roupas usadas pelo indivíduo e o metabolismo produzido pela atividade física do indivíduo, que também podem ser afetados pela idade, sexo, biótipo, altura, hábitos alimentares e raça; e as variáveis ambientais que é a temperatura do ar, umidade relativa e velocidade do ar, sendo as duas primeiras as principais variáveis. A velocidade e a umidade do ar são muito importantes para a perda de calor causada pela evaporação, sendo responsável por cerca de 25% da perda de calor corporal (PEDRA, 2011; MARTINS, 2017).

2.1.2 Desempenho térmico das edificações

O desenvolvimento do desempenho térmico das edificações tem se tornado um objeto de constante atenção de profissionais na área da construção, especialistas e pesquisadores. Nos últimos anos, além de se preocupar com os gastos energéticos, a construção civil tem avançado nas exigências dos usuários referentes a habitabilidade das edificações. Assim, hoje em dia há uma preocupação com as estratégias e requisitos para desempenho e conforto térmico das edificações, através da utilização de soluções construtivas que melhorem a qualidade do espaço construído, garantindo o seu funcionamento e os requisitos de conforto e segurança do usuário (SOUZA, 2019).

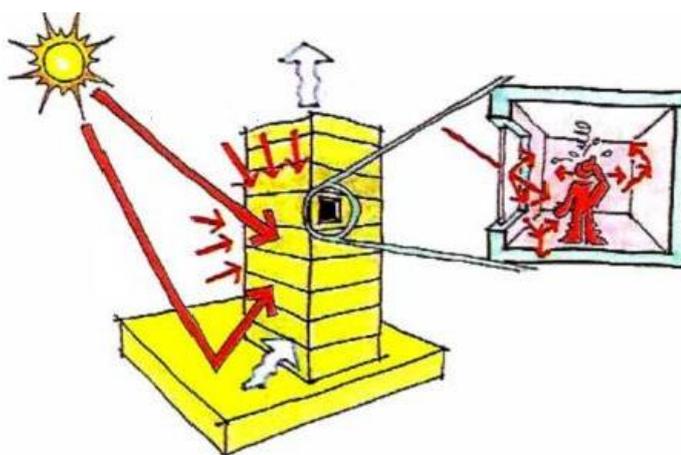
Segundo Faraco (2018), um edifício para apresentar um bom desempenho térmico é necessário reduzir o consumo de energia de forma que não afete o conforto e a saúde do usuário. Portanto, a busca pelo conforto térmico nas edificações tem gerado crise energética e alto consumo de energia. É necessário buscar alternativas por meio de estratégias de conforto térmico passivas para reduzir o consumo de energia das edificações residenciais (VETTORAZZI *et al.*, 2010).

Uma das principais estratégias passivas de baixo custo energético que pode proporcionar maior conforto em edifícios não climatizados e a ventilação natural. Essa estratégia tem três funções básicas: promover a renovação do ar, proporcionar conforto térmico aos usuários e permitir o resfriamento das superfícies interna e externa da edificação. É fundamental que a localização da edificação fique voltada para os ventos dominantes, assim trazendo um conforto para o interior do ambiente (COSTA JUNIOR; CUNHA, 2018).

O sombreamento é outro exemplo de estratégia passiva muito importante para climas quentes, comum ao longo do ano em grande parte do Brasil. As principais técnicas usadas são o uso de proteções solares, como: beirais, varandas, persianas, brise, vegetações e marquises, que impedem toda ou parte da luz de entrar diretamente no ambiente (LAMBERTS *et al.*, 2016).

Quanto ao isolamento térmico, a sua utilidade pode ser considerada em termos de procura de conforto térmico e alterações da qualidade acústica nos ambientes internos. Na construção civil o isolamento térmico contribui para o conforto dos ambientes aumentando a inércia térmica, e mantendo conservada a temperatura interna por mais tempo, e a energia é economizada por meio de aquecimento e resfriamento. O principal ponto de obtenção de calor através da radiação solar são as janelas, e edifícios mal projetados, com sua orientação voltada para o oeste podem ocorrer o sofrimento pela inércia térmica, criando verdadeiras estufas dentro desses ambientes, conforme mostrado na Figura 2 (ANDREOLLI, 2017).

Figura 2 - Inércia Térmica



Fonte: LAMBERTS, 2011.

Devido à variedade de isolantes existentes no mercado, é necessário analisar cada caso para encontrar o material adequado para cada situação. Deve-se levar em consideração alguns pontos antes de selecionar os materiais, tais como: custo, segurança, durabilidade, absorção acústica, facilidade de manuseio, impacto ambiental e disponibilidade do material (COSTA JUNIOR; CUNHA, 2018).

Ao utilizar materiais isolantes térmicos, a eficiência energética dos edifícios tem sido melhorada, pois pode contribuir para a redução do uso de ar-condicionado e outros equipamentos, poupando assim o consumo de energia (VAN LENGEN, 2014).

A vantagem do isolamento térmico é o custo-benefício, em termos de matéria-prima, é uma solução construtiva barata e sua execução não é necessário usar andaimes para a sua

aplicação. O autor considera desvantajoso por causa do acréscimo do material isolante na parede, aumentando sua espessura e perdendo a área útil do interior do ambiente. Portanto, embora se possa considerar que a perda de espaço é reduzida, mas isso sempre levará a um declínio no valor da propriedade (FERREIRA, 2006).

De acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005) discute o desempenho térmico nas edificações, e a capacidade de uma superfície de dissipar calor por meio do tipo de material usado. Quando um material isolante é usado em uma edificação, esse material causa um atraso térmico dentro do ambiente e esse atraso térmico depende da capacidade térmica dos componentes construtivos e da ordem onde se encontram dispostas as camadas.

2.1.3 Bioclimatologia

Segundo Lamberts (2016) a Bioclimatologia estuda a relação entre o clima e o ser humano, com o objetivo de aproveitar as condições climáticas para criar edifícios com desempenho térmico adequado ao ambiente.

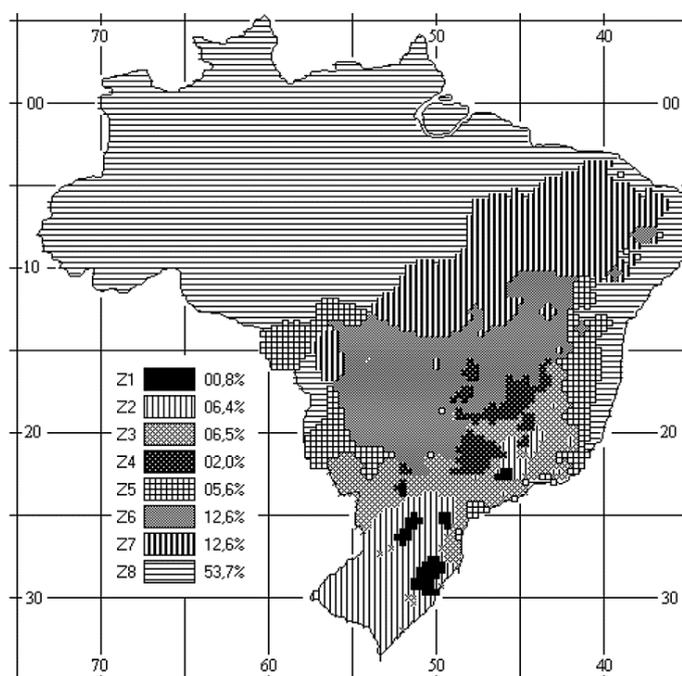
“O clima é, desde a antiguidade, um dos elementos de maior relevância para o projeto e construção da habitação” (BAGNATI, 2013, p. 20).

É necessário a aprendizagem da climatologia para entender melhor o comportamento térmico das edificações. Logo o desempenho térmico de um edifício é uma variável indispensável ao conforto térmico dos usuários, e sofre interferência das condições ambientais de uma determinada região (AQUINO; MORAIS, 2018).

Por causa da grande extensão territorial do Brasil há uma variedade muito grande de climas. Com a avaliação climática baseada na temperatura e umidade que levou o zoneamento bioclimático brasileiro (SANGOI *et al.*, 2010).

Para melhorar o desempenho térmico das edificações brasileiras, de acordo com as condições climáticas regionais, a NBR 1522-3 (ABNT, 2005) dividiu o território brasileiro em oito zoneamento bioclimático conforme a (Figura 3), relativamente homogêneas quanto aos tipos de climas existentes e a avaliação foi realizada levando em consideração 330 cidades brasileiras.

Figura 3 - Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: NBR 15220-3 (ABNT, 2005).

Para cada uma das zonas, foi apresentada algumas diretrizes de projetos modificadas ao clima local, com recomendações técnicas construtivas que podem ser usadas durante a fase de projeto, com o objetivo de alcançar o conforto térmico ideal para cada região. Portanto, levou em consideração critérios e condições de conforto como: proteção de aberturas; tamanho das aberturas para ventilação; vedação externa (tipo de cobertura e paredes externas) e estratégias de condicionamento térmico passivo (NBR 15220-3; ABNT, 2005).

2.1.3.1 Variáveis climáticas

Segundo Almeida (2009), o tempo é a mudança diária das condições atmosféricas. Essas mudanças ocorrem de acordo com alguns fatores da natureza, isto é, proximidade a água (pois que essa se esfria ou se aquece mais ágil que a terra), altitude (quanto menor a temperatura, maior será a altitude), barreiras de montanha e correntes oceânicas.

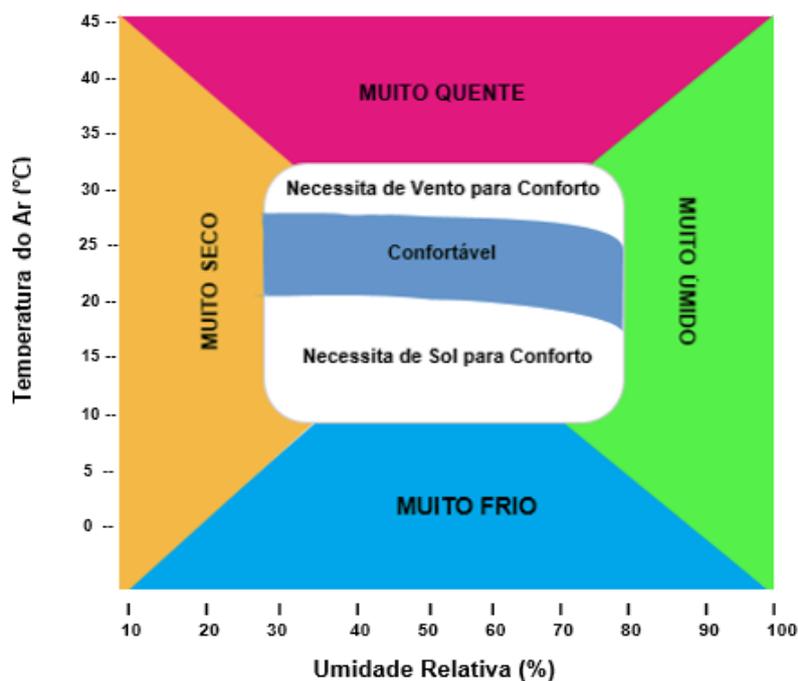
A ação síncrona das variáveis climáticas terá uma ação no espaço arquitetônico construído. Relacionar as condições climáticas do local ao longo do ano com o conforto humano, podem determinar a resposta apropriada em termos de tipo e tempo para planejar o local, forma arquitetônica, paisagem e a construção (LAMBERTS, 2016).

As principais variáveis climáticas para o conforto térmico são: radiação solar, temperatura, umidade e vento. Eles estão intimamente relacionados aos padrões de precipitação, vegetação, permeabilidade do solo, águas superficiais e subterrâneas, topografia e outras características locais que podem ser alteradas pelo homem (FROTA; SCHIFFER, 2001).

2.1.4 Zona de conforto

A zona de conforto térmico do corpo humano pode ser representada pela Figura 4, que demonstra a relação entre a temperatura e a umidade relativa do ar e o conforto térmico do corpo humano (AQUINO; MORAIS, 2018).

Figura 4 - Zona de Conforto Térmico Humano
Diagrama do Conforto Humano



Fonte: INMET, 2020.

O corpo humano pode se sentir confortável sob vários limites de umidade relativa (entre 20% e 80%) e temperatura (entre 18°C e 29°C). Quando a temperatura estiver próxima a 18°C, a circulação de ar no ambiente deve ser evitada. Porém, as temperaturas extremas merecem atenção, já que quando a temperatura interna está próxima dos 18°C, a influência do vento deve ser evitada, e quando está perto dos 29°C é interessante controlar a radiação solar para as pessoas (SANSÃO, 2011).

2.2 POLIESTIRENO EXPANDIDO

2.2.1 Conceito Histórico

Segundo a Associação Brasileira de Poliestireno Expandido ABRAPEX (2006), o EPS foi descoberto na Alemanha, por volta de 1949 nos laboratórios da Basf, através de experiências químicas realizadas pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz. Ainda de acordo com o autor, no Brasil esse material é conhecido como “isopor”, marca registrada pela empresa Knauf Isopor Ltda. No entanto, seu nome técnico é dado por poliestireno expandido, sendo internacionalmente conhecido pela sigla EPS de acordo com a Norma DIN ISO-1043/78.

Os painéis com EPS normalmente conhecido como Isopor® (marca registrada) teve origem na Europa, principalmente na Itália, e teve como objetivo industrializar a construção. O projeto foi originalmente desenvolvido para áreas atingidas por terremotos, e tem como objetivo de criar uma estrutura monolítica que não desmorone e agregasse materiais de isolamento térmico e acústico totalmente estanque às intempéries (ALVES, 2015).

Baseado nisso, foi elaborado um painel modular, pré-fabricado, leve, formada por uma alma de EPS localizado entre duas malhas de aço eletrosoldadas e, finalmente, revestido com argamassa ou concreto. Essa inovação foi elaborada inicialmente em vários países, e por volta da década de 1990 chegou ao Brasil, alcançado através do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), onde foram realizadas todas as análises dos componentes do sistema e dos elementos construídos necessários para comprovar sua eficiência (SILVA, 2018).

Pelos seus benefícios e pelos resultados satisfatórios no que corresponde a suas estimativas, o novo modelo começou a se abrir no país. Atualmente, existem muitas empresas oferecendo produtos semelhantes, como o sistema Hi-Tech, empresa de origem americana que já comercializa esse produto no Brasil (COSTA, 2019).

Segundo Barreto (2017), o mercado de construção residencial tem buscado alternativas construtivas de produtividade, com baixo custo e desempenho ambiental, nos últimos anos. O objetivo da sustentabilidade devido ao EPS reciclável e menores custos de fundações de construções encontra-se exatamente associado ao uso de poliestireno expandido (um material muito leve e reciclável).

2.2.2 Composição

Poliestireno expandido (EPS) é um plástico celular rígido, por causa da polimerização de estireno (produto derivado do petróleo) em água que pode assumir diferentes formas geométricas torna-se uma espuma moldada, composta por um aglomerado de grânulos. EPS é uma espuma sólida que lhe garante propriedades físicas únicas de leveza, excelente desempenho térmico e acústico, durabilidade e uma excelente processabilidade (SANTOS, 2008).

No processo produtivo é adicionado ao material gás pentano, não pode utilizar o gás CFC (Clorofluorcarboneto) ou qualquer um de seus semelhantes que não faz parte do processo de produção do material. Segundo a Associação Brasileira do Poliestireno Expandido (ABRAPEX, 2006) o pentano é usado como agente de expansão para a transformação do EPS ao estado de baixo peso e forma celular expandido não agride o meio ambiente, pois é um hidrocarboneto que se degrada rapidamente devido às reações fotoquímicas com a luz solar.

Devido às propriedades plásticas do EPS, o material é fácil de pegar fogo, segundo Alves (2015), aditivos são adicionados na etapa de polimerização, o que proporcionará ao material maior resistência ao fogo, inibindo sua ignição e difusão.

O EPS é o resultado final da transformação de pérolas de até 3 mm de diâmetro, que são designadas para expansão. Durante o processo de transformação, a pérola pode se expandir em até 50 vezes seu tamanho original, por meio do vapor, fundindo-se e moldando em várias formas desejadas. Logo após de expandidas, as pérolas, apresentadas na Figura 5, apontam um volume composto por 98% de ar e somente 2% de poliestireno expandido. De 3 a 6 bilhões de células fechadas e cheias de ar contém 1m³ de EPS. O produto final do EPS é fisicamente estável, inodoro, um material totalmente reaproveitado e 100% reciclável, não poluente, que podem voltar a condições de matéria-prima (TREVEJO, 2018).

Figura 5 - Pérola de poliestireno (antes da expansão) e Granulado de EPS (após a expansão)



Fonte: SIQUEIRA, 2017.

2.2.3 Características

A espuma rígida de poliestireno provou ser um material isolante. Sem ele, os países mais desenvolvidos não projetariam empreendimentos tão bons em termos de economia de energia. Nos últimos 35 anos, esse material tem se mantido estável na construção civil, não só pelas propriedades isolantes, mas também pela leveza, durabilidade, facilidade de manuseio e baixo custo. É apontado como um dos melhores materiais para preencher vazios necessários ou rebaixos em diversos procedimentos construtivos, principalmente em lajes e painéis semi-industrializados ou pré-fabricados, podendo também ser uma solução estável para aterro em solos frágeis (ABRAPEX, 2006).

O EPS é composto basicamente por “vazios” contendo ar, um material plástico na forma de espuma com microcélulas fechadas, inodoro, na cor branca, não poluente, reciclável e fisicamente estável. Com essas características, é um material isolante térmico com melhor desempenho nas temperaturas de 70° a 80° Celsius. Pode enfatizar sua resistência e facilidade de corte (SILVA *et al.*, 2015).

2.2.4 Aplicações

Desde a sua criação o poliestireno expandido tem inúmeras usos possíveis, segundo Silva, Carvalho e Silva Junior (2015) vem sendo aplicado em: proteção de equipamentos, agricultura (como condicionador de solo) e em indústrias automobilísticas. Dentre os principais aspectos, pode-se focar na aplicação na construção civil e nas embalagens.

2.3 POLIESTIRENO EXPANDIDO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

O poliestireno expandido pode ser utilizado em: enchimento de lajes e formas para concreto; isolante térmico em paredes e lajes; telhas térmicas; forros isolantes e decorativos; fundações de estrada; painéis autoportantes; painéis divisórios; concreto leve; fundações para estradas e até mesmo para estabilização de solos entre outros. Os materiais geralmente apresentados em blocos têm muitas vantagens relacionadas às suas propriedades físicas (SILVA *et al.*, 2015).

Todos os elementos da estrutura são responsáveis pelo conforto térmico do edifício, mas atrás da cobertura, a parede é o principal elemento responsável por absorver o calor

existente no interior do edifício, ou seja, é importante concentrar na parede elementos que venha proporcionar um bom conforto térmico para a edificação. Pensando nisto, apontaremos a seguir algumas formas de uso de poliestireno expandido em paredes.

2.3.1 EPS em paredes

Ao longo da história, os painéis de vedação foram sofrendo alterações na composição de forma que veio a substituir os métodos antigos de vedação como o uso de pedras, taipa, e até mesmo tijolos. Essas alterações foram surgindo pelo aumento de requisitos da sociedade e pela qualidade ambiental e econômica correspondente ao conforto Ambiental, construtivo, estruturalmente seguro e durabilidade (BERTOLDI, 2007).

Para o EPS como isolante térmico ser aplicado em edificações é importante observar as especificações do material, avaliando suas características e propriedades, além de sua densidade. Pensando em suprir as necessidades de sua aplicação, o Isopor® é efetivamente produzido de acordo com sua utilidade, o poliestireno expandido possui características mecânicas e físicas resistentes a temperatura (MOURA; SANTOS 2019).

Em Edificações algumas paredes propendem a superaquecer no decorrer do dia, como no caso de paredes voltadas para o sol poente. Essa super temperatura armazenadas pelas paredes tendem a se propagar durante a noite, exigindo um maior gasto de energia elétrica para resfriar o ambiente, neste caso uma solução viável seria o uso de painéis pré-moldados ou a aplicação de EPS em uma das camadas direto ao tijolo cerâmico (MOURA; SANTOS 2019).

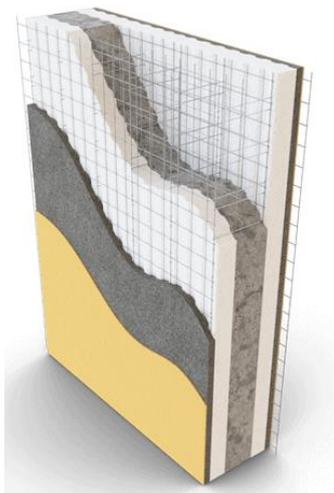
O processo de produção de um painel começa com a fabricação de seus componentes (por exemplo, núcleos e telas). O núcleo é constituído de pérolas de EPS, que são moldados com blocos de poliestireno expandido, e posteriormente cortados de acordo com as especificações de cada projeto. Esses blocos devem ter a densidade necessária e devem ser do tipo F, classificado como material retardante de chama (NETO, 2008).

A utilização desses painéis permite a construção de mais de um pavimento sem a necessidade de elementos estruturais como colunas e vigas, portanto esse método possui finalidade estrutural e também de fechamento e divisa de cômodos. Sua composição é bastante leve comparado ao peso das paredes de alvenaria convencionais (BRITO; CARMAGO 2019).

Painéis de poliestireno expandido são basicamente revestidos com malha de aço e armaduras que servem como reforço e recebem revestimentos resistentes como concreto ou argamassa. As duas malhas de aço que contornam o poliestireno expandido são conectadas

entre si por conectores, que também fornecem massa térmica e resistência ao fogo (COSTA, 2019).

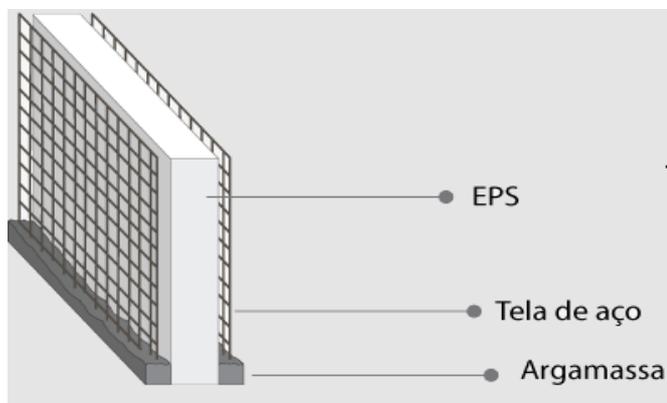
Figura 6 - Painel duplo



Fonte: M2 EMMEDUE, 2017.

Como o produto final relacionado a este material pode ser alterado, manipulado e transformado, atualmente existem diversos painéis de EPS disponíveis no mercado. Nas edificações, as opções viáveis para painéis de apoio principal de sustentação seriam os painéis duplos (Figura 6), com espaçamento entre eles de modo que os vazios possam ser preenchidos com concreto (ALVES, 2015).

Figura 7 - Painel Simples



Fonte: ATOS ARQUITETURA, 2019.

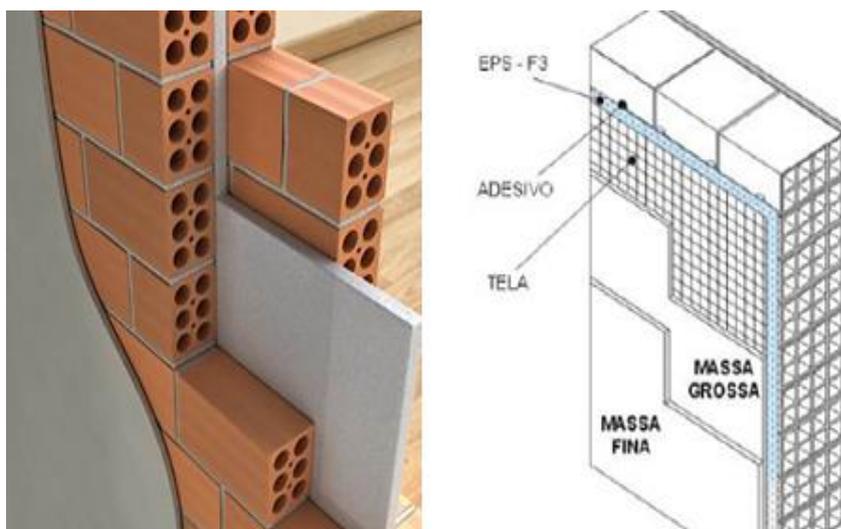
Para projetos com até quatro pavimentos, podem ser usados painéis de poliestireno expandido simples (Figura 7), esses painéis podem ser utilizados como vedações, divisórias,

coberturas e com função estrutural em edificações, enquanto para edifícios maiores painéis duplos com uma estrutura reforçada com barras de aço adicionais preenchidas com concreto podem ser usados. Portanto, é realizável executar obras verticais em vários andares, tornando o sistema abrangente para projetos simples e complexos (COSTA, 2019).

Do ponto de vista técnico, os painéis autoportantes com EPS são apontados como um dos sistemas construtivos mais avançados. A sua utilização apresenta vantagens na poupança de tempo e investimento, ao mesmo tempo que pode cumprir os requisitos básicos relacionados com o conforto térmico e impermeabilização do edifício (COSTA, 2019).

Uma outra opção da aplicação do EPS em paredes seria aplicar o mesmo em camadas sobre a parede, o poliestireno expandido é considerado um material bem eficaz para o bloqueio de calor, a (Figura 8) mostra a aplicação do material de duas formas diferentes.

Figura 8 - Aplicação de EPS no isolamento térmico de paredes



Fonte: RIO DIVISÓRIAS, 2021.

E comum de se encontrar em edifícios comerciais ou até mesmo em residências com a utilização de painéis de poliestireno expandido com o objetivo de amenizar os barulhos e ruídos causados pela vizinhança (MOURA; SANTOS 2019).

Em todos os métodos citados acima é permitido a passagem de instalações elétricas e tubulações facilmente, o processo é realizado pelo próprio encarregado que farão as devidas instalações prevista e descritas em planta.

2.3.1.1 Embalagens

Segundo Silva, Carvalho e Silva Junior (2015) , o Eps tem inúmeras aplicações em embalagens, as caixas Isopor® EPS são uma das melhores opções de embalagem para conservação de alimentos congelados. Este material também é muito importante na embalagem de eletrodomésticos, pois constitui um componente técnico de proteção durante o transporte.

2.3.2 Processo de fabricação

O processo de produção do EPS, conforme Sartorti (2015), nas instalações dos produtores de EPS para a obtenção de blocos, a matéria-prima deve passar por um processo de transformação física, sem alterações de suas propriedades químicas, fenômeno que ocorre quando o EPS é adicionado a outros produtos que podem alterar e melhorar suas propriedades, tornando-se mais resistente. Sendo esta transformação física dividida em três estágios: pré-expansão, armazenamento intermediário e moldagem.

2.3.2.1 Pré- expansão do EPS

A expansão do poliestireno (PS), é realizada através do aquecimento por contato com vapor da água com temperatura entre 80 a 110° C, no primeiro estágio do pré-expansor. O agente expansor (Pentano) aumenta o PS para cerca de 50 vezes seu volume original. Assim resultando em um granulado de partículas de EPS compostas por pequenas células fechadas, que são armazenadas para estabilidade.

2.3.2.2 Armazenamento intermediário do EPS

Esta etapa é muito importante para o processo, pois permite a posterior transformação do poliestireno expandido. Na fase de estabilização, as partículas de EPS se resfriam criando uma depressão dentro das células. Durante este processo, o espaço dentro da célula é preenchido com o ar circundante.

2.3.2.3 Moldagem do EPS

Com os granulados estáveis são colocados no molde e então expostas ao vapor d'água novamente. Depois de serem expostos ao vapor novamente, as pérolas comprimidas no molde se expandem novamente e se fundem umas nas outras. Na câmara de vapor, o processo de expansão pode ser interrompido por resfriamento repentino, e um jato de água fria é jorrado, contra as paredes do molde, no esforço de reduzir o excesso de pressão, de modo facilitar a retirada do produto sem perder sua forma original. Após o processo, o material será cortado de acordo com a variação do tempo de espera determinado (dependendo da densidade necessária).

Para fabricar painéis planos para construção civil, blocos de espuma de poliestireno (EPS) ou isopor são produzidos em grandes moldes prismáticos; para fabricar moldes em isopor, o granulado é conduzido para dentro de moldes com o formato de peça desejado. A seleção dos tipos de matérias-primas e a adequação do processo de fabricação permitem a obtenção de diversos tipos de espumas de poliestireno com diferentes densidades, com características adequadas à aplicação pretendida (BARRETO, 2017).

2.3.3 Impacto ambiental

É um material atóxico e inofensivo. Sartorti (2015), mencionou que os gases usados no processo de fabricação não são prejudiciais à natureza ou à camada de ozônio. A energia utilizada no processo de fabricação é o vapor d'água, que é classificado como uma tecnologia limpa. Além do mínimo consumo de água durante o processo de fabricação, o fato de ser um produto limpo torna que essa água seja reutilizável.

O EPS não usa CFC e HCFC, por isso não destrói a camada de ozônio, não polui o solo, o ar ou a água. Cumpri todas as regulamentações internacionais de saúde pois não contagia alimentos. Além disso, usá-lo como um material de isolamento térmico pode economizar energia no ambiente de resfriamento ou aquecimento (ABRAPEX, 2006).

Durante o processo de fabricação, nenhum resíduo sólido é gerado. Por ser totalmente reciclável e totalmente reaproveitável, o desperdício gerado é reimplantado no processo (GONÇALVES, 2018).

2.3.4 Propriedade dos tipos de EPS

A característica mais significativa do EPS é sua resistência ao calor. Possui permeabilidade ao vapor e não produzirá complicações em ambiente úmido, pois essa umidade pode ser bem eliminada em altas temperaturas (VOGADO, 2019).

Por exemplo, uma composição contendo 98% de ar pode fornecer isolamento porque impede a transmissão de calor. Em termos de umidade, a propriedade anti mofo é proporcionado por suas características não higroscópicas, ou seja, não absorve água e não é propício ao crescimento de bactérias e fungos (SILVA; CARVALHO; SILVA JUNIOR, 2015).

Devido à parede celular impermeável e estrutura fechada, quando em contato com a água, o EPS vai absorver uma pequena quantidade de água e ficar preso no espaço entre as células. Desta forma, o EPS pode secar facilmente sem abrir mão de nenhuma de suas características (SILVA, 2018).

Por não absorver grandes quantidades de umidade, o resultado é que não há inconvenientes relacionados à penetração ou mofo (GONÇALVES, 2018).

Segundo Trevejo (2018) a escolha dos tipos de matéria-prima e processos de transformação física pode alcançar vários tipos de EPS com densidade, massa e volume específicos. É justamente por causa dessas particularidades que surgiram diferentes tipos e tipos de EPS, cada um com sua resistência e rigidez específicas.

Em relação ao tipo, segundo Barreto (2017), são fabricados sete tipos diferentes de EPS, para os painéis monolíticos, utiliza-se o tipo 7, que possui maior densidade aparente, maior resistência e menor condutividade térmica.

O EPS recomendado pelo Comitê de EPS da Indústria da Abiquim é o da classe F. Com base na determinação da composição do EPS e da substância que impede o fogo, é colocado como material solúvel a uma temperatura elevada de cerca de 70 ° C. A solubilidade deste material em presença de fogo impede a sua utilização apenas como componente estrutural. Como um todo, é considerado um material a ser inserido em uma estrutura de construção convencional (como uma laje ou painel).

A Tabela 1, mostra seus respectivos valores relacionados às suas características exigidas do EPS e os 7 tipos de EPS fabricados.

Tabela 1 - Características exigíveis para o Eps (Classe F) - NBR 11752

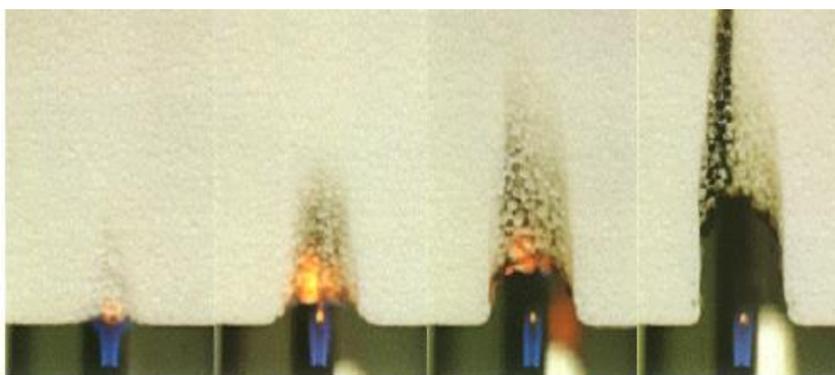
Propriedades	Norma	Unidade	Tipos de EPS						
	Método de ensaio		Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7
Densidade Aparente Nominal	NBR 11949	kg/m ³	10	12	14	18	22,5	27,5	32,5
Densidade Aparente Mínima	NBR 11949	kg/m ³	9	11	13	16	20	25	30
Condutividade Térmica máxima (23°C)	NBR 12094	w/m.k	-	-	0,042	0,039	0,037	0,035	0,035
Tensão por Compressão com Deformação de 10%	NBR 8082	kPa	≥33	≥42	≥65	≥80	≥110	≥145	≥165
Resistência Mínima à flexão	ASTM C-203	kPa	≥50	≥60	≥120	≥160	≥220	≥275	≥340
Resistencia Mínima ao cisalhamento	EM-12090	kPa	≥25	≥30	≥60	≥80	≥110	≥135	≥170
Flamabilidade (se material Classe F)	NBR 11948	Material Retardante a Chama							

Fonte: NBR 11.752 (ABNT, 2016).

São adicionados aditivos para melhorar certas propriedades do EPS, como retardadores de chamas, que segundo a (ABRAPLEX, 2006) o EPS, é fabricado em duas versões, classe P (não retardante a chama) e classe F (retardante a chama), em outras palavras, os materiais da Classe F encolheram quando em chamas, inibindo assim a combustão, conforme mostrado na Figura 9.

De acordo com a NBR 11752 (ABNT, 2016), as massas específicas aparentes são divididas em 3 grupos: Tipo I possuem valores entre (13 a 16 kg/m³); Tipo II possuem valores entre (16 a 20 kg/m³) e Tipo III possuem valores entre (20 a 25 kg/m³).

Figura 9 - Reação ao fogo do EPS classe F



Fonte: ACEPE, 2020.

2.3.5 Isolamento térmico

A característica mais importante do poliestireno expandido (EPS) é sua baixa condutividade térmica devido à sua estrutura celular, que consiste em milhões de células fechadas com diâmetro de apenas alguns décimos de milímetro. O EPS é amplamente utilizado como isolante para painéis, telhados, paredes externas, dutos de ar condicionado, câmaras frigoríficas e tubulações (SILVA; CARVALHO; SILVA JUNIOR, 2015).

Dentre as diversas possibilidades de utilização do EPS, observa-se que no mundo a mais utilizada ainda é a produção de painéis para vedação e divisórias. Isso ocorre devido ao isolamento termo acústico que proporciona. As principais vantagens da utilização de um sistema de isolamento térmico incluem: economia de energia devido à redução das necessidades de aquecimento e resfriamento do ambiente interno; redução do peso da parede e da carga permanente sobre a estrutura; redução do gradiente de temperatura a que são sujeitas as camadas internas das paredes, reduzindo o risco de condensação (MOURA; SANTOS, 2019).

Segundo Silva, Carvalho e Silva Junior (2015), existem três problemas principais ao se projetar um ambiente que tenha conforto térmico:

- **Conforto:** A parede externa da estrutura de isolamento pode evitar grandes variações de calor, ou seja, os raios solares aquecem o edifício e o calor se acumula no interior. Morando em um lugar muito frio, a situação é justamente a oposta, as paredes ficam frias e o calor sai de dentro da casa.
- **Economia:** pode reduzir o tamanho do equipamento de ar condicionado e reduzir os custos de eletricidade.

- Estabilidade estrutural: À medida que as mudanças térmicas na estrutura diminuem, com os efeitos de expansão e contração do edifício tornam-se mais estáveis.

-

2.3.6 Vantagens e desvantagens

Algumas aplicações de poliestireno expandido não são amplamente utilizadas e, portanto, não são amplamente conhecidas no país. No entanto, este material é notório no campo da construção, assim como em diferentes aplicações. Isso porque possui muitas qualidades que atingem diversos pontos, como a trabalhabilidade e sua relação peso / resistência. A seguir, algumas vantagens e desvantagens do uso de EPS (BRITO; CAMARGO, 2019).

2.3.6.1 Vantagens

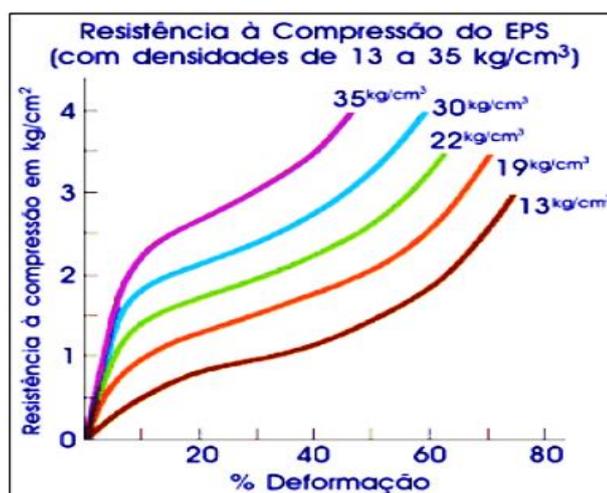
Segundo, Brito e Camargo (2019), Trevejo (2018) mencionam que, depois de estudar todo o processo do material, é possível listar as principais vantagens que o sistema deve proporcionar.

- Baixo peso construtivo: A densidade do poliestireno varia de 10 a 30 kg / m³, o que reduz muito o peso próprio imposto à estrutura da construção. Esta função auxilia no processamento da obra, diminuindo assim o tempo de movimentação e colocação do material.
- Baixa absorção de água devido à baixa porosidade: Esse componente não é higroscópico. Apesar de quando imerso em água, o EPS absorve pouca umidade. Esse recurso garante que suas propriedades térmicas e mecânicas sejam mantidas mesmo em locais com alta umidade.
- Baixa condutividade térmica: Como suas células são compostas de 98% de ar, isso dificulta a passagem de calor e faz do isopor um excelente material isolante.
- Versatilidade: Pode ser comercializado em diferentes tamanhos e formas para atender às necessidades específicas dos compradores.
- Facilidade de manuseio do material e de aplicação: É possível usar ferramentas habitualmente disponíveis para trabalhar com este material, não são precisamente necessárias o uso das ferramentas não comumente usadas em canteiros de obras.
- Resistência ao envelhecimento: Todas as propriedades do EPS permanecem inalteradas ao longo de sua vida.

- Resistência química: o isopor é compatível com a maioria dos materiais utilizados atualmente na construção civil, como cimento, gesso, cal, água, etc.
- Resistência mecânica e à compressão: Embora muito leve, o poliestireno tem alta resistência e pode absorver impactos, podendo ser usado quando essas propriedades são necessárias. Sua resistência à compressão pode Até 2 kg / cm (Figura 10)

-

Figura 10 - Resistência à compressão do poliestireno expandido



Fonte: ABRAPEX, 2006.

- Por conta de sua execução simplificada tem-se uma elevada produtividade.
- Como o material é completamente inerte biologicamente, é durável.
- Sustentabilidade.
- Geração mínima ou nenhuma de entulho.
- Instalação suplementar fácil de realizar.
- Não há necessidade de retrabalho.

2.3.6.2 Desvantagens

- Baixa aderência: Embora a adesão entre o material e o reboco seja baixa, os blocos especiais de EPS utilizados para o preenchimento da laje foram industrializados, com o objetivo de minimizar essa baixa adesão. A superfície inferior desses blocos apresenta certo grau de rugosidade, o que pode proporcionar maior aderência entre o EPS e o revestimento (TESSARI, 2006).

- Despejo em aterro sanitário: Este é um problema nos aterros porque os aterros ocupam grande volume e interferem na degradação de outros materiais existentes. Mesmo que seja totalmente reciclável, o ecossistema acabará por ser afetado pela falta de coleta seletiva desse material.

2.4 ALVENARIA CONVENCIONAL

2.4.1 Definição

A alvenaria convencional é um modelo de sistema construtivo em que todas as cargas da estrutura são distribuídas entre as lajes, vigas, pilares e fundações de modo que as paredes não possuem nenhuma função estrutural e são usadas apenas para fechar vãos e separar o ambiente.

Tem como finalidade poder selar o espaço impedindo entrada de chuva e vento no interior da edificação, proporcionar um isolamento acústico e térmico, possui durabilidade e facilidade de manutenção, fácil execução além de dividir o espaço garantindo segurança e conforto e uma boa aparência estética (TAUIL; NESE, 2010).

O termo alvenaria convencional refere-se a edificações com estruturas formadas pelo conjunto de lajes, vigas e pilares construídos de concreto armado, de modo que os tijolos cerâmicos serão usados para preencher os vãos, conforme mostrado na Figura 11.

Figura 11 - Método construtivo de alvenaria convencional



Fonte: FÓRUM DA CONSTRUÇÃO, 2020.

Os blocos que compõem a alvenaria podem ser formados de diferentes materiais, sendo a maioria cerâmica ou concreto. Independentemente do material utilizado, as características ideais são:

- Ter resistência à compressão adequada;
- Ter capacidade de aderir à argamassa tornando homogênea a parede;
- Possui durabilidade frente aos agentes agressivos (umidade, variação de temperatura e ataque).
- Por agentes químicos;
- Possuir dimensões uniformes;

2.4.2 Histórico

Este sistema construtivo tradicional é utilizado há milhares de anos. Inicialmente, os blocos de rocha eram utilizados como os principais elementos estruturais da alvenaria. Através de uma tecnologia bastante primitiva, foram extraídos em grandes quantidades na natureza para a mineração, a partir de 4000 a.C. As pessoas perceberam que a argila é um tipo de objeto que apresenta características plásticas se estiver úmida, por isso é deformável e fácil de dobrar, podendo ser moldada para apresentar uma melhor forma geométrica de fixação. Assim, foram obtidos tijolos de argila (TAVARES, 2011).

No Brasil, as edificações de alvenaria começaram a ser utilizadas ainda no período colonial, na época eram utilizadas estruturas de taipa para a construção de edificações, porém, devido à grande espessura das paredes para garantir a rigidez necessária, esse método foi rapidamente trocado pelas estruturas de madeira pois a mesma não possuía necessidade de uma estrutura com espessuras tão largas (TAVARES,2011).

2.4.3 Alvenaria em blocos cerâmicos

No caso do uso de tijolos cerâmicos, devem ser seguidos os requisitos da NBR 15270-1 (ABNT, 2005). De acordo com a mesma, um bloco cerâmico de vedação deve ser fabricado por meio de construção plástica de matéria-prima argilosa com ou sem aditivos e queimado em altas temperaturas; dependendo da temperatura de queima dos compostos presentes, a temperatura de queima varia entre de 800 ° C a 1500 ° C. Não deve apresentar nenhuma imperfeição sistemáticos, como rachaduras, superfícies irregulares ou deformações, os blocos

devem ter a forma de um prisma reto, o tamanho nominal dos blocos cerâmicos varia muito, então você pode escolher o tamanho que melhor se adapta ao seu projeto, cuja geometria é mostrada na Tabela 2.

Tabela 2 - Dimensões de fabricação de blocos cerâmicos de vedação

Dimensões L x H x C Módulo Dimensional M = 10 cm	Dimensões de fabricação cm			
	Largura (L)	Altura (H)	Comprimento (C)	
			Bloco principal	½ Bloco
(3/2) M x (2) M x (2) M	14	19	19	9
(3/2) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(3/2) M x (2) M x (3) M			29	14
(3/2) M x (2) M x (4) M			39	19
(2) M x (2) M x (2) M	19	19	19	9
(2) M x (2) M x (5/2) M			24	11,5
(2) M x (2) M x (3) M			29	14
(2) M x (2) M x (4) M			39	19
(5/2) M x (5/2) M x (5/2) M	24	24	24	11,5
(5/2) M x (5/2) M x (3) M			29	14
(5/2) M x (5/2) M x (4) M			39	19

NOTA Os blocos com largura de 6,5 cm e altura de 19 cm serão admitidos excepcionalmente, somente em funções secundárias (como em “shafts” ou pequenos enchimentos) e respaldados por projeto com identificação do responsável técnico.

Fonte: NBR 15270-1 (ABNT, 2005).

Segundo Costa (2018), o bloco de vedação não tem função de suportar outras cargas a não ser seu próprio peso e do revestimento. Isso ocorre porque quando os blocos de vedação são assentados, seus furos são dispostos paralelamente à superfície de assentamento - ao contrário dos blocos estruturais, os furos são verticais, perpendicular à superfície de assentamento, o que leva a uma diminuição da resistência do painel de alvenaria.

2.4.4 Execução

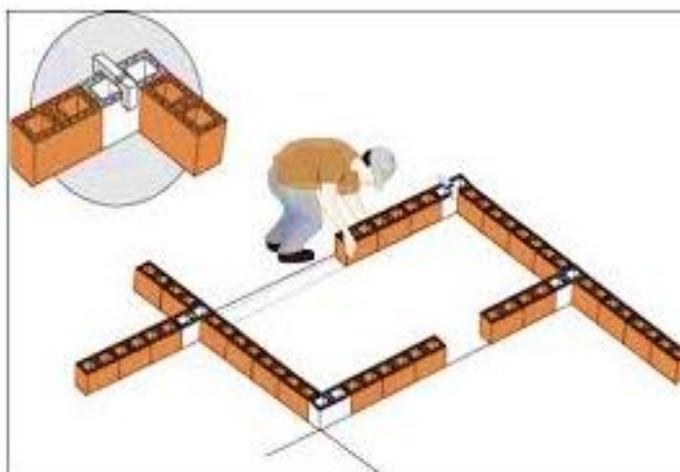
Uma vez concluída a construção da estrutura de concreto armado (seu esqueleto), inicia-se a construção da alvenaria. Para a execução da alvenaria é necessário seguir o projeto executivo, atentando-se à espessura e às posições da alvenaria.

Visando melhorar a velocidade de execução e a qualidade, o processo é dividido em múltiplas sub-etapas para atender aos critérios técnicos descritos na NBR 8545 (ABNT, 1984) (Execução de Alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos) e evitar futuros problemas de patologias. Essas sub-etapas são divididas em marcação, assentamento e cunha. O prazo de execução técnica no início da próxima etapa deve ser observado sem danificar a alvenaria.

2.4.5 Marcação

A marcação inclui a localização da primeira linha de alvenaria, a marcação em alvenaria é a primeira etapa do processo, nada mais é do que o local da primeira linhada. Esses pontos devem ser baseados no projeto de execução, esta operação irá garantir que as paredes estejam devidamente alinhadas e se refletirá na qualidade da elevação da alvenaria, é importante que seja verificado o nível do piso antes de começa a assentar a primeira fiada, caso necessário deverá corrigir os desníveis. Depois de marcar os eixos das paredes e verificado os esquadros, inicia-se a locação da primeira fiada em pontos estratégicos como canto de paredes, encontros e aberturas (D2R ENGENHARIA, 2012).

Figura 12 - Marcação da primeira fiada



Fonte: SELECTA solução em blocos, 2020.

Mesmo que o projeto preveja que as juntas verticais da primeira fiada sejam eliminadas nas fileiras subsequentes, as mesmas devem ser sempre preenchidas (Figura 12). De acordo com a NBR 8545 (ABNT, 1984), a junta máxima de argamassa não deve ultrapassar 10 mm e não deve haver folgas.

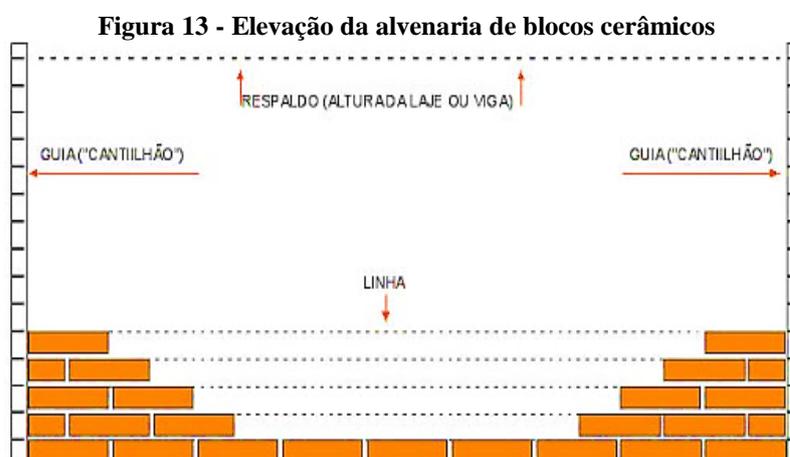
2.4.6 Assentamento

Como já mencionado a execução da alvenaria deve seguir o projeto de execução com as devidas localização e espessura. As fiadas vão sendo confeccionadas umas sobre as outras de forma que as juntas verticais sejam descontínuas. Caso necessário a utilização de assentamento com juntas verticais contínuas é recomendada pela NBR 8545 (ABNT, 1984, p.6) a utilização de armadura longitudinal situadas na argamassa de assentamento.

Deve-se ser realizado um estudo preliminar da disposição dos blocos, a fim de assegurar que a alvenaria possua um maior número possível de blocos inteiros para que deste modo venha garantir maior economia, eficiência e menor prazo de execução.

De acordo com a NBR 8545 (ABNT, 1984), os blocos cerâmicos devem ser assentados de modo que nos encontros das paredes sejam efetuadas juntas de amarração, é importante que seja executado no prazo de no mínimo de 24 horas após a execução da impermeabilização da viga baldrame, assegurando assim a estanqueidade da alvenaria.

É recomendado a utilização de escantilhão para servir de guia das juntas horizontais, e um prumo de pedreiro para manter o alinhamento vertical. Uma linha esticada deve ser utilizada a cada fiada para assegurar o alinhamento horizontal (NBR 8545, ABNT, 1984). A (Figura 13), mostra a sequência do assentamento.



Fonte: IBDA, 2020.

2.4.7 Encunhamento

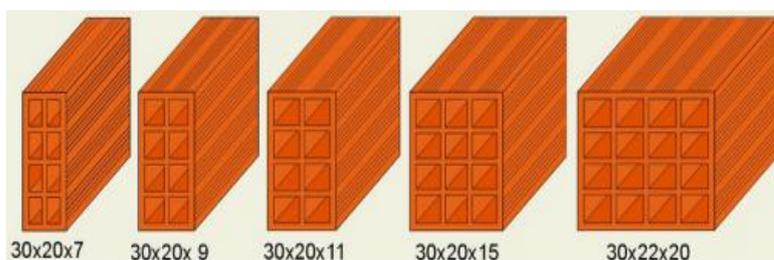
Na área de contato entre a alvenaria de vedação e a estrutura do pavimento superior aparecem fissuras devido a transferência de alguns esforços para a alvenaria. Para evitar essas fissuras são feitos encunhamentos que consiste no preenchimento da última fiada da parede, a realização deste processo é por meio de cunhas de concreto, tijolos maciços e argamassa com agentes de expansão (NBR 8545, ABNT, 1984).

Para edificações que não necessitem de estruturas de concreto armado, deverá ser feita uma cinta de amarração em todas as paredes. Em edifícios que se enquadram nesse tipo de estrutura com mais de um pavimento, o encunhamento deve ser feito após a colocação da alvenaria no piso logo acima (NBR 8545, ABNT, 1984).

2.4.8 Isolamento térmico

Como existem diversos tipos e modelos de tijolos cerâmicos no mercado, que variam de acordo com as suas medidas e tamanho dos furos. É importante saber que quanto mais espesso o tijolo e maiores sua furação (ou seja, a quantidade de furos do material), ele proporcionará maior isolamento térmico. Na (Figura 14) mostra os formatos tradicionais (CERÂMICA LORENZETTI, 2018).

Figura 14 - Formatos tradicionais de tijolos cerâmicos



Fonte: DIAS, 2020.

A cerâmica vermelha obtida pela queima de argila a uma temperatura geralmente superior a 500 ° C é um material com baixa condutividade elétrica e condutividade térmica, ou seja, evita a transmissão de calor, reduzindo assim as variações de temperatura no ambiente. Blocos cerâmicos ou tijolos cerâmicos limitam a transferência de calor através das paredes, proporcionando uma sensação térmica mais agradável no interior da edificação, assim tornando a casa mais "fresca" (CERÂMICA LORENZETTI, 2018).

2.4.9 Vantagens e Desvantagens

Devido à sua versatilidade e facilidade de execução, o método mais utilizado na sociedade é a parede de alvenaria convencional, onde os blocos são usados para fechamento dos vãos de paredes de alvenaria, a seguir foram destacados alguns pontos que a UNAMA, (2009, pg. 4) citou como vantagem de desvantagem no uso da alvenaria de vedação com blocos cerâmicos.

2.4.9.1 Vantagens

- Bom isolamento térmico e acústico;
- Boa estanqueidade à água;
- Excelente resistência ao fogo.
- Excelente resistência mecânica.
- Componentes cerâmicos- durabilidade pode ser considerada infinita (>1000 anos);
- Outros componentes têm durabilidade superior a 100 anos, sem proteção e sem manutenção.
- Argamassa de assentamento- durabilidade >>100 anos, em condições normais.
- Transporte e estocagem com poucos danos e sem necessidades específicas.

2.4.9.2 Desvantagens

- Como não se utiliza projeto de alvenaria, as soluções construtivas são improvisadas durante a execução dos serviços.
 - A mão-de-obra pouco qualificada executa os serviços com facilidade, mas nem sempre com a qualidade desejada.
 - Elevada massa por unidade de superfície.
 - Necessidade de revestimentos adicionais para ter textura lisa.
 - Problemas da ligação da estrutura com a alvenaria (ligação pilar/parede e encunhamento).

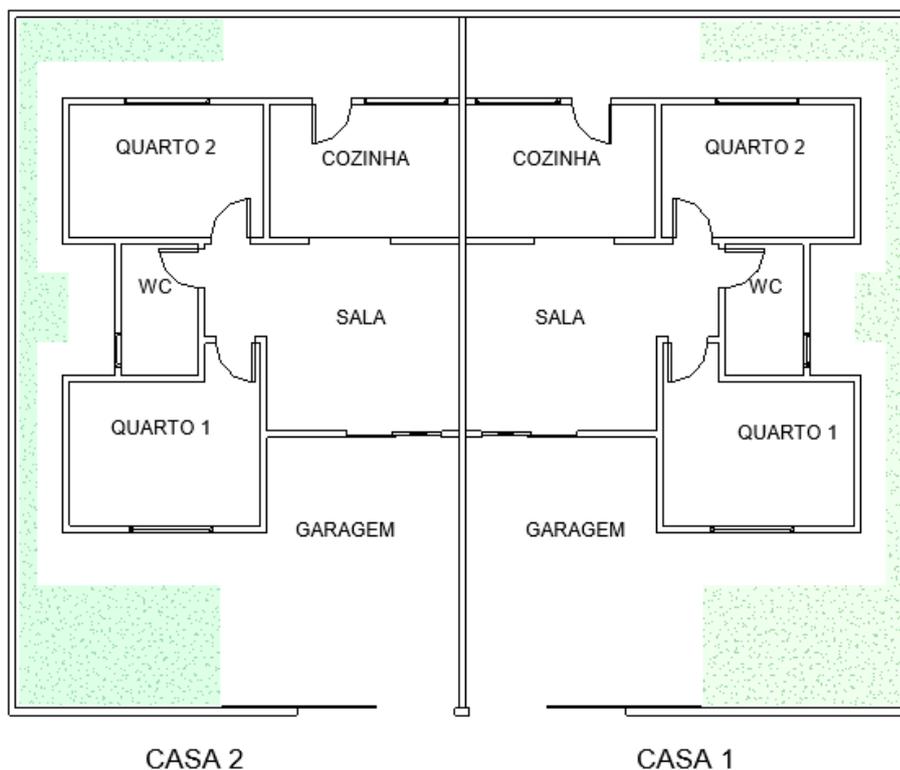
3 METODOLOGIA

Neste capítulo será apresentado métodos de análise do desempenho térmico em uma residência na qual possui os dois sistemas construtivos estudados: alvenaria convencional de tijolo cerâmico e EPS, através de testes experimentais que permitirão averiguar o desempenho térmico de ambos materiais utilizados na edificação, com a finalidade de abordar os aspectos desses materiais, pois os mesmos tendem a influenciar no conforto térmico da edificação.

O desempenho de um edifício é influenciado pelo conforto que proporciona aos usuários. O desempenho térmico do ambiente depende de vários materiais que constituem a estrutura, incluindo a escolha e execução de paredes, tetos, pisos, instalação de equipamentos e esquadrias, estes são os fatores de fonte de calor de uma edificação, portanto, é importante ressaltar a importância de especificar os sistemas de fechamento vertical e horizontal da edificação para determinar o bom desempenho térmico e acústico.

Portanto, para a realização da pesquisa foi escolhido uma casa unifamiliar construída no ano de 2011, localizada na rua 17, quadra 117 e lote 19 casa 1, na cidade de Alexânia-Go conforme a Figura 15.

Figura 15 - Planta da casa



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021).

A cidade de Alexânia, município do interior do estado de Goiás, pertence a região Centro-Oeste do Brasil, coordenadas geográficas 16°04'42" de latitude sul e 48°30'35" de longitude Oeste, e se encontra a uma distância de 119 quilômetros da capital Goiânia, e está a uma altitude de 1058 m. Segundo IBGE o município possui uma área de 847,893 km² (CIDADE-BRASIL e CÂMARA MUNICIPAL DE ALEXÂNIA, 2021).

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima Alexaniense é caracterizado como clima tropical de savana do tipo “Aw” e “As”, definidos por serem quentes e úmidos, com verões quentes e chuvosos, e no inverno sem chuvas com estações secas e úmidas. A variação da precipitação pluviométrica é de 800 e 1500 mm/ano (EMBRAPA, 2021), existem duas estações distintas: entre os meses de maio a setembro ocorre inverno seco, e nos meses de outubro a abril ocorre os verões quentes e chuvosos (TODA MATERIA, 2021).

3.1 MEDIÇÕES DA TEMPERATURA DA SUPERFÍCIE DAS PAREDES

Em um edifício, a principal energia térmica que atua é o sol, a mudança de temperatura das várias partes da estrutura dependerá da intensidade da radiação solar. De acordo com Babosa (2013) a umidade relativa do ar muda conforme a temperatura, quanto maior a temperatura do ar maior será a capacidade do ar de absorver o vapor da água. A umidade relativa tem grande influência, uma umidade relativa menor faz com que o ar seco absorva a umidade da pele, fazendo com que o corpo gere calor rapidamente.

Dados de temperatura do ar e umidade relativa do ar foram coletados no abrigo de medição de temperatura fornecido pelo Clima Tempo (2021). As temperaturas superficiais das paredes foram coletadas por termômetro infravermelho modelo E127 conforme a Figura 16.

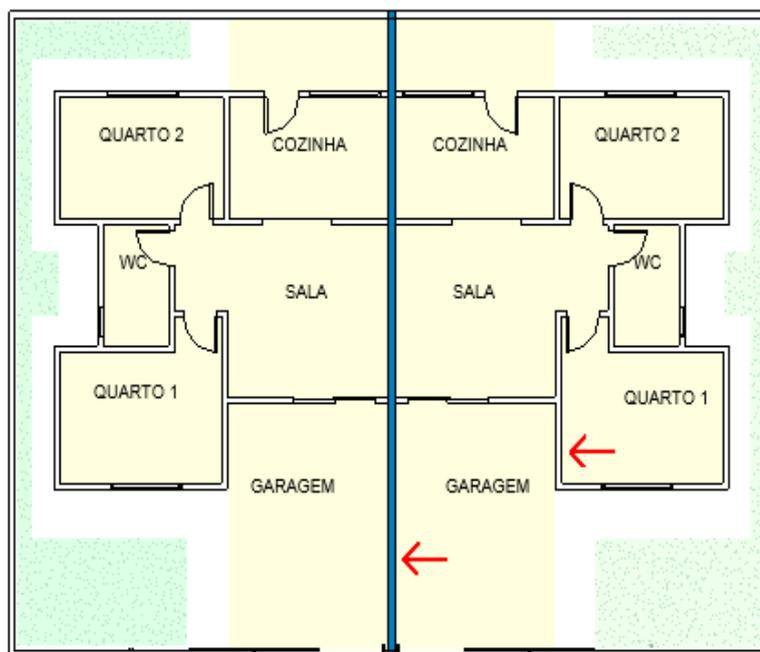
Para realização das medidas de temperatura, foi escolhido duas paredes de cômodos diferentes, sendo que uma é constituída de tijolo cerâmico localizada no quarto 1 a outra por tijolo cerâmico e EPS localizada na garagem. A escolha das paredes e da direção das medidas foram escolhidas levando em consideração o fato de ambas as paredes se encontram em áreas abertas da edificação recebendo calor no decorrer do dia por igual, conforme Figura 17.

Figura 16 - Termômetro infravermelho modelo E127



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021).

Figura 17- planta baixa com detalhamento das paredes escolhidas

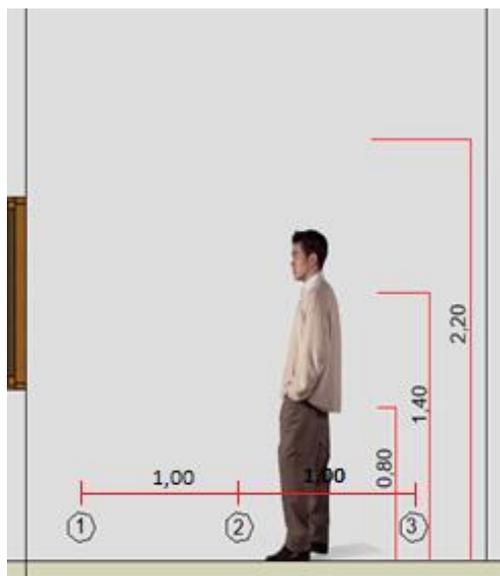


- PAREDE DE TIJOLO CERÂMICO
- PAREDE DE TIJOLO CERÂMICO COM EPS
- ← DIREÇÃO DA COLETA

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021).

Três pontos de alturas e direção diferentes foram estabelecidos para a medição das temperaturas, tais alturas foram: 0,80m, 1,40m e 2,20m, seguindo a seguinte ordem de direção: lado direito da parede, meio da parede e lado esquerdo da parede, contendo 1 metro de distância um do outro (Figura 18).

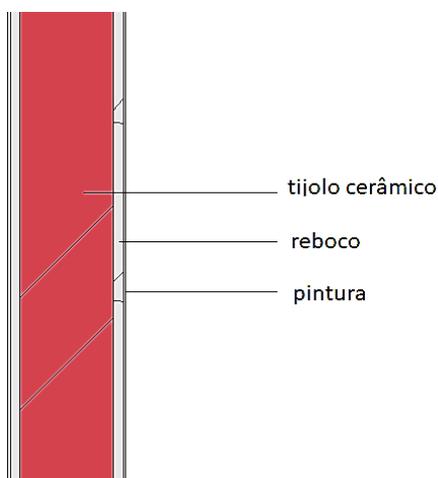
Figura 18 – Posições dos pontos



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021).

A parede constituída por tijolos cerâmicos é composta por: tijolo cerâmico de 9x19x19cm, chapisco, reboco e pintura, contendo uma espessura total de 12cm, conforme a Figura 19.

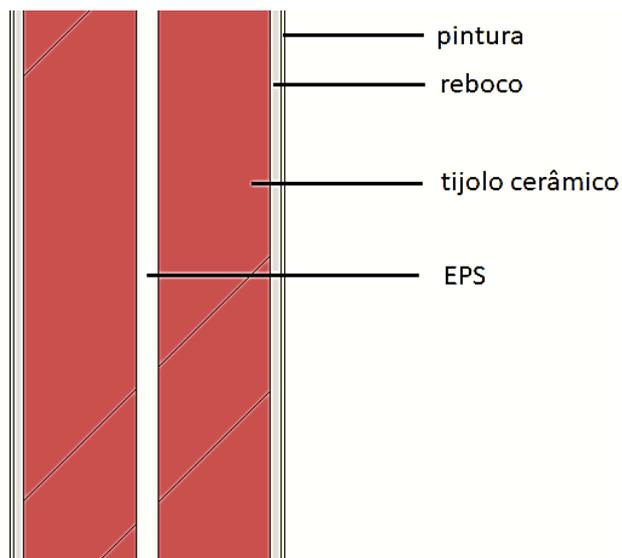
Figura 19 - Modelo parede de tijolo cerâmico



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021).

A parede constituída por tijolo cerâmico e EPS é composta por camadas, seguindo a ordem: pintura, reboco, chapisco, tijolo cerâmico de (9x19x19cm), EPS de espessura de 5cm, tijolo cerâmico de (9x19x19cm) chapisco, reboco e pintura contendo uma espessura total de 24 cm conforme a Figura 20.

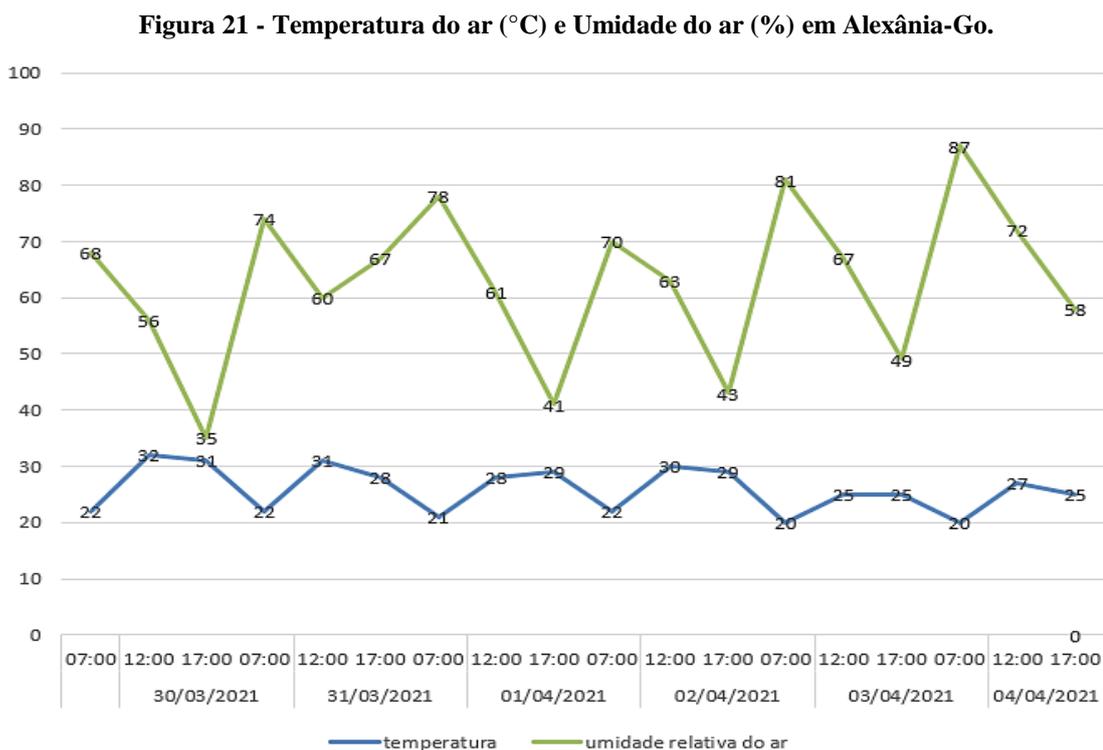
Figura 20 - Modelo parede de tijolo cerâmico com EPS



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021).

4 RESULTADOS

A temperatura do ar e a umidade relativa seguiram os seguintes padrões na cidade de Alexânia nos dias 30/03/21, 31/03/21, 01/04/21, 02/04/21, 03/04/21, 04/04/21 para realizar a análise mostrado na Figura 21.



Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021).

Observando a Figura 21 na cidade de Alexânia no final do mês de março e começo do mês de abril de 2021 apresentou uma variação na temperatura do ar nos três horários escolhidos para o estudo, sendo que a temperatura mais elevada no decorrer da pesquisa foi de 32°C e a mínima de 20°C.

No fim de março para o começo de abril corresponde o período de outono, no centro Oeste, onde finaliza o período chuvoso e iniciasse o período seco com poucas chuvas (CLIMATEMPO, 2020).

4.1 DADOS COLETADOS

O fato de os dois métodos estarem localizados na mesma residência facilitou a medição no tempo certo, as temperaturas coletadas foram de acordo com cada ponto apresentado nas superfícies internas de cada parede escolhida para a pesquisa em análise.

Resultados foram concebidos conforme as temperaturas coletadas das paredes internas de cada ponto de cada parede, uma parede composta por tijolo cerâmica e outra por tijolo cerâmico e placas de EPS, sendo elas do quarto e da garagem nas alturas de 0,80m, 1,40m e 2,20m.

Com os resultados obtidos na Tabela 3 pode-se ver as temperaturas alcançadas na parede composta por tijolo cerâmico em cada ponto de alturas e direções escolhida, e a média de temperatura em cada horário, alcançando um total de nove resultados de temperatura em cada horário. Na mesma tabela pode-se ver que independente da altura e direção do ponto, nos horários de 12hrs e 17hrs a temperatura da parede sempre foi mais elevada que no horário de 7hrs, esse fator ocorre, pois, nesses horários a temperatura do ar também é mais elevada.

Outro fator eminente mostrado na Tabela 3 se mostra com a alta temperatura da parede interna da casa, que em três dos seis dias se mostrou com medias de temperatura mais elevadas que a temperatura do ar. Os dias 30/03/2021 e 31/03/2021 foram os dias com temperaturas do ar mais elevadas, contendo máxima de 32°C e 31 °C , em dias como esses o ideal seria com que a casa dispusesse de elementos capazes de resfriar o ambiente interno, mais pelo contrário, nesses mesmo dias a temperatura emitida pela parede na parte interna da casa ultrapassou a temperatura do ar chegando a bater seus quase 36°C no dia 30/03 e quase 34°C no dia 31/03.

Na Tabela 4 estão os resultados obtidos na parede composto por tijolo cerâmico e placas de EPS em cada ponto de alturas e direções adotados, e assim como na tabela 3 também foi feito a média de temperatura em cada horário escolhido para o estudo e alcançando um total de nove resultados de temperatura em cada horário. Observamos na tabela 4 que as temperaturas mais elevadas foram as 17hrs, os dias que alcançaram resultados mais elevados foram os dias com temperaturas do ar maiores, e mesmo assim a temperatura interna da parede sempre se manteve inferior a temperatura do ar.

Com os resultados da tabela 4 podemos ver que o dia 30/03/2021 foi um dia considerado quente, batendo seus 32°C, entretanto como a parede e constituída por EPS um material capaz de suavizar a temperatura da edificação a temperatura interna da parede se manteve mais baixa alcançando máxima de 28°C e mínima de 22,90°C.

Tabela 3 - Temperatura (° C) interna, na alvenaria em tijolos cerâmicos

Data	Horário da coleta de dados	Altura (m)	Temperaturas coletadas de cada ponto (°C)			Media de temperatura (°C)	Temperatura do ar (°C)
30/03/2021	07:00:00	0,8	18,40 °C	18,30 °C	17,90 °C	18 °C	22
		1,4	18,30 °C	17,90 °C	17,60 °C		
		2,2	18,10 °C	17,80 °C	17,70 °C		
	12:00:00	0,8	28,40 °C	26,90 °C	27,10 °C	29,54 °C	32
		1,4	28,60 °C	30,20 °C	30,10 °C		
		2,2	30,30 °C	32 °C	32,30 °C		
	17:00:00	0,8	35,70 °C	34,70 °C	35,20 °C	35,17 °C	31
		1,4	35,60 °C	35,30 °C	35,10 °C		
		2,2	34,90 °C	35,20 °C	34,80 °C		
31/03/2021	07:00:00	0,8	19,30 °C	19 °C	18,20 °C	18,19 °C	22
		1,4	19,40 °C	18,70 °C	18,70 °C		
		2,2	19,10 °C	18,90 °C	18,90 °C		
	12:00:00	0,8	29,90 °C	28,60 °C	28,10 °C	30,96 °C	31
		1,4	30 °C	31,40 °C	31,10 °C		
		2,2	32,20 °C	33,80 °C	33,50 °C		
	17:00:00	0,8	29,40 °C	29,60 °C	28,70 °C	28,49 °C	28
		1,4	28,30 °C	28,20 °C	28,10 °C		
		2,2	28,20 °C	28 °C	27,90 °C		
01/04/2021	07:00:00	0,8	18,80 °C	18,40 °C	18,30 °C	18,50 °C	21
		1,4	18,90 °C	18,30 °C	18,20 °C		
		2,2	18,70 °C	18,50 °C	18,40 °C		
	12:00:00	0,8	29,40 °C	28,10 °C	27,80 °C	30,09 °C	28
		1,4	29,50 °C	30,40 °C	30,10 °C		
		2,2	31,10 °C	32,40 °C	32 °C		
	17:00:00	0,8	33,10 °C	31,90 °C	33,40 °C	32,52 °C	29
		1,4	33,80 °C	32,20 °C	32 °C		
		2,2	32,50 °C	32 °C	31,80 °C		
02/04/2021	07:00:00	0,8	21,40 °C	20,90 °C	21 °C	21,14 °C	22
		1,4	21,40 °C	21 °C	20,90 °C		
		2,2	21,30 °C	21,20 °C	21,20 °C		
	12:00:00	0,8	28,40 °C	28,20 °C	28,20 °C	29,28 °C	30
		1,4	28,80 °C	29,80 °C	29,50 °C		
		2,2	29,60 °C	30,50 °C	30,50 °C		
	17:00:00	0,8	33,30 °C	32,10 °C	32,60 °C	32,61 °C	29
		1,4	34 °C	32,40 °C	32,20 °C		
		2,2	32,70 °C	32,20 °C	32 °C		
03/04/2021	07:00:00	0,8	19,70 °C	19,50 °C	19,30 °C	19,34 °C	20
		1,4	19,70 °C	19,10 °C	19,10 °C		
		2,2	19,70 °C	19 °C	19 °C		
	12:00:00	0,8	29,50 °C	28,60 °C	28,20 °C	30,28 °C	25
		1,4	29,30 °C	30,80 °C	30,60 °C		
		2,2	30,70 °C	32,40 °C	32,40 °C		
	17:00:00	0,8	28,40 °C	27,30 °C	27,20 °C	27,49 °C	25
		1,4	28,60 °C	27,20 °C	27 °C		
		2,2	27,70 °C	27,10 °C	26,90 °C		
04/04/2021	07:00:00	0,8	20,80 °C	20,40 °C	20,20 °C	20,56 °C	20
		1,4	20,70 °C	20,80 °C	20,30 °C		
		2,2	20,90 °C	20,50 °C	20,40 °C		
	12:00:00	0,8	35,10 °C	34,20 °C	34,10 °C	35,36 °C	27
		1,4	35,20 °C	35,40 °C	35,90 °C		
		2,2	35,90 °C	36,20 °C	36,20 °C		
	17:00:00	1,52267	18,40 °C	18,30 °C	17,90 °C	33,91 °C	25
		1,52482	18,30 °C	17,90 °C	17,60 °C		
		1,52697	18,10 °C	17,80 °C	17,70 °C		

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021).

Tabela 4 - Temperatura (° C) interna, da alvenaria em tijolos cerâmicos com placa de EPS

Data	Horário da coleta de dados	Altura	Temperaturas coletadas de cada ponto			Media de temperatura (°C)	Temperatura do ar (°C)
			1	2	3		
30/03/2021	07:00:00	0,8	18°C	17,90 °C	17,90 °C	17 °C	22
		1,4	17,90 °C	17,50 °C	17,20 °C		
		2,2	17,70 °C	17,40 °C	17,30 °C		
	12:00:00	0,8	23,40 °C	22,90 °C	24,10 °C	25,57 °C	32
		1,4	24,40 °C	26,20 °C	26,10 °C		
		2,2	27,40 °C	28 °C	27,60 °C		
	17:00:00	0,8	28,70 °C	28,30 °C	29,20°C	28,63°C	31
		1,4	28 °C	28,40 °C	28,30°C		
		2,2	28,50 °C	28,90 °C	29,40 °C		
31/03/2021	07:00:00	0,8	18,60 °C	18°C	17,50 °C	18,03 °C	22
		1,4	18,50 °C	17,90 °C	17,80 °C		
		2,2	18,30 °C	17,80 °C	17,90 °C		
	12:00:00	0,8	23,90 °C	23,60 °C	23,10 °C	25,01 °C	31
		1,4	24,30 °C	24,50 °C	24,30 °C		
		2,2	26,50 °C	27,60 °C	27,30 °C		
	17:00:00	0,8	25,40 °C	26,60 °C	25,70°C	25,60 °C	28
		1,4	24,30 °C	27,20 °C	24,10°C		
		2,2	25,20 °C	27 °C	24,90 °C		
01/04/2021	07:00:00	0,8	16,50 °C	16,20 °C	16,10 °C	16,38 °C	21
		1,4	16,70 °C	16,40 °C	16,30 °C		
		2,2	16,50 °C	16,30 °C	16,40 °C		
	12:00:00	0,8	26,20 °C	24,10 °C	26,80 °C	26,29 °C	28
		1,4	26,30 °C	26,20 °C	26,70 °C		
		2,2	27 °C	26,10 °C	27,20 °C		
	17:00:00	0,8	26,30 °C	25,90 °C	28,40 °C	27,41 °C	29
		1,4	28,50 °C	27,10 °C	28 °C		
		2,2	27,60 °C	27 °C	27,90 °C		
02/04/2021	07:00:00	0,8	19,30 °C	18,70°C	19 °C	19,08 °C	22
		1,4	19,30 °C	19 °C	18,70 °C		
		2,2	19,10 °C	19,30°C	19,30 °C		
	12:00:00	0,8	24,60 °C	24,10 °C	24,20 °C	25,20 °C	30
		1,4	24,90 °C	25,60 °C	25,50 °C		
		2,2	25,50 °C	26,30 °C	26,10 °C		
	17:00:00	0,8	28,40 °C	28,20 °C	28,60 °C	27,59 °C	29
		1,4	28 °C	26,60 °C	26,40 °C		
		2,2	27,70 °C	27,40 °C	27 °C		
03/04/2021	07:00:00	0,8	17,10 °C	17,50 °C	17,70 °C	17,33 °C	20
		1,4	17,10 °C	17,50 °C	17,40 °C		
		2,2	17,20 °C	17 °C	17,50°C		
	12:00:00	0,8	23,70 °C	22,60 °C	22,40 °C	23,64 °C	25
		1,4	23,50 °C	24,30 °C	23,50 °C		
		2,2	24,80 °C	23,90 °C	24,10 °C		
	17:00:00	0,8	23,30 °C	22,30°C	22,20 °C	23,32 °C	25
		1,4	23,10 °C	23,20 °C	22°C		
		2,2	24,80 °C	24,10 °C	24,90 °C		
04/04/2021	07:00:00	0,8	17,30 °C	17,50 °C	17,10 °C	17,50 °C	20
		1,4	17,50 °C	17,70 °C	17,30 °C		
		2,2	17,70 °C	18 °C	17,40 °C		
	12:00:00	0,8	24,90 °C	24,30 °C	24,10 °C	22,26 °C	27
		1,4	25,10 °C	25,60 °C	25,80 °C		
		2,2	25,50 °C	26,10 °C	25,90 °C		
	17:00:00	0,8	22,10 °C	22,20 °C	22,40 °C	22,57 °C	25
		1,4	22,60 °C	22,30 °C	22,80 °C		
		2,2	23°C	22,80 °C	22,90°C		

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021).

Ao comparar a média de temperatura por horário (Tabela 5) é possível ver nitidamente a desigualdade de valores de cada método. Comparando as temperaturas internas da parede com as temperaturas do ar percebemos que a parede composta por tijolo cerâmico imite mais calor, além de deixar o ambiente interno mais quente que a temperatura do ar, ao contrário da parede composta por tijolo cerâmico e EPS que sempre se manteve com uma temperatura mais baixa, de modo que o clima da casa fique mais agradável, isso porque o EPS serve como um bloqueio de temperatura, fazendo com que assim o ambiente interno fique mais agradável.

A umidade do ar também se fez importante para a pesquisa, já que a umidade sendo alta faz com que a temperatura se conserve contendo baixa variação na temperatura. Nos dias 03/04/2021 e 04/04/2021 umidade se fez acima de 50% atingindo até 87%, e foram os dias com menor variação de temperatura do ar e conseqüentemente ocorrendo uma variação de temperatura menor dentro da edificação.

Tabela 5 – Média de temperatura por horário de cada método

Datas	Horários	Parede de tijolo cerâmico (°C)	Parede de tijolo cerâmico + EPS (°C)	Temperatura do ar (°C)	Umidade relativa (%)
30/03/2021	07:00:00	18	17,64	22	68%
	12:00:00	29,54	25,57	32	56%
	17:00:00	35,17	28,63	31	35%
31/03/2021	07:00:00	18,91	18,03	22	74%
	12:00:00	30,96	25,01	31	60%
	17:00:00	28,49	25,60	28	67%
01/04/2021	07:00:00	18,50	16,38	21	78%
	12:00:00	30,09	26,29	28	61%
	17:00:00	32,52	27,41	29	41%
02/04/2021	07:00:00	21,14	19,08	22	70%
	12:00:00	29,28	25,20	30	63%
	17:00:00	32,61	27,59	29	43%
03/04/2021	07:00:00	19,34	17,33	20	81%
	12:00:00	30,28	23,64	25	67%
	17:00:00	27,49	23,32	25	49%
04/04/2021	07:00:00	20,56	17,50	20	87%
	12:00:00	35,36	25,26	27	72%
	17:00:00	33,91	22,57	25	58%

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021).

Calcularam-se as variações entre a temperatura interior da alvenaria de tijolo cerâmico e da alvenaria em tijolos cerâmicos com placa de EPS, na (Tabela 6), foi encontrada uma média geral de 4,56° C, mostrando o quanto os painéis de isopor (EPS) contribuem para o conforto

térmico do interior do edifício. Durante as horas de maior temperatura, as 17:00 horas, atingiu 12,3° C de diferença no local que utilizava painéis de EPS.

Tabela 6 – Diferença entre temperaturas (°C) interna da alvenaria em tijolos cerâmicos e da alvenaria em tijolos cerâmicos com placa de EPS

Datas	Alturas	Pontos e horários									Media
		1			2			3			
		07:00	12:00	17:00	07:00	12:00	17:00	07:00	12:00	17:00	
30/03/21	0,8m	0,4	5	7	9	4	6,4	0,9	3	6	4,63
	1,4m	0,4	4,2	7,6	0,4	4	6,9	0,4	4	6,8	3,85
	2,2m	0,4	2,9	6,4	0,4	4	6,3	0,4	4,7	5,4	3,43
31/03/21	0,8m	0,7	6	4	1	5	3	1,3	5	3	3,2
	1,4m	0,9	5,7	4	0,8	6,9	1	0,9	6,8	4	3,4
	2,2m	0,8	5,7	3	1,1	6,2	1	1	6,2	3	3,1
01/04/21	0,8m	2,3	3,2	6,8	2,2	4	6	2,2	1	5	3,27
	1,4m	2,2	3,2	5,3	1,9	4,	5,1	1,9	3,4	4	3,47
	2,2m	2,2	4,1	4,9	2,2	6,3	5	2	4,8	3,9	3,93
02/04/21	0,8m	2,1	3,8	4,9	2,2	4,1	3,9	2	4	4	3,44
	1,4m	2,1	3,9	6	2	4,2	5,8	2,2	4	5,8	4
	2,2m	2,2	4,1	5	1,9	4,2	4,8	1,9	4,4	5	3,72
03/04/21	0,8m	2,6	5,8	5,1	2	6	5	1,6	5,8	5	4,32
	1,4m	2,6	5,8	5,5	1,6	6,5	4	1,7	7,1	5	4,42
	2,2m	2,2	5,9	2,9	2	8,5	3	1,5	8,3	2	4,03
04/04/21	0,8m	3,5	10,2	12,3	2,9	9,9	11,1	3,1	10	10,9	8,21
	1,4m	3,2	10,1	12	3,1	9,8	11,9	3	10,1	10,9	8,24
	2,2m	3,2	10,4	11	2,5	10,1	11,1	3	10,3	10,6	8,02
Media		1,87	5,56	6,32	2,18	6,44	5,63	1,72	5,72	5,57	4,56

Fonte: PRÓPRIOS AUTORES (2021).

5 CONCLUSÃO

Por meio do estudo realizado buscou-se a importância da utilização de placas de EPS nas construções de edificações, com o propósito de oferecer ao mercado da construção civil benefícios e particularidades que o método de construção convencional em tijolos cerâmicos deixa a desejar. A pesquisa visou estudar as placas de EPS, retratar seu sistema construtivo, vantagem e desvantagem e o conforto térmico em comparação a construções convencionais de tijolos cerâmicos.

Portanto, se fez importante examinar o comportamento térmico desses métodos, com o objetivo de determinar a qualidade do conforto proporcionado aos usuários. Para determinarmos o conforto de ambos os métodos foram utilizadas duas paredes construídas na mesma casa com métodos diferentes, uma composta de forma tradicional por tijolo cerâmico de (9x19x19cm) com espessura total de 12cm e a outra por duas camadas de tijolo cerâmico de (9x19x19cm) e núcleo de EPS de 5cm.

Os resultados da avaliação do desempenho térmico da residência estudada se deram por meio de dados coletados através do abrigo de medição de temperatura e umidade do ar, e por termômetro infravermelho modelo E127, mostrando que as placas de EPS são mais eficientes no isolamento térmico do que os tijolos cerâmicos.

Na cidade de Alexânia no final do mês março de 2021 e começo do mês de abril de 2021 apresentou constantes variações na temperatura do ar, os dias 30/03/21/ e 31/03/21 obteve temperaturas mais elevadas com máxima de 32°C e mínima de 22°C no dia 30/03/2021 e máxima de 31°C e mínima de 22°C no dia 31/03/2021. O dia 03/04/2021 durante a pesquisa foi considerado o dia mais fresco, atingindo máxima de 25°C e mínima de 20°C.

A média calculada das temperaturas do interior da alvenaria de tijolo cerâmico com as placas de EPS foram calculadas na Tabela 5, e foi encontrada uma média na parede de tijolo cerâmico mais baixa de 18°C as 7:00 horas no dia 30/03/21 e a mais alta de 35,36°C as 12:00 horas no dia 04/04/21, e a menor temperatura de tijolos cerâmicos com placas de EPS foi de 16,38°C as 7:00 horas no dia 01/04/21 e a mais alta no dia 30/03/21 as 17:00 de 28,63°C.

Por intermédio desse estudo foi possível conferir por meio de medições o conforto térmico que a aplicação do EPS pode proporcionar a uma residência. Ao comparar o desempenho térmico do interior da edificação ficou clara a diferença de temperatura dos dois sistemas usados. Apesar de que, a medição das temperaturas foi feita na estação de outono,

quando as temperaturas tendem a serem mais baixas, os resultados obtidos foram esclarecedores.

Com os dados obtidos na diferença de temperaturas entre os métodos utilizados pode-se ver a diferenças de temperaturas de 12,3°C que foi o caso o ponto 1 no dia 04/04/2021 as 17 horas, com isso percebemos que a utilização deste material é válida quando o assunto é conforto térmico. A parede com tijolos cerâmicos não apresentou resultados positivos relacionados ao conforto térmico da habitação, obtendo temperaturas igual ou maior que a temperatura ambiente da cidade local, além de não trazer um ambiente mais fresco também gera um ambiente mais quente, proporcionando um clima interno da casa desconfortável e conseqüentemente fortalecendo o uso de climatizadores artificiais, gerando um gasto elevado de energia

5.1 SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Por meio desse trabalho, outras opções surgiram em pesquisas futuras na área de conforto térmico em habitações, para que possam ser estudadas:

- Analise de temperaturas de paredes externas com cores claras e escuras
- Realizar testes para analisar o conforto acústico de habitações
- Analise de temperatura de paredes internas feita com painéis de EPS pré-moldados.
- Analise de temperatura de edificações com poliestireno expandido em paredes e telhado.
- Propor soluções de construção para edifícios de alta temperatura

REFERÊNCIAS

ABNT, ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220/2005:** Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11.752:2016.** Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial – Especificação.

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1, Componentes cerâmicos Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação — Terminologia e requisitos**, 2005. Disponível em: http://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/17827/material/NBR_15270_1_2005.PDF. Acesso em: 15 outubro 2020

ABNT- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8545, 1984, Execução de Alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos**. Disponível em: docs.google.com/viewer?a=v&pid=sites&srcid=ZGVmYXVsdGRvbWFpbmw0NWFF0dXJtYWVuZ2VuaGFyaWFjaXZpbHVuaWZlYnxneDoyMDk4MTQ2ZmRINDQ2Mjk4. Acesso em 12 outubro 2020.

ACEPE - **Associação industrial do poliestireno expandido**. Reação do EPS ao Fogo. Disponível em: <https://acepe.pt/reacao-do-eps-ao-fogo/>. Acesso em: 20 setembro 2020.

ABRAPEX -Associação Brasileira Do Poliestireno Expandido. **Manual de utilização EPS na construção civil**. São Paulo: Pini, 2006.103p

ALMEIDA, Alana Mello de. **Conforto térmico e eficiência energética em edifício multifamiliar na cidade de Maceió-AL**. 2009. 156 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquiteta e Urbanista, Centro de Tecnologia, Universidade Federal de Alagoas, Maceió, 2009. Disponível em: <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp146520.pdf>. Acesso em: 29 setembro 2020.

ALVES, João Paulo de Oliveira. **Sistema construtivo em painéis de EPS**. 2015. 73 f. Artigo (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Escola de Exatas, Arquitetura e Meio Ambiente, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2015. Disponível: <https://repositorio.ucb.br:9443/jspui/handle/123456789/8028> Acesso em: 18 setembro 2020.

ANDREOLLI, Samara. **Avaliação do desempenho térmico de edificações em contêiner**. 2017. 79 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Univates, Lajeado, 2017. Disponível em: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1636/1/2017SamaraAndreolli.PDF>. Acesso em: 2 outubro 2020.

AQUINO, Hudson Oliveira; MORAIS, Ruberval Ferreira de. **Desempenho e transmitância térmica e a transferência de calor no concreto: aspectos gerais e o isolamento térmico com EPS**. TCC, Curso de Engenharia Civil, UniEvangélica, Anápolis, GO, 2018. Disponível

em: http://repositorio.aee.edu.br/bitstream/aee/875/1/20182_TCC_Hudson_Ruberval.pdf.
Acesso em: 18 agosto 2020

ASHARE. American National Standard 55. **Thermal environmental conditions for human occupancy**. Estados Unidos. 2013

BARRETO, Monalisa Nogueira. **Casa EPS: Edifício residencial em painéis monolíticos de poliestireno expandido**. 2017. Trabalho final de Graduação (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017. Disponível em: <https://monografias.ufrn.br/jspui/handle/123456789/6379>. Acesso em: 29 setembro 2020

BAGNATI, Maria Moura. **Zoneamento Bioclimático e Arquitetura Brasileira: Qualidade do Ambiente Construído**. Dissertação (Pós-Graduação) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Programa de Pesquisa e Pós-Graduação em Arquitetura, Porto Alegre, 2013.

Disponível em: <https://anicerpro.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Solange-Andere-Pedra.pdf>. Acesso em: 29 agosto 2020

BARBOSA, Elizabeti de Fátima Teixeira Barbosa. **Conforto Térmico e consumo de energia em ambientes de um supermercado de médio porte**. Unicamp, 2013.

BITTENCOURT, L., CÂNDIDO, C. **Introdução à ventilação natural**. Maceió. EDUFAL, 2005.

BRITO, Hávilla Briane de Souza; CAMARGO, Liz Silva Ferreira. **Modelo construtivo em poliestireno expandido: comparativo entre construtivos de EPS e alvenaria convencional**. 2019. 92 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Unievangélica, Anápolis, 2019.

CÂMARA MUNICIPAL DE ALEXÂNIA. **Dados Gerais**. Disponível em: <https://camaraalexania.go.gov.br/paginas/portal/paginaInterna?id=2>. Acesso em: 5 abril, 2021.

CARVALHO, Milena. **Inclusão de compósitos cimentícios em blocos estruturais cerâmicos com foco em conforto térmico**. 2017. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/170229/001052649.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 01 de novembro de 2020.

CERÂMICA LORENZETTI. **Melhor isolamento térmico com tijolos de cerâmica**. 9 jan 2018. Disponível em: <https://blog.ceramicalorenzetti.com.br/melhor-isolamento-termico-com-tijolos-de-ceramica/>. Acesso em: 18 de novembro 2020.

CIDADE-BRASIL. **Município de Alexânia**. Disponível em: <https://www.cidade-brasil.com.br/municipio-alexania.html>. Acesso em: 4 abril 2021.

CLIMATEMPO. **Tendência para o outono 2020 no Centro-Oeste**. Disponível em: <https://www.climatempo.com.br/noticia/2020/03/22/tendencia-ara-o-outono-2020-no-centro-oeste-2430>. Acesso em: 10 abril 2021.

COSTA, Mariana de Cássia Francisco. **Análise de custo e viabilidade técnica entre o sistema de vedação convencional com tijolo cerâmico e o fechamento em drywall para o**

projeto de uma ubs em Ilicínea-MG. 2018. 87 f. TCC (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário do Sul de Minas - Unis/mg, Varginha/mg, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unis.edu.br/handle/prefix/690>. Acesso em: 19 novembro 2020.

COSTA, Lucas Felipe Terencio. **Casa de eps: análise do uso dos painéis monolíticos de poliestireno expandido em construções residenciais.** 2019. 34 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Cesmac, Maceió-AL, 2019. Disponível em: http://novo.more.ufsc.br/tese_dissert/insere_tese_dissert. Acesso em: 28 agosto 2020.

COSTA JUNIOR, Jose Alex Tenorio da; CUNHA, Lucas Cavalcanti. **Conforto térmico em apartamentos poentes: uma análise sobre o uso de materiais para isolamento térmico em Maceió - AL.** 2018. 32 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Cesmac, Maceió-AL, 2018. Disponível em: <https://ri.cesmac.edu.br/handle/tede/194>. Acesso em: 5 outubro 2020.

D2R.engenharia e construção, **Vedações verticais.** Disponível em: <https://d2rengenharia.com.br/vedacoes-verticais.php>. Acesso em 17 de outubro de 2020.

DIAS, António Baio. O Tijolo Cerâmico: **Perspectiva e Necessidade mudança em Portugal.** Técnica: Revista técnica de cerâmica e vidro, Portugal, v. 3, n. 2, p. 12-14, mar. 2020. Bimestral. Disponível em: <https://issuu.com/ctcv/docs/revista-tecnica-maio/16>. Acesso em: 17 nov. 2020.

FARACO, Gabriel Just Faraco. **Análise do comportamento Térmico com diferentes preenchimentos no Sistema Construtivo Light Steel Frame.** Unesc, 2018. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/6500>. Acesso em: 12 outubro 2020.

FERREIRA, Tiago Miguel Duarte. **Sobra a Utilização do Sistema de Isolamento Térmico Pelo Interior em Edifícios Residenciais em Portugal.** Porto, 2006. Disponível em: <https://repositorioaberto.up.pt/bitstream/10216/12503/2/Texto%20integral.pdf>. Acesso em: 10 outubro 2020.

FROTA, A.B.; SCHIFFER, S.R. **Manual do Conforto Térmico.** 8. ed., São Paulo: Studio Nobel, 2007. 43 p.

FROTA, Anésia Barros; SCHIFFER, Sueli Ramos. **Manual de conforto térmico: arquitetura, urbanismo.** 5. ed., São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GARCIA, R. S. **Método Construtivo Monolite: um estudo de caso comparativo de custos como método convencional específico em uma casa em Camaçari/BA).** 1982. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) -Universidade Católica de Salvador. Salvador, 2009. Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/142631541/METODO-CONSTRUTIVO-MONOLITE-UM-ESTUDO-DE-CASO>. Acesso em: 18 agosto 2020.

GONÇALVES, Paulo José Simão. **Emprego de EPS reciclado em blocos vazados de concreto para otimização do conforto térmico das edificações.** 2018. 147 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2018. Disponível em: <https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/6304>. Acesso em: 30 setembro 2020.

IBDA- Instituto Brasileiro de desempenho da arquitetura. **Procedimentos e cuidados na execução de alvenaria**. 2020. Disponível em: <http://www.forumdaconstrucao.com.br/conteudo.php?a=7&Cod=119>. Acesso em: 15 de outubro de 2020.

INMET -**Instituto Nacional De Meteorologia**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>>. Acesso em: 10 outubro 2020.

KRUGER, Abe- Construção verde: **Princípios e práticas na construção residencial**, 2016. Disponível em: https://issuu.com/cengagebrasil/docs/constru____o_verde_livreto. Acesso em: 10 setembro 2020 .

LAMBERTS, Roberto. **Desempenho Térmico de edificações**. Laboratório de Ciência Energética em Edificações, 2011.

LAMBERTS, Roberto Lamberts *et al.* **Desempenho Térmico de edificações**. Laboratório de Ciência Energética em Edificações, 2016.

LAMBERT, Roberto. **Desempenho térmico das edificações**. Apontes ECV 5161. Universidade Federal Santa Catarina. Florianópolis, 2017.

LUEBRE, Ana Regina Ceratti Pinto- **Construção de habitações com painéis de eps e Argamassa armada**. Disponível em: <https://docplayer.com.br/11566772-Construcao-de-habitacoes-com-paineis-de-eps-e-argamassa-armada.html>. Acesso em 20 setembro 2020.

MARTINS, Monalisa Coelho. **O tratamento da resistência térmica superficial nas normas técnicas brasileiras e seu impacto no consumo energético estimado para edifícios**. 2017. 113p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2017. Disponível em: <http://www.periodicos.ufpr.br/handle/1884/49397>. Acesso em: 14 setembro 2020.

MOURA, João Vítor Souza; SANTOS, Marco Túlio Ferreira. **A utilização do Poliestireno Expandido (EPS) na Construção Civil**. 2019. 61 f. TCC (Graduação) Publicação ENC. PF-019/19 - Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangélica de Goianésia, Goianésia / Go, 2019.

PEDRA, Solange Andere. **Potencialidades da Termografia Infravermelha aplicada ao design do Conforto Térmico de Alvenaria Estrutural**. 2011. 130 f. Dissertação (Mestrado) Curso de Design, Universidade do Estado de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: http://www.um.pro.br/prod/_pdf/000841.pdf. Acesso em: 29 agosto 2020.

SANTOS, R. **Estudo térmico e de materiais de um compósito a base de gesso e poliestireno expandido para construção de casas populares**. Natal, 2008. Disponível em: <ftp://ftp.ufrn.br/pub/biblioteca/ext/btd/ReginaldoDS.pdf>. Acesso em: 26 setembro 2020.

SANGOI, Juliana Maia; PEREIRA, Rovy; TAMANINI, Diego. **Manual para aplicação dos Regulamentos: RTQ-C e RAC-C**. PROCEL-EDIFICA. Ministério de Minas e Energia, Eletrobrás e INMETRO, 2010. Disponível em: http://www.cbcs.org.br/userfiles/comitestematicos/energia/Manual-para-Applicacao-dos-Regulamentos-RTQ-C_e_RAC-C.pdf. Acesso em: 10 outubro 2020.

SANSÃO, Júlia Hallack. **Análise ambiental de alvenarias em blocos: uma discussão baseada na avaliação do ciclo de vida e no desempenho térmico de envoltórias**. 2011. 116 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <https://repositorio.ufmg.br/handle/1843/ISMS-8XMM6F>. Acesso em: 10 setembro 2020.

SARTORTI, Artur Lenz **Comportamento dinâmico de lajes maciças de concreto leve com pérolas de EPS**. 2015. 251p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2015. Disponível em: www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/...14082015.../2015DO_ArturLenzSartorti.pdf Acesso em: 10 agosto 2020

SELECTA solução em blocos. **Guia técnico 2020**. Disponível em: <http://www.grupoestrutural.com.br/selecta/guia-tecnico/>. Acesso em 17 outubro 2020.

SILVA, Bruno Duarte; CARVALHO, Lucas Puppim; SILVA JUNIOR, Ramiro Moreira. **As diversas utilizações do Poliestireno Expandido (EPS) na construção civil**. 2015. 17 f. Artigo (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade Multivix, Espírito Santo, 2015. Disponível em: <https://multivix.edu.br/biblioteca/trabalho-de-conclusao-de-curso/>. Acesso em: 5 agosto 2020.

SILVA, Fernando Henrique da. **Demonstração do sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS**. 2018. 20 f. Artigo (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário de Maringá, Maringá– Pr, 2018. Disponível em: <http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/707>. Acesso em: 18 agosto 2020.

SIQUEIRA, Thais Elenize de. **Análise de desempenho e custos de sistema de vedação em EPS**. 2017. 116 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/8614>. Acesso em: 29 setembro 2020

SOUZA, Carolina Gabrieli Galvão de. **Desempenho Térmico das edificações: Estratégias de projeto e aplicação das NBR 15757:2013 e NBR 15220:2005**. ISSN 2179-5568 – Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - Ano 10, Edição nº 17 Vol. 01 julho/2019. Disponível em: <https://assets.ipog.edu.br/wp-content/uploads/2019/12/07015626/carolina-gabrieli-galvao-10513172.pdf>. Acesso em: 24 setembro 2020.

TAUIL, Carlos Alberto. NESSE, Flávio José Martins de. **Alvenaria estrutural**. 2010. Disponível em: <https://engucm.files.wordpress.com/2017/12/alvenaria-estrutural.pdf>. Acesso 15 outubro 2020.

TAVARES, Jandson Henrique de. **Alvenaria estrutural: estudo bibliográfico e definições**. 2011. Disponível em: <https://docplayer.com.br/6161488-Jandson-henrique-tavares-alvenaria-estrutural-estudo-bibliografico-e-definicoes.html>. Acesso em: 14 outubro 2020.

TESSARI, Janaina. **Utilização de Poliestireno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos pela Construção Civil**. 2006. 102f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Disponível em:

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/88811/234096.pdf?sequence=1>. Acesso em: 10 setembro 2020.

TREVEJO, Hiago Henrique. **Análise comparativa entre sistemas construtivos convencional e monolítico em painéis EPS para residências unifamiliares**. 2018. 45 f. Artigo (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Ciências Exatas Tecnológicas e Agrárias Curso de Graduação em Engenharia Civil, Unicesumar - Centro Universitário de Maringá, Maringá – Pr, 2018. Disponível em: <http://rdu.unicesumar.edu.br/handle/123456789/662>. Acesso em: 29 agosto 2020.

TODA MATERIA. **Clima da Região Centro-Oeste**. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/clima-de-regiao-centro-oeste/>. Acesso em: 4 de abril, 2021.

UMANA- Universidade das amazonas. **Alvenaria de vedação**, 2009. Disponível em: <file:///D:/Novo%20Backup/Downloads/docsity-alvenaria-de-vedacao.pdf>. Acesso em: 15 outubro 2020.

VAN LENGEN, Johan. **Manual do Arquiteto descalço**. São Paulo: B4, 2014.

VETTORAZZI, Egon; RUSSI, Madalena; DOS SANTOS, Joaquim.C.Pizzutti. **A utilização de estratégias passivas de conforto térmico e eficiência energética para o desenvolvimento de uma habitação unifamiliar**. Congresso internacional. Sustentabilidade e Habitação de interesse social. Porto Alegre, 2010. Disponível em: <https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/550/2020/01/1.pdf>. Acesso em: 12 outubro 2020.

VOGADO, Fabiane. **Casas Pré-Fabricadas Modulares Sustentáveis: Análise do Sistema Construtivo e Conforto Térmico**. 2019. 58 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Ciências Exatas e Engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Santa Rosa, 2019. Disponível em: <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/handle/123456789/6739>. Acesso em: 5 outubro 2020.