



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

BRUNO BELLOTI DOS SANTOS

**O USO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

UBERLÂNDIA

2024

BRUNO BELLOTI DOS SANTOS

**O USO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito à conclusão do curso de graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil (FECIV) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU).

Este trabalho foi elaborado no formato de artigo técnico científico.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cláudia de Freitas Salomão

UBERLÂNDIA

2024

BRUNO BELLOTI DOS SANTOS

**O USO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA
CONSTRUÇÃO CIVIL**

Monografia submetida ao Departamento de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia Civil.

Uberlândia, 21 / 11 / 2024.

Banca de avaliação:

Profª. Dra. Maria Cláudia de Freitas Salomão – UFU/MG
(Orientadora)

Prof. Dr. Paulo Roberto Cabana Guterres – UFU/MG
(Examinador Interno)

Prof. Dr. Joseph Salem Barbar – UFU/MG
(Examinador Interno)

AGRADECIMENTOS

A conclusão deste trabalho só foi possível graças ao apoio e incentivo de várias pessoas e instituições, às quais expresso minha mais sincera gratidão.

Primeiramente, agradeço a Deus, que me deu força e resiliência para enfrentar os desafios ao longo da minha jornada acadêmica.

Aos meus pais, Jorge e Maria, meus filhos Bernardo, João Pedro, Leonardo e Mariana e especialmente à minha esposa Patrícia, pelo amor incondicional, apoio e incentivo que sempre me motivaram a seguir em frente. Vocês foram meus pilares em todos os momentos.

À minha orientadora, Maria Cláudia de Freitas Salomão, por suas orientações, paciência e dedicação. Seus conhecimentos e conselhos foram essenciais para o desenvolvimento deste trabalho, e sou extremamente grato por ter compartilhado tanto.

Agradeço aos professores, à FECIV e à UFU pelo ambiente de aprendizado e pela formação que me proporcionaram. Aos colegas de curso, que tornaram essa caminhada mais leve, divertida e significativa, minha eterna gratidão.

Por fim, um agradecimento especial a todos que, direta ou indiretamente, participaram desta conquista, que é resultado de uma soma de esforços e inspirações. A cada um de vocês, deixo meu muito obrigado!

O USO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Bruno Belloti dos Santos (1), bbelloti@gmail.com

Maria Cláudia de Freitas Salomão (2), maria.salomao@ufu.br

Universidade Federal de Uberlândia Faculdade de Engenharia Civil (FECIV -UFU)
Uberlândia, Brasil

RESUMO

A escolha do tema foi motivada pela observação do crescimento no uso do EPS na construção civil, não apenas em termos de volume, mas também pela diversidade de aplicações. Este trabalho tem por objetivo estabelecer um panorama abrangente sobre o uso EPS na construção civil, considerando aspectos acadêmicos, normativos, técnicos, com dados de mercado e fundamentado no conhecimento científico consolidado. Os resultados mostraram que a quantidade e o conteúdo das produções acadêmicas relacionadas ao uso do EPS na construção civil apresentaram um crescimento significativo no número de estudos nos últimos anos, tendo sido encontrados ao todo 28 trabalhos relacionados ao uso do EPS na construção civil. Do ponto de vista de mercado as expectativas de crescimento de anual de 4,72% até 2028, comprovam a crescente demanda pelo material, os dados mostraram também que construção civil é responsável por 44% da receita gerada no mercado de EPS. O aspecto normativo que versa sobre a utilização do EPS ainda é muito limitado, tendo sido encontrados apenas 8 documentos, sendo 3 normas técnicas da ABNT e 5 documentos técnicos do PBQP-H / SINAT. O estudo da ACV do EPS permitiu concluir que o EPS é um material com um balanço positivo entre seus benefícios e impactos, proporcionando melhoria nas características térmicas e acústicas dos elementos em que são aplicados. Para maximizar seu potencial, é essencial promover a reciclagem, reuso e o manejo adequado de resíduos, sendo necessárias a criação de políticas de descarte, reuso e reciclagem do material, além de continuar investindo em pesquisa e desenvolvimento para aprimorar suas aplicações e reduzir os impactos ambientais causados ao longo de seu ciclo de vida.

Palavras-chave: poliestireno expandido. construção civil. materiais inovadores.

ABSTRACT

The choice of the theme was motivated by the observation of the growth in the use of EPS in civil construction, not only in terms of volume, but also by the diversity of applications. This work aimed to establish a comprehensive overview of the use of EPS in construction, considering academic, normative and technical aspects, with market data and based on consolidated scientific knowledge. The results demonstrated that quantity and content of academic productions related to EPS use in construction increased in recent years, with a total of 28 works related to EPS use in construction being found. From a market perspective, expectations of annual growth of 4.72% until 2028 prove the growing demand for the material. The data also showed that civil construction is responsible for 44% EPS market generated revenue. The normative aspect regarding the use of EPS is still very limited, only 8 documents were found, 3 of which are technical standards from ABNT and 5 technical documents from PBQP-H / SINAT. The EPS LCA study allowed us to conclude that EPS is a material with a positive balance between its benefits and impacts, providing improvements in the thermal and acoustic characteristics of the elements to which they are applied. For maximizing its potential, it is essential to promote recycling, reuse and adequate waste management, requiring the creation of policies for disposal, reuse and recycling of material, in addition to continuing to invest in research and development to improve its applications and reduce impacts. environmental problems caused throughout its life cycle.

Keywords: expanded polystyrene. civil construction. innovative materials.

1 INTRODUÇÃO

Os sistemas construtivos utilizados na construção civil fazem uso de diversos materiais com o objetivo de atender requisitos específicos como resistência, segurança, durabilidade, desempenho acústico, desempenho térmico e outros. Entre esses materiais, uma opção de uso é o Poliestireno Expandido (EPS).

O poliestireno expandido (EPS) é um material termoplástico, derivado do petróleo. O processo de produção do EPS se inicia com a polimerização do monômero estireno para formar macromoléculas em presença de catalisadores. Em seguida, o poliestireno (PS) é convertido em EPS por meio de um processo de expansão. O EPS é um material leve e rígido, com baixa absorção e com elevado isolamento termoacústico. Ele possui alta capacidade de carga em relação ao seu peso, longa vida útil, baixa necessidade de manutenção e impermeabilidade à água e vapor. Essas características tornam o material uma escolha ideal para diversas aplicações na construção civil.

De acordo com Silva, Carvalho e Junior (2016), o EPS é utilizado em elementos de preenchimento de lajes, blocos de concreto e telhas, contribuindo para a redução do consumo de energia nas edificações e proporcionando maior conforto aos usuários. Carvalho (2019) propõe a utilização de resíduos de EPS na fabricação de telhas e blocos de concreto, especialmente voltados para habitações de interesse social. Além disso, o EPS é um material versátil que pode ser moldado em diferentes formas e tamanhos, facilitando a sua aplicação em projetos arquitetônicos variados.

O EPS é amplamente utilizado em diferentes estágios nas edificações. Na fase de fundações, por exemplo, ele é empregado como enchimento leve, reduzindo a carga sobre o solo e minimizando os custos com fundações profundas (CARVALHO, 2019). No revestimento de pisos e paredes, o EPS atua como um excelente isolante térmico e acústico, melhorando a eficiência energética das edificações (VELOSO, 2022). É também utilizado em sistemas construtivos com função estrutural e pode ser utilizado como material de preenchimento de juntas.

Com a diversificação dos produtos e o aumento do uso do EPS, aumentou também o seu descarte, fazendo o resíduo de EPS (resíduo sólido CLASSE II B – Não Perigoso e Inerte) se tornar um problema a ser considerado pela construção civil. O EPS se destaca por sua capacidade de ser reutilizado em novas aplicações sem a necessidade de reprocessamento industrial, o que representa uma vantagem econômica e ambiental significativa (Barbosa da Silva, Florian e Ferreira Filho (2021). Como exemplo, tem-se os trabalhos de Carvalho (2017) e Reis (2021) que utilizam o resíduo de EPS em substituição do agregado em concreto e argamassas respectivamente. A reutilização de resíduos de EPS em novos produtos construtivos contribui para a redução de resíduos sólidos e para a preservação de recursos naturais.

Apesar de suas vantagens, a utilização do EPS no Brasil ainda enfrenta desafios e limitações. Carvalho (2019) aponta que a falta de conhecimento e a resistência à inovação são barreiras significativas para a adoção ampla do EPS no mercado brasileiro. Além disso, a falta de normas técnicas específicas para o uso do EPS na construção civil dificulta a padronização e a qualidade das aplicações.

Este trabalho de conclusão de curso estuda o uso do EPS na construção civil, com ênfase no aumento de seu uso e nas diferentes aplicações deste material, desde as fundações até o acabamento. Apesar de seu potencial, a utilização do EPS no Brasil ainda é limitada, destacando a necessidade de mais pesquisas e maior aplicabilidade do material.

A escolha do tema foi motivada pela observação do crescimento no uso do EPS na construção civil, não apenas em termos de volume, mas também pela diversidade de aplicações.

Este trabalho buscou identificar as produções acadêmicas, técnicas e normativas que versam sobre o EPS na construção civil de forma a criar um panorama que norteie engenheiros sobre o que já se possui de estudos e documentação técnica e as lacunas ainda presentes que podem ser exploradas, fornecendo uma fonte de informação para tanto para aqueles que buscam a utilização EPS em suas obras quanto para aqueles que pretendem realizar pesquisas e desenvolver novos produtos e soluções utilizando-se do poliestireno expandido.

2 OBJETIVOS

Este Trabalho de Conclusão de Curso objetiva estabelecer um panorama abrangente sobre o EPS na construção civil, considerando aspectos acadêmicos, normativos e práticos, com dados de mercado e fundamentado no conhecimento científico consolidado. Mais detalhadamente:

- Determinar a quantidade e conteúdo das produções acadêmicas e normativas relacionadas ao uso do poliestireno expandido (EPS) na construção civil;
- Analisar o mercado do EPS no que se refere à fabricação, comércio e perspectivas de crescimento;
- Identificar, através de dados extraídos de uma Análise do Ciclo de Vida (ACV) do EPS, os impactos econômicos, ambientais e sociais causados por sua cadeia produtiva.

3 METODOLOGIA

A metodologia desse trabalho foi dividida em 4 partes: busca e análise de trabalhos científicos; levantamento de dados setoriais e de mercado do material; pesquisa de documentos normativos e técnicos e avaliação de impacto ambiental e social do EPS.

Para obter um panorama abrangente das produções acadêmicas relacionadas ao uso do EPS na construção civil, foram realizadas pesquisas no Catálogo de Teses e Dissertações da CAPES. Essa abordagem permitiu identificar e analisar os trabalhos acadêmicos mais relevantes e recentes sobre o tema. Inicialmente, foi realizada uma pesquisa com os seguintes filtros “EPS, engenharia, engenharia civil”, resultando em 35 artigos. Utilizando os termos “Poliestireno Expandido, engenharia, engenharia civil”, foram obtidas 23 publicações. Todos os documentos foram analisados quanto à inclusão no tema de pesquisa, excluindo-se os duplicados e aqueles fora do escopo de pesquisa.

Outro mecanismo de pesquisa utilizado foram os sites oficiais como da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) e do Sistema Nacional de Avaliações Técnicas (SiNAT). Buscou-se por normas técnicas (as Normas Brasileiras Regulamentadoras – NBR), legislações, diretrizes e recomendações que discorrem sobre a utilização do EPS no âmbito da construção civil, tais como os Documentos de Avaliação Técnica (DATEC).

Sabe-se da existência de artigos sobre a utilização do poliestireno expandido, contudo este trabalho se restringiu às publicações supracitadas devido a robustez que elas possuem. Essas tipologias de publicação servem de base legal para profissionais da construção civil e até mesmo como critérios para liberação de financiamentos de obras por parte da Caixa Econômica Federal;

A pesquisa acadêmica e normativa foi complementada por uma análise de mercado abrangente, buscando levantar o volume de material produzido anualmente e as principais empresas que o produzem e o utilizam. Essa análise incluiu a consulta a relatórios de mercado, dados de associações do setor e informações de empresas que empregam EPS e desenvolvem novas tecnologias para sua utilização.

Para completar o objetivo do trabalho, a partir de dados extraídos de uma Análise de Ciclo de Vida (ACV) do EPS, foram avaliados os aspectos, ambientais, econômicos e sociais considerando todas as etapas desde a extração das matérias-primas até o descarte, reuso e/ou reciclagem. A ACV é uma metodologia que avalia os aspectos ambientais e os impactos potenciais ao longo de todo o ciclo de vida de um produto, desde a extração das matérias-primas até a produção, uso e disposição final (ISO 14040:2006). Esta análise auxiliou na identificação das fases do ciclo de vida com maior impacto ambiental e propor estratégias para mitigação desses impactos.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Produções acadêmicas sobre o uso do EPS na construção civil

O levantamento de dados realizado na plataforma de pesquisa Periódicos CAPES retornou 35 resultados com o termo “EPS”, e 23 resultados com o termo “Poliestireno Expandido”, dos quais ao todo 28 foram selecionados a partir da leitura do título e resumo, que permitiram eliminar aqueles que estavam em duplicidade e/ou não estavam relacionados ao assunto central. Todas as publicações se referem a pesquisas de mestrado desenvolvido por alunos em cursos de pós-graduação nos estados São Paulo, Goiás, Pará, Santa Catarina, Minas Gerais, Amazonas e Rio Grande do Sul, Rio de Janeiro, Paraná e Paraíba. Ambos os levantamentos foram feitos no mês de junho de 2024 e não houve período de corte. No Quadro 1, é apresentado um resumo de todos os trabalhos analisados.

Quadro 1. Resumo dos trabalhos encontrados na plataforma CAPES (continua).

AUTOR	OBJETIVO	RESULTADO
FIRMINO 2013	Análise do comportamento de aterros sobre solos moles, com blocos de EPS.	Estudo comparativo, com relação aos recalques previstos em projeto e previstos nos ensaios edométricos. Resultados aceitáveis de estabilidade.
SILVESTRE 2013	Comportamento de solos reforçados com adição de pérolas de EPS através de estudo experimental.	O uso de pérolas de EPS em obras geotécnicas de carregamento estático contribuiria com o menor consumo de material natural e redução dos custos de transporte e volume de material mobilizado.
PEREIRA 2013	Aplicação de elementos de enchimento, em lajes pré-fabricadas, utilizando lajotas de concreto leve com flocos de EPS.	As lajotas de concreto leve com EPSD (poliestireno expandido descartado) podem ser aplicadas em lajes pré-fabricadas.
KUMAYAMA 2014	Utilização do pó de mármore, como material fino na confecção de concreto autoadensável (CAA) e a substituição de parte dos agregados graúdos e miúdos por EPS.	Incorporação de EPS ao pó de mármore modificou a viscosidade do concreto, minimizando os efeitos de segregação e de exsudação. No estado endurecido, com o aumento da porcentagem de EPS a resistência do concreto e o módulo de elasticidade apresentaram diminuíram proporcionalmente.
MURTA 2016	Verificação da possibilidade de utilização do EPS, na argamassa para produção de telhas de concreto.	Resultados mostraram que a partir de 1% de EPS na mistura, alguns atendimentos à norma ficam comprometidos. Em todos os casos a telha ficou mais leve, porém, maiores quantidades de EPS reduziram a resistência à flexão da telha, impossibilitando sua comercialização.
VENTURA 2016	Investigação do uso de pérolas de EPS como substituto parcial do agregado em blocos estruturais de concreto.	Bloco com EPS cumpre com os requisitos das características técnicas avaliadas para o bloco estrutural da classe C.
FIORELLI 2016	Avaliação da adição de resíduos de EPS em blocos de concreto.	Blocos com adição de resíduos de EPS atenderam os requisitos estabelecidos em norma.
FUHR 2017	Influência no dimensionamento da estrutura e nos custos da obra com painéis monolíticos em EPS e paredes convencionais de alvenaria de blocos cerâmicos.	Sistema com painéis em EPS apresentou redução no consumo de materiais (concreto e aço), redução no custo e no tempo de obra.
CARVALHO 2017	Comparação do desempenho do concreto com a adição de EPS em pérolas e o reciclado.	É possível a substituição do EPS em pérolas por reciclado. Necessidade da realização de estudos para a aplicação em paredes estruturais.

Quadro 1. Resumo dos trabalhos encontrados na plataforma CAPES (continua).

AUTOR	OBJETIVO	RESULTADO
GONÇALVES 2018	Produção de concretos com EPS oriundo da reciclagem mecânica, em substituição parcial ao agregado graúdo tradicional.	Atendimento a requisitos estruturais e térmicos variam em função do percentual de substituição do agregado graúdo por EPS reciclado.
INFORSATO 2018	Detalhamento do processo produtivo de laje alveolar moldada por fôrma fixa com a utilização de placas EPS, comparado ao processo produtivo da laje alveolar executadas com máquinas.	A utilização da capa de concreto minimiza possíveis diminuições da capacidade resistente ou de carregamento da laje alveolar moldada por fôrma fixa devido a movimentação do EPS durante o processo de fabricação.
NETO 2019	Avaliação da degradação do EPS por meio de ensaios laboratoriais.	Após expostas à intempéries por diferentes períodos, as amostras apresentaram comportamento similar em relação à absorção de água. Ao serem expostas a vapor de gasolina, as amostras mostraram uma tendência à perda de resistência ao longo do tempo.
BARROS 2019	Análise de desempenho de painéis sanduíches cimentícios (PSC) constituídos de placas de face de argamassa cimentícia com substituição parcial de cimento por metacaulim, reforçado com tecido juta em dupla camada, e núcleo em EPS.	O PSC foi validado como sistema de vedação vertical de nível superior com capacidade de utilização na construção civil para região amazônica.
BORSATTO 2019	Avaliou as propriedades do EPS para verificar a viabilidade e emprego em obras geotécnicas.	Propriedades do EPS variam de acordo com sua massa específica.
MAZONI 2019	Estudo do comportamento do concreto leve com EPS reciclado.	Utilização do EPS no concreto reduz o peso dos elementos construtivos e o consumo dos materiais, reforçando seu grande potencial de aplicação do material.
JUNIOR 2019	Verificação do desempenho de placas cimentícias com EPS reciclado (REPS) em substituição parcial do agregado miúdo.	É possível a utilização de REPS em substituição parcial do agregado miúdo para produção de placas cimentícias de vedação.
SILVA 2020	Verificação da viabilidade da produção de placas cimentícias com a incorporação de pérolas de EPS para aplicação em elementos de vedação vertical.	As placas cimentícias com a incorporação de até 20% de EPS apresentam características técnicas para aplicação em sistemas de vedação vertical internas.
SANTOS 2020	Reutilização do resíduo de EPS em mistura com solos, para emprego em obras geotécnicas.	Respostas mecânicas e hidráulicas variam de acordo com o tipo de solo e proporção volumétrica da mistura.

Quadro 1. Resumo dos trabalhos encontrados na plataforma CAPES (continua).

AUTOR	OBJETIVO	RESULTADO
BECKER 2020	Desenvolvimento de argamassas com propriedades mecânicas e termoacústicas destinadas ao revestimento de edificações, substituindo parcialmente o agregado miúdo por agregados alternativos: vermiculita, EPS e sílica aerogel	Argamassa com EPS apresentou melhoria nas propriedades térmicas e acústicas.
ALVES 2020	Avaliação do comportamento higratérmico de concretos produzidos com resíduos de borracha de pneu e EPS, para aplicação em paredes de concreto moldadas in loco.	Os concretos com resíduos são mais porosos do que o de referência, mais permeáveis ao vapor de água, se comportam de maneira diferente na secagem e apresentam menor condutividade térmica.
SALES 2021	Avaliação das propriedades do resíduo da borracha de pneu (RB) para a produção de concreto leve, comparando-o com o Poliestireno Expansível (EPS)	Ambos os materiais apresentaram resultados satisfatórios
LEÃO 2021	Análise da influência do tipo de EPS e do método de mistura nas propriedades de argamassas de revestimento	Potencial de uso de EPS reciclado, tanto pelo desempenho superior em relação ao EPS virgem quanto pelo fato de ser um resíduo reutilizado.
FARIAS 2021	Desenvolvimento de argamassa de revestimento com resíduo de EPS em substituição à areia natural.	Foi possível desenvolver uma argamassa de revestimento utilizando resíduos de EPS em substituição ao agregado natural
BERWANGER 2021	Desenvolvimento de blocos de concreto com a adição de Polietileno tereftalato (PET) e Poliestireno expandido (EPS) reciclados	Blocos analisados atenderam aos requisitos impostos pela normatização do tema, sendo classificados como Classe C
REIS 2022	Análise do desempenho da aplicação desses materiais (NANOCELULOSE e EPS) em argamassas de revestimentos	A argamassa leve com substituição do agregado miúdo pelo EPS (55% em volume) e teor de nanocelulose superior a 0,03% da massa do cimento, apresentou redução de sua consistência, aumento no tempo de pega, maior resistência mecânica e absorção acústica.
RESENDE 2022	Modelagem numérica de tensão e deformação, por método dos elementos finitos, de um pavimento rodoviário constituído de blocos de EPS assentada sobre uma fundação de solos moles.	Os resultados demonstraram que, os parâmetros de laboratório de pequena escala, não correspondem ao comportamento observado no aterro experimental construído e modelado numericamente.

Quadro 1. Resumo dos trabalhos encontrados na plataforma CAPES (conclusão).

AUTOR	OBJETIVO	RESULTADO
SANTOS 2022	Avaliação do desempenho térmico de uma edificação residencial construída com painéis monolíticos de EPS recobertos por malhas de aço e argamassa em diferentes Zonas Bioclimáticas Brasileiras	As construções em painéis monolíticos de EPS atingiram todos os requisitos e critérios estabelecidos pela norma para o nível superior de desempenho térmico em todas as oito Zonas Bioclimáticas Brasileiras, gerando edificações mais eficientes, econômicas e sustentáveis.
BARROZO 2023	Desenvolvimento de um modelo 3D não linear de Elementos Finitos, para avaliar painéis sanduiches de concreto armado e núcleo de EPS submetidos a esforços de compressão.	Modelo foi validado com ensaios experimentais, sendo capaz de simular satisfatoriamente o comportamento estrutural de painéis sanduíche sujeitos à carregamentos de compressão excêntrica, e confiável para estimar sua capacidade resistente

Fonte: Elaborada pelo autor (2024)

Analisando os temas das publicações acadêmicas os 28 trabalhos são agrupados em quatro áreas de utilização do EPS:

- Utilização do EPS em elementos cimentícios (blocos, telhas, argamassa e concreto) com 15 publicações correspondendo a 53,6% da produção acadêmica;
- Utilização de EPS em painéis sanduiches e laje pré-moldada, com 5 trabalhos correspondendo a 17,8% das publicações;
- Utilização do EPS em obras de solo (aterro, pavimentação e reforço de solo), com 4 publicações e 14,3% do total;
- Avaliação de desempenho e propriedades do EPS e de elementos que utilizam EPS em sua composição, com 4 trabalhos e 14,3% das publicações.

Em uma segunda análise podemos dividir os 28 trabalhos quanto a área de pesquisa, em 3 vertentes:

- Trabalhos materiais / propriedades: 26 (92,8% das publicações);
- Trabalhos sobre orçamento / planejamento: 1 (3,6% das publicações);
- Trabalhos sobre patologias / degradação: 1 (3,6% das publicações).

A análise dos trabalhos acadêmicos referentes ao EPS, permite inferir que grande parte de sua produção (53,6%) se concentra na adição de perolas ou resíduos de EPS em elementos cimentícios, como blocos, telhas, argamassas e concreto. Tal adição se justifica na busca de melhoria nas propriedades térmicas e acústicas dos elementos e na redução de sua massa. Um segundo motivo seria a preocupação ambiental tendo em vista que pode-se utilizar o resíduo de EPS nessas adições, reduzindo assim o descarte de material além dos ganhos nas propriedades termoacústicas do material em que o EPS foi incorporado.

Outro tema que se destacou é a utilização do EPS seja como blocos, chapas ou painéis para sistemas e/ou elementos de vedação vertical (com ou sem função estrutural) correspondendo atualmente a 17,8% da produção acadêmica encontrada. Apesar de representar um percentual não muito expressivo a crescente demanda do mercado e a criação de novos produtos por parte da indústria de construção civil deve elevar taxa de participação desse segmento nos estudos acadêmicos nos próximos anos.

Na área de obras de solo, apesar de não ter um apelo mercadológico tão forte a utilização do EPS representou 14,3% dos trabalhos acadêmicos, se mostrando uma opção inovadora e promissora para solução de problemas em aterros e obras de pavimentação, economizando no transporte e no consumo de materiais naturais.

Nota-se também, uma carência em pesquisas no que tange aos custos da utilização de sistemas e produtos com EPS em comparação aos sistemas e produtos tradicionais, não só em relação aos custos do material em si, mas também de mão de obra, desempenho estrutural e em eficiência energética. Outra lacuna encontrada foi em pesquisas referentes às patologias ligadas ao EPS e quanto a sua degradação com o passar do tempo, no intuito de se determinar a vida útil do material em cada forma de sua utilização.

4.2 Análise de mercado

Para realizar a análise de mercado do Poliestireno Expandido (EPS), uma variedade de fontes foi utilizada para obter dados abrangentes e confiáveis. A **Research and Markets** apresentou relatórios detalhados sobre o mercado global de EPS. Segundo um relatório recente **Global Expanded Polystyrene Market 2024-2028** (RESEARCH AND MARKETS, 2024), espera-se que o mercado de EPS cresça significativamente, alcançando uma taxa de crescimento anual de 4,72% durante o período e um aumento de mercado de US\$ 2,78 bilhões até 2028, impulsionado pelos benefícios ambientais, pelo crescimento do setor de comércio eletrônico e pelas altas taxas de reciclagem. O relatório abrange vários segmentos, incluindo construção civil, embalagens e outros, com previsões até 2028.

De acordo com o relatório **Statista**, um banco de dados que oferece estatísticas sobre a produção de EPS, valor de mercado e tendências da indústria, como a busca de sustentabilidade, forneceu percepções sobre as principais empresas no mercado de EPS, como BASF SE, Eni SpA e TotalEnergies SE (STATISTA, 2024). Entre as inovações é possível citar o Neopor Mycled material desenvolvido pela BASF. O produto contém 10% de material reciclado mecanicamente e é indicado para diversas aplicações na indústria da construção, das quais pode-se destacar o uso em isolamento de fachadas. A **Grand View Research** tem publicado relatórios de pesquisa de mercado sobre EPS, incluindo tamanho de mercado, participação, tendências e previsões. Em sua análise **Expanded Polystyrene Market Size, Share & Trends Analysis Report** cobre várias aplicações do EPS nas indústrias de construção, automotivo e embalagens. Sendo a indústria da construção responsável por 44% da receita total em 2022. Em relação à dinâmica de mercado do EPS para os próximos anos destacam-se três grandes fatores: a crescente demanda por “edificações verdes” (edificações sustentáveis e com alta eficiência energética); aumento da demanda de vários setores de aplicação; e pelo lado

negativo algumas possíveis restrições devido aos preços das matérias-primas (petróleo) sujeitas à desequilíbrios entre oferta e procura e também à instabilidade política (GRANDE VIEW RESEARCH, 2024).

Por outro lado, a **International EPS Alliance (INEPSA)** forneceu recursos e relatórios sobre o uso de EPS em diferentes regiões, incluindo atualizações de normas e regulamentações. Também ofereceram informações sobre iniciativas de sustentabilidade e programas de reciclagem relacionados ao EPS. Segundo a INEPSA, se todas as embalagens de EPS fossem substituídas por materiais como papelão ondulado e fibra moldada, em comparação com os números atuais, a necessidade de matéria-prima aumentariam em 560%, o consumo de energia em 215% e o volume de aterro em 150%. Por fim, grandes produtores de EPS como BASF SE, Eni SpA e TotalEnergies SE frequentemente publicam relatórios anuais e análises de mercado. Esses documentos fornecem panoramas valiosos sobre capacidades de produção, estratégias e desempenho de mercado (INEPSA, 2024).

Baseando-se nas fontes citadas, a análise de mercado envolve dados sobre volumes de produção, principais consumidores e tendências futuras no mercado de EPS. Também destaca os principais atores e seus papéis na condução do mercado. No Quadro 2 tem-se a síntese dos dados levantados de cada organização.

Quadro 2. Análise de mercado do EPS sumarizado

Fonte	Informações obtidas	Dados chave
Research and Markets	Previsão de crescimento do mercado, principais segmentos, análise regional	Crescimento do mercado impulsionado por benefícios ambientais, e-commerce, altas taxas de reciclagem
Statista	Estatísticas de produção, valor de mercado, informações sobre empresas	Estatísticas sobre volumes de produção, insights sobre valor de mercado, perfis de grandes empresas
Grand View Research	Tamanho, participação, tendências do mercado, panorama competitivo	Análise das aplicações do EPS na construção e embalagem, tendências de mercado
INEPSA	Atualizações regulatórias, iniciativas de sustentabilidade, programas de reciclagem	Informações sobre o uso do EPS em diversas regiões, esforços de sustentabilidade e reciclagem
BASF SE Annual Report	Capacidades de produção, estratégias de mercado, desenvolvimento de novos produtos	Dados específicos da empresa sobre capacidade de produção e estratégias

Fonte: Elaborada pelo autor (2024)

Com base no levantamento de mercado realizado conclui-se que o mercado do EPS se encontra em plena expansão com aumento crescente da demanda, não só na

construção civil, mas também no setor de embalagens e na indústria automobilística, sendo estes os três principais setores consumidores de EPS.

A taxa esperada de crescimento anual de quase 5% ao ano em grande parte é puxada pelo setor da construção civil, que representa 44% da receita total gerada pela utilização do EPS. Preocupações ambientais e com a eficiência energética tem sido os principais vetores de crescimento da utilização do poliestireno expandido em obras.

Questões ambientais também têm levado grandes empresas como a BASF SE, a desenvolverem materiais que incorporam o EPS reutilizado em sua fabricação reduzindo assim o descarte do material e a necessidade de matéria-prima, um fator muito importante em sua cadeia produtiva tendo em vista que é um material derivado do petróleo.

4.3 Levantamento normativo

No que se refere à documentos normativos, foram encontrados 8 documentos publicados, sendo 3 normas técnicas da ABNT e 5 documentos de sistemas construtivos (Quadro 3). Desses 5 documentos, 4 são diretrizes para avaliação técnicas de produtos e 1 corresponde a documento de avaliação técnica do produto IFORMS.

Quadro 3. Resumo dos documentos técnicos e normas sobre EPS.

DOCUMENTO	OBJETIVO
DATEC Nº045 Emissão: 04/2023 Validade: 03/2025	Avaliação técnica do sistema IFORMS ICF. Sistema composto por paredes estruturais de blocos de EPS preenchidos com concreto convencional de classe C20. As paredes estruturais moldadas no local, utilizadas para a construção de casas térreas e sobrados isolados, são revestidas em ambas as faces, com revestimento de argamassa de 25 mm de espessura e possuem espessura total de 230 mm. Nas paredes de cozinha, que delimitam o fogão o revestimento de argamassa possui 35 mm de espessura e a parede possui espessura total de 240 mm.
DIRETRIZ SINAT Nº02 REV.03 2024	Aplica-se para paredes integradas por painéis estruturais e/ou não estruturais pré-moldados, com seção transversal, cujas especificações não atendam o indicado pela ABNT NBR 16.475. Esses painéis formam as paredes internas e externas de casas térreas, sobrados unifamiliares, casas sobrepostas ou edifícios habitacionais de múltiplos pavimentos. Nessa diretriz o poliestireno expandido (EPS) é considerado material de isolamento térmico para o núcleo dos painéis.
DIRETRIZ SINAT Nº10 2014	Aplica-se a sistemas construtivos formados por painéis pré-fabricados de chapas delgadas vinculadas por núcleo de isolante térmico rígido. Os painéis podem formar paredes interna e externas com e/ou sem função estrutural e sistemas de cobertura. Nessa diretriz o poliestireno expandido (EPS) é considerado material de isolamento térmico para o núcleo dos painéis.
DIRETRIZ SINAT Nº11 2014	Aplica-se somente para paredes com função estrutural (internas e externas), destinadas a casas térreas e sobrados, isolados e geminados, casas sobrepostas e edificações multifamiliares de dois pavimentos (térreo mais um pavimento superior), com dois tipos de configurações diferentes: - Paredes moldadas no local formadas por blocos ou fôrmas de EPS preenchidos com concreto armado; e

	- Paredes moldados no local formadas por painéis de EPS com argamassa, microconcreto ou concreto projetados sobre painel de EPS.
DIRETRIZ SINAT Nº15 2020	Aborda o sistema de vedação vertical interno e externo (SVVIE) sem função estrutural, constituído por painéis vazados de geopolímero, para unidades habitacionais unifamiliares isoladas e/ou geminadas, casas sobrepostas e unidades habitacionais multifamiliares, de até 5 pavimentos.
ABNT NBR 11752:2024	Estabelece os requisitos para o uso de materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial nas temperaturas entre - 54 °C e + 74 °C.
ABNT NBR 17073:2024	Estabelece as diretrizes e os requisitos para projeto, execução, recebimento em obra e manutenção de edificações construídas com sistema de vedação vertical interna e externa (SVVIE), sem função estrutural, constituído por painéis leves modulares (PLM) pré-fabricados de chapas cimentícias e núcleo à base de cimento Portland e pérolas de EPS.
ABNT NBR 16866:2022	Esta Norma estabelece os métodos de ensaio para determinação das propriedades do poliestireno expandido (EPS) utilizado para qualquer fim.

Fonte: Elaborada pelo autor (2024)

Analisando os documentos técnicos e normativos quanto ao tipo do objeto pode-se dividi-los da seguinte forma:

- Documentos sobre sistemas construtivos: 4 (50,0% das publicações);
- Documentos sobre elementos (paredes): 2 (25,0% das publicações);
- Documentos sobre materiais (EPS): 2 (25,0% das publicações).

Em uma segunda análise, quanto ao local produção os 6 documentos são divididos em (2 deles não se aplicam a essa classificação):

- Pré-moldado/fabricado: 3 (50,0% das publicações);
- Moldado em loco: 3 (50,0% das publicações).

Em uma última análise, quanto à função estrutural os 6 documentos (2 deles não se aplicam a essa classificação) são divididos em:

- Função estrutural: 2 (33,3% das publicações);
- Função não-estrutural: 2 (33,3% das publicações);
- Função estrutural e/ou não-estrutural: 2 (33,3% das publicações).

Quanto ao campo normativo, constata-se a existência de apenas 02 normas técnicas (ABNT NBR 11752:2024 e ABNT NBR 16866:2022) que versam sobre as características e requisitos para utilização do EPS como material. Ambas a normas são muito recentes se comparado ao uso do EPS na construção civil que já passa de décadas, o que denota uma ausência normativa no tocante ao EPS e suas várias utilizações.

Existe ainda uma terceira norma (ABNT NBR 17073:2024), também muito recente, que trata sobre o uso de painéis não estruturais pré-fabricados formados por chapas cimentícias e núcleo à base de cimento Portland e pérolas de EPS. Norma esta que é bem restrita pois se destina a um tipo específico de painel e que não possui função estrutural mostrando mais uma vez a carência normativa.

Do ponto de vista dos documentos técnicos, tem-se um único documento de avaliação técnica de produto, o IFORMS de um fabricante específico. Trata-se de um sistema de vedação vertical composto por blocos de EPS preenchidos com concreto e revestidos de argamassa e que possui função estrutural. Os demais 5 documentos, Diretrizes Sinat, referem-se a paredes e sistemas construtivos, que são compostos por elementos de EPS (blocos, chapas, núcleo isolante térmico) e que podem ou não ter função estrutural, cada uma das diretrizes de avaliação sendo aplicada ao elemento ou sistema correspondente de acordo com especificidade e função do objeto que será avaliado.

A pequena quantidade de documentos técnicos existentes sobre a utilização do EPS, acaba por desestimular sua utilização, pois sabe-se da grande gama de suas diferentes utilizações e muitas delas não se enquadram nas Diretrizes Sinat existentes. Fato este que prejudica a utilização do poliestireno expandido pois sem uma Diretriz Sinat para avaliar, ou um Datec do produto, as obras em que este é utilizado como sistema construtivo não são passíveis de financiamento pela Caixa Econômica Federal.

4.4 Avaliação ambiental da cadeia produtora de EPS

A ACV é uma metodologia que avalia os impactos ambientais associados a todas as fases da vida de um produto (BASF, 2022). Para estudar uma Análise de Ciclo de Vida (ACV) do EPS (Poliestireno Expandido), é importante seguir as etapas de avaliação desde a produção das matérias-primas até o fim de vida do produto (EPRO, 2020; BASF, 2022).

O trabalho de Forlin, Brandalise e Bertolini (2014) se dedicou na elaboração da ACV do EPS desde a extração das matérias-primas até o fim da vida útil do produto (Quadro 4). Na pesquisa, os autores utilizaram a metodologia de estudo de caso bibliográfico e exploratório que consistia além do levantamento bibliográfico, em entrevistas com clientes da empresa em estudo, através de questionário adaptado do modelo VAPERCOM (BRANDALISE, 2008), para elaborar a ACV.

Quadro 4. Ciclo de vida do EPS

Fase	Processo	Impactos ambientais principais
Extração de Matérias-Primas	Produção de poliestireno e pentano	Emissões de CO ₂ , consumo de recursos fósseis
Produção do EPS	Expansão e moldagem de EPS	Emissões de CO ₂ , consumo de energia
Distribuição e Transporte	Transporte do EPS até o local de uso	Emissões de CO ₂ , consumo de combustível
Uso	Aplicação em construção, embalagens, etc.	Benefícios térmicos, menor uso de energia
Fim de vida	Reciclagem, reutilização, disposição em aterros, incineração	Resíduos sólidos, emissões de CO ₂

Fonte: Adaptado de (FORLIN; BRANDALISE; BERTOLINI, 2014)

O EPS apresenta benefícios significativos durante a fase de uso devido às suas propriedades de isolamento térmico, o que pode levar a uma redução no consumo de energia em edifícios (FORLIN; BRANDALISE; BERTOLINI, 2014). No entanto, as fases de extração de matérias-primas e produção são associadas a altos impactos ambientais devido ao uso de recursos fósseis e à emissão de gases de efeito estufa. No Quadro 4 verifica-se o resumo dos dados levantados, sendo que o fim de vida do EPS é crítico; a reciclagem é preferível, mas ainda limitada em muitas regiões, resultando em grande parte do EPS sendo descartado em aterros sanitários ou incinerado, o que também gera impactos ambientais (BASF, 2022).

Com base na avaliação descrita, uma série de estratégias pode ser empregada para mitigação do impacto do uso do EPS com base em seu ciclo de vida (FORLIN; BRANDALISE; BERTOLINI, 2014).

No que se refere à extração das matérias-primas é fundamental priorizar o uso de recursos renováveis, promovendo o desenvolvimento de alternativas que possam substituir os recursos fósseis utilizados atualmente. Isso inclui tanto a busca por novas matérias-primas quanto o fomento à pesquisa científica focada na criação de materiais capazes de substituir o EPS e seus similares. Além disso, a eficiência na extração dessas matérias-primas deve ser aprimorada, adotando tecnologias que reduzam o consumo de energia e minimizem a emissão de poluentes. Para garantir que essas práticas sejam sustentáveis, os autores recomendam buscar certificações que atestem o compromisso ambiental dos fornecedores (FORLIN; BRANDALISE; BERTOLINI, 2014).

Na fase de produção, o uso de fontes de energia renovável, como solar e eólica, nas fábricas de EPS é uma medida essencial para reduzir o impacto ambiental. Investir na otimização dos processos produtivos com tecnologias avançadas aumenta a eficiência e contribui para a redução do consumo de energia e da geração de resíduos. Também é recomendada a implementação de tecnologias que permitam a captura e reutilização do CO₂ emitido durante a produção, ajudando a mitigar o impacto das emissões associadas ao processo de fabricação.

O transporte é outra etapa em que é possível reduzir o impacto ambiental. Adotar práticas de “logística verde”, com a otimização das rotas de transporte, reduz o consumo de combustível e as emissões de gases de efeito estufa. A escolha de uma frota eficiente, com veículos de menor impacto ambiental, como caminhões elétricos ou movidos a biocombustíveis, também é uma estratégia eficaz para minimizar o impacto do transporte do EPS.

No momento de uso do EPS, a capacitação e o treinamento de construtores e engenheiros são fundamentais para garantir que o material seja utilizado de forma otimizada, maximizando os benefícios de isolamento térmico e evitando desperdícios. Além disso, o desenvolvimento de sistemas construtivos que integrem o EPS a outros materiais sustentáveis pode potencializar a eficiência energética dos edifícios, contribuindo para um uso mais responsável e sustentável.

No final de sua vida útil, o EPS deve ser encaminhado para programas de reciclagem e reutilização, que dependem de uma infraestrutura adequada para a coleta, processamento e reaproveitamento do material. É importante também que a concepção

dos produtos e construções facilite a desmontagem e reciclagem do EPS, prolongando seu ciclo de uso e reduzindo o desperdício. A implementação de políticas de retorno, nas quais fabricantes e distribuidores aceitem o EPS usado para reciclagem ou reuso, é outra medida que contribui para a sustentabilidade do material.

Por fim, apoiar regulamentações ambientais que incentivem a redução dos impactos na produção e descarte do EPS é essencial para o desenvolvimento de práticas mais sustentáveis. A certificação de produtos de EPS que atendam a padrões ambientais rigorosos deve ser incentivada, promovendo o uso responsável e sustentável desse material ao longo de todo o seu ciclo de vida.

Essas estratégias, integradas em cada etapa do ciclo de vida do EPS, desde a extração até o descarte e reciclagem, permitem reduzir significativamente o impacto ambiental, promovendo um uso mais responsável e sustentável do material.

A partir do estudo da ACV do EPS, é possível concluir que este possui alguns pontos críticos que merecem atenção devido ao grande impacto econômico e ambiental que possuem. Estes pontos cruciais são a extração e o descarte pós-uso.

A extração envolve além de questões ambientais, questões econômicas e geopolíticas, pois o EPS possui o petróleo como matéria-prima. Do ponto de vista ambiental políticas de práticas sustentáveis para extração e minimização dos impactos bem como medidas de contenção e reparo de danos ambientais devem ser adotadas. Já do ponto de vista econômico as variações do preço do petróleo, que são sujeitas às condições do mercado financeiro, podem influenciar o preço final do EPS, fazendo com que ele possa ter um custo mais elevado podendo inviabilizar sua utilização em algumas soluções.

O descarte pós-uso implica na necessidade da criação de políticas de descarte, reciclagem e reuso de forma a minimizar a necessidade de aterros e gerar um maior reaproveitamento do material tendo em vista que se trata de um material não-renovável. A criação de benefícios tributários ou até mesmo financeiros para empresas que façam a reutilização e/ou reciclagem do EPS, de acordo com as políticas preestabelecidas, pode ser uma alternativa que gere uma redução significativa na quantidade do material que vai efetivamente parar nos aterros.

5 CONCLUSÕES

Este Trabalho de Conclusão de Curso estabeleceu um panorama abrangente sobre o uso do Poliestireno Expandido (EPS) na construção civil, abordando aspectos acadêmicos, normativos e práticos, fundamentando-se em dados de mercado e no conhecimento científico consolidado. Ao longo desta pesquisa, foram alcançados os objetivos principais, ao determinar a quantidade e o conteúdo das produções acadêmicas e normativas relacionadas ao uso do EPS na construção civil.

Ao revisar a bibliografia constatou-se um crescimento significativo no número de estudos e regulamentações que tratam do EPS. Destacando suas propriedades de isolamento termoacústico, resistência e durabilidade como os principais fatores que impulsionam seu uso na construção civil. A análise do mercado do EPS apontou os principais fabricantes, consumidores e formas de utilização do material.

O mercado do EPS tem mostrado um crescimento constante, com uma ampla gama de aplicações que vão desde o isolamento térmico e acústico até o uso em sistemas de construção modular. As perspectivas futuras indicam um aumento na demanda por soluções sustentáveis e eficientes, nas quais o EPS desempenha um papel crucial.

A fim de atender essas expectativas de crescimento, é necessário investir em pesquisas e inovações que explorem o potencial do EPS na construção civil. Além disso, é importante desenvolver normas técnicas que regulamentem o uso do EPS e garantam a qualidade das construções.

No âmbito acadêmico pode-se concluir que grande parte das pesquisas (53,6%) se concentram na adição de EPS a elementos cimentícios, como blocos, telhas, argamassas e concreto, buscando incorporar características de isolamento térmico e acústico e de leveza a esses elementos. Em segundo lugar, com 17,8% está o uso do EPS em sistemas construtivos com painéis tipo sanduíches.

No que se trata de mercado foi possível observar que o EPS está em plena ascensão, com previsão de crescimento do mercado global de aproximadamente 4,72 % ao ano até 2028. Aumento esse devido à crescente demanda dos setores da construção, responsável por 44% do mercado, do setor automobilístico e do setor de embalagens.

O futuro do EPS na construção civil é promissor, especialmente em termos de isolamento acústico e térmico, além da redução significativa de peso estrutural, conforme demonstra as publicações avaliadas. À medida que mais pesquisas são realizadas e os benefícios do EPS se torna difundido, espera-se que o material seja cada vez mais incorporado em projetos de construção civil, contribuindo para a sustentabilidade e eficiência das edificações.

No campo normativo, conclui-se que as normas e documentos técnicos encontrados abordam o preponderantemente a utilização do EPS em sistemas construtivos de vedação vertical. Utilizando painéis mistos de EPS e concreto, microconcreto ou argamassa, mostrando também uma tendência de mercado do crescimento da utilização desses sistemas construtivos.

Por fim, a leitura da ACV do EPS forneceu uma visão detalhada dos impactos econômicos, ambientais e sociais causados por sua cadeia produtiva. A produção do EPS, apesar de consumir recursos fósseis e emitir gases de efeito estufa, oferece benefícios ambientais durante sua fase de uso, principalmente devido à sua eficiência energética. No entanto, o fim de vida do EPS ainda apresenta desafios significativos, destacando a necessidade de aprimorar as práticas de reciclagem, reuso e manejo de resíduos para mitigar os impactos negativos.

Com base na avaliação ambiental da cadeia produtora do EPS, conclui-se que o EPS é um material versátil e eficiente para a construção civil, com um balanço positivo entre seus benefícios e impactos. Para maximizar seu potencial, é essencial promover a reciclagem, reuso e o manejo adequado de resíduos, além de continuar investindo em pesquisa e desenvolvimento para aprimorar suas aplicações e reduzir os impactos ambientais ao longo de seu ciclo de vida.

REFERÊNCIA

ALVES, CAMILA DOS REIS. **Avaliação do comportamento higrotérmico de concretos produzidos com resíduos de borracha de pneu e poliestireno expandido para aplicação em paredes de concreto'** 27/02/2020 201 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, Uberlândia Biblioteca Depositária: Universidade Federal de Uberlândia

BARBOSA DA SILVA, W.; FLORIAN, F.; FERREIRA FILHO, W. G. **Uso e importância do poliestireno expandido (EPS) na construção civil.** *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, [S. l.], v. 2, n. 10, p. e210868, 2021. DOI: 10.47820/recima21.v2i10.868. Disponível em: <https://recima21.com.br/index.php/recima21/article/view/868>. Acesso em: 24 abr. 2024.

BARROS, MICHELL DA SILVA. **DESENVOLVIMENTO DE PAINÉIS SANDUÍCHES COM NÚCLEO DE EPS E PLACAS DE FACE CIMENTÍCIAS COMO SISTEMA DE TECNOLOGIA CONSTRUTIVA PARA CASAS POPULARES, EM MANAUS'** 08/10/2019 undefined f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS, Manaus Biblioteca Depositária: undefined

BARROS, R. M. X. **Utilização do EPS em substituição aos materiais e sistemas tradicionais utilizados na construção civil: aspectos técnicos e ambientais.** 2023. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de São Paulo, Instituto de Ciência e Tecnologia. São José dos Campos, 2023.

BARROZO, GEOVANY FERREIRA. **ESTUDO NUMÉRICO DA CAPACIDADE RESISTENTE DE PAINÉIS SANDUÍCHE DE CONCRETO ARMADO E NÚCLEO DE POLIESTIRENO EXPANDIDO SOB ESFORÇOS DE COMPRESSÃO'** 24/09/2023 undefined f. Mestrado em ESTRUTURAS E CONSTRUÇÃO CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA, Brasília Biblioteca Depositária: undefined

BASF. **BASF closes EPS recycling loop and launches Neopor® Mccycled™ containing recycled material Eco-Efficiency Analysis of Styropor (EPS).** 2022. Disponível em: <https://www.basf.com/global/en/media/news-releases/2022/03/p-22-168.html>. Acesso em: 19 jul. 2024.

BECKER, PATRICIA FERNANDA BERGMANN. **Desempenho mecânico e termoacústico de argamassas isolantes para revestimento de edificações'** 13/12/2020 123 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA, Joinville Biblioteca Depositária: Biblioteca Universitária da UDESC

BERWANGER, CLEOFAS. **Avaliação da Utilização de Polietileno Tereftalato (PET) e Poliestireno Expandido (EPS) Reciclados na Produção de Blocos de Concreto** ' 24/11/2021 114 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DA INTEGRAÇÃO LATINO-AMERICANA, Foz do Iguaçu Biblioteca Depositária: <http://dspace.unila.edu.br/123456789/6473>

BORSATTO, MARIANA BASOLLI. **AValiaÇÃO DAS PROPRIEDADES HIDRÁULICAS E MECÂNICAS DO GEOEXPANDIDO (EPS) POR MEIO DE ENSAIOS DE LABORATÓRIO**' 28/11/2019 116 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (BAURU), Bauru Biblioteca Depositária: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/191358>

BRANDALISE, L. T. **A percepção do consumidor na Análise do Ciclo de Vida do produto: um modelo de apoio à gestão empresarial**. Cascavel: Edunioeste, 2008.

BRASIL. **DATEC nº 045**, abril de 2023. Sistema de vedação vertical composto de blocos de EPS preenchidos com concreto e revestimento de argamassa. SINAT, abril de 2023.

BRASIL. **Diretriz SINAT nº 002 – rev. 03**, abril de 2024. Diretriz para avaliação técnica de produtos. Sistemas de paredes integrados por painéis pré-moldados de concreto ou mistos para emprego em edifícios habitacionais. Ministério do Desenvolvimento Regional, Brasília, DF, abril de 2024.

BRASIL. **Diretriz SINAT nº 010**, fevereiro de 2014. Diretriz para avaliação técnica de produtos. Sistemas construtivos formados por painéis pré-fabricados de chapas delgadas vinculadas por núcleo de isolante térmico rígido. Ministério do Desenvolvimento Regional, Brasília, DF, fevereiro de 2014.

BRASIL. **Diretriz SINAT nº 011**, junho de 2014. Diretriz para avaliação técnica de produtos. Paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (EPS), aço e argamassa, microconcreto ou concreto. Ministério do Desenvolvimento Regional, Brasília, DF, junho de 2014.

BRASIL. **Diretriz SINAT nº 015**, março de 2020. Diretriz para avaliação técnica de produtos. Sistema de vedações verticais internas e externas sem função estrutural de painéis vazados de geopolímero. Ministério do Desenvolvimento Regional, Brasília, DF, março de 2020.

CARVALHO, CARLOS HENRIQUE REZENDE. **ESTUDO DE CONCRETO COM POLIESTIRENO EXPANDIDO RECICLADO**' 28/09/2017 63 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, Uberlândia Biblioteca Depositária: Universidade Federal de Uberlândia

CARVALHO, M. A. **Aplicação de resíduos de poliestireno expandido (EPS) no desenvolvimento de blocos e telhas de concreto na construção civil visando aplicação**

em obras de interesse social. 2019. 207 f. Tese (Doutorado) - Universidade de Ribeirão Preto, UNAERP, Tecnologia Ambiental. Ribeirão Preto, 2019.

EUROPEAN ASSOCIATION OF PLASTICS RECYCLING AND RECOVERY ORGANISATIONS (EPRO). **Plastics – the facts 2020: an analysis of European plastics production, demand and waste data.** 2020. Disponível em: https://plasticseurope.org/wp-content/uploads/2021/09/Plastics_the_facts-WEB-2020_versionJun21_final.pdf. Acesso em: 18 jul. 2024.

FARIAS, SILVIO MARQUES DE. **ARGAMASSA PARA REVESTIMENTO COM ADIÇÃO DE RESÍDUOS DE EPS'** 23/05/2021 100 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: ATITUS EDUCAÇÃO S.A, Passo Fundo Biblioteca Depositária: <https://www.imed.edu.br/sobre-a-biblioteca-1/biblioteca-online/repositorio-digital-pgtec>

FIGLIOLI, MARIANA NATALE. **Reutilização de resíduos de poliestireno expandido (EPS) em blocos de concreto'** 31/05/2016 135 f. Mestrado em ENGENHARIA URBANA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ, Maringá Biblioteca Depositária: Biblioteca Central da UEM

FIRMINO, RONALDO MOURA. **ANÁLISE DO COMPORTAMENTO DE ATERROS SOBRE SOLOS MOLES: UM ESTUDO DE CASO DE UM ATERRO LEVE COM POLIESTIRENO EXPANDIDO (“ ISOPOR”) NA RODOVIA BR-101, GOIANA-PE.'** 13/06/2013 110 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE, Campina Grande Biblioteca Depositária: UFCG

FORLIN, A. M.; BRANDALISE, L. T.; BERTOLINI, G. R. F. **Análise do ciclo de vida do produto em uma indústria de Isopor®.** *Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental*, v. 3, n. 1, p. 201-228, 2014.

FUHR, ANDREIA GRASIELA. **ANÁLISE ESTRUTURAL E DE CUSTOS DE ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO COM VEDAÇÕES VERTICAIS COM PAINÉIS MONOLÍTICOS EM EPS E COM BLOCOS CERÂMICOS'** 18/07/2017 113 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS, São Leopoldo Biblioteca Depositária: UNISINOS

FURTADO, F. S. V.; REZENDE, J. P.; SILVA, K. S. **A utilização de EPS como alternativa sustentável na construção civil.** 2022.

GONCALVES, PAULO JOSE SIMAO. **EMPREGO DE EPS RECICLADO EM BLOCOS VAZADOS DE CONCRETO PARA OTIMIZAÇÃO DO CONFORTO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES'** 05/02/2018 undefined f. Mestrado em

ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS, Manaus Biblioteca Depositária: undefined

GRAND VIEW RESEARCH. 2024. Disponível em: <https://www.grandviewresearch.com/>. Acesso em: 20 jul. 2024.

INFORSATO, THIAGO BINDILATTI. **ANÁLISE DE LAJE ALVEOLAR PROTENDIDA MOLDADA POR FÔRMA FIXA E USANDO PLACAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO – ESTUDO TEÓRICO E EXPERIMENTAL'** 17/06/2018 224 f. Doutorado em Engenharia Civil Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS, São Carlos Biblioteca Depositária: BCo UFSCar

INTERNATIONAL EPS ALLIANCE (INEPSA). 2024. Disponível em: <https://epsrecycling.org/inepsa>. Acesso em: 20 jul. 2024.

JUNIOR, GERCYR BAPTISTA. **PLACA CIMENTÍCIA COM RESÍDUOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS): ESTUDO DAS PROPRIEDADES FÍSICAS E MECÂNICAS'** 28/03/2019 94 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO, Vitória Biblioteca Depositária: <http://www.biblioteca.ufes.br/>

KUMAYAMA, ROSEMARIE. **ESTUDO DA VIABILIDADE DO EMPREGO DO PÓ DE MÁRMORE PARA PRODUÇÃO DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL E SUBSTITUIÇÃO PARCIAL DOS AGREGADOS POR PÉROLAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)'** 30/01/2014 111 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (ILHA SOLTEIRA), Ilha Solteira Biblioteca Depositária: FE/UNESP / ILHA SOLTEIRA

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. *Metodologia científica*. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2017.

LEAO, LAIS SOUSA. **Influência do tipo de EPS e método de mistura nas propriedades de argamassas de revestimento'** 19/09/2021 undefined f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA, Uberlândia Biblioteca Depositária: undefined

MAZONI, EWERTON MARTINS. **CARACTERIZAÇÃO FÍSICA E MECÂNICA DE CONCRETO LEVE COM EPS RECICLADO'** 08/08/2019 undefined f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS, Manaus Biblioteca Depositária: undefined

MURTA, DANIEL TEOFILSO SOARES. **Telhas de concreto: Uma Análise da Fabricação com adição de EPS'** 01/02/2016 82 f. Mestrado Profissional em Processos Construtivos Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FUMEC, Belo Horizonte Biblioteca Depositária: Biblioteca da FEA

NETO, MOZART MARIANO CARNEIRO. **AValiação DA DEGRADAÇÃO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (GEOFOAM) POR MEIO DE ENSAIOS DE LABORATÓRIO'** 10/11/2019 104 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA JÚLIO DE MESQUITA FILHO (BAURU), Bauru Biblioteca Depositária: <https://repositorio.unesp.br/handle/11449/191150>

PEREIRA, JUARES JOSE. **LAJOTAS DE CONCRETO LEVE COM EPS DESCARTADO'** 29/09/2013 115 f. Mestrado em ENGENHARIA URBANA Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE ESTADUAL DE MARINGÁ, Maringá Biblioteca Depositária: Biblioteca Central da UEM

REIS, RAYSSA RENOVARO DOS. **DESEMPENHO DE ARGAMASSAS LEVES COM NANOCELULOSE E EPS PARA REVESTIMENTO DE EDIFICAÇÕES'** 14/12/2022 131 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA, Joinville Biblioteca Depositária: Biblioteca Setorial do CCT/UEDESC

RESEARCH AND MARKET. **The world's largest market research store.** 2023. Disponível em: <https://www.researchandmarkets.com/>. Acesso em: 20 jul. 2024.

RESENDE, ANDRE MATOSO. **Aplicação de blocos de EPS em estrutura de pavimento rodoviário: aterro experimental em escala real e modelagem numérica 2d e 3d'** 23/11/2022 110 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO, São Paulo Biblioteca Depositária: Biblioteca da Engenharia Civil e Biblioteca Central

SALES, ABNER SANTOS BARONI. **ESTUDO DA APLICAÇÃO DO RESÍDUO DE BORRACHA E DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) COMO AGREGADO LEVE NO CONCRETO'** 01/03/2021 52 f. Mestrado Profissional em ENGENHARIA APLICADA E SUSTENTABILIDADE Instituição de Ensino: INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA GOIANO, Goiânia Biblioteca Depositária: undefined

SANTOS, GIAN FONSECA DOS. **Propriedades de engenharia de misturas solo-EPS visando a aplicação em pavimentação e obras de terra'** 02/03/2020 89 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA, Viçosa Biblioteca Depositária: Biblioteca Central da UFV

SANTOS, ROGERIO SANTANNA DOS. **Avaliação do desempenho térmico de habitação residencial unifamiliar construída com painéis monolíticos de espuma termoplástica rígida de poliestireno expandido'** 26/09/2022 79 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE CATALÃO, Catalão Biblioteca Depositária: Universidade Federal de Catalão

SILVA, B. D.; CARVALHO, L. P.; JUNIOR, R. M. S. **As diversas utilizações do poliestireno expandido (EPS) na construção civil.** Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Civil). Faculdade Capixaba da Serra, Serra-ES, 2016.

SILVA, MAX WEVERTON MOREIRA DA. **Placas cimentícias produzidas com a incorporação de pérolas de poliestireno expandido (EPS)**' 31/08/2020 94 f. Mestrado em ENGENHARIA DE INFRAESTRUTURA E DESENVOLVIMENTO ENERGÉTICO Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ, Tucuruí Biblioteca Depositária: NDAE

SILVA, W. B.; FLORIAN, F.; FERREIRA FILHO, W. G. **Uso e importância do poliestireno expandido (EPS) na construção civil.** *RECIMA21 - Revista Científica Multidisciplinar*, v. 2, n. 10, p. e210868-e210868, 2021.

SILVESTRE, ALENA VITKOVA CALHEIROS. **Análise do Comportamento de Solos Reforçados com Poliestireno Expandido**' 26/11/2013 103 f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO RIO DE JANEIRO, Rio de Janeiro Biblioteca Depositária: Biblioteca Central da PUC-Rio

STATISTA. 2024. Disponível em: <https://www.statista.com/>. Acesso em: 20 jul. 2024.

VELOSO, Vinicius. **Conheça 5 propriedades técnicas do poliestireno expandido.** 2022. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/especiais/grupoisorecort/materia/conheca-5-propriedades-tecnicas-do-poliestirenoexpandido/17648#:~:text=Entre%20os%20principais%20usos%20na,aeroprtos%3B%20flutuadores%20em%20portos%20e.>

VENTURA, BENITO ALDO MORANTIN. **BLOCOS DE CONCRETO ESTRUTURAIS COM PÉROLAS DE EPS COMO AGREGADO**' 15/11/2016 undefined f. Mestrado em ENGENHARIA CIVIL Instituição de Ensino: CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS, Belo Horizonte Biblioteca Depositária: undefined