

UNIVERSIDADE FEDERAL DOS VALES DO JEQUITINHONHA E MUCURI

Instituto de Ciências Agrárias

Curso de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental

Rosy Mara Oliveira da Silva

**USO E APLICAÇÃO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**Unai
2023**

Rosy Mara Oliveira da Silva

USO E APLICAÇÃO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao programa de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Hellen Pinto Ferreira Deckers

**Unai
2023**

Rosy Mara Olivera da Silva

USO E APLICAÇÃO DO POLIESTIREN EXPANDIDO (EPS) NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao programa de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel.

Orientador: Prof.^a Dr.^a Hellen Pinto Ferreira Deckers

Data de aprovação ____/____/____.

Prof. Dr. Marcelo Bastos Cordeiro
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM

Prof. Dr. Angelo Danilo Faceto
Instituto de Ciências Agrárias - UFVJM

Prof.^a Dr.^a Hellen Pinto Ferreira Deckers
Instituto e de Ciências Agrárias - UFVJM

**Unai – MG
2023**

AGRADECIMENTOS

Quero começar agradecendo a Deus por ter me guiado e ter me concedido saúde e sabedoria durante toda a trajetória acadêmica.

A minha mãe Maria Joana da Silva Macedo por todo o esforço prestado durante esse processo e por acreditar em mim quando eu não acreditava aos meus irmãos Mayara Aparecida Oliveira da Silva e Pedro Gabriel Oliveira da Silva por estarem sempre presentes, vocês são uma fonte de inspiração aos meus sobrinhos por serem minha alegria e a minha Avó Maria Silva Ramos que sempre esteve em oração por mim para que desse tudo certo e a todos os meus familiares tios(as), primos(as) aos meus afilhados que sempre me apoiaram e encorajaram em todas as etapas da minha trajetória acadêmica. Quero expressar minha profunda gratidão e homenagear a memória do meu pai Wadson José Oliveira Macedo que mesmo não estando fisicamente presente, sinto sua influência e sabedoria em cada passo que dou.

A minha orientadora professora Dr^a Hellen Deckers por me guiar, por todas as sugestões valiosas, dedicação incansável, compreensão e apoio. Foi uma honra ter você como minha orientadora.

Aos meus amigos em especial Lays Colen, Paula Barbosa, Isamara Aparecida, Sonielli Pereira, Patrícia Carvalho, Ricardo Junior, Beatriz Mendes, Creudeci Xavier, Ana Paula, Northon Matheus, Maria Luiza, Wellyk Andrade, Marcos Luiz, Guilherme Santos, Junior Fonseca e Janyne Vitorino pelo apoio incondicional ao longo dessa jornada acadêmica. Vocês estiveram ao meu lado nos momentos desafiadores, incentivaram-me a persistir e celebraram minhas conquistas.

Agradeço ao Prof. Dr. Marcelo Bastos Cordeiro e ao Prof. Dr. Angelo Danilo Faceto pelas recomendações fornecidas neste trabalho.

Agradeço a toda comunidade acadêmica da UFVJM - Campus Unaí/MG, pelo aprendizado e os ensinamentos prestados.

Por fim, quero deixar meus agradecimentos a todas as pessoas que de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho. Dedico esse trabalho a todos vocês, o meu muito obrigado

RESUMO

O presente trabalho aborda o uso e aplicação do Poliestireno Expandido (EPS) na construção civil, com o objetivo de apresentar diversas aplicações desse material no setor e analisar sua viabilidade, vantagens e desvantagens. Inicialmente, são discutidos estudos sobre o EPS e suas diferentes aplicações na construção civil. O texto destaca os benefícios desse material, incluindo sua capacidade de ser utilizado em diversos aspectos dos sistemas construtivos, tais como painéis monolíticos em EPS, fundações para estradas em solos moles, concreto leve, lajes pré-moldadas e isolamento térmico e acústico. Além disso, enfatiza-se sua versatilidade e facilidade de moldagem, e são apresentadas comparações com outros materiais de construção convencionais. A análise comparativa entre diferentes sistemas construtivos com a utilização do EPS revelou benefícios significativos, como simplicidade de execução, economia de tempo e redução de custos. Ainda, a substituição parcial do agregado graúdo pelo EPS no concreto demonstrou propriedades vantajosas, como a redução do peso das estruturas. Conclui-se que, com base nos resultados apresentados, o uso do EPS se mostrou vantajoso na maioria dos estudos analisados. No entanto, é recomendável avaliar cuidadosamente as características e necessidades de cada projeto, buscando uma solução que equilibre eficiência, desempenho e viabilidade econômica. A constante evolução e pesquisa no campo da construção civil oferecem oportunidades para aprimorar os sistemas construtivos existentes e explorar novas tecnologias, visando a construção de edificações mais sustentáveis, eficientes e economicamente viáveis.

Palavras chave: Poliestireno Expandido (EPS), Construção Civil, Sustentabilidade, Concreto Leve.

ABSTRACT

The present work addresses the use and application of Expanded Polystyrene (EPS) in civil construction, with the objective of presenting several applications of this material in the sector and analyzing its viability, advantages and disadvantages. Initially, studies on EPS and its different applications in civil construction are discussed. The text highlights the benefits of this material, including its ability to be used in various aspects of construction systems, such as monolithic panels in EPS, foundations for roads in soft soils, lightweight concrete, precast slabs and thermal and acoustic insulation. In addition, its versatility and ease of molding are emphasized, and comparisons with other conventional building materials are presented. The comparative analysis between different construction systems using EPS revealed significant benefits, such as simplicity of execution, time savings and cost reduction. Also, the partial replacement of coarse aggregate by EPS in concrete showed advantageous properties, such as reducing the weight of structures. It is concluded that, based on the results presented, the use of EPS proved to be advantageous in most of the analyzed studies. However, it is advisable to carefully evaluate the characteristics and needs of each project, seeking a solution that balances efficiency, performance and economic viability. The constant evolution and research in the field of civil construction offer opportunities to improve existing construction systems and explore new technologies, aiming at building more sustainable, efficient and economically viable buildings.

Keywords: Expanded Polystyrene (EPS), Civil Construction, Sustainability, Lightweight Concrete.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Fluxograma de reciclagem mecânica do EPS.	18
Figura 2 - Elementos de uma laje de isopor.	19
Figura 3 - O uso de blocos de EPS e demais materiais no enchimento de lajes.	20
Figura 4 - Esquema de enchimento em parede.	21
Figura 5 - Aplicação do EPS em solos moles.	22
Figura 6 - Laje maciça.	25
Figura 7 - Laje pré-moldada treliçada com EPS.	26
Figura 8 - Encaixe dos painéis sobre a fundação.	27
Figura 9 - Aplicação do revestimento.	28
Figura 10 - Encaixe dos painéis sobre a fundação.	28
Figura 11 - Procedimento de teste de queda de concreto.	30
Figura 12 - Ensaio de slump test e moldagem.	31
Figura 13 - Imagem da aplicação do EPS na rodovia (SP-360).	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vantagens do uso de EPS na construção civil em relação ao meio ambiente.	15
Tabela 2 - Desvantagens do uso de EPS na construção civil em relação ao meio ambiente. .	16
Tabela 3 - Características exigíveis do EPS conforme NBR 11752:2016.	17
Tabela 4 - Características dos sistemas de pisos analisados.	32
Tabela 5 - Padrão ponderado para critério de nível de pressão sonora de impacto, $L'nT$, WdB.	32
Tabela 6 - Padrão ponderado para critério de nível de pressão sonora de impacto, DnT , WdB.	32
Tabela 7 - Espessura, Peso próprio e flechas totais e admissíveis.....	33
Tabela 8 - Momentos fletores máximos positivos e negativos e cortante máximo.	34
Tabela 9 - Comparação entre os dois métodos construtivos.	35
Tabela 10 - Resultados da massa específica, índice de vazios e absorção.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABRAPEX	Associação Brasileira do Poliestireno Expandido
CBUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CYPECAD	Software para projeto e cálculo estrutural
EPS	Poliestireno expandido (Expanded Polystyrene)
ISO	Organização Internacional de Padronização (International Organization for Standardization)
NBR	Norma Brasileira Registrada
ONU	Organização das Nações Unidas
PEAD	Polietileno de Alta Densidade
PET	Tipo de resina termoplástica da família dos poliésteres

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 REVISÃO LITERARIA	14
2.1 CARACTERÍSTICAS DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)	16
2.2 RECICLAGEM DO EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	17
2.3 POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA CONSTRUÇÃO CIVIL	18
2.3.1 LAJES PRÉ-FABRICADAS COM USO DE EPS	19
2.3.2 PAINÉIS MONOLÍTICOS EM EPS	20
2.3.3 FUNDAÇÃO PARA ESTRADAS EM SOLOS MOLES	21
2.3.4 CONCRETO LEVE	23
2.3.5 ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO	23
3 MATERIAL E METODOS	24
3.1 LAJES PRÉ-FABRICADAS COM USO DE EPS	24
3.2 PAINÉIS MONOLITICOS EM EPS	26
3.3 FUNDAÇÃO PARA ESTRADAS EM SOLOS MOLES	28
3.4 CONCRETO LEVE	29
3.5 ISOLAMENTO ACÚSTICO	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	33
4.1 LAJES PRÉ-FABRICADAS COM USO DE EPS	33
4.2 PAINÉIS MONOLITICOS EM EPS	34
4.3 FUNDAÇÃO PARA ESTRADAS EM SOLOS MOLES	35
4.4 CONCRETO LEVE	36
4.5 ISOLAMENTO ACÚSTICO	38
5 CONCLUSÃO	38
6 REFERÊNCIAS	40

1 INTRODUÇÃO

Na atualidade, percebe-se que o crescente desenvolvimento tecnológico e o crescimento econômico trouxeram benefícios nos diversos setores em nosso país. Porém o contexto contemporâneo atual apresenta uma preocupação mundial com a conservação ao meio ambiente, nos diversos setores da coletividade.

Em 1992 aconteceu no Rio de Janeiro a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento e nela ficou definido “o desenvolvimento sustentável como norteador das políticas públicas ambientais” (TESSARI, 2006, p. 12). Em resumo, a Organização das Nações Unidas (ONU) explicou que desde a conferência o desenvolvimento deverá seguir normal ao longo de seu curso, contudo de modo que não afete o desenvolvimento das futuras gerações pela utilização inconsequente dos recursos naturais do planeta de maneira como vem acontecendo há séculos. Segundo Bertol (2015, p. 12) a partir de então, vêm sendo desenvolvidos estudos, programas e normas que abordam a questão do esgotamento dos recursos naturais não renováveis. Aliada a isso, o desenvolvimento de novas tecnologias proporcionou o surgimento de novas ideias de matéria-prima, substituindo assim os materiais tradicionais por materiais alternativos. Nesse contexto, as novas tecnologias têm se mostrado fundamentais para enfrentar esses desafios, e uma delas é o Poliestireno Expandido (EPS), que apresenta um potencial promissor na construção civil.

A construção civil é uma área onde existem grandes investimentos em tecnologia e pesquisa, os quais garantem uma constante evolução desta área, através da descoberta de novos materiais e técnicas. Entre estes novos materiais que estão sendo aplicados na construção civil encontra-se o EPS, no Brasil mais conhecido como Isopor®, que na verdade é uma marca registrada (BERLOFA, 2009). O EPS é utilizado na construção civil por pelo menos 30 anos, tornando-se conhecido no início dos anos 90 na indústria norte-americana. Aproximadamente em 2010 essa tecnologia começou a ser difundida no Brasil. Se tornando um material vantajoso com a finalidade do uso na construção civil, pois mostra algumas características como: leveza, baixa condutividade térmica, resistência mecânica e fácil manuseio.

De acordo com (SANTIAGO; FREITAS; CRASTO, 2012), os processos de construção civil no Brasil são considerados muito artesanais pois ainda, possuem desvantagens, tais como a baixa produtividade e desperdício. Contudo, Bauer (2012, p. 2) argumenta que a tecnologia avança com rapidez e o engenheiro precisa estar atualizado para poder aproveitar as técnicas mais avançadas, utilizando materiais de melhor padrão e menor custo. Além disso, deve estar sempre atento aos novos conhecimentos e invenções, de modo que o estudo dessa matéria seja uma constante em toda a sua vida profissional.

Assim, o uso do EPS se mostra promissor por apresentar vantagens quanto a versatilidade de uso, propriedade isolante acústica e térmica, baixa densidade e consequente redução de custo, tempo e consumo de energia em projetos de construção civil (OLIVEIRA, 2013).

Segundo Balbo e Tosta (2012), o Poliestireno Expandido (EPS), por si só, não apresenta propriedades poluentes ou contaminantes para o meio ambiente. No entanto, sua degradação pode levar até 150 anos, o que pode causar problemas ambientais significativos. A norma ISO 14.000, que estabelece diretrizes para a gestão ambiental, exige que todos os resíduos gerados por empresas recebam uma destinação adequada. Infelizmente, nem sempre essa norma é seguida e, em alguns casos, a queima do material é adotada, agravando assim os problemas de aquecimento global e poluição do ar.

De acordo com Paiva (2011), vários setores na construção civil fazem o uso do EPS: enchimento de lajes e formas para concreto; lajes nervuradas em edifícios; painéis divisórios; painéis autoportantes; fundações para estradas; concreto leve; isolamento térmico; drenagem, entre outros.

Surgiram algumas hipóteses que auxiliam na obtenção desses objetivos, as quais exibem quando utilizado o EPS em substituição aos agregados graúdos na produção do concreto, procede em uma menor massa específica, perda do volume absoluto de concreto, da energia empregue no transporte e no processo construtivo, por fim do consumo de energia no condicionamento térmico dos estabelecimentos. Não podendo ser colocado com ocupação estrutural, pois não afirma uma vez suficiente com valores necessários de resistência à compressão.

Portanto este trabalho tem por objetivo apresentar pesquisas de EPS e diferentes aplicações como material para construção civil e estudos sobre sua viabilidade e verificando suas vantagens e desvantagens.

2 REVISÃO LITERARIA

É necessário apresentar um embasamento teórico, a fim de contribuir para um melhor entendimento e explicação dos elementos utilizado nesse estudo, atualmente são usados cerca de 2,5 milhões de toneladas de Poliestireno Expandido (EPS) no mundo, enquanto no Brasil é utilizado cerca de 36,6 mil toneladas, sendo 1,5% do total.

A sustentabilidade é uma meta buscada mundialmente, pois há uma grande preocupação com o equilíbrio ambiental do planeta em todos aspectos possíveis. E como a construção civil tem uma grande capacidade de gerar resíduos, visto que, toda obra possui uma enorme quantidade de entulhos que causam vários problemas ambientais e sociais.

Com isso no decorrer da evolução humana, desenvolveu-se um grande avanço científico e tecnológico nas mais diversas áreas do conhecimento. Mas, aliado a esse grande avanço, o crescimento populacional e a falta de um consumo consciente produziram efeitos indesejados e preocupantes, os quais demonstraram a necessidade de criação de um novo modelo de desenvolvimento (BERTOL, 2015, p. 13).

O incentivo a utilização e criação de projetos que utilizem novos materiais e técnicas menos poluentes, que produzam construções de baixo impacto ambiental é sem dúvida necessário, pois “[...] a implementação de construções sustentáveis e ecológicas irá somar significativos benefícios ao meio ambiente como um todo, auxiliando no “bem-estar” do planeta e trazendo maior qualidade de vida para as pessoas” (TREVISAN, 2012, p. 6).”

De acordo com Rossignolo e Agnesini (2005), as primeiras indicações da aplicação dos concretos com agregados leves datam aproximadamente 1100 a.C., quando alguns construtores pré-colombianos, que viveram na atual cidade de EL Tajin (México), empregaram uma mistura de pedra-pomes com um ligante à base de cinzas vulcânicas e cal, para a construção de elementos estruturais.

Na construção civil muitos materiais podem ser reaproveitados provenientes da própria obra, no entanto devido à ausência de informação e com baixo investimento em pesquisa as práticas que vem ser adotadas para absorver os resíduos na área ficam restritas. Alguns dos exemplos de materiais que apresentam ciclo de vida na logística reversa (CHAGAS et al., 2011): sucata de ferro, latas de alumínio, baterias, papel, papelão, embalagens PET, vidro e EPS.

O EPS é frequentemente utilizado como material isolante em sistemas construtivos de paredes, telhados e lajes, devido à sua leveza, baixa condutividade térmica e acústica, e facilidade de manuseio, o que pode contribuir para a redução do consumo energético dos edifícios e melhorar o conforto térmico e acústico dos ambientes.

Compreender a importância do uso de materiais protetores na construção civil é essencial para minimizar o impacto ambiental causado pela atividade. Nesse contexto, o EPS tem sido uma opção cada vez mais utilizada, pois oferece algumas vantagens em relação a outros materiais.

Em relação ao meio ambiente, uma das principais vantagens do uso de EPS na construção civil é a sua capacidade de isolamento térmico, que reduz a necessidade de uso de ar condicionado e aquecedores, confiante para a economia de energia elétrica. Além disso, o EPS é um material reciclável, podendo ser reutilizado diversas vezes.

No entanto, é importante destacar que o uso do EPS na construção civil apresenta algumas desvantagens dentre elas sua baixa resistência mecânica, o que limita sua utilização em algumas partes da obra, como em estruturas que suportam grandes cargas. Além disso, o EPS pode ser inflamável e liberar gases tóxicos em caso de incêndio.

Para uma melhor compreensão das vantagens e segurança do uso do EPS na construção civil em relação ao meio ambiente, foram elaboradas duas tabelas, apresentadas a seguir:

Tabela 1 - Vantagens do uso de EPS na construção civil em relação ao meio ambiente.

Vantagens	Descrição
Isolamento Térmico	Reduz a necessidade de uso de ar condicionado e aquecedores, garantindo economia de energia.
Versatilidade de uso do EPS	Versatilidade de uso, podendo ser aplicado em diferentes partes da obra, como lajes, paredes, pisos e forros.
Baixo peso	Facilita a caminhada e transporte do material.
Redução dos custos	O uso do EPS pode reduzir os custos da construção, já que o material é mais barato que outros materiais tradicionais usados na construção civil.
Resistência à Umidade	Mantém suas características mesmo quando expostas à umidade.

Fonte: Adaptado de SOUSA, LIMA e SILVA, 2020.

Tabela 2 - Desvantagens do uso de EPS na construção civil em relação ao meio ambiente.

Desvantagens	Descrição
Inflamabilidade	Pode ser inflamável e liberar gases tóxicos em caso de incêndio.
Impacto visual	Pode não ser esteticamente agradável em algumas aplicações.
Impacto ambiental	Demora na mistura do material no meio ambiente (cerca de 150 anos), ganha para a geração de resíduos sólidos.
Dificuldade de reciclagem	O processo de reciclagem pode ser mais complicado em comparação a outros materiais.
Impacto produção	A produção depende de recursos naturais não renováveis, como o petróleo e o gás natural, que são fontes finitas e não renováveis.

Fonte: Adaptado de SOUSA, LIMA e SILVA, 2020.

2.1 CARACTERÍSTICAS DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

Os plásticos são materiais poliméricos, isto é, macromoléculas resultantes da união de muitas unidades de moléculas pequenas, compostos principalmente por carbono (C), hidrogênio (H) e eventualmente, não metálicos em sua composição, como oxigênio (O), nitrogênio (N), flúor (F), cloro (Cl), bromo (Br), entre outros. Esses elementos podem fazer parte das moléculas que compõem os polímeros que formam os plásticos, conferindo-lhes diferentes propriedades físicas e químicas. Eles pertencem a uma categoria de materiais orgânicos que possuem uma estrutura química baseada nessas substâncias (CALLISTER, 2002).

O EPS é um plástico celular rígido que se refere a um tipo de material que possui uma estrutura celular interna, ou seja, é composto por células vazias ou preenchidas com gás (geralmente ar) em seu interior. Essa estrutura celular confere ao material características de rigidez e leveza ao mesmo tempo. Formando a partir da polimerização do estireno em água, podendo assim, apresentar diversas formas geométricas tornando-se uma espuma moldada, constituída por um aglomerado de grânulos. A leveza, isolamento térmico e o baixo custo são características que tem fortalecido a presença do EPS no mercado consumidor (SANTOS, 2008).

Apesar de sua popularidade, é importante destacar as limitações do uso do EPS na construção civil, como a baixa resistência mecânica, durabilidade e capacidade de absorção de água. Além disso, a reciclagem do EPS pode ser um desafio, e é necessário discutir possíveis processos de reciclagem e sua viabilidade econômica.

São inúmeras as utilizações do EPS, no entanto há duas propriedades em específico que têm fortalecido cada vez mais à presença deste no mercado consumidor, como a sua extrema leveza e isolamento termoacústico, pois são propriedades estão diretamente ligadas a baixo custo. Atualmente o EPS apresentasse bem empregado em embalagens industriais, artigos para consumo (caixas térmicas, pranchas, porta-gelo, etc.), na agricultura e até mesmo na construção civil (ABRAPEX, 2006).

Segundo as diretrizes do Manual de Utilização de EPS na Construção Civil (2006), são estabelecidas regulamentações para o uso do EPS, incluindo critérios relacionados à classe e ao tipo do material. Essas características exigíveis devem ser observadas ao utilizar o EPS em projetos de construção, como mostra na tabela abaixo:

Tabela 3 - Características exigíveis para o uso do EPS.

Propriedades	Método de Ensaio	Unidade	Classe P			Classe F		
			I	II	III	I	II	III
Tipo de Material			I	II	III	I	II	III
Flamabilidade	NBR 1948	-	Material não retardante a chama			Material retardante à chama		
Massa Específica aparente	NBR 11949	kg/m ²	13-16	16-20	20-25	13-16	16-20	20-25
Resistencia à compressão com 10% de deformação	NBR 8082	kPa	≥60	≥70	≥100	≥60	≥70	≥100
Resistência à flexão	ASTMC-203	kPa	≥150	≥190	≥240	≥150	≥190	≥240
Absorção de água	NBR 7973	g/cm ² x100	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1	≤1
Permeabilidade ao vapor d'água	NBR 8081	Ng/Pa.s.m	≤7	≤5	≤5	≤7	≤5	≤5
Coefficiente de condutividade térmica a 23° C	NBR 12904	W/m.K	0,042	0,039	0,037	0,042	0,039	0,037

Fonte: ABRAPEX, 2006.

2.2 RECICLAGEM DO EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A reciclagem do EPS na construção civil tem sido um tema de crescente interesse, à medida que a indústria busca soluções sustentáveis para reduzir o impacto ambiental (Figura 1). O EPS é amplamente utilizado na construção civil por sua leveza, isolamento térmico e acústico, e baixo custo (BONOMI et al., 2012; FILHO et al., 2016; SILVA et al., 2015).

Figura 1 - Fluxograma de reciclagem mecânica do EPS.

Fonte: PGIRI, 2011.

Uma das possíveis formas de reciclar o EPS na construção civil é transformá-lo em agregado leve para concreto, substituindo parte do cimento ou da areia. O processo envolve a trituração do EPS em pequenos grânulos, que são então misturados com cimento ou areia para produzir concreto leve. Essa técnica pode reduzir o peso do concreto em até 50%, além de melhorar suas propriedades isolantes e acústicas (BONOMI et al., 2012; FILHO et al., 2016).

Outra forma de reciclar o EPS na construção civil é por meio da produção de blocos de construção de EPS. Esses blocos são feitos a partir da compactação de grânulos de EPS com aditivos químicos, formando um material rígido e resistente. Os blocos de EPS são leves e fáceis de manusear, e podem ser utilizados na construção de paredes, pisos e tetos. Além disso, eles têm propriedades isolantes e acústicas superiores às dos blocos de concreto convencionais (SILVA et al., 2015).

2.3 POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Por ser um material plástico no formato de espuma com micro-células fechadas, tendo em sua composição 2% de poliestireno e 98% de vazios contendo ar, na cor branca, reciclável, não poluente, fisicamente estável, por isso é considerado um ótimo material para ser isolante térmico.

Nos últimos 35 anos, o EPS consolidou sua posição como um material de destaque na indústria da construção civil. Sua popularidade se deve não apenas às suas propriedades isolantes, mas também à sua leveza, resistência, custo acessível e facilidade de manuseio (ABRAPEX, 2021).

Segundo Yazigi (2014, p. 592) o qual trata de maneira sucinta que o material pode ser usado para proteção e isolamento térmico, seja de lajes, telhados, paredes, dutos, confecção de pisos flutuantes, placas-sanduíches, moldes para concreto decorativo, juntas de dilatação, caixões para ser utilizados na forma de blocos para a confecção das lajes. O autor dar destaque para a utilização do material em forma circulares, na substituição da pedra britada, empregada em concretos leves.

Depois de realizar uma breve abordagem sobre o seu uso na construção civil, vale destacar as principais formas de uso e sua aplicação.

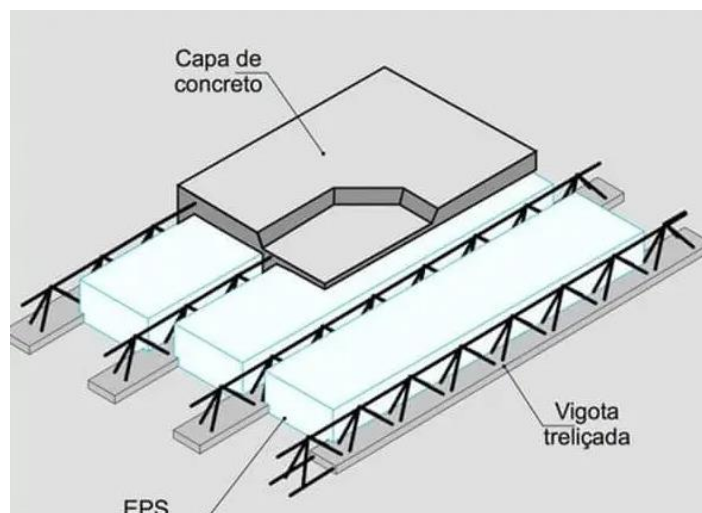
2.3.1 LAJES PRÉ-FABRICADAS COM USO DE EPS

As lajes são elementos planos e bidimensionais, classificados como superfícies, nos quais as dimensões de comprimento e largura são significativamente maiores do que a terceira dimensão, a espessura. Essas estruturas também são conhecidas como placas.

As lajes são elementos estruturais que correspondem por grande parte do concreto utilizado em uma obra, nas lajes maciças, por exemplo, chega-se a utilizar quase dois terços do volume total da estrutura. Com isso, torna-se bastante oportuno o estudo aprofundado na escolha do tipo de laje, visando obter as melhores soluções técnicas e econômicas (BERLOFA, 2009).

As lajes pré-fabricadas com EPS são estruturas compostas por vigotas pré-moldadas de concreto armado e um enchimento de EPS, conforme figura 2. Sendo que, o principal aspecto que as lajes pré-moldadas têm é a menor quantidade de concreto que se usa e acaba tendo um alívio do peso próprio da laje, utilizando-se desta maneira um elemento de enchimento.

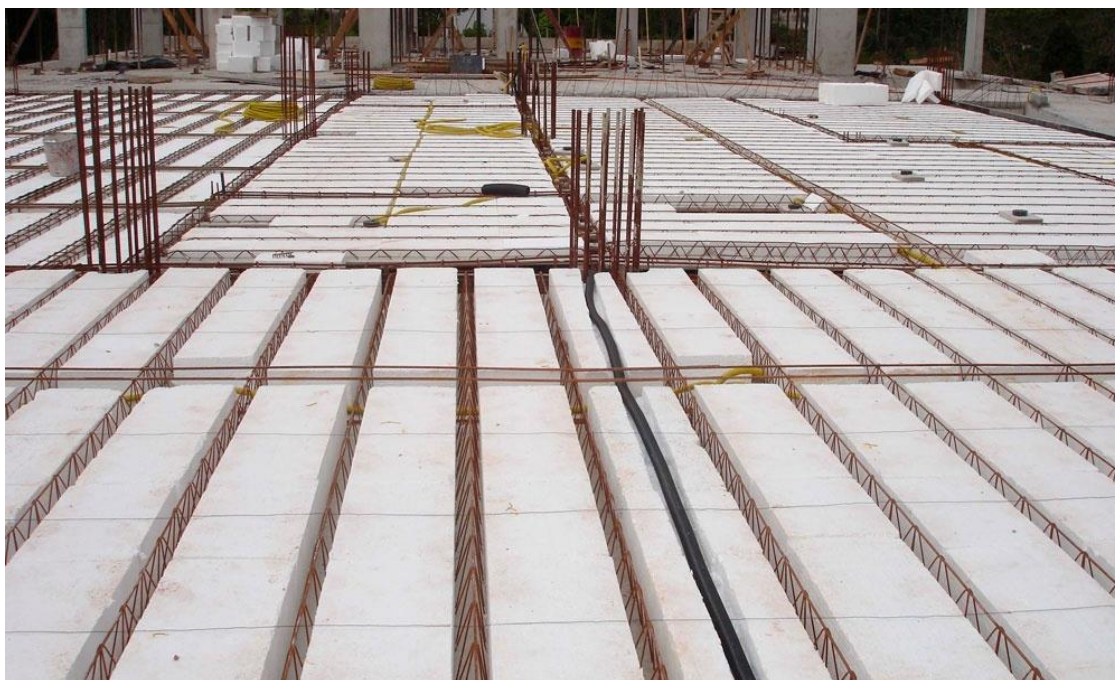
Figura 2 - Elementos de uma laje de isopor.



Fonte: Minerva Engenharia, 2018.

Segundo Catoia, Ferreira e Pinheiro (2016), as estruturas pré-fabricadas oferecem uma eficiência estrutural significativa, permitindo o uso de elementos mais esbeltos. Além disso, elas garantem o aproveitamento otimizado dos materiais, evitando desperdícios, conforme figura 3.

Figura 3 - O uso de blocos de EPS e demais materiais no enchimento de lajes.



Fonte: EPS DRYWALL¹.

2.3.2 PAINÉIS MONOLÍTICOS EM EPS

Segundo Camargo e Figueiredo (2019), o sistema de painéis de EPS é caracterizado como autoportante, ou seja, possui resistência estrutural suficiente para prescindir da utilização de pilares e vigas na construção de residências. Essa resistência é amplamente suportada por uma malha composta por barras de aço eletro soldadas.

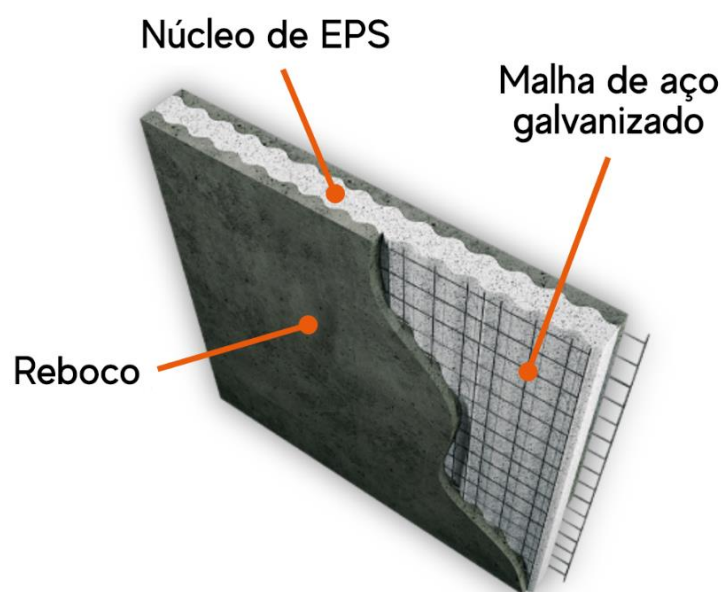
O uso de materiais de enchimento em elementos estruturais tem se mostrado uma alternativa viável para reduzir o peso próprio das estruturas e aumentar sua eficiência (VIEIRA; MARQUES; CAMPOS, 2015).

¹Disponível em < <https://www.epsmaringa.com.br/produtos-detalhes/13/lajes-de-isopor>>. Acesso em: 10 out 2022.

O sistema de painéis monolíticos de EPS, conhecido como método "Monolite", foi desenvolvido por volta de 1980 para atender às demandas técnicas e climáticas da construção, como resistência a abalos sísmicos e variações de temperatura.

No método construtivo mencionado, os painéis utilizados são feitos de EPS esses são revestidos com uma malha de aço conectada por conectores de aço eletro soldado, e posteriormente cobertos por argamassa projetada (ALVES, 2015), conforme figura 4 a seguir.

Figura 4 - Esquema de enchimento em parede.



Fonte: Monolite Brasil, 2021.

Uma característica essencial desse sistema é o monolitismo, em que as malhas de aço envolvem completamente a superfície dos painéis, os quais são conectados à fundação por meio de arranques. Essa configuração torna toda a estrutura uma entidade única e altamente resistente, projetada para suportar condições adversas, como intempéries climáticas (FÜHR, 2017), pois o EPS apresenta baixa absorção de água e assim evita que haja infiltrações na parede como também evita o apodrecimento e a geração de mofo que traz sensação de desconforto ao usuário.

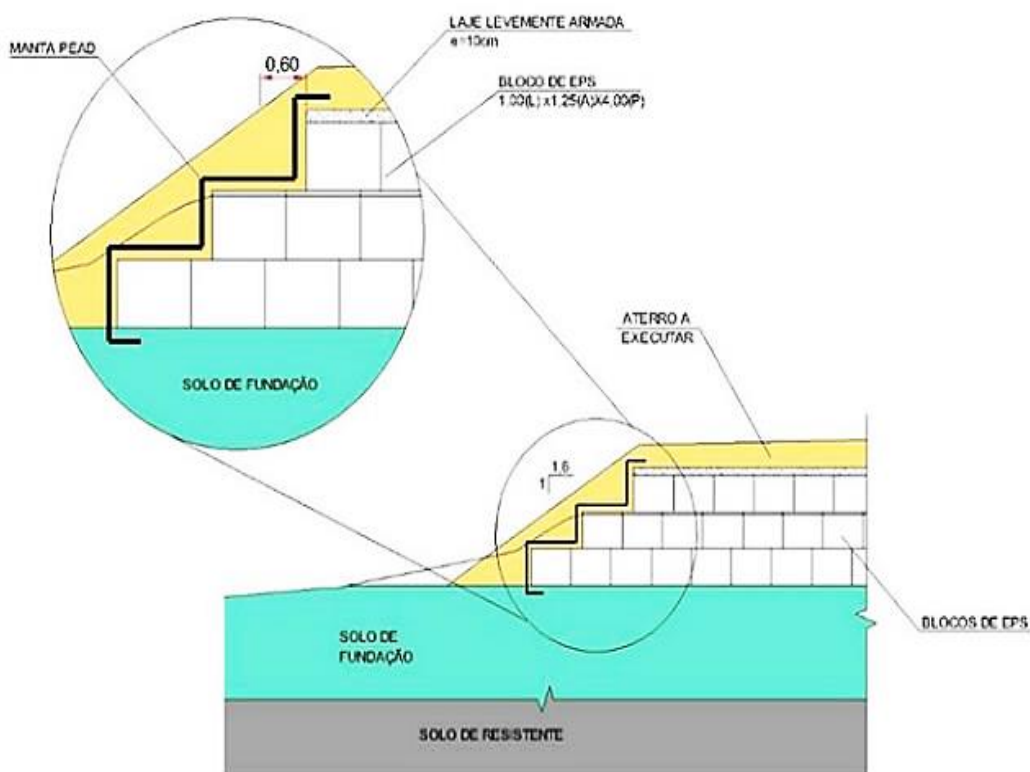
2.3.3 FUNDAÇÃO PARA ESTRADAS EM SOLOS MOLES

A utilização do EPS na construção civil vem sendo bastante observado, em virtude do seu baixo peso e por causa da boa resistência mecânica a compressão, além do fácil manuseio. Para a aplicação em obras de estradas e rodovias a principal finalidade do EPS é de minimizar a possibilidade de ocorrer recalques, deformações verticais, em solos inconsistentes.

O EPS pode ser facilmente moldado de acordo com as necessidades específicas da fundação, permitindo a criação de formas complexas sem a necessidade de equipamentos ou processos complicados. No entanto, é importante destacar que o uso do EPS em fundações requer a análise cuidadosa das condições geotécnicas do local, bem como a aplicação de técnicas de compactação adequadas para garantir a estabilidade e segurança da estrutura. O uso de EPS em fundações para estradas pode trazer benefícios significativos em termos de redução de custos e tempo de execução, além de proporcionar maior durabilidade e resistência às intempéries.

Segundo a Associação Brasileira do Poliestireno Expandido – ABRAPEX (2015), a maneira para a concretização com blocos de EPS é: adicionar uma camada de areia nivelada sobre o solo limpo com isso pode ser adicionado os blocos de EPS que serão manuseados inteiros e com juntas desencontradas. Depois de acrescentado a primeira camada de EPS, sobrepõem-se as camadas de forma a ficar parecido com um tronco de pirâmide, a fim de igualar a carga da estrada para obter área compatível com a resistência mecânica do solo, conforme figura 5.

Figura 5 - Aplicação do EPS em solos moles.



Fonte: França & Projetos Estruturais, 2019.

2.3.4 CONCRETO LEVE

O concreto leve com o EPS consiste na modificação total ou parcial dos agregados tradicionais por flocos de EPS. As proporções que devem ser adotadas para a substituição de agregados convencionais no concreto por EPS vai estar relacionado com a densidade e resistência requerida, sendo capaz de cobrir uma proporção de escala de densidades, compreendida entre 600 a 1600 kg/m³.

A utilização do concreto leve proporciona uma redução de cerca de 50% nos esforços nas estruturas, economia com fôrmas e cimbramentos, diminuição dos custos para o transporte e montagem de construções pré-fabricadas (OZÓRIO, 2016).

As principais características do concreto leve são: densidade aparente baixa, bom isolamento térmico, pequena absorção de umidade, resistência mecânica para aplicações não estruturais (ABRAPEX, 2015).

A redução da massa específica do concreto, com a manutenção da resistência mecânica, propicia a redução do peso próprio e das cargas na fundação com conseqüente redução do custo final da obra. Para finalizar, há uma grande tendência mundial fundamentada em critérios econômicos e técnicos da utilização de concreto leve com o objetivo estrutural e de vedação na construção civil (ROSSIGNOLO, 2003).

2.3.5 ISOLAMENTO TÉRMICO E ACÚSTICO

Devido a temperaturas altas no verão as edificações de forma geral começam a aumentar o problema referente ao conforto térmico causando um prejuízo no rendimento do trabalho de produção e até mesmo no momento de lazer e descanso no lar. Por esse motivo, aumenta-se a quantidade de ventiladores e ares-condicionados para tentar equilibrar a temperatura, tornando-a mais agradável, porém com o aumento de aparelhos funcionando, aumenta o consumo de energia. (MOTTIN, 2015).

A vedação é um dos elementos mais almejados nas edificações, principalmente no que abrange fatores como isolamento térmico e acústico. Ambientes onde se consegue ter ruídos muito baixos, pouco frequentes e ou até mesmo inexistentes trazem mais conforto, mais privacidade e tornam-se mais atraentes não somente ao mercado imobiliário, como também aos de construção civil e econômico (BERTOLDI, 2007).

No Brasil ainda é muito utilizado o material cerâmico como isolante termoacústico em obras de concreto armado. Quando comparado o desempenho de blocos cerâmicos, a eficiência de isolamento termoacústico do EPS os supera em 1/3, uma vez que para atingir um valor de Transmitância Térmica igual a 1,266 W/m²K necessita-se de uma parede de alvenaria

composta por bloco cerâmico tenha 280mm de espessura, contra 25mm para uma parede que tenha painéis de EPS em sua composição, sendo ambas revestidas por argamassa (BERTOLDI, 2007).

Com isso, depois de apresentar alguns fatores sobre o EPS, conclui-se que o mesmo possui grande capacidade para o isolamento termoacústico, pelo fato de ter pouca capacidade de condução de calor e acústica, fazendo com que a tenha um equilíbrio para manter o ambiente agradável sem a utilização de equipamentos elétricos e com isso colaborando com a sustentabilidade.

3 MATERIAL E METODOS

O método usado para obter o respectivo estudo foi um levantamento bibliográfico, de abordagem qualitativa, com o intuito de abranger o conhecimento das construções feitas em EPS, uma tecnologia que está sendo introduzida na prática de construções residenciais.

Serão estabelecidos critérios de comparação para avaliar as diferentes aplicações do EPS, podendo ser: resistência estrutural, capacidade de carga, desempenho térmico e acústico, durabilidade, facilidade de instalação, entre outros. Os critérios serão definidos com base na revisão bibliográfica realizada e nas características específicas de cada aplicação.

3.1 LAJES PRÉ-FABRICADAS COM USO DE EPS

As lajes podem ser divididas em maciças ou nervuradas. Segundo a definição de Araújo (2014), as lajes maciças são placas com espessura uniforme, suportadas ao longo de seu contorno por vigas ou alvenarias. Quanto às características geométricas, Pinheiro (2007) descreve-as como elementos planos, geralmente horizontais, com duas dimensões muito maiores que a terceira, que é a espessura.

De acordo com a NBR 6118:2003, a construção de lajes maciças segue um processo dividido em sete etapas. A primeira etapa consiste na criação da estrutura de madeira e das escoras. Em seguida, são colocadas as armaduras, seguidas pela instalação de caixas, tubos e eletrodutos. Após isso, o concreto é preparado e lançado, e é realizado o adensamento para garantir a compactação adequada, conforme a figura 6. Em seguida, o concreto é submetido ao processo de cura e por fim, as fôrmas e escoras são retiradas.

Figura 6 - Laje maciça.



Fonte: Galvaminas, 2023.

As lajes nervuradas podem ser fabricadas de forma pré-moldada ou in loco. No caso das lajes pré-moldadas, elas são compostas por vigotas ou elementos estruturais similares que são produzidos em uma fábrica e posteriormente instalados no local da construção.

As vigotas pré-fabricadas são geralmente fabricadas por empresas especializadas em elementos pré-moldados, garantindo um alto padrão de qualidade. No entanto, também é possível produzi-las no local da obra, desde que haja um controle tecnológico rigoroso para garantir a sua adequada fabricação.

A etapa de instalação consiste em posicionar e dispor as vigotas nos locais definitivos de uso, respeitando os vãos adequados de acordo com suas dimensões. O espaçamento entre as vigotas é determinado pela largura do preenchimento, seja ele em EPS, conforme a figura 7, ou cerâmica. O escoramento é realizado conforme as instruções do fabricante, e as distâncias entre as escoras podem variar de acordo com o vão, espessura da laje e os esforços solicitantes.

Figura 7 - Laje pré-moldada treliçada com EPS.



Fonte: Arkpad, 2020.

O trabalho que será apresentado foi realizado por Lopes (2012) no qual será discutido uma análise comparativa entre lajes maciça e lajes nervuradas moldadas com EPS. Inicialmente, foram selecionados os sistemas a serem estudados e um edifício modelo foi escolhido como referência para cada um desses sistemas. Em seguida, realizou-se o lançamento e análise da estrutura para cada sistema, levando em consideração os materiais necessários. Foram comparados parâmetros estruturais, como esforços e deslocamentos nas lajes mais solicitadas. A empresa ESCALA - Escritório de Cálculos Estruturais Ltda., gentilmente disponibilizou a arquitetura do edifício modelo para este estudo, na cidade de João Pessoa, estado da Paraíba.

O software CYPECAD oferece recursos para calcular e dimensionar diferentes tipos de lajes, incluindo lajes maciças, nervuradas, pré-fabricadas, alveolares e mistas. O processo de lançamento das lajes é simplificado, pois o programa cria automaticamente os painéis de laje com base nas vigas inseridas. Os usuários podem inserir os dados específicos das lajes, como espessura, materiais e outras propriedades, por meio das opções disponíveis no software. Essa funcionalidade facilita a modelagem e análise de diversos tipos de lajes no projeto estrutural (LOPES, 2012).

3.2 PAINÉIS MONOLITICOS EM EPS

O estudo apresentado foi elaborado por Moura, S. V. J e Santos, F. T. M. (2019), abrangente análise qualitativas, para caracterizar tecnologicamente o sistema construtivo monolite e o método convencional de alvenaria com blocos cerâmicos.

Foi realizado um estudo comparativo entre dois métodos construtivos em um projeto residencial de padrão médio com área de 120 m². O objetivo foi realizar uma análise abrangente do orçamento, levantando os quantitativos de materiais e mão de obra para ambos os métodos. Além dos custos, foi considerado fatores como o tempo de execução, a depreciação e a qualidade técnica, funcionalidade e eficácia dos sistemas construtivos em relação à ambiência, isolamento acústico e térmico. Será dada uma atenção especial à eficiência do material construtivo EPS, destacando suas características que o tornam uma opção viável para a construção.

Os painéis apresentam abas de malha de arame sobrepostas, de modo a se conectar aos painéis adjacentes, conforme ilustrado na figura 8. Para garantir o alinhamento vertical e a correta posição das placas, utilizou-se um sarrafo de madeira fixado no painel, a uma altura de 2 metros em relação ao piso.

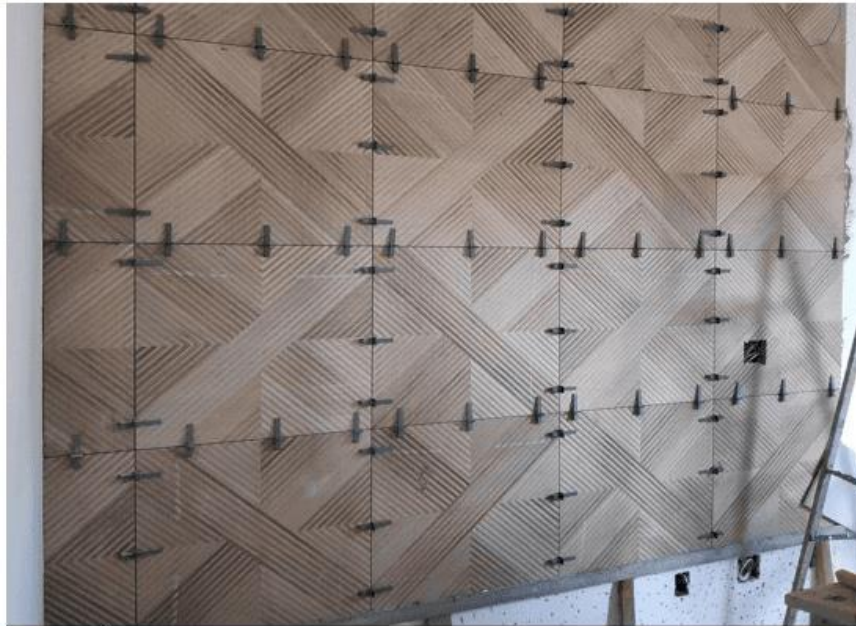
Figura 8 - Encaixe dos painéis sobre a fundação.



Fonte: Paredes Betel, 2017.

Após a fixação dos painéis sobre a fundação e a distribuição das instalações elétricas e hidráulicas, deu-se início ao processo de aplicação da argamassa, seguindo o mesmo procedimento utilizado em construções de alvenaria convencional.

É importante seguir alguns cuidados para obter uma boa adesão, por exemplo: colocar aditivo à massa de chapisco com aditivos colantes para argamassa, de preferência à base acrílica e esperar a cura do chapisco para aplicação do revestimento final, que deve ser preparado sem excesso de água e com textura plástica (LOPES, 2015), conforme figura 9.

Figura 9 - Aplicação do revestimento.

Fonte: Fabiomatosengenharia, 2021.

3.3 FUNDAÇÃO PARA ESTRADAS EM SOLOS MOLES

A fundação é uma etapa essencial na construção de estradas, pois tem como objetivo garantir a estabilidade e a segurança da infraestrutura.

No método aterro ultraleve é utilizado a geomembrana de Polietileno de Alta Densidade (PEAD) que é um polímero termoplástico semicristalino, constituído por macromoléculas que são geradas através do processo de polimerização de compostos que contém uma adesão não saturada entre dois átomos de carbono (ERCOLINI & LAVOIE, 2019). A geomembrana (PEAD) serve para proteger o EPS.

Figura 10 - Encaixe dos painéis sobre a fundação.

Fonte: Carlos, 2020.

O método de construção do aterro ultraleve segue um processo composto por sete etapas simples e práticas. Na primeira etapa, é construída uma base de concreto para proteção dos blocos de EPS. Em seguida, os blocos de EPS são colocados e encaixados conforme as dimensões do projeto. A terceira etapa envolve a colocação de tubos drenos envoltos por geotêxtil para facilitar a drenagem e evitar pressões indesejadas no EPS. Os blocos são revestidos por uma geomembrana de PEAD para garantir proteção e durabilidade. A proteção lateral dos blocos é composta por solo-cimento, tela metálica e concreto projetado. Uma laje de concreto armado é construída sobre a geomembrana para distribuir as tensões impostas pelo tráfego. Por fim, o revestimento asfáltico é aplicado utilizando Concreto Betuminoso Usinado a Quente (CBUQ).

3.4 CONCRETO LEVE

Nas pesquisas feitas por Araújo e Silva, em 2022, no Laboratório de materiais de construção da instituição na cidade de Salvador - BA, bem como na empresa LC Lacrose Engenharia, ocorreu no período de 30 de outubro a 28 de novembro de 2022.

Quanto aos materiais utilizados nas misturas de concreto, foram empregados os seguintes componentes são cimento Portland II - F 32 como ligante, areia lavada como agregado miúdo com dimensão máxima de 1,2 mm e módulo de finura de 2,8, brita como agregado graúdo agregado com dimensão máxima de 19 mm e módulo de finura de 7,4, e EPS na forma de pérolas. (ARAÚJO e SILVA, 2022).

Os concretos leves são caracterizados por uma redução na densidade em relação aos concretos convencionais, conseguida pela substituição de parte dos agregados por ar. Os concretos leves estruturais podem ser classificados como concretos com agregados leves, concretos celulares e concretos sem finos. São obtidos pela substituição parcial ou total dos agregados tradicionais por agregados leves e geralmente possuem densidade inferior a 2.000 kg/m³, conforme afirma Rossignolo (2009).

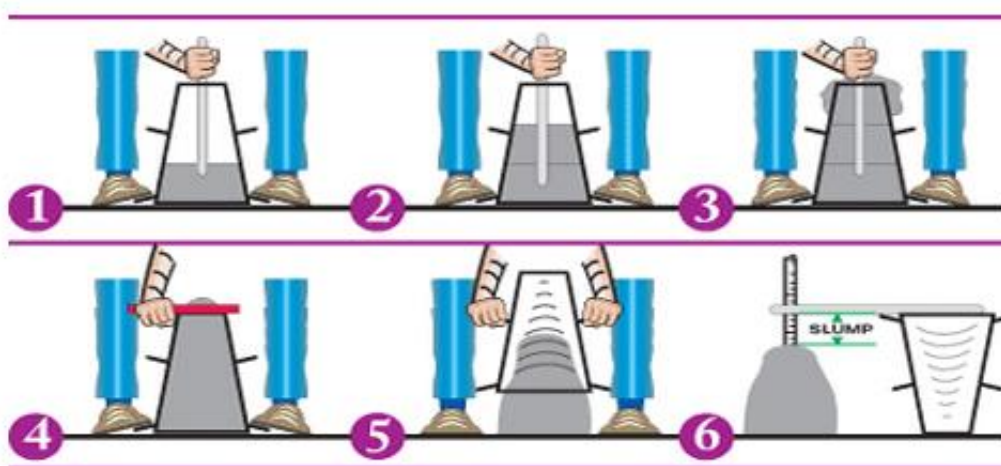
Ao desenvolver o projeto de mistura para o concreto com EPS, constatou-se que manter a dosagem do material na unidade convencional seria inviável devido ao baixo peso do EPS. Para tanto, foi empregado um método volumétrico, que consistia em pesar o agregado graúdo na proporção definida, adicioná-lo a um recipiente com balança volumétrica e, posteriormente, complementá-lo com grânulos de EPS. A substituição do agregado graúdo por EPS foi feita nas seguintes proporções:

- Traço 1: 0% de substituição dos agregados;

- Traço 2: 10% de substituição da brita 01 por 0,5 litro de pérolas de EPS;
- Traço 3: 25% de substituição da brita 01 por 2 litros de pérolas de EPS;
- Traço 4: 50% de substituição da brita 01 por 3 litros de pérolas de EPS.

O estudo incluiu a realização de diversos ensaios para avaliar as propriedades do concreto com EPS. No estado fresco, determina-se, comumente, a consistência pelo ensaio de abatimento de tronco de cone também conhecido como slump test é definido, no Brasil, pela NBR 16889:2020 (ABNT, 2020). Este ensaio avalia a coerência do material, possibilitando o controle da homogeneidade do concreto e assegurando requisitos de conformidade. Os corpos de prova foram desmoldados após 24 horas e submetidos a uma cura úmida de 7 dias. (ARAÚJO e SILVA, 2022).

Figura 11 - Procedimento de teste de queda de concreto.



Fonte: Clube do Concreto.

Após o período de cura, foram realizados testes de absorção, massa específica e índice de vazios, de acordo com a NBR 9778:2009. Foram utilizados 15 corpos de prova cilíndricos com diâmetro de 100 mm e altura de 200 mm. Em seguida, os corpos de prova foram submetidos ao teste de compressão axial, conforme as diretrizes da NBR 5739:2018, utilizando uma prensa hidráulica (ARAÚJO e SILVA, 2022).

Figura 12 - Ensaio de slump test e moldagem.



Fonte: Emanuel Souza Araújo e Vinicius de Jesus da Silva, 2022.

3.5 ISOLAMENTO ACÚSTICO

Segundo (BRANDÃO, JOÃO; LAUBE, GUSTAVO; FAGUNDES, THAISA; TAMEIRÃO, YARISEGUIU, 2021) foi realizado uma abordagem baseada na pesquisa descritiva de desempenho acústico de diferentes tipos de lajes.

Para a obtenção dos resultados foram analisados os laudos técnicos fornecidos por construtoras “A” e “B” que apresentam informações sobre os resultados de testes de desempenho acústico realizados em diferentes tipos de lajes, conforme apresentado na tabela 4.

O objetivo desse processo foi apresentar de forma objetiva e embasada os resultados da pesquisa, destacando os custos e o desempenho acústico de cada tipo de laje analisada. Dessa forma, foi possível comparar e avaliar as características e benefícios de cada tipo de laje, fornecendo informações relevantes para a tomada de decisão em projetos de construção civil.

Tabela 4 - Características dos sistemas de pisos analisados.

Empreendimento	Camada Estrutural	Contrapiso	Acabamento
A	Laje concreto armado – Espessura: 10 cm – 25 MPa.	-	Manta PEBD Eucaflor- 2,0 mm + Piso Laminado Prime Click – Dimensões: 21,7 x 135,7 cm
B	Laje Pré-moldada – EPS Espessura: 15 cm – F_{ck} 25 MPa	-	Piso Cerâmico 45x45cm

Fonte: (Brandão, João; Laube, Gustavo; Fagundes, Thaisa; Tameirão, Yariseguiu, 2021).

As medições relacionadas ao ruído de impacto e som aéreo foram conduzidas de acordo com as diretrizes estabelecidas nas normas ISO 140-4, ISO 140-7 e ISO 140-14, bem como os critérios de desempenho definidos na NBR 15575-3:2013 - "Edificações Habitacionais - Parte 3: Requisitos para Sistemas de Piso". As medições foram realizadas em ambientes de dormitórios sobrepostos que possuíam características semelhantes em termos de área e volume.

Em resumo, a NBR 15575-3:2013 desempenha um papel significativo na indústria da construção civil ao estabelecer os critérios e parâmetros para o desempenho acústico dos sistemas de piso em edificações habitacionais. Sua adoção e aplicação adequada são fundamentais para assegurar a qualidade e o conforto sonoro nas habitações, promovendo ambientes internos mais agradáveis e propícios ao bem-estar dos usuários.

Para esse experimento foram utilizados dois parâmetros estabelecidos pela NBR 15575-3:2013, mostrados nas tabelas 5 e 6 a seguir:

Tabela 5 - Padrão ponderado para critério de nível de pressão sonora de impacto, $L'nT$, WdB.

Elemento	$L'nT$, WdB	Nível de desempenho
Sistema de piso de dormitórios separando unidades habitacionais autônomas, posicionadas em pavimentos distintos.	66 a 80	Mínimo
	56 a 65	Intermediário
	≤ 55	Superior

Fonte: ABNT NBR 15575-3: 2013.

Tabela 6 - Padrão ponderado para critério de nível de pressão sonora de impacto, DnT , WdB.

Elemento	DnT, WdB	Nível de desempenho
Sistema de piso entre unidades habitacionais autônomas, no caso de pelo menos um dos ambientes ser dormitório.	45 a 49	Mínimo
	50 a 54	Intermediário
	≥ 55	Superior

Fonte: ABNT NBR 15575-3: 2013.

Com base nos ensaios realizados, foi possível obter valores e classificações de desempenho para os empreendimentos A e B. No parâmetro $L'nT,w$, o empreendimento A obteve um resultado de 63dB, enquanto o empreendimento B obteve um resultado de 78dB. Quanto ao segundo parâmetro DnT, WdB somente o empreendimento A foi testado, apresentando um resultado de 47dB. Não foram realizados testes de som aéreo entre pisos no empreendimento B.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 LAJES PRÉ-FABRICADAS COM USO DE EPS

Na pesquisa de Lopes (2012), foram expostos os resultados da análise estrutural, fornecendo informações sobre a capacidade estrutural, comportamento sob cargas, desempenho em relação a critérios de segurança e estabilidade. Esses resultados permitem uma comparação abrangente entre os diferentes modelos estudados. Os modelos analisados são denominados de acordo com uma nomenclatura específica para facilitar a comparação entre eles:

LM: Estrutura convencional com lajes maciças;

LN1: Estrutura convencional com lajes nervuradas EPS.

Na tabela 7 a seguir estão sendo apresentados os dados de espessura, peso próprio, flechas total e admissível para a laje de maior solicitação no pavimento tipo.

Tabela 7 - Espessura, Peso próprio e flechas totais e admissíveis.

Sistema Construtivo	Espessura da laje (cm)	Peso próprio (kN/m ²)	Flecha total (mm)	Flecha admissível (mm)
LM	15	3,75	20,96	20
LN1	20	2,13	12,99	

Fonte: LOPES, 2012.

No sistema de lajes nervuradas, o peso próprio é reduzido devido à substituição de parte do concreto na região tracionada por materiais inertes de menor peso específico. Isso resulta em uma diminuição do volume de concreto na estrutura.

Os valores máximos de momentos fletores positivos e negativos, juntamente com o esforço cortante máximo apresentados na tabela 8.

Tabela 8 - Momentos fletores máximos positivos e negativos e cortante máximo.

Sistema construtivo	Momento fletor máximo positivo (kN.m/m)	Momento fletor máximo negativo (kN.m/m)	Cortante máximo (kN/m)
LM	19,03	29,73	44,44
LN1	13,55	21,04	21,50

Fonte: LOPES, 2012.

Os momentos fletores máximos positivos são responsáveis pelo dimensionamento das armaduras que suportam os esforços de tração na parte inferior da laje. É perceptível que as lajes com maior peso próprio estão sujeitas a cargas mais elevadas, o que resulta em esforços mais intensos.

O sistema de laje maciça registrou o maior momento fletor negativo, com um valor de 29,73 kN.m/m, enquanto o sistema de laje nervurada com enchimento de EPS apresentou um valor aproximado de 21,00 kN.m/m. Com isso apresentou uma redução de aproximadamente 29,36% no momento fletor negativo.

No que se refere aos esforços cortantes máximos na laje analisada, o sistema de laje maciça demonstrou o valor mais alto, atingindo 44,44 kN/m, enquanto o sistema de laje nervurada com enchimento de EPS apresentou o valor mais baixo, com 21,50 kN/m. Portanto, ao comparar os dois sistemas estruturais na mesma área de laje, observou-se uma redução significativa de 51,68% no esforço cortante, ao optar pelo sistema de laje nervurada com EPS em relação ao sistema de laje maciça.

Com isso o sistema estrutural convencional com melhor desempenho na análise estrutural é aquele que utiliza lajes nervradas com enchimento de EPS.

4.2 PAINÉIS MONOLITICOS EM EPS

Após a realização do estudo e análise detalhada, foram obtidos resultados significativos que contribuem para uma melhor compreensão e avaliação dos sistemas construtivos estudados por Moura, S. V. J e Santos, F. T. M. (2019).

O método ultraleve utilizando EPS é uma opção inovadora para aplicações estruturais. Ele soluciona problemas de deterioração e manutenção dos solos em estradas, além de proporcionar eficiência na construção. O EPS possui bom desempenho térmico. Essa técnica é uma possível solução para melhorar os procedimentos de construção no setor rodoviário,

oferecendo benefícios como redução no tempo de conclusão da obra e baixo custo, contribuindo para o avanço da construção civil

As discrepâncias podem ser identificadas na tabela 9, a qual apresenta a variação percentual de custos em cada etapa da construção.

Tabela 9 - Comparação entre os dois métodos construtivos.

Fase	Convencional	Monolite	Diferença
Fundação	R\$ 7.642,35	R\$ 10.773,00	R\$ 3.130,65
Estrutura	R\$ 21.412,35	R\$ 3.402,00	R\$ 18.010,35
Parede/Alvenaria	R\$ 5.370,30	R\$ 26.325,00	R\$ 20.954,70
Total	R\$ 34.425,00	R\$ 40.500,00	R\$ 6.075,00

Fonte: João e Marco, 2019

As etapas em que a discrepância é mais significativa são a estrutura e a parede/alvenaria, nas quais a diferença entre os métodos é mais acentuada, resultando em um acréscimo de até 15% no orçamento do sistema monolite em comparação ao método convencional de construção.

De maneira geral, é evidente que as construções no método monolite são caracterizadas pela simplicidade de execução, permitindo que até mesmo pessoas sem conhecimento específico sobre essa técnica possam utilizá-la na construção civil. No presente estudo de caso, foi realizada uma comparação entre o método convencional e o método construtivo monolite, constatando-se que a opção pelo método monolítico é economicamente mais vantajosa, uma vez que há uma significativa diferença de preço em relação ao método convencional.

4.3 FUNDAÇÃO PARA ESTRADAS EM SOLOS MOLES

No Brasil a empresa Odebrecht Infraestrutura realizou com sucesso nas obras do Trevo do Caxambu, situado na rodovia Engenheiro Constâncio Cintra (SP - 360), em Jundiaí. Essa iniciativa destacou-se por sua relevância e contribuição significativa para o avanço das técnicas construtivas no país, conforme figura 13.

Figura 13 - Imagem da aplicação do EPS na rodovia (SP-360).



Fonte: PEDRONI, 2016.

A utilização do EPS resultou em um desempenho altamente satisfatório, com uma tendência evolutiva significativa. Inicialmente, a aplicação dessa tecnologia permitiu uma economia de tempo de 58%. Como exemplo, o trecho mencionado anteriormente foi construído em 76 dias, em vez dos 181 dias necessários para a solução convencional adotada em outras rodovias. Além disso, essa abordagem resultou em uma redução de gastos de 31%, em comparação com a solução tradicionalmente utilizada (PEDRONI, 2016).

O método ultraleve utilizando EPS é uma opção inovadora para aplicações estruturais. Ele soluciona problemas de deterioração e manutenção dos solos em estradas, além de proporcionar eficiência na construção. O EPS possui bom desempenho térmico. Essa técnica é uma possível solução para melhorar os procedimentos de construção no setor rodoviário, oferecendo benefícios como redução no tempo de conclusão da obra e baixo custo, contribuindo para o avanço da construção civil.

4.4 CONCRETO LEVE

De acordo com os resultados apresentados no item 3.4, os quais o agregado graúdo foi substituído por EPS em proporções de 10%, 25% e 50%. O objetivo foi estabelecer uma correlação entre as propriedades desejáveis, quando comparadas com os componentes de concreto de baixa resistência (ARAÚJO e SILVA, 2022).

O ensaio foi executado conforme o procedimento descrito no item 6 da ABNT NBR 9778:2005, que define os parâmetros de cálculo e fornece recomendações para obter o padrão apropriado. As diferentes proporções do elemento foram submetidas a testes de absorção de

água, índice de vazios e massa específica, e os dados obtidos estão apresentados na tabela a seguir:

Tabela 10 - Resultados da massa específica, índice de vazios e absorção.

Amostra	Massa Específica da amostra			Índice de Vazios (%)	Absorção (%)
	Seca	Saturada	Real		
Concreto Referencia	2,115	2,217	2,353	10,11	4,6
Concreto Referencia	2,117	2,212	2,338	9,46	4,3
Concreto Referencia	2,144	2,241	2,375	9,72	4,3
Com adição de 10% EPS	2,070	2,169	2,296	9,85	4,5
Com adição de 10% EPS	2,029	2,142	2,287	11,29	5,3
Com adição de 10% EPS	2,015	2,133	2,285	11,85	5,6
Com adição de 25% EPS	1,929	2,047	2,187	11,76	5,7
Com adição de 25% EPS	1,919	2,045	2,197	12,65	6,2
Com adição de 25% EPS	1,905	2,032	2,183	12,76	6,3
Com adição de 50% EPS	1,737	1,875	2,015	13,78	7,3
Com adição de 50% EPS	1,757	1,887	1,997	12,02	6,4
Com adição de 50% EPS	1,749	1,870	1,989	12,10	6,5

Fonte: Lacrose Engenharia (2022).

Com base nos dados apresentados na tabela, observou-se que os corpos de prova contendo EPS obtiveram percentuais de absorção de água mais elevados em comparação com os corpos de referência. Por outro lado, houve uma redução na massa específica devido à leveza dos agregados substituídos pelo EPS. Esses resultados corroboram com a análise e estudo realizado pelo autor Pires (2017), que menciona que a massa específica do EPS varia entre 0,75 e 1,21 g/cm³, enquanto a absorção de água aumenta proporcionalmente com a introdução do EPS, chegando a valores próximos de 20%.

De acordo com a ABNT NBR 12655, que trata do concreto de cimento Portland, o concreto leve é definido como aquele que, após ser seco em estufa, apresenta uma massa específica entre 0,8 e 2,0 g/cm³. Por outro lado, os concretos convencionais têm uma faixa de massa específica entre 2,3 e 2,5 g/cm³.

Portanto, os resultados obtidos e as referências utilizadas mostram que a substituição do agregado graúdo por EPS influencia diretamente a absorção de água e a massa específica do concreto, tornando-o mais leve e com maior absorção de água.

Com base nos ensaios realizados, foi observado que a adição de EPS no concreto apresenta características relacionadas à compressão, absorção de água e porosidade. Os resultados indicaram que a utilização de EPS pode reduzir o peso das estruturas, tornando-a viável tecnicamente. Conclui-se que o concreto com substituição parcial do agregado graúdo

pelo EPS, em percentuais acima de 10%, oferece propriedades significativas para aplicações na construção civil, proporcionando uma alternativa aos métodos convencionais atualmente utilizados.

4.5 ISOLAMENTO ACÚSTICO

No estudo realizado por Laube, G. E. de A., Brandão, J. V. D., Fagundes, T., & Tameirão, Y. (2021), foram comparados dois empreendimentos que utilizaram diferentes tipos de lajes: laje maciça e laje pré-moldada com Isopor® (EPS) e realizadas as medições de desempenho acústico para avaliar o ruído de impacto entre pisos (L'nT,W) e o som aéreo entre pisos (DnT,W).

Observou-se que o empreendimento "A", que utilizou a laje em concreto armado, obteve os melhores resultados para ambos os parâmetros, indicando um bom desempenho acústico. No entanto, esse empreendimento teve o custo de execução por metro quadrado mais elevado.

Por fim, o empreendimento "B", que utilizou a laje pré-moldada com EPS, apresentou o custo de produção por metro quadrado mais econômico, porém seu desempenho acústico para o critério de ruído de impacto entre pisos foi inferior. Não foi possível analisar o desempenho acústico para o ensaio de som aéreo entre pisos nesse empreendimento.

É importante ressaltar que todos os empreendimentos obtiveram resultados dentro dos limites estabelecidos pela norma, que define que o L'nT,W deve ser menor ou igual a 80 dB e o DnT,W deve ser maior ou igual a 45 dB.

Com base nos dados apresentados, o empreendimento "A", que utiliza a laje em concreto armado, parece oferecer o melhor custo-benefício. Ele possui um custo de produção por metro quadrado maior que o empreendimento "B" porém os resultados apresentados foram melhores.

Embora o empreendimento "B", com a laje pré-moldada em EPS, tenha um custo de produção por metro quadrado significativamente menor em relação ao empreendimento "A", seu desempenho acústico é inferior para o parâmetro L'nT,W. Além disso, apenas um dos parâmetros foi medido, o que limita a avaliação completa de seu desempenho acústico.

Portanto, com base na relação entre custo e benefício, a laje em concreto armado do empreendimento "A" parece ser a opção mais vantajosa.

5 CONCLUSÃO

A análise comparativa entre diferentes sistemas construtivos com a utilização do EPS, demonstrou benefícios significativos, como simplicidade de execução, economia de tempo e redução de custos. Além disso, a substituição parcial do agregado graúdo pelo EPS no concreto mostrou propriedades vantajosas, como a redução de peso das estruturas.

Conclui-se a partir dos resultados obtidos, que o uso do EPS sobressaiu praticamente em todos os estudos apresentados. É recomendável avaliar cuidadosamente as características e demandas de cada projeto, buscando uma solução que equilibre eficiência, desempenho e viabilidade econômica. A constante evolução e pesquisa no campo da construção civil oferecem oportunidades para aprimorar os sistemas construtivos existentes e explorar novas tecnologias, visando construções mais sustentáveis, eficientes e econômicas.

6 REFERÊNCIAS

ABRAPEX, Manual de utilização EPS na construção civil / ABRAPEX Associação Brasileira do Poliestireno Expandido – São Paulo: Pini, 2006.

ABRAPEX. O que é EPS. Disponível em: < <http://abrapex.com.br/01OqueeEPS.html/>>. Acesso em: 21 de set 2022.

ALMEIDA, A. L. A. et al. Uso de poliestireno expandido (EPS) como material de enchimento em elementos estruturais. Revista Técnico-Científica do CREA-PR, v. 6, n. 11, p. 7-16, 2016. Disponível em: https://www.crea-pr.org.br/wp-content/uploads/2020/05/revista_crea_11_v6.pdf. Acesso em: 07 de março de 2023.

ALVES, João Paulo de Oliveira. Sistema Construtivo em Painéis de EPS. 2015. 73 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2015.

ARAÚJO, S. E.; SILVA, J. V. Utilização de Poliestireno Expandido no Concreto de Baixa Resistência. Disponível em: <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/29566/1/UNIFACS>>. Acesso em: 15 de jun de 2023.

ARAÚJO, José Milton de. Curso de Concreto Armado. Ed. Dunas – Rio Grande, 4ª ed, RS 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10520: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12225: informação e documentação: lombada: apresentação. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12655: concreto de cimento Portland: preparo, controle e recebimento: procedimento. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14724: informação e documentação: trabalhos acadêmicos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-3: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 3: Requisitos para os sistemas de pisos, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, NBR 16889: Concreto: Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone, Rio de Janeiro, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9833: concreto fresco: determinação da massa específica e do teor de ar pelo método gravimétrico. Rio de Janeiro, 2008b.

BALBO, T. D.; TOSTA, Y. F. Análise da opinião do consumidor em relação ao descarte de EPS e seus impactos ambientais. *Revista Ciências do Ambiente On-Line*, v. 8, n. 1. Campinas, 2012.

BAUER, Luiz Alfredo Falcão. *Materiais de construção: novos materiais para construção civil*. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 2.

BERLOFA, Aline da Silva. *A viabilidade do uso do poliestireno expandido na indústria da construção civil*. Monografia apresentada no curso de Tecnologia em Produção com ênfase em Plástico. Faculdade de Tecnologia da Zona Leste. São Paulo, 2009.

BERTINI, A. A. *Estruturas tipo sanduíche com placas de argamassa projetada*. Tese (doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

BERTOL, Mariane. *Estudo dos impactos da reutilização de resíduos da construção civil*. 2015. 70 f. Trabalho de Conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Departamento de Ciências Exatas e Engenharia, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2015.

BERTOLDI, E. *Análise de ensaios de tração em corpos de prova de aço SAE1020*. 4a semana internacional de engenharia e economia Fabor. RS, 2007.

BONOMI, A. et al. *Reutilização do poliestireno expandido como agregado em argamassa leve estrutural*. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Civil, 2012.

CALLISTER, W. D. *Ciência e Engenharia de Materiais: Uma Introdução*. 5ed. LTC, São Paulo, 2002.

CAMARGO, Gustavo Masselli; FIGUEIREDO, Felipe Bittencourt. *Análise de viabilidade de implementação da vedação com painéis monolíticos de eps como substituto à alvenaria convencional na cidade de Dourados – MS*. 2019. Artigo. Dourados, MS: UFGD.

CATOIA, B.; FERREIRA, M. de A.; PINHEIRO, L. M. *Resistência ao cisalhamento de lajes alveolares protendidas*. *Cadernos de Engenharia de Estruturas*, v. 16, n. 66, p. 69-84, 2016.

CHAGAS, F. H. C.; BERRETTA-HURTADO, A. L.; GOUVÊA, C. A. K. *Logística Reversa: Destinação dos Resíduos de Poliestireno Expandido (Isopor®) PósConsumo de uma Indústria Catarinense*. 3rd International Workshop Advances in Cleaner Production. “Cleaner Production Initiatives and Challenges for a Sustainable World”. São Paulo, 18-20. Maio 2011.

CRUZ, L. O. M. *Assinatura geoquímica de unidades colúviais da Bacia do Córrego do Rio Grande: depressão de Gouveia/MG*. 2005. 138 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Instituto de Geociências, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

EPS DRYWALL, ISOPR. *Lajes de Isopor*. Disponível em: <<https://www.epsmaringa.com.br/produtos-detalhes/13/lajes-de-isopor>>. Acesso em: 10 out de 2022.

ERCOLINI, M.; LAVOITE, F. Estudo sobre a durabilidade de geomembrana de pead aplicada em lagoa de chorume por meio de uma amostra exumada in situ. Mauá – São Paulo: Escola de Engenharia Mauá. 2019.

FILHO, J. M. R. et al. Reciclagem de EPS e sua utilização na produção de materiais para construção civil. In: Congresso Brasileiro de Engenharia Civil, 2016.

FÜHR, Andréia Graziela. Análise estrutural e de custos de estruturas de concreto armado com vedações verticais com painéis monolíticos em eps e com blocos cerâmicos. 2017.

FREITAS, O Uso do Sistema Light Steek Framing Associado a Outros Sistemas Construtivos Como Fechamento Vertical Externo: 2008. SANTIAGO, Alexandre Kokke;

GUERRA, Ruy. Afinal Slump Test Para Que?, setembro de 2016. Disponível em: <http://www.clubedoconcreto.com.br/2013/08/afinal-slump-test-para-que.html>. Acesso em: 30 jun. 2023.

GRANDO, R. C. et al. Estudo comparativo entre a utilização de materiais de enchimento em lajes nervuradas de concreto armado. Revista Acadêmica de Engenharia Civil, v. 14, n. 2, p. 1-10, 2016.

LAUBE, G. E. de A., BRANDÃO, J. V. D., FAGUNDES, T., & TAMEIRÃO, Y. (2021). Análise de desempenho acústico e de custo entre lajes pré-moldadas de concreto, pré-moldadas em EPS e em concreto armado: Estudo de caso em obras de edificação residencial, nas cidades de Santa Luzia/MG e Vespasiano/MG. Belo Horizonte.

LOPES, André Felipe de Oliveira. Estudo técnico comparativo entre lajes maciças e nervuradas com diferentes tipos de materiais de enchimentos. Caruaru: O Autor, 2012.

LOPES A. F. O. Estudo comparativo entre lajes nervuradas moldadas no local com forma de polipropileno e lajes pré-fabricadas treliçadas. Dissertação de Pós-Graduação – Universidade Federal de Pernambuco. Caruaru, 2015.

MINERVA ENGENHARIA, Laje Isopor. Publicado em 12 de janeiro de 2018. Disponível em < <https://minervaengenharia.com.br/afinal-laje-de-isopor-suporta-peso/laje-isopor/>>. Acesso em: 29 junho 2023.

MONOLITE BRASIL. O verdadeiro painel monolítico. Disponível em: <<https://monolitebrasil.com.br/>>. Acesso em: 04 julho de 2023.

MONTEIRO, A. MÁRCIO; SILVA, S. EDVALDO.; SOUZA, G. JOSIANA. Plano de Gerenciamento Integrado de Resíduos de Isopor® 2011. Disponível em: <<https://www2.israelpinheiro.org.br/wp-content/uploads/2016/09/Plano-de-Gerenciamento-Integrado-de-Res%C3%ADduos-de-Isopor.pdf>>. Acesso em: 10 out 2022.

MOURA, J. V. S.; SANTOS, M. T. F. A utilização do Poliestireno Expandido (EPS) na Construção Civil. TCC, Publicação ENC. PF-019/19, Curso de Engenharia Civil, Faculdade Evangelica de Goianésia, FACEG, Goianésia, 68p. 2019.

MOTTIN, Maurício Henrique. "Isolamento térmico em fachadas pelo exterior: redução do consumo energético da edificação para fins de conforto térmico". 2015. Monografia Graduação em Engenharia Civil – Universidade do Vale do Taquari -Univates, Lajeado.

OLIVEIRA, Livia Souza de. Reaproveitamento de resíduos de poliestireno expandido (Isopor®) em compósitos cimentícios. 75 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) Programa de Mestrado em Materiais e Processos de Fabricação) – Universidade Federal de São João del-Rei, São João del-Rei, Minas Gerais, 2013.

OZÓRIO, B. P. M. Concreto leve com pérolas de EPS: estudo de dosagens e de características mecânicas. 2016. 154 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil (Estruturas)) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

PAIVA, Evelen F. D. de. A utilização do EPS na construção civil. 2011. 53 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Ciência e Tecnologia) – Departamento de Ciências Ambientais e Tecnológicas, Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte, 2011.

PEDRONI, B. Caso de obra apresenta Aterro Ultraleve de aproximação de viaduto no interior de SP. 2016. Disponível em: < [https://www.geosynthetic.net.br/aterro-ultraleve-de-aproximacao-de-viaduto-no-interior-de-sp/Caso de obra apresenta Aterro Ultraleve de aproximação de viaduto no interior de SP. 2016/](https://www.geosynthetic.net.br/aterro-ultraleve-de-aproximacao-de-viaduto-no-interior-de-sp/Caso%20de%20obra%20apresenta%20Aterro%20Ultraleve%20de%20aproximacao%20de%20viaduto%20no%20interior%20de%20SP.%202016/)>. Acesso em: 06 de julho de 2023.

PINHEIRO, Libânio Miranda et al. Fundamentos do concreto e projeto de edifícios: estruturas de concreto. São Carlos, 2010.

ROSSIGNOLO, J. A. - Concreto leve de alto desempenho modificado com SB para préfabricados esbeltos - dosagem, produção, propriedades e microestrutura. Tese (doutorado). EESC - USP, São Carlos, 2003.

ROSSIGNOLO, J. A.; AGNESINI, M. V. C. Concreto estrutural leve. Concreto: Ensino, Pesquisas e Realizações, Instituto Brasileiro do Concreto, 2005.

SANTIAGO, A. K.; FREITAS, A. M. S.; CRASTO, C. M. Steel Framing: arquitetura. Rio de Janeiro: IBS/CBCA, 2012. 152p. (Série Manual da Construção Civil).

SANTOS, R. Estudo térmico e de materiais de um compósito a base de gesso e eps para construção de casas populares. Natal, 2008.

SANTOS, C.G. et al. Poliestireno expandido na Construção Civil. Pós em revista do centro universitário newton paiva. Belo Horizonte, n. 8, p. 114-118, 2013. Disponível em: <<https://docplayer.com.br/4923850-Poliestireno-expandido-na-construcao-civil.html>>. Acesso em: 04 de jul 2023.

SILVA, A. C. A. et al. Blocos de concreto com adição de resíduo de poliestireno expandido (EPS). In: Congresso Brasileiro de Engenharia Civil, 2015.

SILVA, A. P. S.; CÂMARA, R. R.; FREITAS, V. P. de. Reutilização de resíduos da construção civil. Revista Prisma, v. 10, n. 2, p. 67-78, 2014. Disponível em: <http://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/prismareview/article/viewFile/13596/10868>. Acesso em: 08 janeiro 2023.

SILVA, E. P. et al. Análise de viabilidade econômica da utilização de lajes pré-fabricadas com enchimento de poliestireno expandido (EPS) no Brasil. *Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada*, v. 2, n. 1, p. 17-28, 2020.

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.

TESSARI, Janaína. Utilização de Poliestireno Expandido e Potencial de Aproveitamento de seus Resíduos na Construção Civil. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

TREVISAN, Ricardo Beckert. A importância de construções sustentáveis para o meio ambiente e para o homem. 2012. 36 f. Trabalho de conclusão de curso (Especialização em Projetos Sustentáveis, Mudanças Climáticas e Crédito de Carbono) - Departamento de Economia Rural e Extensão, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

VIEIRA, L. M.; MARQUES, C. L.; CAMPOS, L. M. L. Estudo comparativo de lajes nervuradas com diferentes materiais de enchimento. *Anais do Congresso Brasileiro de Engenharia Civil*, v. 1, n. 1, p. 1-9, 2015.

YAZIGI, W. A técnica de edificar. 4 ed. Pini, São Paulo, 2002.