

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CAMPUS DO SERTÃO
CURSO ENGENHARIA CIVIL

JÚLIO EDUARDO ANGELO NERI

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE PAREDES COM BLOCOS DE
CONCRETO E ARGAMASSA DE REVESTIMENTO COM PÉROLAS DE EPS.**

Delmiro Gouveia - AL

2024

JÚLIO EDUARDO ANGELO NERI

**ESTUDO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE PAREDES COM BLOCOS DE
CONCRETO E ARGAMASSA DE REVESTIMENTO COM PÉROLAS DE EPS.**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharelado em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Msc. Alexandre Nascimento de Lima.

Delmiro Gouveia - AL

2024

Catálogo na fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca do Campus Sertão
Sede Delmiro Gouveia

Bibliotecária responsável: Renata Oliveira de Souza CRB-4/2209

N445e Neri, Júlio Eduardo Angelo

Estudo do comportamento térmico de paredes com blocos de concreto e argamassa de revestimento com pérolas de EPS / Júlio Eduardo Angelo Neri. – 2024.

58 f. : il.

Orientação: Alexandre Nascimento de Lima.

Monografia (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Curso de Engenharia Civil. Delmiro Gouveia, 2024.

1. Engenharia Civil. 2. Poliestireno Expandido – EPS. 3. Conforto térmico. 4. Granulometria. 5. Concreto. 6. Argamassa. I. Lima, Alexandre Nascimento de, orient. II. Título.

CDU: 624.012.45

Folha de Aprovação

JÚLIO EDUARDO ANGELO NERI

ESTUDO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DE PAREDES COM BLOCOS DE CONCRETO E ARGAMASSA DE REVESTIMENTO COM PÉROLAS DE EPS.

Trabalho de Conclusão de Curso submetido à banca examinadora do curso de Engenharia Civil da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 27 de novembro de 2024.

Documento assinado digitalmente
 **ALEXANDRE NASCIMENTO DE LIMA**
Data: 30/11/2024 08:24:56-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Msc. Alexandre de Nascimento de Lima – Orientador – UFAL

Banca examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **JOSE ANDERSON PINHEIRO DOS SANTOS**
Data: 28/11/2024 14:10:57-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Engenheiro Esp. José Anderson Pinheiro dos Santos – Examinador Externo

Documento assinado digitalmente
 **ODAIR BARBOSA DE MORAES**
Data: 28/11/2024 14:58:26-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Odair Barbosa de Moraes – Examinador Interno – UFAL

Dedico este trabalho a minha família e amigos,
por todo apoio durante minha jornada
acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, expresso minha profunda gratidão a Deus e à Nossa Senhora pelas inúmeras oportunidades, pelas dificuldades enfrentadas, pelas conquistas alcançadas e pelos valiosos aprendizados ao longo dessa caminhada. Sem a presença e a graça divina, não seria possível superar um único dia desta jornada.

Agradeço, de modo especial, à minha família, que sempre esteve ao meu lado, incentivando-me e motivando-me a ser um homem melhor. Às minhas "mães", Kelly e Elza, e ao meu pai Júlio, dedico um agradecimento sincero pelo incansável trabalho e dedicação para que eu tivesse todas as condições favoráveis ao alcance desta graduação. Sou eternamente grato! À minha irmã Lethícia, cuja presença inspira-me a oferecer sempre o meu melhor, deixo meu mais profundo reconhecimento. Agradeço, ainda, às minhas tias Karla, Klênia, Karine e Josélia, bem como aos meus primos Bruno e Bruna, por todas as conversas, conselhos e incentivos constantes. Por todos vocês, minha gratidão é infinita, pois são parte fundamental dessa realização.

Estendo meus agradecimentos ao Monsenhor Josevel, meu pároco, amigo e guia espiritual, que, com sua sabedoria e conselhos, me orientou no verdadeiro Caminho e Propósito, sempre me lembrando da essência em tudo o que faço.

À minha namorada Heloísa, manifesto minha gratidão pelo companheirismo, cuidado e conselhos durante esses anos. Sua presença foi essencial em cada etapa dessa jornada.

Aos meus amigos Isac, Yago, Jefferson, Édson, Matheus, Levi, Júnior, que estiveram ao meu lado, sobretudo nos momentos de adversidade, deixo meu sincero agradecimento.

Aos meus colegas de graduação Michael, Jônatas, Diógenes, Luiz, Allan, Igor, Joedson, Danilson, Vitor, Guilherme, João, sou imensamente grato pelo companheirismo e pelas experiências compartilhadas ao longo desses anos de faculdade. De forma especial, agradeço àqueles que me auxiliaram diretamente no trabalho: Ruan, Kauã, Damião, Chrystian e Anderson Luiz. A todos vocês, meu muito obrigado pela camaradagem e pelas memórias construídas.

Ao professor Alexandre, agradeço pela disposição constante desde a primeira disciplina cursada. Sua orientação foi crucial para o sucesso desta trajetória.

Aos demais professores, que tornaram esses anos longos, porém repletos de sentido, meu profundo agradecimento: Rodrigo, Odair, Netto, Wendell e Rogério.

Por fim, a todos que de alguma forma estiveram presentes nesta jornada, deixo meus mais sinceros agradecimentos!

“Não há lugar para a sabedoria onde não há paciência.” – Santo Agostinho

RESUMO

O presente estudo investiga a influência do Poliestireno Expandido (EPS), na forma de pérolas, na composição da matriz cimentícia de concreto e argamassa de revestimento. O objeto de análise foram quatro paredes de concreto revestidas com argamassa, denominadas como PC (parede comum), P10, P20 e P30, contendo, respectivamente, 10%, 20% e 30% de pérolas de EPS tanto na composição do concreto quanto da argamassa. A metodologia, método prático, adotada envolveu a aplicação de uma fonte de calor constante, um soprador térmico, sobre as superfícies das paredes, enquanto, no lado oposto, utilizando uma câmara térmica, as temperaturas eram registradas durante um período de 20 minutos. Além da análise térmica, foram realizadas outras investigações relevantes ao longo do estudo, com destaque para a análise granulométrica dos materiais que integram a matriz cimentícia. Ademais, foi conduzida a análise da densidade dos concretos no estado fresco, na qual se verificou a eficiência das pérolas de poliestireno na composição de concretos leves, evidenciando sua contribuição para a redução de peso e a melhora nas propriedades do material. Após a análise dos dados coletados, a parede P20 apresentou os melhores resultados, com uma diferença de temperatura entre o minuto 20 e o minuto 1 de apenas 0,9°C. Dessa forma, a composição P20 destacou-se como a mais eficiente em termos de conforto térmico, configurando-se como uma alternativa promissora para a incorporação dessa tecnologia na construção civil, com benefícios para a sociedade. Os resultados obtidos nessa análise mostraram-se bastante favoráveis para os objetivos do trabalho.

Palavras-chave: poliestireno expandido (EPS); conforto térmico; concreto leve; análise granulométrica; composição cimentícia.

ABSTRACT

The present study investigates the influence of Expanded Polystyrene (EPS), in the form of beads, on the composition of the cementitious matrix of concrete and rendering mortar. The object of analysis was four concrete walls coated with mortar, referred to as PC (common wall), P10, P20, and P30, containing, respectively, 10%, 20%, and 30% of EPS beads in both the concrete and mortar compositions. The methodology, a practical method, involved applying a constant heat source, a thermal blower, to the surfaces of the walls while recording the temperatures on the opposite side with a thermal camera over a 20-minute period. In addition to the thermal analysis, other relevant investigations were carried out throughout the study, with particular emphasis on the particle size analysis of the materials that make up the cementitious matrix. Moreover, an analysis of the density of fresh concrete was conducted, demonstrating the efficiency of polystyrene beads in composing lightweight concrete, highlighting their contribution to weight reduction and improvement of material properties. After analyzing the collected data, the P20 wall presented the best results, with a temperature difference between the 20th and 1st minute of only 0.9°C. Thus, the P20 composition stood out as the most efficient in terms of thermal comfort, emerging as a promising alternative for incorporating this technology into civil construction, with benefits for society. The results obtained in this analysis proved to be very favorable to the study's objectives.

Keywords: expanded polystyrene (EPS); thermal comfort; lightweight concrete; granulometric analysis; cementitious composition.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Dimensões dos blocos e revestimentos.....	28
Figura 2	- Dimensões médias das pérolas de EPS.....	29
Figura 3	- Secagem das amostras dos agregados.....	30
Figura 4	- Material retido por peneira de uma amostra de Pó de Brita.....	30
Figura 5	- Forma metálica utilizada na confecção dos blocos de concreto.....	32
Figura 6	- Mistura dos materiais.....	33
Figura 7	- Bloco moldado.....	33
Figura 8	- Conjunto de blocos moldados.....	34
Figura 9	- Amostra de um tipo de concreto para cálculo de densidade.....	35
Figura 10	- Compactação da amostra de concreto.....	35
Figura 11	- Confecção das paredes de bloco de concreto.....	36
Figura 12	- Realização do chapisco nas paredes com blocos de concreto.....	37
Figura 13	- Execução de reboco nas paredes com blocos de concreto.....	38
Figura 14	- Execução do reboco concluída.....	38
Figura 15	- Soprador térmico utilizado na pesquisa.....	39
Figura 16	- Registro das temperaturas das alvenarias.....	40
Figura 17	- Câmera térmica.....	40
Figura 18	- Termômetro digital.....	41
Figura 19	- Fotos da câmera térmica.....	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	- Desvantagens do uso do EPS.....	21
Gráfico 2	- Comparação entre os resultados encontrados na análise granulométrica.....	44
Gráfico 3	- Desempenho térmico apresentado pelas alvenarias.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	- Resultado do ensaio granulométrico referente a areia lavada.....	43
Tabela 2	- Resultado do ensaio granulométrico referente ao pó de brita.....	43
Tabela 3	- Densidade do concreto no estado reológico.....	45
Tabela 4	- Desempenho térmico das paredes.....	46
Tabela 5	- Análise econômica das paredes estudadas.....	49

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Classificação dos Agregados Leves.....	19
Quadro 2 – Vantagens do uso do EPS.....	20

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

EPS Poliestireno Expandido

EMBRAPA Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

ONU Organizações das Nações Unidas

RDM Revestimento Decorativo Monocamada

ABNT Associação Brasileira de Normas Técnicas

ABRAPEX Associação Brasileira de Poliestireno Expandido

CP Cimento Portland

CH Cal Hidráulica

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
°C	Graus Celsius
cm	Centímetros
mm	Milímetros
m ²	Metros quadrados
R\$	Reais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Objetivos	14
1.2.1	Objetivo geral	14
1.1.2	Objetivos específicos	15
2	REFERENCIAL TEÓRICO	16
2.1	Avanços sustentáveis na construção civil	16
2.2	Argamassa de revestimento	18
2.2.1	Argamassa leve com adição de EPS	19
2.3	Concreto leve com adição de EPS	23
2.4	Bloco de concreto com EPS	25
2.5	Transferência de calor	25
3	METODOLOGIA	28
3.1	Materiais utilizados	28
3.2	Ensaio dos agregados	29
3.3	Confecção dos blocos de concreto	31
3.4	Ensaio no concreto fresco	34
3.5	Confecção das paredes	35
3.6	Confecção das argamassas de revestimento	37
3.7	Ensaio nas paredes	39
3.8	Estudo da viabilidade econômica para construção de paredes com pérolas de EPS	41
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	42
4.1	Análise granulométrica	42
4.2	Densidade aparente	45
4.3	Investigação sobre o comportamento térmico - método prático	45
4.4	Resultados sobre a viabilidade econômica sobre a composição das paredes com EPS	49
5	CONCLUSÃO	51
5.1	Sugestões para outros trabalhos	51
	REFERÊNCIAS	52

1 INTRODUÇÃO

O Nordeste brasileiro é a região que mais recebe a irradiação solar, tendo como clima predominante o semiárido, com temperaturas elevadas em praticamente todo período do ano. Segundo a Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2021), as médias anuais apresentam valores entre 26°C a 27,5°C.

O fato de as temperaturas serem elevadas praticamente o ano todo, ocasionam dificuldades em relação ao conforto térmico nas edificações do Nordeste. Isso ocorre pelo uso predominante de materiais que possuem uma elevada condutividade térmica, o que resulta em temperaturas internas iguais ou superiores às temperaturas externas quando em contato com a radiação solar.

“O poliestireno expandido é um polímero termoplástico obtido pelo processo de expansão do poliestireno por pentano” (Sartorti, 2015 apud Gonçalves; Vasconcelos, 2019, p. 250). “Conhecido também pela sigla inglesa EPS, esse material apresenta como principais propriedades, ... baixa condutividade térmica, baixo peso específico (entre 10kg/m³ e 30 kg/m³), baixa absorção de água, além de ser sustentável devido a sua reciclagem.” (Ferrándiz-Mas e García-Alcocel, 2012 apud Gonçalves; Vasconcelos, 2019, p. 250).

Em função das características citadas, a utilização do EPS na construção civil já é bastante comum em diversas áreas como: Execução de lajes pré-moldadas, paredes mistas, isolamento acústico, etc.

Em vista disso, esse trabalho tem como intuito a análise do comportamento térmico de paredes compostas com blocos de concreto e argamassa de revestimento com pérolas de EPS para o estudo comparativo entre a uma parede convencional de bloco de concreto e argamassa de revestimento convencional.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo geral

Avaliar a influência das pérolas de EPS no comportamento térmico de paredes em blocos de concreto e revestimento de argamassa.

1.1.2 Objetivos específicos

- Identificar a influência das pérolas de EPS nas propriedades dos materiais cimentícios nos estados fresco e endurecido.
- Determinar a proporção ideal de EPS na matriz do concreto leve para otimizar o desempenho térmico das paredes construídas com blocos de concreto e revestidos com argamassa com pérolas de EPS.
- Realizar uma análise comparativa da viabilidade econômica entre a construção de uma parede de concreto convencional e uma parede de concreto com a utilização das pérolas de EPS.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esse capítulo aborda o referencial teórico para o trabalho de conclusão de curso, apresentando as principais teorias, conceitos e autores que embasam a pesquisa. Através da revisão da literatura existente, busca-se contextualizar o estudo dentro do campo acadêmico, evidenciando as discussões relevantes e as contribuições de diferentes perspectivas. Assim, o referencial teórico oferece uma fundamentação sólida para a análise dos dados e para o desenvolvimento das hipóteses, além de identificar possíveis lacunas na literatura que este trabalho pretende explorar.

2.1 Avanços sustentáveis na construção civil

A indústria da construção civil é a mais poluente do mundo, consumindo entre 40% e 75% da matéria-prima global. O cimento tem uma representatividade maior do que a despesa com alimentos, e o consumo com concreto só é superado pelo consumo de água. Além disso, cada ser humano gera aproximadamente, em relação a construção civil, 500 quilos de entulho por ano, totalizando 3,5 milhões de toneladas anualmente (Agopyan, 2013).

O conceito de "Desenvolvimento Sustentável" foi formulado na década de 1980, após debates promovidos pela Organização das Nações Unidas (ONU) sobre questões ambientais. Esses debates foram liderados por Gro Harlem Brundtland, primeira-ministra da Noruega, na Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento. O resultado desses trabalhos culminou no documento intitulado "Nosso Futuro Comum", também conhecido como Relatório de Brundtland. Segundo o relatório, o desenvolvimento sustentável é definido como a capacidade de atender às necessidades presentes sem comprometer a possibilidade das futuras gerações de satisfazerem suas próprias necessidades (ONU, 1987).

O desenvolvimento da sustentabilidade na construção civil tem ganhado crescente importância e destaque nos últimos tempos. Este avanço na sustentabilidade é representado por três pilares interrelacionados que são fundamentais para sua realização: o desenvolvimento econômico, o desenvolvimento social e a proteção ambiental (ONU, 2005).

Segundo Agopyan (2001) apud Cosentino (2017), " qualquer sociedade que procure atingir um desenvolvimento mais sustentável precisa necessariamente passar pelo estabelecimento de políticas ambientais para a construção civil ". Dessa forma, a relação entre o desenvolvimento sustentável e a construção sustentável torna-se intrínseca.

De acordo com Pinheiro (2003), embora a sustentabilidade tenha se tornado um tema amplamente discutido nos últimos anos, sua ascensão a um nível internacional começou apenas na década de 1990. Após a Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, que resultou no documento "Nosso Futuro Comum", o termo sustentabilidade foi amplamente reconhecido durante a Cúpula Mundial no Rio de Janeiro em 1992, onde foi incorporado a documentos com o objetivo de servir como meta para todos os países. Posteriormente, em novembro de 1994, na Primeira Conferência Mundial sobre Construção Sustentável, realizada em Tampa, Flórida, o futuro da construção sustentável foi debatido. Nessa conferência, definiu-se construção sustentável como o uso da sustentabilidade em práticas construtivas, caracterizada como “a criação e responsabilidade de gestão do ambiente construído, baseada nos princípios ecológicos e no uso eficiente de recursos”. Foram estabelecidos seis princípios para a construção sustentável: 1) minimizar o consumo de recursos; 2) maximizar a reutilização dos recursos; 3) utilizar recursos renováveis e recicláveis; 4) proteger o ambiente natural; 5) criar um ambiente saudável e não tóxico; e 6) fomentar a qualidade na criação do ambiente construído (Kibert, 1994).

Bourdeau (1999) também contribuiu para o conceito de construção sustentável ao examinar diversas características principais. Ele investigou como diferentes países, em suas realidades específicas, desenvolvem o conceito de sustentabilidade na indústria da construção, levando em consideração o ponto de vista e as circunstâncias particulares de cada nação sobre o tema.

Anos mais tarde, Kibert (2007) introduziu novos conceitos sobre a construção sustentável, destacando que a indústria da construção está focada em minimizar os impactos ambientais e o esgotamento dos recursos. No entanto, ele ressaltou que os enormes impactos resultantes das ações humanas ainda não estão sendo discutidos de maneira adequada, apesar de estarem em crescente aumento.

Em 1994, o Grupo de Task 16 do Conseil International du Bâtiment (CIB), uma organização internacional dedicada à pesquisa no campo da construção, conceituou a construção sustentável como o processo de "criação e operação de um ambiente construído saudável, fundamentado na eficiência de recursos e no design ecológico." (Kibert, 2016)

O emprego de materiais sustentáveis na construção civil emerge como uma estratégia relevante, direcionada à mitigação dos impactos ambientais. A partir dessa perspectiva, pode-se inferir que o desenvolvimento sustentável é viável apenas quando há uma preocupação explícita com a preservação dos recursos naturais, dado que a sociedade depende

integralmente desses recursos para sua continuidade. Conseqüentemente, é imperativo estabelecer uma relação de equilíbrio entre as esferas social e ambiental (Queiroz, 2016).

2.2 Argamassa de revestimento

Segundo, Farias (2021), a composição das argamassas de revestimento é uma composição plástica e homogênea de uma mistura de cimento, cal, agregados miúdos (areia natural) e água. Sendo essa argamassa de revestimento dividida em camadas como chapisco, emboço e reboco, além de revestimento decorativo monocamada (RDM).

Para Thomaz (2020), o revestimento realizado com argamassa para áreas internas deve ter a espessura entre 1,5 cm a 2 cm, já em áreas externas a espessura recomendada é entre 3 cm e 4 cm.

Para Maciel; Barros; Sabatinni, (1988), o revestimento de argamassa exerce funções essenciais nos edifícios, principalmente ao proteger os elementos de vedação contra a ação direta de agentes agressivos, como intempéries e umidade. Além disso, ele auxilia as vedações no cumprimento de suas funções, como o isolamento termoacústico e a estanqueidade à água e gases. Outra função importante é a regularização das superfícies, proporcionando uma base uniforme e adequada para a aplicação de outros revestimentos ou atuando como acabamento final. Por fim, o revestimento também contribui para a estética da fachada, melhorando o aspecto visual das construções.

As principais funções de um revestimento de argamassa em paredes incluem a proteção da alvenaria e da estrutura contra a ação do intemperismo, especialmente no caso de revestimentos externos. Além disso, o revestimento integra o sistema de vedação dos edifícios, desempenhando funções essenciais, como o isolamento térmico, que pode atingir cerca de 30%, o isolamento acústico, em torno de 50%, a estanqueidade à água, variando de 70% a 100%, além de proporcionar segurança contra o fogo e resistência ao desgaste e abalos superficiais. O revestimento também regulariza a superfície dos elementos de vedação, servindo como base para acabamentos decorativos e, assim, contribuindo para a estética da edificação (Casarek, 2010).

Para Casarek (2010), as principais propriedades de uma argamassa de revestimento são: trabalhabilidade, consistência, plasticidade, adesão, retração, aderência, permeabilidade à água, resistência mecânica superficial e a capacidade de absorver deformações.

2.2.1 Argamassa leve com adição de EPS

O uso de adições e adjuvantes em argamassas teve início com a civilização romana, que utilizava argamassas de cal aérea compostas principalmente por cinzas vulcânicas ou outras pozolanas, pó e agregados de tijolo ou telha, além de substâncias orgânicas (gorduras). Esses materiais eram empregados com o objetivo de controlar o tempo de pega, conferir propriedades hidráulicas e aumentar a durabilidade das construções (Sousa, 2010).

A influência dos agregados leves é consideravelmente significativa quando se analisam as propriedades das argamassas, com o seu comportamento distinto a depender do tipo de agregado e porcentagem de substituição em sua composição (Barroca, 2013).

Segundo Branco (2014), os agregados com baixo peso específico podem ser classificados como leves e ultraleves, sendo utilizados para finalidades estruturais e não estruturais, conforme indicado no Quadro 1.

Quadro 1 – Classificação dos Agregados Leves.

Classificação dos agregados	Exemplo de agregados	Aplicações
Ultraleve	Poliestireno expandido, vermiculita, perlita expandida, vidro expandido.	Funções estritamente de isolamento térmico e sem funções de resistência.
Leve	Argila expandida, xisto, escória de alto forno expandida, cinzas volantes sinterizadas, pedra pome.	Funções de isolamento térmico, funções de resistência e diminuição do peso próprio.

Fonte: Branco (2014).

Conforme expressa Termovale (2016), o EPS (Poliestireno Expandido) é um plástico rígido, formado a partir da polimerização do estireno em água, composto por carbono e hidrogênio. As pérolas de EPS, com até 3 mm de diâmetro, expandem até 50 vezes o tamanho original com vapor, formando diversos moldes. A produção do EPS é energeticamente eficiente e gera poucos resíduos sólidos ou líquidos, destacando-se por ser leve e de fácil manuseio.

Nos últimos 35 anos, o EPS conquistou uma posição sólida na construção civil devido às suas propriedades isolantes, baixa condutividade térmica, leveza, resistência, baixa absorção de água, versatilidade, resistência ao envelhecimento, absorção de choques, conservação de energia, fácil manuseio e baixo custo. É considerado um material ecológico, pois é inodoro, não polui o solo, a água ou o ar, além de ser 100% reciclável e reutilizável. Além da construção civil, o EPS é amplamente utilizado em embalagens, artigos de consumo e até na

agricultura. Contudo, seu maior destaque continua sendo no setor da construção, onde suas vantagens técnicas e econômicas são mais evidentes (Termovale, 2016).

As aplicações do EPS na construção civil são diversas, destacando-se tanto como excelente material de isolamento térmico quanto como sistema construtivo. Ele é utilizado em coberturas, paredes, pavimentos e em projetos variados, desde grandes viadutos e edifícios até pequenas moradias. Suas principais características – leveza, isolamento e versatilidade – tornam-no ideal para aligeiramento, enchimento e criação de formas decorativas. A substituição dos materiais tradicionais por EPS melhora o desempenho energético dos edifícios, contribuindo para uma construção mais sustentável e eficiente. Exercendo também outras vantagens como: redução no peso próprio e consumo de concreto na laje; isolamento térmico comprovado; produtividade na montagem aumentada; facilmente recortável; alivia estruturas de suporte (vigas, pilares e fundações); elemento de enchimento para lajes pré-fabricadas (concreto leve); reduz o volume de concreto; diminui o peso próprio da laje; serve como forma para o concreto complementar; é colaborador nos cálculos de resistência da laje; fácil de transportar e fácil de montar (Termovale, 2016).

Em relação as vantagens e desvantagens da utilização do EPS na construção civil, segue o entendimento de Moraes e Brasil (2015) presente no Quadro 2 e Gráfico 1:

Com base nos ensaios e análises realizados por Passos (2018) e Carasek (2010), concluiu-se que as argamassas contendo os resíduos avaliados demonstraram grande potencial para uso como revestimento isolante térmico em paredes maciças de concreto pré-moldado. O revestimento feito com argamassa contendo aproximadamente 90% de substituição da areia por poliestireno expandido (EPS) reciclado e resíduo fibroso (LV) foi considerado o mais adequado, especialmente em relação aos parâmetros térmicos, com destaque para a transmitância térmica. Além disso, o revestimento com essa argamassa apresentou desempenho satisfatório em outros parâmetros, como estanqueidade, aderência e durabilidade, indicando seu potencial para aplicação em sistemas de vedação externa.

De acordo com a classificação de Branco (2014), a substituição parcial da areia por EPS, destina o material a aplicações com funções de isolamento térmico e que não estejam sujeitas a grandes esforços.

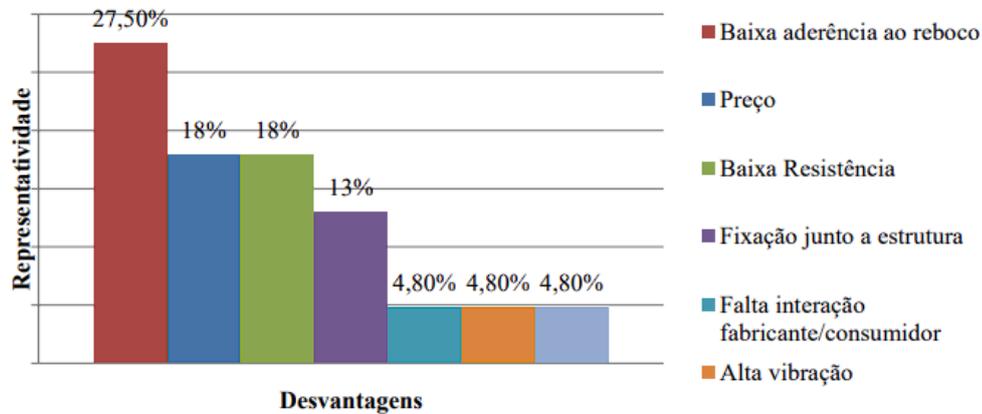
Por outro lado, embora a resistência da argamassa com EPS seja menor que a de uma argamassa convencional, este material possui menor densidade aparente, o que resulta em elementos e estruturas mais leves, o que pode ser vantajoso para determinados tipos de aplicações (Pires, 2017).

Quadro 2 – Vantagens do uso do EPS.

Qual a vantagem?	Por que é vantajoso?	Benefícios observados
Facilidade de manuseio	Material leve.	Seu baixo peso específico facilita carga/descarga e o manuseio no canteiro de obra.
Deformabilidade	Material se deforma a fim de distribuir as cargas atuantes e dissipar as tensões sem romper.	Estabilidade dimensional.
Compatibilidade Físico-Química	É um material compatível com a maioria dos materiais usados na construção civil.	Durabilidade do material.
Custo	Custo do m ³ do EPS é competitivo comparado ao custo do concreto usinado e argamassa industrializada.	Redução do valor final da obra, redução do custo de transporte.
Baixa condutividade térmica	A estrutura das células fechadas, cheias de ar, dificulta a passagem do calor resultando em grande poder isolante.	Conforto termoacústico; Redução do consumo de energia.
Baixo peso	O isopor possui baixa densidade o que implica em uma expressiva redução do peso das estruturas em uma obra.	Redução do peso das estruturas, redução do peso e preço de transporte.
Versatilidade	Facilmente cortado e moldado e adequando-se a qualquer método/processo construtivo na construção civil.	Otimiza o processo de produção e construção no canteiro de obra; Facilidade para transportar.
Resistência	Boa resistência mecânica (compressão, tração e flexão) com baixa massa e boa absorção a choques.	Conforto, durabilidade das estruturas.
Sustentabilidade	Reciclável, auxilia na economia de energia, produção sem emissão de CFC.	Diminui resíduos gerados por indústrias que utilizam EPS, colaborando c/ o meio ambiente.
Resistência a microrganismos	Não desenvolve bactérias, fungos ou qualquer tipo de microrganismos.	Durabilidade do material, compatibilidade com materiais empregados na construção civil.
Baixa absorção de água	O isopor absorve apenas pequenas quantidades quando em presença de água.	Características térmicas e mecânicas não se alteram mesmo sob a ação da umidade garantindo a durabilidade do material.

Fonte: Moraes e Brasil, (2015).

Gráfico 1 – Desvantagens do uso do EPS.



Fonte: Moraes e Brasil, (2015).

Segundo Brás et al. (2013), as argamassas com EPS apresentaram resultados satisfatórios em termos de desempenho mecânico, físico e de condutividade térmica, quando comparadas às misturas de referência. As quantidades de EPS podem variar, assim como a inclusão de materiais adicionais em sua composição.

A mistura com a substituição do agregado natural por resíduo de EPS mostrou-se mais eficaz como material alternativo em argamassas leves, pois apresentou um aumento nas resistências mecânicas em comparação à mistura de referência e à convencional, que utilizam 100% de agregado natural. Assim, pode ser empregada como argamassa leve para regularização de pisos (Farias et al., 2020).

Quando utilizado em pequenas e médias quantidades como substituto do agregado miúdo na argamassa, o EPS se mostra eficaz no isolamento térmico dos ambientes, pois suas partículas são essencialmente compostas por ar em suas células fechadas. Com o ar retido no interior do EPS, a argamassa passa a conter pequenos vazios, o que melhora significativamente suas propriedades de isolamento térmico e reduz a densidade da mistura. No entanto, em grandes quantidades, isso resulta em consideráveis perdas de resistência mecânica e durabilidade em misturas não estruturais (Dixit, 2019).

Em uma argamassa à base de cimento, a adição de granulado de cortiça e EPS melhora significativamente a condutividade térmica das argamassas, reduzindo-a em até 72% e 61%, respectivamente (Leal, 2012).

Segundo Farias (2021), as argamassas desenvolvidas com diferentes percentuais de resíduos de EPS apresentam propriedades técnicas que atendem às exigências mínimas estabelecidas pelas normas vigentes. O estudo demonstra que a utilização do resíduo de EPS é

viável em todas as proporções analisadas, embora o traço com 20% de resíduo de EPS se destaque. Este traço, em comparação ao referencial, apresenta propriedades com variações insignificantes, mantendo baixa densidade e resistência à compressão e à tração na flexão com mínima variação. Em termos de durabilidade, observa-se maior absorção de água e índice de vazios em relação à argamassa convencional, mas, em contrapartida, há uma melhora significativa nas propriedades térmicas. Quanto à aderência, os resultados atenderam às exigências normativas para a aplicação em revestimentos internos.

2.3. Concreto leve com adição de EPS

As primeiras evidências do uso de concretos leves remontam a aproximadamente 3.000 anos (1100 a.C.), quando construtores pré-colombianos, que habitavam a região onde hoje se localiza a cidade de El Tajín, no México, empregaram uma mistura de pedra-pomes com um ligante à base de cinzas vulcânicas e cal na construção de elementos estruturais (Vieira, 2000).

Conforme a NBR 12655 (ABNT, 2022), o concreto leve é definido como aquele que, em estado endurecido e seco em estufa, apresenta massa específica compreendida entre $0,8 \text{ g/cm}^3$ e $2,0 \text{ g/cm}^3$.

A Associação Brasileira de Poliestireno Expandido (Abrapex, 2006) define o concreto leve com EPS como um tipo de concreto composto por cimento e areia, no qual o agregado graúdo (pedra britada) é substituído por EPS na forma de pérolas expandidas ou flocos reciclados. A mistura de cimento e areia, ao endurecer, envolve as partículas de EPS, que são constituídas de 95% a 98% de ar, resultando em um concreto de baixa densidade.

De acordo com o Portal do Concreto (2023), o concreto leve é amplamente conhecido por sua característica de ser mais leve em comparação com o concreto convencional, além de possuir uma notável capacidade de isolamento acústico e térmico. A densidade do concreto leve normalmente se situa em torno de 500 kg/m^3 , o que representa uma redução significativa em comparação com os concretos convencionais, essa redução causa também uma diminuição na resistência. Os concretos leves mais usuais são aqueles compostos por agregados leves como isopor, vermiculita e argila expandida.

Os concretos leves se distinguem dos concretos convencionais pela redução da massa específica, bem como pela relação entre as alterações da massa específica e as propriedades térmicas. No entanto, essas não são as únicas características relevantes que justificam a atenção especial dedicada aos concretos leves. Além das mencionadas

anteriormente, a utilização de agregados leves provoca mudanças significativas em outras propriedades importantes dos concretos, como trabalhabilidade, resistência mecânica, módulo de deformação, retração e fluência, além da redução da espessura da zona de transição entre o agregado e a matriz cimentícia (Rossignolo, 2003).

Normalmente, na construção civil, a utilização do EPS em concretos leves envolve uma sequência específica de mistura com cimento, areia e água. Esse concreto é bastante empregado em áreas que necessitam a redução significativa do peso dos elementos construtivos. A notável característica de baixa absorção de água do EPS permite seu uso em aplicações arquitetônicas e de paisagismo, devido ao acabamento homogêneo presente em suas características (Escola; Santos, 2015).

O agregado leve sintético de poliestireno expandido (EPS), popularmente conhecido como isopor, com massa específica inferior a $0,030 \text{ g/cm}^3$, também tem sido utilizado na produção de concretos com massa específica variando entre 600 g/cm^3 e 1.800 g/cm^3 , e resistências à compressão entre 4 MPa e 12 MPa, dependendo do tamanho e da quantidade de EPS utilizados (Ganesh Babu; Saradhi Badu, 2002; Miled et al., 2004).

No que se refere à resistência, é consensual e lógico que a adição de EPS ao concreto reduz a capacidade resistente do elemento. No entanto, os estudos indicam que, com uma taxa de acréscimo em torno de 15% a 20%, o concreto ainda se mantém dentro dos limites estabelecidos pelas normas. Nessas circunstâncias, a adição de EPS torna-se vantajosa, pois diminui o peso próprio da estrutura, reduzindo a quantidade de material necessário para suportar os esforços. Além disso, contribui para o meio ambiente, ao poupar recursos naturais e possibilitar o uso de resíduos recicláveis de EPS na sua produção. Ademais, outra vantagem significativa é o elevado potencial de desempenho térmico do concreto leve com adição de EPS. Sob a ótica da sustentabilidade, um melhor desempenho térmico resulta em economia de energia para edificações, o que reflete diretamente na eficiência energética das residências (Sousa, 2020).

2.4 Blocos de concreto com EPS

Conforme Escola; Santos (2015), os blocos de concreto são componentes industrializados, produzidos com uma diversa variedade de tipos. São moldados em formas de aço, o que resulta em uma elevada precisão dimensional e contribui para facilidade na execução da alvenaria.

De acordo com os resultados de resistência à compressão simples, os estudos realizados com EPS reciclado na produção de blocos de concreto vazado foram bastante satisfatórios. Esses estudos demonstraram que a produção é viável para aplicação em alvenarias de vedação não estrutural, uma vez que a norma exige uma resistência mecânica mínima de 2,0 MPa para vedações internas (Escola; Santos, 2015).

Bezerra et al. (2003a) realizaram uma análise experimental do desempenho térmico de um sistema construtivo (parede) fabricado com blocos de concreto leve contendo EPS como agregado graúdo, além de um ensaio mecânico de compressão. Ao comparar os resultados com os obtidos em blocos de concreto comum, os autores demonstraram a viabilidade do uso de blocos de concreto leve, tanto em termos de resistência mecânica quanto de desempenho térmico.

Bezerra et al. (2003b) repetiram a análise anterior, considerando sistemas construtivos fabricados com blocos de concreto leve e tijolos de oito furos. Constatou-se que o sistema com blocos contendo agregado de EPS apresentou vantagens em relação ao sistema convencional, especialmente no que diz respeito ao desempenho térmico.

O desempenho térmico dos sistemas construídos com blocos contendo EPS como agregado evidenciou a vantagem de seu uso para reduzir a transferência de calor do ambiente externo para o interno. Em comparação com o bloco padrão, as diferenças de temperatura entre as faces aquecida e resfriada das paredes feitas com blocos de concreto leve aumentaram em 164,4% e 181,1%, respectivamente para os BCL6_10 e BCL10_6 (Bezerra, 2003).

2.5 Transferência de calor e isolamento térmico

A condução pode ser definida como o processo de transferência de energia das partículas com maior energia para aquelas com menor energia dentro de uma substância, resultante das interações entre as partículas. Temperaturas mais elevadas estão relacionadas a níveis mais altos de energia molecular. Quando moléculas adjacentes colidem, como ocorre continuamente, há uma transferência de energia das moléculas com maior energia para aquelas com menor energia (Incropera, 2014).

Existem inúmeros exemplos de transferência de calor por condução. Quando a extremidade exposta de uma colher de metal é subitamente imersa em uma xícara de café quente, ela se aquece devido à condução de energia ao longo do metal. Da mesma forma, em um dia de inverno, ocorre uma perda significativa de energia de um ambiente aquecido para o ar externo,

principalmente em razão da transferência de calor por condução através da parede que separa o ar interno do ambiente externo (Incropera, 2014).

O processo de transferência de calor por convecção envolve dois mecanismos distintos. Além da transferência de energia resultante do movimento molecular aleatório, conhecido como difusão, a energia é igualmente transferida por meio do movimento global, ou macroscópico, do fluido. Este movimento do fluido está relacionado ao fato de que, em um dado instante, um considerável número de moléculas se desloca de forma coletiva ou em agregados. Tal movimentação, quando associada à presença de um gradiente de temperatura, desempenha um papel significativo na transferência de calor (Incropera, 2014).

Dado que as moléculas nos agregados mantêm seus movimentos aleatórios, a transferência total de calor resulta, portanto, da superposição do transporte de energia decorrente do movimento aleatório das moléculas e do transporte associado ao movimento global do fluido. O termo "convecção" é comumente utilizado para se referir a esse transporte cumulativo, enquanto o termo "advecção" é empregado para descrever o transporte resultante do movimento global do fluido (Incropera, 2014).

A radiação térmica refere-se à energia emitida por matéria que se encontra a uma temperatura superior a zero. Embora a atenção possa ser direcionada à radiação proveniente de superfícies sólidas, a emissão também ocorre a partir de gases e líquidos. Independentemente da forma da matéria, a emissão pode ser atribuída a alterações nas configurações eletrônicas dos átomos ou moléculas que a compõem. A energia do campo de radiação é transportada por meio de ondas eletromagnéticas, ou, alternativamente, por fótons. Enquanto a transferência de energia por condução ou convecção requer a presença de um meio material, a radiação não depende desse requisito. Na verdade, a transferência por radiação ocorre de maneira mais eficiente no vácuo (Incropera, 2014).

A radiação pode, igualmente, incidir sobre uma superfície proveniente de sua vizinhança. Esta radiação pode originar-se de uma fonte específica, como o Sol, ou de outras superfícies às quais a superfície em questão esteja exposta. Uma parte ou a totalidade da irradiação pode ser absorvida pela superfície, resultando em um aumento da energia térmica do material. A taxa na qual a energia radiante é absorvida por unidade de área da superfície pode ser calculada com base em uma propriedade radiante da superfície, denominada absortividade (Incropera, 2014).

Como visto ao longo deste capítulo, o referencial teórico proporciona a base conceitual necessária para a compreensão e desenvolvimento deste trabalho de conclusão de curso. Através da revisão das principais teorias, conceitos e estudos anteriores, foi possível

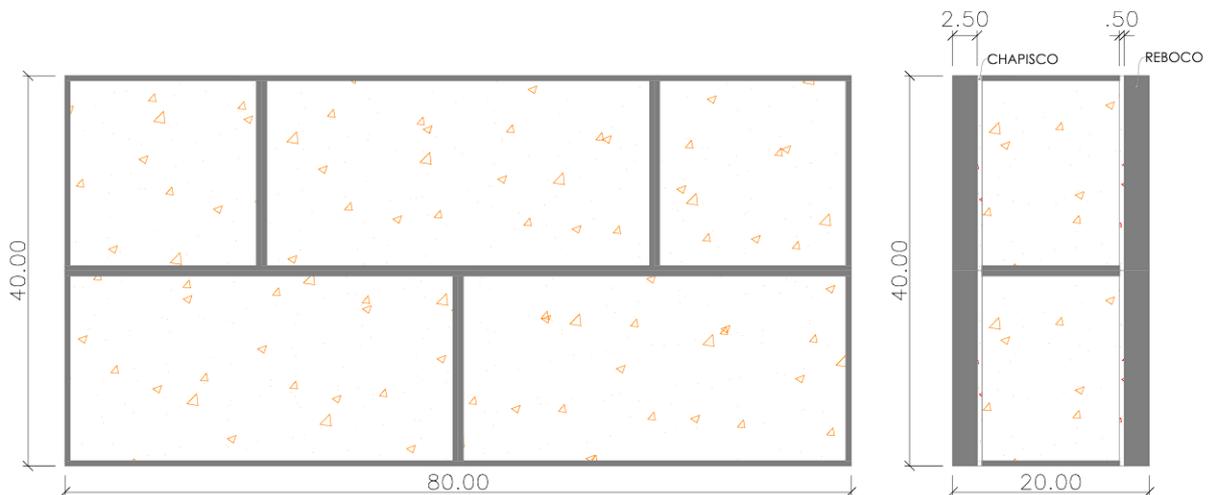
situar a pesquisa no contexto acadêmico relevante e identificar as abordagens mais adequadas para a análise proposta. As contribuições dos autores e correntes teóricas aqui discutidos não apenas fundamentam as escolhas metodológicas, mas também permitem que se estabeleça um diálogo crítico com o que já foi produzido na área. Assim, o embasamento teórico fornecido será essencial para guiar as etapas subsequentes da investigação e para a construção de uma análise robusta e bem fundamentada.

3 METODOLOGIA

Com o objetivo de alcançar os resultados desejados neste estudo, analisou-se o comportamento térmico por meio da análise de quatro paredes de blocos de concreto. Uma dessas paredes foi construída com materiais convencionais, enquanto as outras três foram construídas com proporções variadas de pérolas de EPS na composição dos blocos e no revestimento.

Os blocos utilizados apresentaram dimensões de 14 cm x 19 cm x 39 cm, sendo fabricados manualmente em forma metálica. A parede foi composta por quatro blocos dispostos em duas fiadas, resultando em uma área final de 0,32 m² após a conclusão. O revestimento dessas paredes teve uma espessura de 2,5 cm, sendo 0,5 cm de chapisco e 2 cm de reboco, conforme ilustrado na Figura 1. O traço do bloco utilizado como referência ao longo de todo o estudo foi de 1:9, em volume. O chapisco utilizado teve como traço 1:3, em volume. A argamassa mista de revestimento teve uma composição de 1:2:9, também em volume.

Figura 1 - Dimensões dos blocos e revestimentos.



Fonte: Autor, (2024).

3.1 Materiais utilizados

No contexto do estudo, a inserção do EPS foi realizada como substituição parcial do agregado miúdo, em proporções de 10%, 20% e 30%. As pérolas de EPS, com dimensões médias de 2 mm a 5 mm (Figura 2), conforme especificado pelo fornecedor, consistem em

pequenos grânulos de poliestireno que passam por um processo de expansão controlada, resultando em um material leve e de baixa densidade.

Figura 2 – Dimensões médias das pérolas de EPS.



Fonte: Autor, (2024).

O cimento utilizado ao longo do estudo foi o CP-II-F-32, adquirido em uma loja de materiais de construção localizada em Delmiro Gouveia/AL. Este tipo de Cimento Portland é classificado como um cimento composto com filer, possuindo uma resistência de 32 MPa. A areia lavada empregada nos ensaios foi obtida no povoado de Alto Bonito em Delmiro Gouveia/AL. Já a cal utilizada, do tipo CH-I, foi também adquirida em uma loja de materiais de construção em Delmiro Gouveia/AL. O pó de brita utilizado nos ensaios foi obtida na cidade de Belo Monte/AL.

3.2 Ensaio dos agregados

Inicialmente, foi conduzido o ensaio de granulometria nos agregados utilizados na composição dos blocos de concreto e na argamassa de revestimento.

O ensaio de granulometria dos agregados utilizados, areia e pó de brita, foi realizado em conformidade com a norma NBR 17054 (ABNT, 2022). Para garantir uma análise granulométrica mais precisa, foram utilizadas duas amostras de cada agregado. Ambas as amostras foram submetidas à secagem em estufa térmica por um período de 24 horas a uma temperatura de 105°C, com o objetivo de reduzir a umidade presente nas amostras a um nível próximo de zero, conforme ilustrado na Figura 3.

Figura 3 – Secagem das amostras dos agregados.



Fonte: Autor, (2024).

Subsequentemente, cada amostra foi submetida ao conjunto de peneiras granulométricas, conforme a sequência especificada pela norma. A Figura 4 mostra a separação por peneira de um dos agregados utilizados.

Figura 4 – Material retido por peneira de uma amostra de Pó de Brita.



Fonte: Autor, (2024).

3.3 Confeção dos blocos de concreto

A confecção dos concretos utilizados na modelagem dos blocos seguiu um procedimento padronizado de mistura, realizado com o uso de uma betoneira. Antes de cada mistura, aplicou-se uma quantidade de água ao longo da superfície interna da betoneira, a fim de garantir que o ferro não absorvesse a água do concreto. A sequência de mistura adotada para

os blocos convencionais foi: água, pó de brita, cimento e areia. Para os blocos com adição de pérolas de EPS, a ordem de adição dos materiais foi: água, cimento, pérolas de EPS, pó de brita e areia. Para determinar a quantidade exata de material necessário para a confecção dos blocos, realizaram-se cálculos utilizando equações, começando com o cálculo do volume total de concreto por bloco, conforme descrito na Equação 1.

$$V(\text{tot. } c) = V(\text{bloco}) * N^{\circ} \text{ blocos} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$V(\text{tot. } c)$ – volume total de concreto por parede (L);

$V(\text{bloco})$ – volume unitário de um bloco (L);

$N^{\circ} \text{ blocos}$ – número total de blocos utilizados por parede (Und).

Com o volume total de concreto por parede previamente determinado, multiplicou-se esse valor pela proporção da mistura base, de 1:9, para calcular o volume de cimento utilizado em cada parede, conforme demonstrado na Equação 2.

$$V(\text{tot. } cim) = V(\text{tot. } c) * \frac{1}{9} \quad (\text{Equação 2})$$

Onde:

$V(\text{tot. } cim)$ – volume total de cimento por parede (L);

Para determinar a quantidade necessária dos agregados, multiplicou-se o volume total de cimento por parede pela proporção do traço e, em seguida, dividiu-se o resultado pela quantidade total de agregados a serem utilizados, conforme estabelecido na Equação 3. O fator água/cimento (a/c) adotado foi de 1,10, com ajustes realizados em função da textura, resultando em um fator final de 1,9.

$$V(\text{tot. } ag) = \frac{(V(\text{tot. } cim) * 9)}{N^{\circ} ag} \quad (\text{Equação 3})$$

Onde:

$V(\text{tot. } ag)$ – volume total de agregado;

$N^{\circ} ag$ – números de agregados utilizados.

Todo esse processo foi realizado uma única vez e replicado para as demais paredes. A única diferença ocorreu na quantidade de areia lavada utilizada nas paredes contendo EPS, já

que a inserção das pérolas de EPS foi feita em proporção à areia lavada, conforme mencionado anteriormente. A Figura 5 apresenta a forma metálica utilizada para a modelagem dos blocos. A Figura 6 ilustra a mistura dos materiais na betoneira. A Figura 7 exhibe um bloco modelado, e a Figura 8 mostra um conjunto de blocos modelados.

Figura 5 - Forma metálica utilizada na confecção dos blocos de concreto.



Fonte: Autor, (2024).

Figura 6 – Mistura dos materiais.



Fonte: Autor, (2024).

Figura 7 - Bloco moldado.



Fonte: Autor, (2024).

Figura 8 – Conjunto de blocos moldados.



Fonte: Autor, (2024).

3.4 Ensaio no concreto fresco

Na fase reológica, o ensaio de densidade se baseou na NBR 13278 (ABNT, 2005), conduzido com amostras dos quatro tipos de concretos realizados. O ensaio consistiu em preencher um recipiente de 400 ml com as amostras coletadas do concreto, distribuídas em três

camadas. Cada camada foi compactada com a utilização de um soquete, aplicando vinte golpes por camada (Figura 9). Após a compactação, pesou-se o recipiente com a amostra e calculou-se a densidade (Figura 10), conforme a Equação 4, de cada uma das quatro amostras estudadas.

$$\text{Densidade} = \frac{\text{massa do corpo de prova}}{\text{volume do corpo de prova}} \quad (\text{Equação 4})$$

Figura 9 – Compactação da amostra de concreto.



Fonte: Autor, (2024).

Figura 10 – Amostra de concreto para cálculo da densidade.



Fonte: Autor, (2024).

3.5 Confeção das paredes

Após a cura completa de todos os blocos de concreto (28 dias), procedeu-se à confecção das paredes. Para determinar a quantidade de argamassa a ser utilizada, tomando como referência o traço 1:2:6 em volume. Esse cálculo foi realizado utilizando a Equação 5d.

$$Vol (arg.) = (2 * (L * P * E(arg))) + 3 * (A * E(arg)) \quad (Equação 5)$$

Onde:

$Vol(arg)$ – Volume de Argamassa (m³)

L – Largura da parede

P – Profundidade da parede

A – Altura da parede

$E(arg)$ – Espessura da argamassa

Após determinar o volume total de argamassa necessário para a confecção das paredes (Figura 11) com base no traço inicial, pôde-se calcular com precisão a quantidade exata de material a ser utilizado. O fator água/cimento inicial empregado na argamassa foi de 0,9, sendo posteriormente corrigido em função da textura aparente do material após primeira mistura na betoneira, resultando em um fator final de 6,5.

Figura 9 - Confeção das paredes de bloco com concreto.



Fonte: Autor, (2024).

3.6 Confeção das argamassas de revestimento

Após 7 dias da confecção das paredes, realizou-se o chapisco (Figuras 12) com o objetivo de melhorar a aderência na fase de reboco. O chapisco, com espessura de 0,5 cm, foi preparado com base no traço 1:3, em volume. O cálculo para quantificar o material utilizado no chapisco foi realizado pela Equação 6.

$$Vol(ch) = (2 * (L * A)) * E(ch) \quad (\text{Equação 6})$$

Onde:

$Vol(ch)$ – Volume de chapisco (m^3)

L – Largura da parede

A – Altura da parede

$E(ch)$ – Espessura do chapisco

Figura 10 – Realização do chapisco nas paredes com blocos de concreto.



Fonte: Autor, (2024).

O fator água/cimento inicial utilizado no chapisco foi de 0,84, sendo posteriormente ajustado em função da textura, resultando em um fator final de 2,5.

Após a cura de 7 dias do chapisco, foi realizado o reboco (Figura 12) nas paredes, com espessura de 2,0 cm, utilizando o traço adotado anteriormente de 1:2:9, em volume. O cálculo para quantificar os materiais empregados seguiu o mesmo procedimento utilizado para

a quantificação do chapisco (Equação 6), com a alteração do fator água/cimento, que iniciou em 0,84 e, em função da textura da argamassa, foi corrigido para 1,95. Outra diferença foi que, para cada parede, a quantidade de areia variou em função da incorporação de pérolas de EPS, conforme a proporção previamente estabelecida de 0% (parede comum), 10%, 20% e 30% do agregado miúdo utilizado. Na Figura 13 se encontra a execução do reboco e a Figura 14 apresenta a execução do reboco concluída.

Figura 11 - Execução do reboco nas paredes com blocos de concreto.



Fonte: Autor, (2024).

Figura 12 – Execução do reboco concluída.



Fonte: Autor, (2024).

3.7 Ensaio nas paredes

No estado endurecido, a investigação sobre o comportamento térmico seguiu a abordagem apresentada por Romão (2019), baseada em um método prático. Nesse método, avaliava-se a transferência de calor ao longo de um período de 20 minutos, simulando a exposição das paredes a uma fonte de calor constante (soprador térmico, Figura 15) mantido a uma distância de 38 cm das alvenarias.

As paredes em análise são classificadas de acordo com suas características composicionais. A parede denominada PC refere-se à "Parede Comum", caracterizada pela ausência de pérolas de EPS. Já a parede P10 recebe essa designação por conter em sua composição 10% de pérolas de EPS (poliestireno expandido), enquanto as paredes P20 e P30 seguem a mesma lógica de nomenclatura, indicando a presença de 20% e 30% de EPS, respectivamente, conforme indicado em seus codinomes.

As temperaturas eram registradas (Figura 16) com o uso de uma câmera térmica (Figura 17) a intervalos de 1 minuto, no lado oposto à área de influência do soprador térmico, logo após registro da temperatura ambiente com o auxílio de um termômetro digital (Figura 18). Todo o procedimento foi conduzido em ambiente fechado, com o objetivo de evitar interferências nos resultados obtidos ao longo da análise.

Figura 13 - Soprador Térmico utilizado na pesquisa.



Fonte: Autor, (2024).

Figura 14 – Registro das temperaturas das alvenarias.



Fonte: Autor, (2024).

Figura 15 – Câmera térmica.



Fonte: Autor, (2024).

Figura 16 – Termômetro digital.



Fonte: Autor, (2024).

3.8 Estudo da viabilidade econômica para construção de paredes com pérolas de EPS

Na área da engenharia civil, é amplamente reconhecido que um dos aspectos fundamentais reside na relação custo-benefício dos serviços oferecidos, uma vez que a análise detalhada de todos os processos e etapas é essencial para alcançar resultados positivos, especialmente no que se refere à otimização econômica. No presente estudo, foi realizado um estudo econômico simplificado acerca da composição de paredes utilizando pérolas de EPS, tomando como exemplo uma área de parede já analisada em seções anteriores. A análise foi baseada em uma pesquisa de preços realizada via internet para os materiais necessários à composição das paredes.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esse capítulo apresenta os principais resultados obtidos durante a realização da pesquisa, seguidos de uma análise crítica que busca relacioná-los com a literatura revisada e os objetivos propostos. Inicialmente, os dados brutos são descritos de forma objetiva, destacando as tendências observadas, discrepâncias ou possíveis inconsistências encontradas.

4.1 Análise granulométrica

O ensaio de análise granulométrica, executado em conformidade com a NBR 17054 (2022), constitui um procedimento essencial para a avaliação da distribuição dimensional das partículas presentes em materiais sólidos, com destaque para os agregados empregados na construção civil. Através da determinação das massas retidas em cada peneira do conjunto utilizado, tornou-se possível realizar os cálculos normativos exigidos, permitindo uma análise detalhada das características granulométricas do material em estudo.

Os resultados obtidos, conforme expostos na Tabela 1, referem-se à granulometria da areia lavada, enquanto os dados presentes na Tabela 2 correspondem à análise granulométrica do pó de brita. Esses valores são fundamentais para verificar a conformidade dos materiais com os limites estabelecidos pela norma, garantindo sua adequação às diversas aplicações na construção civil, além de assegurar a qualidade e desempenho do produto final.

Tabela 1 – Resultado do ensaio granulométrico referente a areia lavada.

Agregado Miúdo - Areia Lavada - Média		
Nº Peneira	Abertura (mm)	Material Retido Acumulado (%)
3/8"	9,5	0
1/4"	6,3	0
4	4,8	0
8	2,4	2
16	1,2	8
30	600	34
50	300	75
100	150	96
Fundo		100
Modulo de Finura		2,15
Gradação granulométrica		Areia utilizável

Fonte: Autor, (2024).

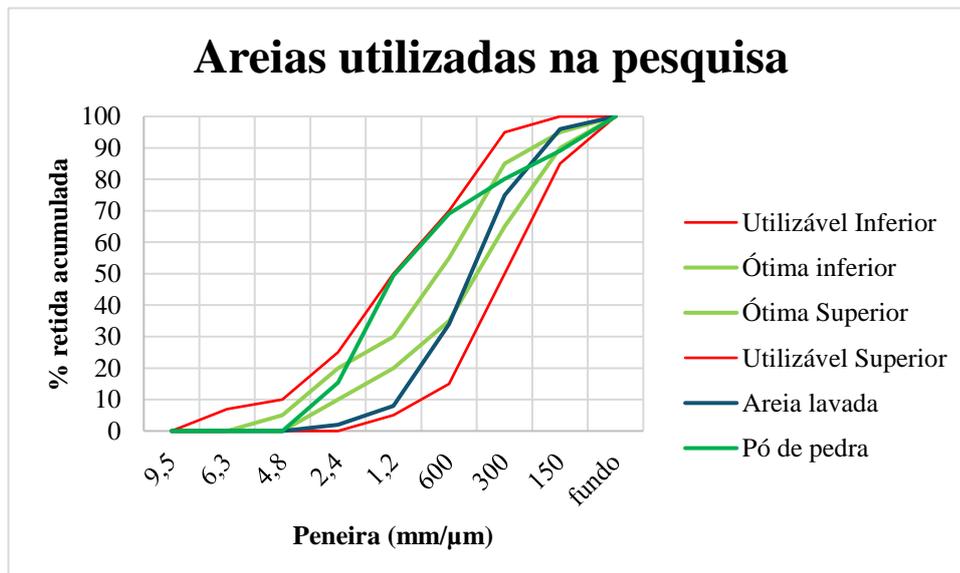
Tabela 2 – Resultado do ensaio granulométrico referente ao pó de brita.

Agregado Miúdo - Pó de Brita - Média		
Nº Peneira	Abertura (mm)	Material Retido Acumulado (%)
3/8"	9,5	0
1/4"	6,3	0
4	4,8	0
8	2,4	15
16	1,2	49
30	600	69
50	300	80
100	150	89
Fundo		100
Modulo de Finura		3,03
Gradação granulométrica		Areia utilizável

Fonte: Autor, (2024).

A comparação entre os dados das tabelas está ilustrada no Gráfico 2, que define a distribuição granulométrica de cada um dos agregados.

Gráfico 2 – Comparação entre os resultados encontrados na análise granulométrica.



Fonte: Autor, (2024).

A partir da análise do gráfico supracitado, constata-se que tanto a areia lavada quanto o pó de brita encontram-se em conformidade com os requisitos estabelecidos pela NBR 17054 (2022). Dessa forma, os materiais avaliados demonstram-se adequados para utilização.

Ressalta-se que uma análise granulométrica que apresenta conformidade com os parâmetros normativos é fundamental para assegurar a qualidade dos agregados. Tal conformidade contribui para a otimização do desempenho dos materiais aplicados na construção civil, promovendo não apenas a eficiência das obras, mas também garantindo sua durabilidade e segurança estrutural.

4.2 Densidade aparente

Os resultados referentes aos quatro tipos de concreto analisados estão expostos na Tabela 3, após todos ensaios propostos pela NBR 13.278 (2005).

Tabela 3 - Densidade do concreto no estado reológico.

Densidade - Concretos (Estado Reológico)			
	Massa (g)	Volume (ml)	Densidade (g/ml)
Parede comum	696,21	400	1,7405
Parede 10	669,28	400	1,6732
Parede 20	668,60	400	1,6715
Parede 30	662,52	400	1,6563

Fonte: Autor, (2024).

Verifica-se que o concreto contendo pérolas de EPS apresenta uma densidade inferior, caracterizando-se, portanto, como um concreto leve, conforme demonstrado em estudos como os da Abrapex, Ganesh Babu e Saradhi Babu (2002), Miled et al. (2004), entre outros.

4.3 Investigação sobre o comportamento térmico - Método prático

O método prático proposto por Romão (2019) será evidenciado no presente estudo por meio da Tabela 4, a qual apresenta o desempenho térmico das quatro paredes analisadas. Com base nos resultados expostos na referida tabela, a elaboração do Gráfico 3 permite que os dados sejam melhor visualizados e avaliados, proporcionando uma análise mais precisa e quantitativa dos resultados obtidos.

A tabela apresentada corresponde à representação dos valores obtidos por meio do uso da câmara térmica durante o ensaio realizado nas paredes, ao longo dos vinte minutos estabelecidos pelo método prático descrito por Romão (2019). Esses valores foram utilizados

como base para a determinação de qual parede oferece o melhor desempenho em termos de conforto térmico em comparação às demais.

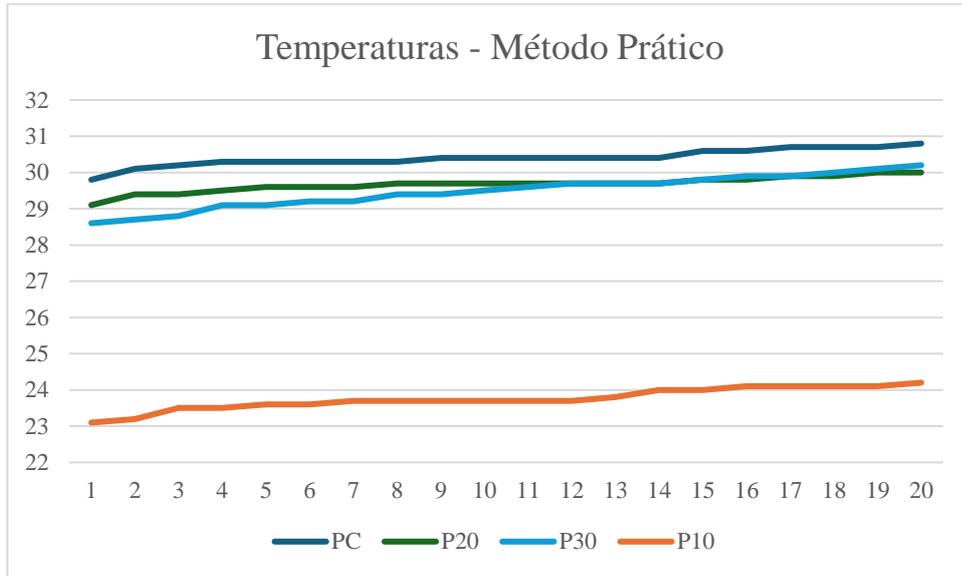
Tabela 4 – Desempenho térmico das paredes.

Tempo (min)	Temperatura (°C)			
	PC	P10	P20	P30
1	29,8	23,1	29,1	28,6
2	30,1	23,2	29,4	28,7
3	30,2	23,5	29,4	28,8
4	30,3	23,5	29,5	29,1
5	30,3	23,6	29,6	29,1
6	30,3	23,6	29,6	29,2
7	30,3	23,7	29,6	29,2
8	30,3	23,7	29,7	29,4
9	30,4	23,7	29,7	29,4
10	30,4	23,7	29,7	29,5
11	30,4	23,7	29,7	29,6
12	30,4	23,7	29,7	29,7
13	30,4	23,8	29,7	29,7
14	30,4	24	29,7	29,7
15	30,6	24	29,8	29,8
16	30,6	24,1	29,8	29,9
17	30,7	24,1	29,9	29,9
18	30,7	24,1	29,9	30
19	30,7	24,1	30	30,1
20	30,8	24,2	30	30,2
Temperatura ambiente	30,9	24,2	30,3	29

Fonte: Autor, (2024).

O Gráfico 3 constitui um modelo adicional para a observação das temperaturas obtidas no estudo sobre o conforto térmico das paredes, proporcionando uma forma complementar de análise comparativa em relação à tabela previamente exposta.

Gráfico 3 – Desempenho térmico apresentado pelas alvenarias.



Fonte: Autor, (2024).

Considerando que a temperatura ambiente no momento das análises de transferência de calor pode ocasionar variações nos resultados, tornou-se necessário registrar todas elas por cada parede analisada. A seguir, apresentam-se os dados correspondentes:

- PAREDE CONVENCIONAL (PC): 30,9 °C
- PAREDE COM 10% (P10): 24,2 °C
- PAREDE COM 20% (P20): 30,3 °C
- PAREDE COM 30% (P30): 29,0 °C

Dado que as temperaturas ambientes variaram entre as quatro análises realizadas, a fim de garantir uma avaliação mais precisa, considerou-se a diferença de temperatura entre o minuto 20 e o minuto 1 para cada parede. A seguir, apresentam-se os resultados dessa análise:

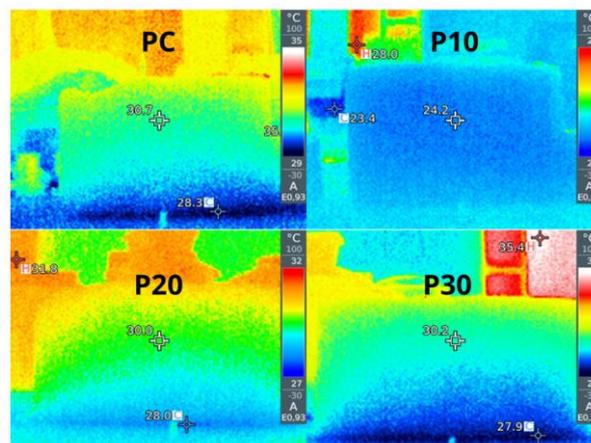
- PAREDE CONVENCIONAL (PC): $30,8 - 29,8 = 1,00$ °C
- PAREDE COM 10% (P10): $24,2 - 23,1 = 1,1$ °C
- PAREDE COM 20% (P20): $30 - 29,1 = 0,9$ °C
- PAREDE COM 30% (P30): $30,2 - 28,6 = 1,6$ °C

Ao examinar os resultados obtidos nos ensaios, verifica-se que a parede com 20%

de pérolas de EPS em sua composição (P20) demonstra o melhor desempenho térmico em comparação com as demais paredes avaliadas. Esse resultado corrobora as conclusões apresentadas no estudo de Farias (2021). A parede P30, embora contenha uma maior proporção de EPS em sua composição, apresentou o pior desempenho em comparação às demais. Esse resultado pode ser atribuído à variação significativa de temperatura registrada nos minutos iniciais da exposição térmica, o que gerou uma maior discrepância entre as temperaturas inicial e final em relação aos outros ensaios. Tal comportamento pode ser explicado por possíveis alterações no ambiente durante as medições, uma vez que a tendência esperada seria a redução contínua da condutividade térmica da matriz cimentícia. Dessa forma, no que tange ao conforto térmico, o desempenho da parede deveria ser superior, ainda que essa configuração possa comprometer outras propriedades da matriz.

A Figura 19 ilustra os resultados da análise térmica das paredes, obtidos por meio de uma câmera térmica. Para assegurar maior precisão na análise ao longo do tempo estipulado pelo método prático, a câmera foi direcionada continuamente para o mesmo ponto de foco, coincidente com a área onde o soprador térmico emitia o calor.

Figura 19 – Fotos da câmera térmica.



Fonte: Autor, (2024).

4.4 Resultados sobre a viabilidade econômica sobre a composição das paredes com EPS

A Tabela 5 detalha os custos, por m², de execução de dois tipos de paredes estudadas, a parede comum e a parede com 20% de EPS em sua composição, sendo ela escolhida por ter apresentado o melhor resultado em relação às demais. Com base nas dimensões adotadas neste estudo e utilizando como referência preços fornecidos por empresas citadas no capítulo anterior. A análise revelou uma diferença de apenas R\$ 25,18 por metro quadrado (m²) entre as paredes.

Tabela 5 - Análise econômica das paredes estudadas.

Parede convencional					
	Cimento (kg)	Areia (kg)	Cal (kg)	EPS (l)	Pó de brita (l)
Concreto	12,56	63,75	0,00	0,00	75,00
Argamassa assentamento	1,50	12,75	2,13	0,00	0,00
Chapisco	9,38	116,88	26,56	0,00	0,00
Argamassa revestimento	9,38	116,88	26,56	0,00	0,00
Parede com 20% de EPS					
	Cimento (kg)	Areia (kg)	Cal (kg)	EPS (l)	Pó de brita (l)
Concreto	12,56	51,00	0,00	7,50	75,00
Argamassa assentamento	1,50	12,75	2,13	0,00	0,00
Chapisco	9,38	116,88	26,56	0,00	0,00
Argamassa revestimento	9,38	93,50	26,56	13,75	0,00
Valor unitário de cada material					
	Cimento (kg)	Areia (kg)	Cal (kg)	EPS (l)	Pó de brita (l)
R\$	0,76	0,06	1,75	1,29	16,00
Custo parede convencional					
	Cimento (kg)	Areia (kg)	Cal (kg)	EPS (l)	Pó de brita (l)
Concreto	9,55	3,83	0,00	0,00	1200,00
Argamassa assentamento	1,14	0,77	3,72	0,00	0,00
Chapisco	7,13	7,01	46,48	0,00	0,00
Argamassa revestimento	7,13	7,01	46,48	0,00	0,00
R\$	R\$ 24,94	R\$ 18,62	R\$ 96,69	R\$ 0,00	R\$ 1.200,00
Total(m²):	R\$ 1.340,24				
Custo parede com 20% de EPS					
	Cimento (kg)	Areia (kg)	Cal (kg)	Eps (l)	Pó de brita (l)
Concreto	9,55	3,06	0,00	9,65	1200,00
Argamassa assentamento	1,14	0,77	3,72	0,00	0,00
Chapisco	7,13	7,01	46,48	0,00	0,00
Argamassa revestimento	7,13	5,61	46,48	17,70	0,00
R\$	24,94	16,45	96,69	27,35	1200,00
Total(m²):	R\$ 1.365,42				

Fonte: Autor, (2024).

5 CONCLUSÃO

Este estudo apresentou, de maneira prática, a influência da incorporação de pérolas de EPS na matriz cimentícia de concreto e argamassa de revestimento. Observou-se que, no estado endurecido, a condutividade térmica dos concretos e argamassas contendo EPS foi reduzida em comparação com o concreto convencional, o que pode ser atribuído à menor condutividade térmica das pérolas de EPS em relação a outros materiais. No estado reológico, a adição de EPS também influenciou a massa específica, dado que, por ser um material leve, a sua incorporação resultou em um concreto leve.

Quanto à proporção ideal de pérolas de EPS na composição do concreto e argamassa, dentre as quatro situações propostas, a proporção de 20% (P20) demonstrou os melhores resultados em termos de desempenho térmico. Esta constatação corrobora os achados de Farias (2021), que também identificou a eficácia dessa proporção em estudos sobre argamassas.

Além disso, foi realizada uma análise comparativa de custos entre uma parede convencional e uma parede com adição de 20% de EPS, proporção que apresentou os resultados mais favoráveis. Dessa forma, conclui-se que o uso de pérolas de EPS oferece uma relação custo-benefício vantajosa, tendo em vista termos de conforto térmico.

5.1 Sugestões para outros trabalhos

1. Expandir a aplicação do Método Prático a paredes com maiores percentuais de EPS;
2. Realizar comparações com paredes constituídas por materiais de diversas composições, como tijolo cerâmico, bloco de concreto maciço e tijolo ecológico;
3. Realizar simulações computacionais para comparar os valores obtidos;
4. Comparar as diferentes porcentagens de argamassa de revestimento com EPS utilizadas em parede convencional de tijolo cerâmico;
5. Aplicar o Método Prático utilizando uma fonte de calor natural;
6. Atribuir ao Método Prático uma análise com mais tempo de estudo;
7. Utilizar a potência máxima do soprador térmico para obtenção de valores críticos.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12655: Concreto – Preparo, controle, recebimento e aceitação do concreto**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13278: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Determinação da densidade de massa e do teor de ar incorporado**. Rio de Janeiro: ABNT, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 17054: Agregados — Determinação da composição granulométrica**. Rio de Janeiro: ABNT, 2022.
- AGOPYAN, V. **O desafio da sustentabilidade na construção civil**. Volume 5/Vahan Agopyan, Vanderley M. John; José Goldemberg, coordenador. – São Paulo: Blucher, 2011.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (ABRAPEX). **Manual de utilização do EPS na construção civil**. São Paulo: Pini, 2006.
- BARROCA, P. A. G. **Comportamento Reológico e Mecânico de Argamassas com Agregados Leves**. Dissertação de Mestrado. Universidade da Beira Interior. Covilhã, 2013.
- BEZERRA, L. A. C.; GURGEL, T. L.; MENDES, J. U. L.; MARINHO, G. S. **Bloco alternativo para isolamento térmico de paredes**. In: I Simpósio de conforto térmico da UFPI. Teresina-PI, 26 a 28 de agosto, 2003b.
- BEZERRA, L. A. C. **Análise do Desempenho Térmico de Sistema Construtivo de Concreto com EPS Como Agregado Graúdo**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, 2003.
- BEZERRA, L. A. C.; GURGEL, T. L.; MENDES, J. U. L.; MARINHO, G. S. **Desempenho térmico de parede com bloco de concreto leve**. In: Simpósio de Desempenho térmico de sistemas construtivos alternativos. Natal-RN, 06 a 08 de agosto, 2003a.
- BOURDEAU, L. **Sustainable Development And The Future Of Construction: A Comparison Of Visions From Various Countries**. Building Research & Information. Vol 27. pp. 354-366. 1999
- BRANCO, F. G. **Materiais de construção: Agregados. Moçambique**. 2014. 57 slides. Licenciatura em Engenharia Civil – Unilúrio. Apresentação em Power-point. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/disciplina/hidraulica-e-abastecimento>>. Acesso em: 14 set. 2024.
- BRÁS, A; LEAL, M; FARIA, P. **Cement - cork mortars for thermal bridges correction. Comparison with cement-EPS mortars performance**. Construction and Building Materials, Vol 49. pp. 315-327. 2013.
- CARASEK, H. **Argamassas**. In: Isaia, G.C. (ed.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**, São Paulo, IBRACON, pp. 892- 944,2010.

COSENTINO, L. T. **Sustentabilidade na Construção Civil: Proposta de diretrizes baseadas nos selos de certificação ambiental**. Dissertação de Mestrado em Ambiente Construído, UFJF, p. 134, 2017.

DIXIT, A.; PANGA, S. D.; KANGB, S. H.; MOONB, J. **Lightweight structural cement composites with expanded polystyrene (EPS) for enhanced thermal insulation**. Cement and Concrete Composites. ScienceDirect. Gwanak-gu , v.102, 2019, p. 185–197, Gwanak-gu, Set. 2019.

ESCOLA, J. M.; SANTOS, J. **Bloco de concreto vazado com Poliestireno Expandido (EPS)**. In: 3º Encontro em Engenharia de Edificações e Ambiental. Cuiabá, 2015.

FARIAS, S. M.; **Argamassa para revestimento com adição de resíduos de EPS**. Dissertação de mestrado. Passo Fundo: Faculdade Meridional, 2021.

FARIAS, S. M.; LERMEN, R. T.; SILVA, R. A.; SCOPEL, G. C. **Argamassa Leve para Regularização de Pisos com Adição de Resíduos de EPS**. In: Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, v. 18, Porto Alegre, 2020.

GANESH BABU, K.; SARADHI BABU, D. **Behaviour of Lightweight Expanded Polystyrene Concrete Containing Sílica Fume**. Cement and Concrete Research, v. 2249, p. 1-8, 2002.

GONÇALVES, P.; VASCONCELOS, R. **Avaliação térmica, física e mecânica de blocos de concreto com poliestireno expandido reciclado**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 19, n. 4, p. 249-269, out./dez. 2019.

INCROPERA, F. P.; DEWITT, D. P.; BERGMAN, T. L.; LAVINE, A. S. **Fundamentos de Transferência de Calor e Massa**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014.

KIBERT, C. J. **Establishing Principles And A Model For Sustainable Construction**. In: First World Conference on Sustainable Construction. 1994

KIBERT, C. J. **The Next Generation Of Sustainable Construction**. In: Building Research & Information. Vpl. 35. pp. 595 - 601. 2007

KIBERT, C. J. **Sustainable Construction, Green Building Desing and Delivery**. Editora Wiley. 4ª Edição. New Jerse, EUA. 2016.

LEAL, M. M. R.; **Desenvolvimento de argamassas de revestimento com comportamento térmico melhorado**. Dissertação de mestrado. Setúbal: Instituto Politécnico de Setúbal, 2012.

MACIEL, L. L.; BARROS, M. M. S. B. SABBATINI, F. H. **Recomendações para a Execução de Revestimentos de Argamassa para Paredes de Vedação Internas e Exteriores e Tetos**. Apostila da Disciplina Tecnologia e Gestão da Produção de Obras Civis: Edifícios. Universidade de São Paulo. São Paulo, 1998.

MORAES, C. B.; BRASIL, P. de C. **Estudo da viabilidade do Poliestireno Expandido (EPS) na produção de edificações com baixo impacto ambiental**. In:4º SEMINÁRIO NACIONAL DE CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Nosso futuro comum** (negrito). Comissão Mundial de Meio Ambiente. Editora Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 1991.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. **Nosso Futuro Comum**. Organização das Nações Unidas. **Resolution adopted by the General Assembly on 16 September 2005**.

PASSOS, P. M; CARASEK, H. **Argamassas com resíduos para revestimento isolante térmico de parede pré-moldada de concreto**. Cerâmica 64, Vol 64. pp. 577-588. 2018.

PINHEIRO, M. D. **Construção Sustentável - Mito ou Realidade?** In: VII Congresso Nacional de Engenharia do Ambiente. Lisboa. 2003

PIRES, R. **Desenvolvimento de Argamassas com Adição de Poliestireno Expandido**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Santa Catarina. Joinville, 2017.

PORTAL DO CONCRETO. **Concreto leve**. Disponível em: <https://www.portaldoconcreto.com.br/concreto-leve>. Acesso em: 14 de set. 2023.

QUEIROZ, N. T. **Construções Sustentáveis na Engenharia Civil e a Responsabilidade Socioambiental**. Revista Brasileira de Gestão Ambiental. Vol.3(6), pp. 255 - 263. 2016

ROMÃO, E. A. **Análise do Desempenho Térmico em Tijolo Ecológico Confeccionado com Uso de Argila Expandida**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Alagoas. Delmiro Gouveia, 2019.

ROSSIGNOLO, J. A. **Concreto Leve de Alto Desempenho Modificado Com SB Para Pré - Fabricados Esbeltos: dosagem, produção, propriedades e microestrutura**. São Carlos, 2003.211 f. Tese (Doutorado em Ciência e Engenharia de Materiais) – Escola de Engenharia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2003.

SOUSA, A. J. C. **Aplicação de Argamassas Leves de Reboco e Assentamento em Alvenarias**. Dissertação Mestrado. Faculdade em Engenharia, Universidade do Porto, Mar. 2010.

SOUSA, R. C. R.; LIMA, D. P.; SILVA, M. D. R. T. A. **Avaliação de desempenho de concreto leve com adição de Poliestireno Expandido (EPS): revisão de literatura**. Engineering Sciences, v.8, n.3, p.45-52, 2020. DOI: <http://doi.org/10.6008/CBPC2318-3055.2020.003.0005>

THOMAZ, E. **Chapisco, emboço e reboco são fundamentais para a boa qualidade do acabamento**. Revista aecweb, disponível <<https://www.aecweb.com.br/revista/materias/chapisco-emboco-e-reboco-sao-fundamentais-para-a-boa-qualidade-do-acabamento/11328>>, acesso em set. 2024.

VIEIRA, M.G. **Betões de elevado desempenho com agregados leves - Durabilidade e microestrutura**. Dissertação mestrado - Instituto Superior Técnico da Universidade Técnica de Lisboa. Lisboa, 2000

www.embrapa.br/agencia-de-informacao-tecnologica/tematicas/bioma-caatinga/clima/temperatura-e-umidade-relativa - Acesso: 13/09/2023

www.termovale.com.br/pt-br/novidades-e-dicas/o-que-e-eps-o-que-e-isopor. Acesso: 20/08/2024