INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL

FÁBIO ÍTALO TAVARES MARQUES

BLOCOS DE CONCRETO CELULAR ESPUMOSO COM EPS: AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO EM SISTEMAS DE VEDAÇÃO INTERNA

PALMAS
2025

FÁBIO ÍTALO TAVARES MARQUES

BLOCOS DE CONCRETO CELULAR ESPUMOSO COM EPS: AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO EM SISTEMAS DE VEDAÇÃO INTERNA

Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel no Curso Superior de Engenharia Civil do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Prof. Esp.Evandro Schmitt

PALMAS
2025

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

M357b Marques, Fábio Italo Tavares
BLOCOS DE CONCRETO CELULAR ESPUMOSO COM EPS: AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO EM SISTEMAS DE VEDAÇÃO INTERNA / Fábio Italo Tavares Marques. – Palmas, TO, 2025.
47 p. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus Palmas, Palmas, TO, 2025.

Orientador: Esp. Evandro Schmitt

1. Construção sustentável. 2. Ensaio de corpo mole. 3. NBR 15575. I. Schmitt, Evandro. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automatica de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

FÁBIO ÍTALO TAVARES MARQUES

BLOCOS DE CONCRETO CELULAR ESPUMOSO COM EPS: AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO EM SISTEMAS DE VEDAÇÃO INTERNA

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do curso de Engenharia Civil Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins - Campus Palmas, como exigência à obtenção do grau em Engenheiro Civil.

Aprovado em: 18/12/2025

BANCA AVALIADORA

Documento assinado digitalmente
EVANDRO SCHMITT
Data: 23/12/2025 21:11:30-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Evandro Schmitt
Orientador
IFTO

Documento assinado digitalmente
MOACYR SALLES NETO
Data: 24/12/2025 09:39:12-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. Moacyr Salles Neto
IFTO

Documento assinado digitalmente
KARLA CRISTINA BENTES MOREIRA
Data: 22/12/2025 18:45:09-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Me. Karla Cristina Bentes Moreira
IFTO

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, dedico este trabalho aos meus pais, Fábio Marques e Silvia Myrelly. A vocês, a quem devo a vida e a formação dos meus valores, expresso a minha eterna gratidão. O apoio incondicional, os sacrifícios silenciosos e a crença no meu potencial constituíram os princípios sobre o qual toda a minha trajetória foi construída.

Aos meus irmãos, Henry Tavares e Enzo Gabriel, agradeço pela convivência e companheirismo. O incentivo mútuo e a compreensão foram essenciais para manter o equilíbrio e a perseverança.

À minha namorada Thaiz Kawamy, o meu mais profundo e sincero agradecimento. Seu amor incondicional e sua paciência foram o alicerce emocional que sustentou toda esta exigente jornada acadêmica. Sua presença constante e seu incentivo vão além do suporte pessoal, tornando-se a inspiração silenciosa que me impulsionou a perseverar e a concluir este trabalho. A você, dedico a vitória desta conquista e o meu eterno obrigado

RESUMO

Este trabalho investigou a viabilidade técnico-científica da substituição parcial de areia por poliestireno expandido (EPS) triturado na produção de blocos de concreto celular, com foco em sua aplicação como vedação interna em edificações residenciais térreas. A pesquisa se insere no contexto da busca por soluções sustentáveis na construção civil, visando o gerenciamento de resíduos como o EPS e a conciliação entre desempenho, viabilidade técnica, menor impacto ambiental e novos processos construtivos. A metodologia empregada envolve a produção de amostras de blocos com dosagens de EPS de 0% e 30%, além da caracterização de suas propriedades físico-mecânicas. Os ensaios foram conduzidos em conformidade com os parâmetros normativos estabelecidos pela ABNT NBR 15575-4 (2021), avaliando a resistência a impactos de corpo mole, a estanqueidade em áreas molhadas e molháveis e a reação ao fogo. Os resultados obtidos indicaram que a incorporação de EPS, mesmo na proporção de 30%, não comprometeu o atendimento aos critérios de desempenho da norma para os ensaios realizados. Os blocos com a dosagem de EPS tiveram desempenho satisfatório no ensaio de corpo mole, não apresentando ruínas e atendendo aos critérios de deslocamento. Nos ensaios de estanqueidade, o desempenho foi similar ao traço de referência, sendo ambos aprovados em áreas molháveis e reprovados em áreas molhadas, na reação ao fogo, todos os corpos de prova atenderam aos requisitos. Concluiu-se que a substituição parcial de areia por EPS em blocos de concreto celular é uma alternativa viável para sistemas de vedação interna, contribuindo para o desenvolvimento de um produto sustentável, durável e competitivo no mercado da construção civil.

Palavras-chave: Construção sustentável. Ensaio de corpo mole. NBR 15575.

ABSTRACT

This study investigated the technical and scientific feasibility of partially replacing sand with crushed expanded polystyrene (EPS) in the production of cellular concrete blocks, focusing on its application as internal cladding in single-story residential buildings. The research is situated within the context of seeking sustainable solutions in civil construction, aiming at the management of waste such as EPS and the reconciliation between performance, technical feasibility, reduced environmental impact, and new construction processes. The methodology employed involved the production of block samples with EPS dosages of 0% and 30%, in addition to the characterization of their physical and mechanical properties. The tests were conducted in accordance with the normative parameters established by ABNT NBR 15575-4 (2021), evaluating resistance to soft body impacts, watertightness in wet and damp areas, and reaction to fire. The results obtained indicated that the incorporation of EPS, even at a proportion of 30%, did not compromise compliance with the performance criteria of the standard for the tests performed. The blocks with the EPS dosage showed satisfactory performance in the soft body test, showing no crumbling and meeting the displacement criteria. In the watertightness tests, the performance was similar to the reference mix, with both being approved in wet areas and rejected in wet areas. In the fire reaction test, all specimens met the requirements. It was concluded that the partial replacement of sand with EPS in cellular concrete blocks is a viable alternative for internal sealing systems, contributing to the development of a sustainable, durable, and competitive product in the civil construction market.

Keywords: Construction method. Sustainability. NBR 15575.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Parâmetros normativos para avaliação dos ensaios..... 35
Quadro 2 - Critério de avaliação dos resultados para ensaio de corpo mole..... 36
Gráfico 1 - Resultados ensaio de estanqueidade..... 38
Quadro 3 - Critério de avaliação de acordo com o método da ISO 11925-2..... 41
Quadro 4- Resultados finais dos blocos..... 41
Quadro 5- Resultados gerais dos ensaios..... 42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Traço do concreto celular espumoso com densidade de 1200kg/m³.....23
Tabela 2 - Traços para concreto celular com traço base de 800kg/m³..... 23
Tabela 3 - Cálculo da substituição de EPS para traço de 800kg/m³.....24
Tabela 4- Resultados dos deslocamentos para a energia de 60J..... 37
Tabela 5 - Resultados dos deslocamentos para a energia de 120J..... 37
Tabela 6 - Resultados ensaio de áreas molháveis.....40

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de escape utilizado no aeroporto de Congonhas.....16
Figura 2 - Fluxograma Metodológico..... 19
Figura 3 - Granulometria do EPS.....20
Figura 4 - Aditivo Espumígeno Construção Celular.....21
Figura 5 - Desenho esquemático componentes.....22
do gerador de espuma..... 22
Figura 6 - Sistema gerador de espuma.....22
Figura 7 - Componentes internos do gerador de espuma.....22
Figura 8 - Componentes externos do gerador de espuma..... 22
Figura 9 - Mistura de areia e cimento..... 25
(traço referência)..... 25
Figura 10 - EPS adicionado na argamassa cimentícia (traço 30%)..... 25
Figura 11 - Aditivo Espumígeno.....25
sendo preparado..... 25
Figura 12 - Espuma pronta.....25
Figura 13 - Mistura da espuma na argamassa..... 26
(traço 30%).....26
Figura 14 - Concreto celular final com EPS..... 26
(traço 30%).....26
Figura 15 - Concreto celular despejado nas fôrmas.....26
Figura 16 - Medidas bloco de concreto celular.....26
Figura 17 - Blocos de concreto celular moldados.....27
Figura 18 - Bloco de concreto celular pronto..... 27
(traço referência)..... 27
Figura 19 - Bloco de concreto celular pronto (traço 30%)..... 27
Figura 20- Corte dos blocos..... 28
Figura 21- Posicionamento dos blocos..... 28
Figura 22- Assentamento dos blocos..... 29
Figura 23 - Alvenaria pronta.....29
Figura 24 - Estrutura de medição real.....30
Figura 25 - Estrutura de impacto utilizada.....30
Figura 26 - Marcação dos pontos de impacto..... 31
Figura 27 -Esquema completo utilizado para aplicação dos impactos e leitura dos deslocamentos..... 31
Figura 28 - Foto da estrutura do ensaio.....32
Figura 29 - Método de análise ensaio de áreas molháveis.....33
Figura 30 - Estrutura real do ensaio de chama única..... 34
Figura 31 - Corpos de prova..... 35
Figura 32 - Face bloco traço ref..... 39
Figura 33 - Face bloco traço 30%..... 39
Figura 34 - Traço da empresa ECOPORE..... 49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO..... 11
1.1 Problemas de pesquisa..... 11
1.2 Justificativa..... 12
1.3 Objetivos..... 13
1.3.1 Objetivo geral..... 13
1.3.2 Objetivos específicos..... 13
2 REVISÃO DE LITERATURA..... 14
2.1 Concreto celular..... 14
2.1.1 Materiais..... 14
2.1.1.1 Cimento..... 14
2.1.1.2 Agregado miúdo..... 15
2.1.1.3 Aditivo espumante e goma xantana..... 15
2.1.2 Principais aplicações de concreto celular na construção civil..... 16
2.2 Incorporação de EPS em matrizes cimentícias..... 16
2.3 Sistemas de vedação internos..... 17
2.3.1 Sistemas de vedação compostos por blocos celulares..... 17
2.4 Norma de desempenho..... 17
2.5 Métodos de ensaio para vedações..... 18
2.5.1 Impacto de corpo mole nos sistemas de vedações verticais internas para casas térreas.. 18
2.5.2 Umidade nas vedações verticais internas decorrente da ocupação do imóvel e estanqueidade de vedações verticais internas em contato com áreas molháveis..... 18
2.5.3 Avaliação da reação ao fogo da face interna dos sistemas de vedações verticais..... 19
3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS..... 19
3.1 Materiais utilizados..... 20
3.1.1 Cimento, areia e EPS..... 20
3.1.2 Água, aditivos e goma xantana..... 20
3.1.3 Espuma..... 21
3.1.4 Gerador de espumas caseiro..... 21
3.2 Traço de concreto..... 22
3.3 Quantificação do EPS..... 24
3.4 Processo de fabricação dos blocos..... 24
3.5 Processo de construção da alvenaria..... 28
3.6 Ensaios..... 29
3.6.1 Corpo mole em sistemas de vedações verticais..... 30
3.6.2 Estanqueidade em áreas molhadas..... 31
3.6.3 Estanqueidade em áreas molháveis..... 32
3.6.4 Avaliação da reação ao fogo da face interna dos sistemas de vedações verticais..... 33
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES..... 35
4.1 Ensaio de corpo mole..... 36
4.2 Estanqueidade em áreas molhadas..... 38
4.3 Estanqueidade em áreas molháveis..... 40

4.4 Avaliação da reação ao fogo da face interna dos sistemas de vedações verticais..... 41
4.5 Resultados finais.....41
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 43
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA..... 44
ANEXO..... 48

1 INTRODUÇÃO

O setor da construção civil vem procurando, nas últimas décadas, alternativas sustentáveis e eficientes que conciliem desempenho técnico e menor impacto ambiental. Nesse contexto, os blocos de concreto celular surgem como uma solução promissora, sobretudo por suas características como leveza e alta produtividade. Essas qualidades, de acordo com Ozório (2016), são decorrentes do uso de agregados leves e/ou da incorporação de ar, que pode ser obtida por meio de agente espumante.

Os blocos de concreto celular apresentam processo produtivo simples que envolve geralmente a mistura de cimento, areia, água, e a adição de uma espuma feita com aditivos espumantes, que podem ser de origem proteica ou sintética (Pinheiro, 2024).

A adição de materiais recicláveis, como o poliestireno expandido (EPS), em concretos, otimiza as qualidades citadas, além de elevar o desempenho térmico e acústico (Andrade *et al.*, 2022). A fragmentação e reintrodução do EPS substituindo parcialmente o agregado miúdo na fabricação de blocos celulares, representa uma oportunidade de reaproveitamento deste resíduo devido à sua baixa degradabilidade e alto volume, sendo também uma estratégia para reduzir o consumo de recursos naturais, como a areia.

Este estudo analisou, por meio de ensaios, conforme NBR 15575-4 (2021), o desempenho dos blocos de concreto celular com substituição parcial de areia por EPS triturado para vedações internas em edificações residenciais térreas, identificando as proporções que equilibram resistência mecânica, estanqueidade e desempenho ao fogo.

1.1 Problemas de pesquisa

Considerando-se que a extração de areia natural em áreas de rios, pode provocar erosão e gerar impactos na biodiversidade (UNEP, 2022) e que além do que foi dito, o EPS demora cerca de 500 anos para se decompor (Green Dining Alliance, 2016), torna-se essencial a investigação de processos que promovam a economia circular sem prejudicar o desempenho dos sistemas de vedação interna em edificações residenciais.

A substituição parcial de areia por EPS triturado em blocos celulares surge não apenas como uma estratégia para reduzir a extração de recursos naturais, mas também como uma oportunidade para agregar valor a um resíduo de difícil gestão.

O uso de blocos de vedação em alvenaria convencional, sejam eles cerâmicos furados ou de concreto, permanece amplamente adotado na construção civil graças à sua

disponibilidade, ao custo acessível e aos métodos de execução consolidados. Contudo, no estudo de Oliveira e Ávila (2025), os blocos cerâmicos e de concreto apresentaram produtividade menor em relação ao bloco de concreto celular, necessitando de maior tempo de execução. Segundo Witzke (2015), isso ocorre pois os blocos de concreto celulares apresentam maior leveza e maiores dimensões de blocos em relação aos demais.

Apesar das vantagens reconhecidas dos blocos de concreto celular, ainda não está claro como a incorporação de resíduos de poliestireno expandido (EPS) triturado altera de forma conjunta e quantitativa, os parâmetros de desempenho exigidos pela NBR 15575-4 (2021). É preciso compreender: A alvenaria composta por blocos com dosagem de 30% de EPS em substituição parcial do agregado miúdo no concreto celular, atende aos critérios mínimos da norma de desempenho NBR 15575-4 (2021)?

1.2 Justificativa

A escolha do estudo sobre o bloco de concreto celular perpassa por suas diversas qualidades e competitividade frente a outros tipos de sistemas de vedação. O estudo de Pinheiro (2024), definiu os blocos de concreto celular espumoso como o melhor tipo de sistema de vedação para construções de pequeno porte frente a sistemas como blocos cerâmicos, de concreto, adobe, solo cimento e concreto celular autoclavado.

Witzke (2015) afirma que a produtividade associada ao uso de blocos de concreto celular pode chegar a ser 178% maior do que com blocos cerâmicos. Em resultados práticos, isso significa prazos de obra mais curtos e custos de mão de obra reduzidos, aspectos que reforçam a vantagem técnica da adoção de blocos celulares em vedações internas de edificações.

Além disso, os estudos de Heller *et al*. (2021) indicam que os sistemas de vedações verticais internas compostos por blocos celulares, apresentam redução de carga sobre estruturas de 9% se comparado ao sistema de bloco de concreto e 8% ao sistema de bloco cerâmico. A inclusão do EPS no concreto celular se baseia nos estudos de Oliveira, Gonzaga e Ribeiro (2018) que demonstram que o uso de EPS como substituição parcial de areia no concreto aprimora ainda mais a baixa densidade e o isolamento térmico.

Embora o concreto celular tenha surgido como alternativa, essa tecnologia precisa superar efetivamente as limitações dos sistemas convencionais, para isso é fundamental entender como a incorporação de EPS triturado ao concreto celular influencia os requisitos da

NBR 15575-4 (2021), como resistência a impactos de corpo mole, estanqueidade e permeabilidade à água, reação ao fogo e viabilidade de produção em larga escala.

O estudo de análise da dosagem de 30% de EPS nos blocos de concreto celular, tem como o objetivo fornecer subsídios técnicos para a indústria de pré-fabricados e um produto capaz de equilibrar segurança, durabilidade e sustentabilidade, posicionando-o de forma competitiva frente aos sistemas de alvenaria cerâmica e concreto maciço.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

Foi realizada uma análise técnico-científica da viabilidade da substituição parcial do agregado miúdo por 30% de EPS triturado em blocos de concreto celulares, com função de vedação interna em edificações residenciais térreas, por meio de ensaios, com ênfase na avaliação do desempenho de resistências, segurança contra incêndio e estanqueidade destes elementos em conformidade com os parâmetros normativos estabelecidos pela NBR 15575-4 (2021).

1.3.2 Objetivos específicos

- Produzir amostras de blocos de concreto celular com substituição parcial da areia por EPS triturado com dosagens de 0% e 30%.
- Caracterizar as propriedades dos blocos, analisando sua resistência a impactos de corpo mole, estanqueidade e umidade das vedações verticais internas e reação ao fogo da face interna dos blocos modelos.
- Comparar e validar os dados obtidos nos ensaios em relação a norma de desempenho 15575-4 (2021).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Concreto celular

O concreto celular é caracterizado por Peixoto *et al* (2018) como um tipo de concreto leve, altamente poroso, formado por poros esféricos uniformes, distribuídos de maneira homogênea na massa. Segundo Sousa e Vieira (2017), o concreto celular é obtido a partir da mistura de cimento, agregados miúdos, água e aditivos espumantes, os quais geram uma espuma que é posteriormente incorporada à massa. Existem dois métodos de produzir blocos de concretos celulares, denominados autoclavados e espumosos.

Os blocos finais do autoclavado são colocados em um equipamento de autoclave, que controla a pressão e temperatura para estabilizar a reação e conferir resistência aos blocos. Já os espumosos não utilizam autoclave ou equipamentos complexos em seus blocos finais, o que dificulta o controle da uniformidade, que impacta diretamente nas propriedades e qualidade do bloco, este mesmo método produtivo também ainda não foi normatizado no Brasil, conforme Pinheiro (2024), enquanto o autoclavado segue requisitos da NBR 13438 (2021).

Ainda conforme Sousa e Vieira (2017), a resistência do concreto celular espumoso varia por fatores como massa específica, consumo de cimento, tipo de granulometria do cimento, fator água/cimento, qualidade e granulometria da areia, idade, temperatura de cura e sistema e metodologia de produção.

Ademais, Silva (2015) afirma que o concreto celular pode ser produzido apenas com cimento, sem agregados miúdos, quando se busca uma massa específica inferior a 800 kg/m³. No entanto, para obter um concreto com massa específica superior a esse valor, é necessário adicionar areia à mistura.

2.1.1 Materiais

2.1.1.1 Cimento

O aglomerante no concreto tem a função de unir os agregados da mistura, formando uma estrutura sólida e resistente, além de conferir sua resistência mecânica e durabilidade. No concreto celular, assim como no tradicional, o aglomerante mais utilizado, conforme Peixoto *et al* (2018) é o cimento Portland comum, podendo-se utilizar também o cimento Portland de

escória de alto forno e o pozolânico, mas necessitando de alterações nas dosagens e no processo de cura.

A empresa Construção Celular (2020), recomenda em seu manual de produção dos blocos o uso do Cimento CP-V ARI, pois, a espuma retarda a cura da massa, e enquanto com o cimento CPII é possível realizar a desforma dos blocos em aproximadamente 3 dias, o cimento CPV desforma com 1 dia de cura. No entanto, alguns estudos acadêmicos, como Rocha, Figueiredo e Altran (2016), utilizam o CP-II, assim como o presente estudo, por não ter necessidade de uma desforma rápida.

2.1.1.2 Agregado miúdo

O agregado miúdo normalmente utilizado em estudos sobre concreto celular é a areia. Conforme Viacelli (2012), este agregado tem a função de diminuir o consumo de cimento e água, e melhorar a trabalhabilidade do concreto. Os estudos de Silva (2015) indicam que o tipo de areia mais adequado seria a areia média, pois apresenta módulo de finura no intervalo de valores da zona ótima para ser utilizado em concreto.

2.1.1.3 Aditivo espumante e goma xantana

A espuma pode ser obtida através de duas classes de aditivos espumantes, a empresa Ecopore ([s.d.]), os divide em sintéticos, feitos a partir de produtos derivados do petróleo e vísceras de animais, e também os de origem vegetal. Segundo Grenzel (2023), a incorporação de bolhas de ar na espuma pode ser realizada de duas formas, por uma espuma pré-formada ou realizada por agitação mecânica. A adição no concreto diminui o peso específico, e a mesma pode ser produzida sem a necessidade de mão de obra especializada ou equipamentos específicos.

A goma xantana é definida por Zhan *et al* (2019) como um tipo de exopolissacarídeo produzida a partir do processo de fermentação de açúcares pelas bactérias. Sua principal função, conforme Grenzel et al. (2023) é ser um agente estabilizador da espuma, em seu estudo foi concluído que o uso de de Goma Xantana no agente espumante, conferiu uma melhor qualidade à espuma, diminuindo a taxa de drenagem e aumentando a resistência da espuma.

2.1.2 Principais aplicações de concreto celular na construção civil

Segundo Sousa e Vieira (2017), o concreto celular é aplicado em diversas áreas da construção civil. Por apresentar resistência e densidade inferiores ao concreto tradicional, é ideal para situações que não exigem altas solicitações de compressão, contribuindo para a redução do peso próprio da estrutura. Pode ser utilizado em diferentes tipos de construção, como habitações unifamiliares, prédios residenciais, edifícios industriais e construções especiais, como escolas, hospitais, garagens e instalações agrícolas.

Em estudo de Silva *et al* (2022) é destacado um uso especial para o concreto celular, sendo utilizado no aeroporto de Congonhas (SP) numa área chamada de "área de escape". Caso o avião precise abortar uma decolagem, mas está muito veloz e ultrapassará os limites da pista, é preciso utilizar esse sistema de escape que é todo revestido de concreto celular espumoso, ao entrar em contato com o material, o peso da aeronave esmaga o concreto, fazendo as rodas ficarem agarradas no mesmo e desacelerar rapidamente a aeronave até parar conforme Figura 1.

Figura 1 - Sistema de escape utilizado no aeroporto de Congonhas

Fonte: Site Airway (2022).

2.2 Incorporação de EPS em matrizes cimentícias

Segundo Pires et al. (2024), a utilização de EPS reciclado em argamassas representa uma alternativa promissora para a construção civil sustentável. Essa proposta inovadora sugere o uso do EPS reciclado como substituto parcial ou total, do agregado miúdo (areia) na fabricação de argamassas.

Oliveira, Gonzaga e Ribeiro (2018), afirmam que em concretos leves com EPS (CLE), o poliestireno expandido entra na composição com a finalidade de obter leveza nas peças estruturais e elementos pré-moldados, além de redução nos custos finais de projeto. No entanto, Oliveira, Gonzaga e Ribeiro (2020) ressalvam que os concretos com maiores adições de pérolas de EPS mostraram menor resistência à compressão.

2.3 Sistemas de vedação internos

Segundo Pierrard e Akkerman (2013), os sistemas de vedação vertical interna são caracterizados pelas paredes que separam as unidades habitacionais dentro da edificação, excluindo aquelas que fazem a delimitação entre a unidade e o meio externo.

2.3.1 Sistemas de vedação compostos por blocos celulares

Em estudo de Heller *et al*. (2021), sistemas de alvenaria compostos por blocos celulares geraram uma redução na carga de vedação vertical interna de aproximadamente 43% se comparada à alvenaria de bloco de concreto e apresentaram o mesmo isolamento sonoro, de 46 dB. Oliveira e Ávila (2025) analisaram os custos de mão de obra relacionados aos profissionais envolvidos (pedreiro e ajudante) e identificaram uma economia de 34,83% em comparação ao bloco de cimento e de 12,95% em relação ao bloco cerâmico.

Oliveira e Ávila (2025) destacam que o sistema com blocos celulares se apresenta como uma alternativa viável para construções comerciais que exigem rapidez na execução, possibilitando a antecipação do início das operações e, consequentemente, da geração de receita.

De forma complementar, Witzke (2015) destaca que o uso de blocos de concreto celular na alvenaria de vedação de edifícios reduz em 3,07% o custo total das estruturas. O sistema também apresenta uma produtividade 160% superior à do bloco cerâmico, além de gerar uma economia de 47,05% na argamassa de assentamento.

2.4 Norma de desempenho

A Norma de Desempenho, ABNT NBR 15575 (2021), estabelece requisitos e critérios para o desempenho de edificações habitacionais. A Parte 4 (NBR 15575-4) avalia os sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE), definindo parâmetros essenciais para

garantir a segurança e a habitabilidade. No entanto, esta parte não se aplica a obras já concluídas, reformas, *retrofit* de edifícios e edificações provisórias.

2.5 Métodos de ensaio para vedações

A ABNT NBR 15575-4 (2021) detalha os procedimentos de ensaio para avaliar o desempenho dos Sistemas de Vedações Verticais Internas e Externas quanto aos critérios estabelecidos. Estes ensaios visam simular condições de uso e exposição para verificar se os sistemas atendem aos requisitos mínimos de segurança e habitabilidade.

2.5.1 Impacto de corpo mole nos sistemas de vedações verticais internas para casas térreas

Este ensaio consiste na aplicação de golpes em pontos específicos do corpo de prova utilizando um saco de areia para avaliar a resistência a impactos (simulando choques de pessoas). O objetivo é garantir que a vedação resista a esses impactos sem apresentar ruptura, instabilidade ou danos que comprometam a segurança ou o uso. Os critérios de aceitação estão descritos na NBR 15575-4 (2021), no entanto a mesma referencia a NBR 11675 (2016) como responsável pelo procedimento do ensaio e cargas aplicadas.

2.5.2 Umidade nas vedações verticais internas decorrente da ocupação do imóvel e estanqueidade de vedações verticais internas em contato com áreas molháveis

De acordo com a NBR 15575-4 (2021), o ensaio de estanqueidade à água verifica a capacidade da vedação de impedir a passagem de água. O objetivo é assegurar a umidade e evitar infiltrações. O método envolve a aplicação controlada de água através de uma caixa metálica sobre a superfície da vedação, simulando condições de uso de áreas molhadas sendo o seu critério de aceitação a não infiltração de água no bloco superior a 3cm³ enquanto o de áreas molháveis analisa a face oposta que está recebendo a caixa com água verificando a presença de umidade ou vazamentos, sendo o seu limite a não presença de umidade perceptível a 1 metro de distância .

2.5.3 Avaliação da reação ao fogo da face interna dos sistemas de vedações verticais

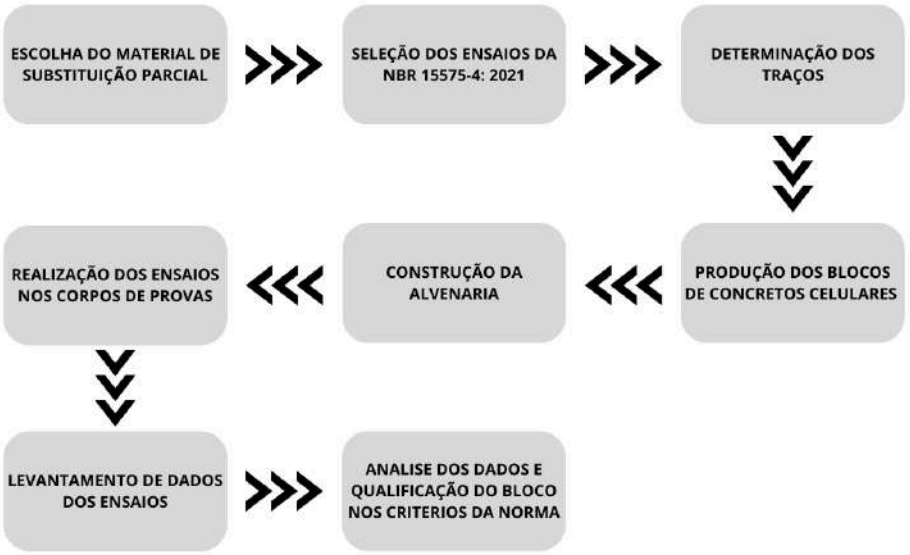
Para a segurança ao fogo, avalia-se a reação ao fogo dos materiais de revestimento. Um dos ensaios base determinados pela NBR 15575-4 (2021) para essa avaliação é o de ignitabilidade, descrito conforme a norma ISO 11925-2 e estando referenciado na norma de desempenho. Este ensaio expõe o material a uma pequena chama e verifica se ocorre ignição e analisa a propagação da chama, limitando a altura da propagação a 15cm. O objetivo é dificultar o início e a propagação das chamas e da fumaça, contribuindo para a segurança em caso de incêndio.

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este trabalho caracteriza-se como um experimento com abordagem qualitativa e quantitativa, fundamentado na confecção de blocos celulares com substituição parcial de agregado miúdo (areia) por EPS triturado em dosagens de 0% e 30%, a escolha das dosagens se baseia no estudo de Silva (2023) que analisou blocos de concreto celular espumosos com adição de 20% de casca de arroz.

Foram realizados ensaios de impacto de corpo mole, umidade nas vedações verticais internas e avaliação da reação ao fogo da face interna, com intuito de realizar procedimentos que quantifiquem e qualifiquem a resistência mecânica, segurança contra incêndio e a estanqueidade, as análises serão conduzidas em conformidade com as especificações da norma de desempenho NBR 15575-4 (2021). A Figura 2 apresenta, de forma esquemática, o processo metodológico adotado para esta avaliação.

Figura 2 - Fluxograma Metodológico



Fonte: Autor (2025).

3.1 Materiais utilizados

3.1.1 Cimento, areia e EPS

Entre os materiais utilizados teremos cimento CP II-F 50Kg CIPLAN, com resistência à compressão em 7 dias superior a 28 MPa, conforme especificações do fabricante, atuando como o aglomerante hidráulico responsável por conferir resistência aos blocos. Para compor a argamassa foi utilizado areia do tipo média e lavada, comumente utilizada na construção civil local, sendo sua proporção ajustada para compensar o acréscimo de EPS. É essencial que a areia esteja seca para garantir uniformidade na mistura, evitando alterações no fator água/cimento (a/c) e nas características finais do material. O Poliestireno Expandido (EPS) foi proveniente de reciclagem, na forma de flocos triturados, fornecidos pela empresa EPS TOCANTINS. O material tem granulometria entre 3 e 10 mm, conforme Figura 3, e massa específica aparente de aproximadamente 10 kg/m³.

Figura 3 - Granulometria do EPS

Fonte: Autor (2025).

3.1.2 Água, aditivos e goma xantana

A água utilizada na argamassa foi potável, proveniente da rede de abastecimento local, tanto para a mistura dos concretos quanto para a diluição do aditivo espumígeno. Sobre o aditivo, foi empregado um produto comercialmente disponível pela empresa Construção Celular, selecionado por sua capacidade de gerar espuma estável com microbolhas de ar uniformes. A dosagem recomendada é de 1 parte de aditivo para 40 partes de água e seu rendimento médio por litro de aditivo é de 600L de espuma, conforme o fabricante.

Também foi adicionado 2% de goma xantana em relação à massa do agente espumante com a finalidade de estabilizar a espuma, de acordo com o estudo de Grenzel (2023) esta porcentagem se refere a melhor proporção em seu estudo, que utilizou 0,5%, 1% e 2%. A goma deve ser dissolvida na água de diluição do agente espumante.

3.1.3 Espuma

A espuma foi produzida por um gerador caseiro apresentado no tópico 3.1.4, sendo seu agente espumante o produto comercializado pela empresa Construção celular, conforme Figura 4. Apesar do fabricante indicar rendimento de 600L de espuma por litro de aditivo, foi considerado rendimento de 500L para efeito de cálculo do traço.

Figura 4 - Aditivo Espumígeno Construção Celular

Fonte: Adaptado de Construção Celular (2025).

3.1.4 Gerador de espumas caseiro

O gerador de espuma caseiro produzido foi baseado no sistema da Figura 5, é apresentado o sistema utilizado no estudo na Figura 6. Uma caixa metálica em que há uma entrada para o aditivo espumígeno diluído na água e outra entrada para o ar comprimido, a água é sugada por uma bomba dentro da caixa em que sua saída passa por um registro de pressão para controle de volume, enquanto o ar passa por um registro de pressão, por um registro para volume e por um medidor de pressão em psi, por fim, a água e o ar se misturam através da conexão y, produzindo assim a espuma. Os componentes do gerador de espuma utilizado para a produção da espuma são apresentados nas Figuras 7 e 8.

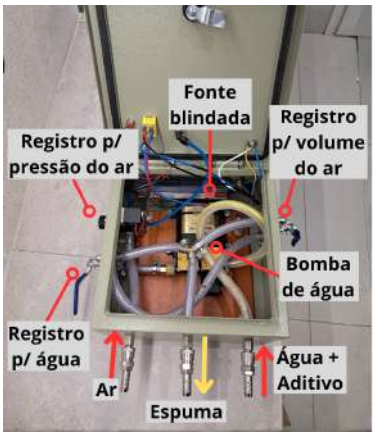
Figura 5 - Desenho esquemático componentes do gerador de espuma

Fonte: Site Engenheiro Doutor Pro (2024).

Figura 6 - Sistema gerador de espuma

Fonte: Autor (2025).

Figura 7 - Componentes internos do gerador de espuma



Fonte: Autor (2025).

Figura 8 - Componentes externos do gerador de espuma

Fonte: Autor (2025).

3.2 Traço de concreto

O traço referência definido para o ensaio, seguiu a sugestão de traço fornecida pela empresa Construção Celular (2020) em seu manual disponível no Anexo A, definindo o traço com densidade 1200 kg/m³. A partir do mesmo foram produzidos os traços com 0% e 30% de substituição de areia por EPS. A tabela 1 apresenta a composição dos respectivos traços.

Tabela 1 - Traço do concreto celular espumoso com densidade de 1200kg/m³

Traço para concreto celular espumoso (referência)		**Traço para concreto celular espumoso (30% de substituição)**	
Cimento (Kg)	378	**Cimento (Kg)**	350
Areia seca (Kg)	756	**Areia seca (Kg)**	532
EPS (Kg)	-	**EPS (Kg)**	1,52
Água (L)	157	**Água (L)**	160
Espuma (L)	422	**Espuma (L)**	80
Aditivo espumante (L)	0,84	**Aditivo espumante (L)**	0,76
Goma xantana (ml)	2% massa do aditivo	**Goma xantana (ml)**	2% massa do aditivo

Fonte: Autor (2025)

No entanto, ainda na fase de análise dos protótipo dos primeiros blocos decidiu-se alterar o traço base de densidade 1200 kg/m³ para 800kg/m³ visto que o bloco final se tornou difícil de utilizar de maneira prática para os ensaios por conta do seu alto peso de cerca de 43 Kg por bloco, assim, alterando sua densidade esperava-se um bloco mais leve e mais útil. O novo traço de concreto celular é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Traços para concreto celular com traço base de 800kg/m³

Traço para concreto espumoso (referência)		**Traço para concreto espumoso (30% de substituição)**	
Cimento (Kg)	366	**Cimento (Kg)**	366
Areia seca (Kg)	366	**Areia seca (Kg)**	256,2
EPS (Kg)	-	**EPS (Kg)**	0,73
Água (L)	138	**Água (L)**	138
Espuma (L)	615	**Espuma (L)**	615
Aditivo espumante (L)	1,23	**Aditivo espumante (L)**	1,23
Goma xantana (g)	2% massa do aditivo	**Goma xantana (g)**	2% massa do aditivo

Fonte: Autor (2025)

3.3 Quantificação do EPS

O cálculo de quantidade de EPS foi realizado convertendo a massa total de areia do traço de concreto celular de densidade 800kg/m³, para volume, utilizando sua densidade média da areia de 1500 kg/m³, e substituindo o volume de areia por volume de EPS no teor de 30%, por fim para compatibilizar medidas converteu-se o volume de EPS para Kg, utilizando sua densidade de 10kg/m³. A tabela 3 apresenta os dimensionamentos para as respectivas porcentagens de substituição.

Tabela 3 - Cálculo da substituição de EPS para traço de 800kg/m³

Areia		**30% de substituição por EPS**	
Massa (Kg)	366	**Volume de areia total (m³)**	0,244
Densidade (1500 Kg/m³)	1500	**Volume a ser substituído (m³)**	0,073
Volume (m³)	0,244	**Densidade EPS (Kg/m³)**	10
		Massa de EPS (Kg)	0,73

Fonte: Autor (2025).

3.4 Processo de fabricação dos blocos

O preparo da argamassa iniciou-se em um tambor de 200L, colocando-se toda a areia e cimento junto de 50% da água. Em seguida, utilizando um misturador duplo da Cortag é realizada a mistura dos componentes por 2 min, e após o tempo, é colocado o restante da água. Para o concreto com EPS, 100% dos flocos triturados foram incorporados após a argamassa cimentícia ficar pronta e realizada uma mistura por 1 min conforme indicam as Figuras 9 e 10.

Figura 9 - Mistura de areia e cimento (traço referência)

Fonte: Autor (2025).

Figura 10 - EPS adicionado na argamassa cimentícia (traço 30%)

Fonte: Autor (2025).

Paralelamente, preparou-se a espuma, diluiu-se o aditivo espumígeno junto da goma xantana em água seguindo as proporções recomendadas conforme Figura 11. Esse recipiente foi conectado através de uma mangueira até o gerador de espuma descrito no item 3.1.4. No interior do equipamento, o aditivo combina-se com o ar, gerando a espuma apresentada na Figura 12, que é então despejada em um recipiente graduado em litros para se unir à argamassa do tambor.

Figura 11 - Aditivo Espumígeno sendo preparado

Fonte: Autor (2025).

Figura 12 - Espuma pronta

Fonte: Autor (2025).

Com a espuma pronta e medida, adicionou-a à base cimentícia já preparada no tambor conforme Figura 13, assim, iniciou-se então, a mistura do concreto celular. O concreto celular pronto está representado na Figura 14.

Figura 13 - Mistura da espuma na argamassa (traço 30%)

Fonte: Autor (2025).

Figura 14 - Concreto celular final com EPS (traço 30%)

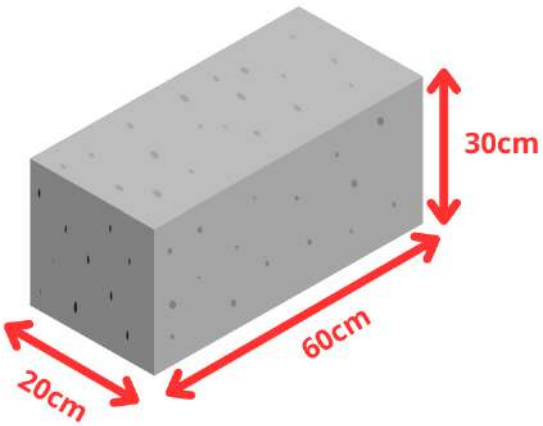
Fonte: Autor (2025).

Enquanto a mistura estava sendo preparada, aplicou-se desmoldante nas fôrmas e em seguida despejou-se o concreto em caixas padronizadas (Figura 15) para se obter blocos com dimensões de 60x30x20cm, conforme Figura 16. É possível visualizar as fôrmas preenchidas com concreto celular na Figura 17.

Figura 15 - Concreto celular despejado nas fôrmas

Fonte: Autor (2025).

Figura 16 - Medidas bloco de concreto celular



Fonte: Autor (2025)

Figura 17 - Blocos de concreto celular moldados

Fonte: Autor (2025)

Após a moldagem, os blocos passaram por um período de cura de 24 horas, permanecendo dentro dos moldes e cobertos com lona para evitar a evaporação brusca da água. Além disso, foram mantidos longe da incidência direta do sol, para preservar a umidade interna e garantir uma cura adequada nas primeiras horas, fase importante para o desenvolvimento da resistência do material. Após o período de cura, os blocos foram desmoldados conforme as Figuras 18 e 19.

Figura 18 - Bloco de concreto celular pronto (traço referência)

Fonte: Autor (2025)

Figura 19 - Bloco de concreto celular pronto (traço 30%)

Fonte: Autor (2025)

3.5 Processo de construção da alvenaria

O processo construtivo das alvenarias que foram realizadas para os ensaios, seguiu orientações da NBR 15575-4 (2021) que indicou que o processo fosse realizado conforme NBR 11675 (2016), que afirma que sistemas de vedação que não forem modulares podem ter suas dimensões adotadas conforme necessidade arquitetônica permitindo que o mesmo seja representativo do sistema construtivo real. Para este trabalho, determinou-se as dimensões para a alvenaria de 1,80m de largura por 2,10m de altura e vão para portas de 80cm, sendo a alvenaria composta pelas respectivas amostras de blocos celulares.

Inicialmente para a construção da alvenaria, os blocos foram cortados para se adequar às dimensões necessárias conforme Figura 20, e posicionados de maneira que cada fiada da alvenaria tivessem 2 blocos conforme Figura 21, sendo um total de 7 fiadas para atingir a altura determinada, resultando em 14 blocos necessários para a construção de cada parede.

Figura 20- Corte dos blocos

Fonte: Autor (2025)

Figura 21- Posicionamento dos blocos

Fonte: Autor (2025)

O engastamento de sua base e assentamento dos blocos foi realizado com argamassa cimentícia de traço 1:4 (cimento:areia) conforme figura 22, a alvenaria pronta está demonstrada na figura 23.

Figura 22- Assentamento dos blocos

Fonte: Autor (2025)

Figura 23 - Alvenaria pronta

Fonte: Autor (2025)

3.6 Ensaios

Para avaliar o desempenho dos blocos celulares desenvolvidos, foram realizados testes com o intuito de caracterizar suas propriedades físico-mecânicas e comportamentos em condições de uso, avaliando o desempenho em sistemas de vedações verticais internas (SVVI) para edificações térreas. Os requisitos e critérios de desempenho foram definidos de acordo com a ABNT NBR 15575-4.

Os ensaios selecionados para avaliação foram:

- Impacto de corpo mole nos sistemas de vedações verticais internas para casas térreas;
- Estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água - Áreas molhadas;
- Estanqueidade de vedações verticais internas e externas em contato com áreas molháveis;
- Avaliação da reação ao fogo da face interna dos sistemas de vedações verticais e respectivos miolos isolantes térmicos e absorventes acústicos.

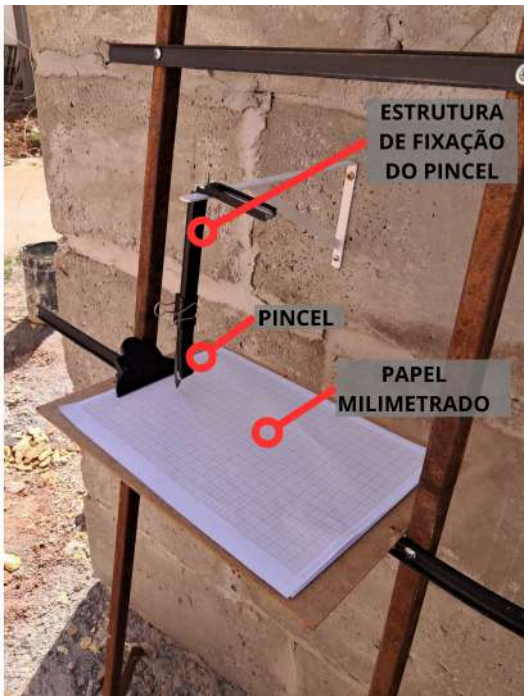
3.6.1 Corpo mole em sistemas de vedações verticais

Os requisitos para avaliação da resistência a impactos de corpo mole em sistemas de vedações verticais internas e externas para casas térreas, com ou sem função estrutural, estão descritos na NBR 15575-4 (2021). Este ensaio simula impactos acidentais gerados pela própria utilização do edifício ou choques provocados por tentativas de intrusões intencionais ou não, verificando a resistência mecânica dos elementos, sua segurança estrutural, capacidade de suportar colisões sem apresentar falhas e de permanecer estável após operação.

Contudo, a NBR 15575-4 (2021) estabelece que o processo de realização do ensaio deve seguir as diretrizes da NBR 11675:2016, determinando os processos e as dimensões do corpo de prova para o ensaio de impacto de corpo mole, que estão descritas no tópico 3.5.

Os equipamentos utilizados no teste foram o corpo percursor, (saco preenchido com areia, pesando 40Kg), sistema de suspensão pendular com corda e instrumentos de medição. O esquema de medição e o sistema de impacto utilizado estão apresentados nas Figuras 24 e 25, respectivamente.

Figura 24 - Estrutura de medição real



Fonte: Autor (2025)

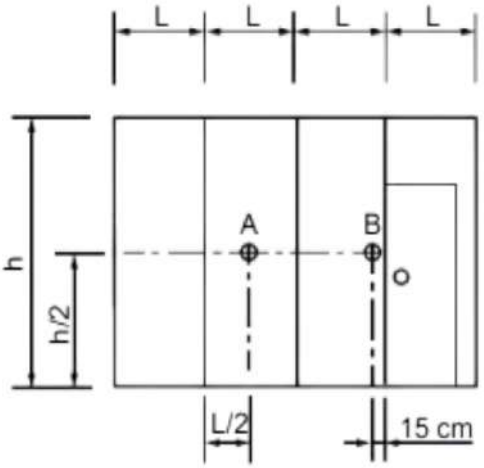
Figura 25 - Estrutura de impacto utilizada

Fonte: Autor (2025)

O procedimento de impacto foi realizado conforme a NBR 11675:2016 e consistiu em aplicar impactos sequenciais: um de 60J no ponto A, um de 60J no ponto B, seguidos de três

impactos de 120J em cada ponto (A e B). Os pontos de impactos conforme descreve a NBR 11675:2016 estão representados na Figura 26. Para determinar as cargas de 60J e 120J, ergue-se o centro de massa do saco até que atinja 15cm e 30cm de distância respectivamente, em relação ao corpo de prova. É iniciado então a suspensão e distanciamento do percurssor macio em relação ao ponto de impacto, liberando-se o corpo para movimento perpendicular, após cada impacto, registrou-se os danos e deslocamentos resultantes através do sistema de medição conforme Figura 27.

Figura 26 - Marcação dos pontos de impacto



Fonte: ABNT, NBR 11675:2016, p. 5.

Figura 27 -Esquema completo utilizado para aplicação dos impactos e leitura dos deslocamentos

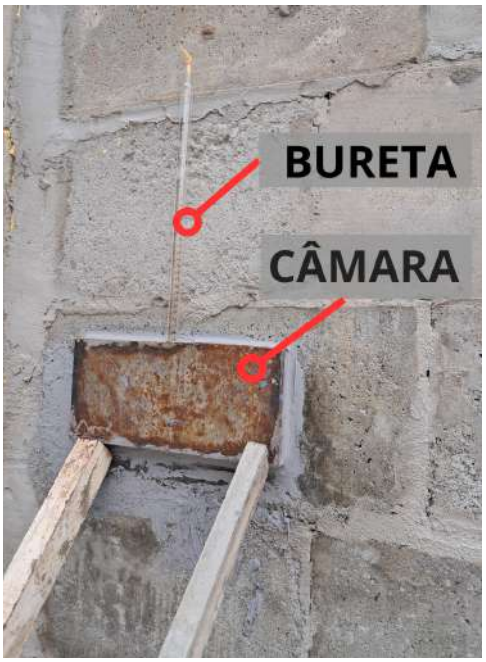
Fonte: Autor (2025)

3.6.2 Estanqueidade em áreas molhadas.

Os requisitos para a avaliação da estanqueidade de vedações verticais internas e externas com incidência direta de água em áreas molhadas são determinados pela NBR 15575-4 (2021). Este ensaio garante que não ocorram infiltrações que provoquem umidade e deterioração nos ambientes próximos. O objetivo é avaliar a capacidade de impedir a passagem de água para ambientes adjacentes e a durabilidade do sistema sob umidade contínua.

Para o procedimento utilizou-se uma câmara de ferro com formato de caixa com dimensões internas de 16 cm x 34 cm e espessura de 3cm e também uma bureta graduada em ml para medição do volume de água eventualmente infiltrado na parede. O aparelho montado é apresentado na Figura 28.

Figura 28 - Foto da estrutura do ensaio



Fonte: Autor (2025)

O ensaio iniciou-se acoplando a câmara na região desejada do corpo de prova, e selou-se suas bordas com PU40, posicionou-se a bureta sobre a câmara, preenchendo ambas com água. Por fim, registrou-se o nível inicial de água da bureta e também a cota após os períodos de 30 min, 1h, 2h, 4h, 6h e 24h.

3.6.3 Estanqueidade em áreas molháveis

Os requisitos para avaliação da estanqueidade de vedações verticais internas e externas em contato com áreas molháveis estão determinados na NBR 15575-4 (2021). Segundo a norma, considera-se "área molhável" aquela que pode estar sujeita a respingos de água em função de seu uso e ocupação. Este ensaio verifica a capacidade do sistema em impedir a passagem de água para ambientes adjacentes, bem como avaliar sua durabilidade quando exposto à presença de umidade.

A norma apresenta o critério de avaliação, que exige a ausência de umidade visível a uma distância de 1 metro, mas não especifica o procedimento de ensaio. Por isso, para fins acadêmicos, foi adotado o protocolo complementar descrito no ensaio 3.6.2. Desta forma, uma face do corpo de prova recebeu a câmara com água (simulando a área molhada), enquanto a face oposta foi inspecionada visualmente durante os mesmos intervalos do ensaio

3.6.2, buscando quaisquer sinais de umidade. A Figura 29 mostra como foi realizada a análise.

Figura 29 - Método de análise ensaio de áreas molháveis

Fonte: Autor (2025)

3.6.4 Avaliação da reação ao fogo da face interna dos sistemas de vedações verticais

Este ensaio estabelece a avaliação a reação ao fogo da face interna dos sistemas de vedações verticais, de modo a garantir que, em situações de incêndio, as divisórias internas de edificações residenciais retardem a propagação das chamas e da fumaça. Essa avaliação assume importância fundamental para a segurança dos ocupantes.

O objetivo é determinar a inflamabilidade dos blocos de concreto celular com adição de EPS, quando expostos diretamente à incidência de uma pequena chama, em conformidade com os requisitos da NBR 15575-4 (2021), utilizando o método de ensaio prescrito pela ISO 11925-2:2020. Este ensaio avaliou se o material contribuiu para a propagação inicial do fogo, verificando se a frente de chama atinge uma altura específica (150 mm) em um determinado tempo e se ocorrem gotas ou partículas inflamadas que possam propagar o incêndio.

Conforme a ISO citada, a estrutura utilizada para o ensaio está disposta na Figura 30. Como fonte de ignição, utilizou-se um maçarico alimentado por gás propano, calibrado para produzir uma chama estável com 20 mm de altura, posicionando-o a uma inclinação de 45° em relação ao corpo de prova

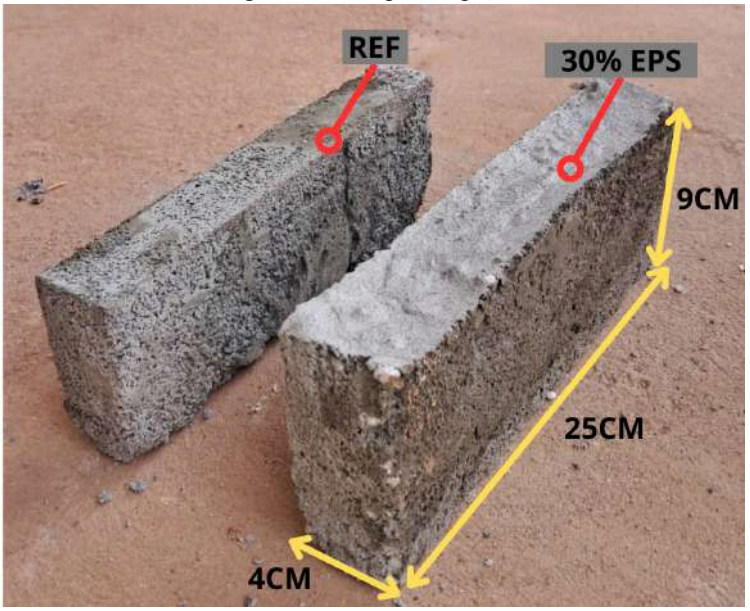
Figura 30 - Estrutura real do ensaio de chama única

Fonte: Autor (2025)

Também foi utilizado um cronômetro, responsável por registrar o tempo de aplicação da chama, que foi de 30 segundos. Após esse tempo, esperou-se mais 30s, totalizando o tempo de 60s e por fim realizou-se a análise para identificar se a marca da chama na face do objeto de ensaio ultrapassou a altura de 150 mm no tempo final.

Por fim, um papel de filtro padrão foi posicionado abaixo do corpo de prova para avaliar a propagação indireta do fogo. Esse conjunto detecta se gotas ou partículas incandescentes liberadas pelo material são capazes de inflamar o papel. Foram produzidos dois corpos de prova para a realização desse ensaio, um para cada traço estudado, sendo estes com dimensões de 25cm de comprimento por 9cm de largura, e espessura de 4cm, conforme mostrado na Figura 31.

Figura 31 - Corpos de prova



Fonte: Autor (2025)

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os parâmetros normativos principais adotados para a avaliação experimental do desempenho dos sistemas de vedação vertical estão apresentados no Quadro 1. Esses critérios, definidos pela NBR 15575-4, contemplam os respectivos itens da norma, critérios e métodos de avaliação.

Quadro 1 - Parâmetros normativos para avaliação dos ensaios

ITEM DA NORMA (15575-4:2021)	CRITÉRIO	MÉTODO DE AVALIAÇÃO
7.4.1	Resistência a impactos de corpo mole	Verificar se sofreu ruptura ou instabilidade, fissuras, limites de deslocamento ou qualquer outra falha que comprometa sua utilização.
8.2.1	Avaliação da reação ao fogo da face interna dos sistemas de vedações verticais	Verificar se o bloco atendeu a classe II - A, apresentando FS ≤ 150 mm em 60s.
10.2.1	Estanqueidade de vedações verticais internas com incidência direta de água	O volume de água infiltrado não deve exceder 3cm³ após 24 h, considerando uma área exposta de 34 cm x 16 cm.
10.2.2	Estanqueidade de vedações verticais internas em contato com áreas molháveis	Observar a ausência de umidade visível a uma distância de 1 metro.

Fonte: Autor (2025)

4.1 Ensaio de corpo mole

O limite de aprovação dos sistemas de vedação sem função estrutural são determinados pela NBR 15575-4 (2021), sendo os critérios apresentados no Quadro 2

Quadro 2 - Critério de avaliação dos resultados para ensaio de corpo mole

ELEMENTO	ENERGIA DE IMPACTO DE CORPO MOLE	CRITÉRIOS DE DESEMPENHO
Vedações sem função estrutural	120J	Não ocorrência de ruína (estado-limite último) São permitidas falhas localizadas
	60J	Não ocorrência de falhas (estado-limite de serviço) Limitação da ocorrência de deslocamento: $dh \leq h/125$ $dhr \leq h/625$

Fonte: Adaptado de ABNT, NBR 15575-4 (2021), p. 13.

Como a alvenaria apresenta 2,10m de altura, deve-se converter essa medida para milímetros e assim é encontrado os limites de deslocamentos instantâneos de 16,8mm e limites residuais de 3,36mm.

Com os resultados dos instrumentos de medição, posicionados atrás do sistema de vedação, foi realizada a análise e comparação com os critérios de avaliação determinados e apresentados no Quadro 2. Nas Tabelas 4 e 5 são apresentados os resultados para verificação da resistência ao impacto de corpo mole com energia de 60J e 120J.

Através das análises das Tabelas 4 e 5, é possível notar que ambos os blocos foram aprovados para os critérios da norma tanto para a energia de 60J como a de 120J. O sistema de blocos de concreto celulares com adição de EPS apresentou melhor desempenho quanto aos deslocamentos instantâneos no ponto A (meio da parede) em comparação com o bloco referência. Por outro lado, esse sistema apresentou desempenho inferior no ponto B, indicando comportamento diferente conforme a região analisada da parede.

Tabela 4- Resultados dos deslocamentos para a energia de 60J

TRAÇOS	IMPACTOS DE 60J	LIMITE DESLOCAMENTO INSTANTÂNEO (mm)	MEDIÇÃO DESLOCAMENTO INSTANTÂNEO (mm)	LIMITE DESLOCAMENTO RESIDUAL (mm)	MEDIÇÃO DESLOCAMENTO RESIDUAL (mm)	OCORRÊNCIA DE FALHAS
TRAÇO 0%	PONTO A	16,8	3	3,36	0	NÃO
	PONTO B	16,8	2	3,36	0	NÃO
TRAÇO 30%	PONTO A	16,8	1,8	3,36	0	NÃO
	PONTO B	16,8	2,7	3,36	0	NÃO

Fonte: Autor (2025)

Tabela 5 - Resultados dos deslocamentos para a energia de 120J

TRAÇOS	IMPACTOS DE 120J	OCORRÊNCIA DE RUÍNA
TRAÇO 0%	PONTO A	NÃO
	PONTO B	NÃO
TRAÇO 30%	PONTO A	NÃO
	PONTO B	NÃO

Fonte: Autor (2025)

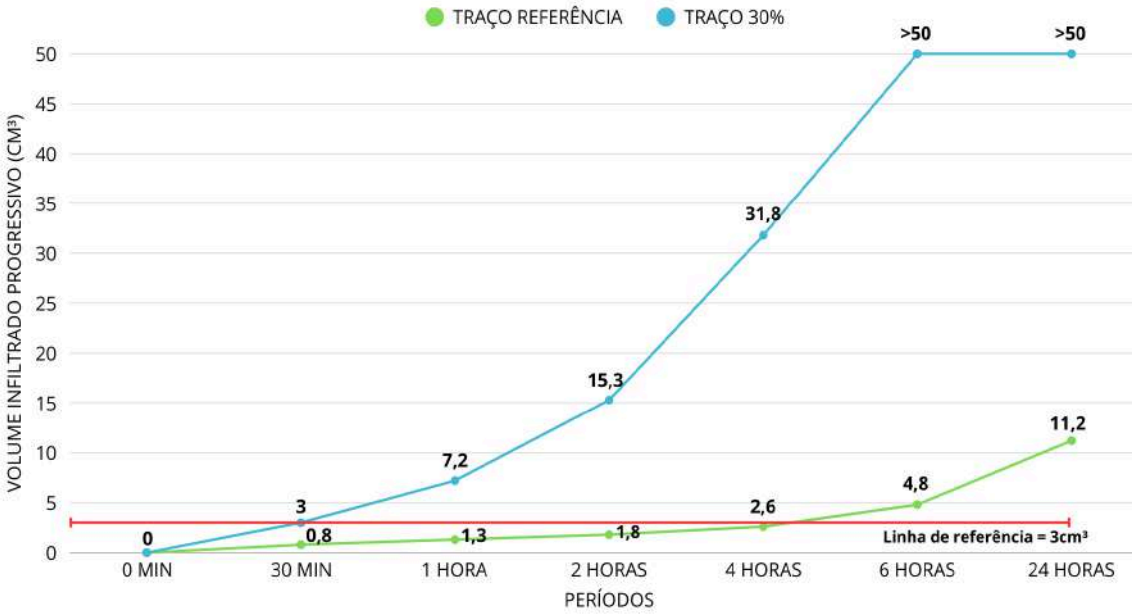
O estudo de Silva (2023), analisou um sistema de alvenaria externa sem função estrutural de concreto celular espumoso com adição de 20% de casca de arroz em relação ao volume de espuma. Foram realizados blocos com dimensões de 0,60 m x 0,65 m x 0,07 m. Apesar de serem externas, apresentam o mesmo critério de aprovação do presente estudo. Quando analisado os resultados do ensaios de corpo mole realizado no sistema de blocos com casca de arroz foi possível notar que apesar de não exceder os limites de deslocamentos instantâneos e residuais para a energia de 60J nos pontos A (vão entre montantes) e B (montante), apresentou fissura transversal para a energia de 120J.

4.2 Estanqueidade em áreas molhadas

A avaliação da estanqueidade em áreas molhadas é fundamental para verificar o desempenho do sistema quanto à permeabilidade e à capacidade de impedir a infiltração de água ao longo do tempo. Para atender ao critério de desempenho determinado pela NBR 15575-4 (2021), o volume de água infiltrado na superfície do bloco não deve exceder 3cm³ em 24h. Para verificar essa condição, calculou-se a diferença entre o nível registrado na bureta em cada intervalo (30 min, 1 h, 2 h, entre outros) e o nível inicial de água antes do ensaio, convertendo a bureta que é graduada em ml para cm³.

O gráfico 1, apresenta os resultados para os sistemas de alvenaria, verificando a quantidade de absorção de água progressiva por período descrito.

Gráfico 1 - Resultados ensaio de estanqueidade



Fonte: Autor (2025).

Através das avaliações dos resultados presentes no gráfico 1, foi possível notar que o traço referência conseguiu manter uma absorção controlada até a medição de 4 horas e após isso ultrapassou o critério limite representado pela linha de referência. Já o traço com 30% de substituição apresentou alta absorção desde os primeiros minutos, na medição de 4 horas o mesmo já havia absorvido 31,8cm³ de água, e quando realizado a medição de 6h, a bureta (máx 50ml) já estava vazia, não sendo possível realizar a medição dos períodos seguintes. Essa rápida absorção possivelmente se deve ao fato do ensaio ser realizado sobre a face bruta do bloco, que apresentava visualmente poros mais profundos que os blocos de referência como é possível ver nas Figuras 33 e 34 além de possível interligação entre os poros, o que pode ter facilitado o caminho da água para escoamento.

Figura 32 - Face bloco traço ref.

Fonte: Autor (2025).

Figura 33 - Face bloco traço 30%.

Fonte: Autor (2025).

Quando analisados os valores de absorção após 24h, ambos os blocos foram reprovados de acordo com o critério de aceitação da NBR 15575-4 (2021), que define uma absorção máxima de 3cm³ em 24h.

Resultados semelhantes ao presente estudo foram encontrados por Silva (2023) que realizou análises em blocos de concreto celular com adição de casca de arroz, sendo também reprovados, apresentando absorção acima de 50cm³. É válido ressaltar também que seu estudo utilizou massas para placas cimentícias nas juntas e pintura nos blocos para realizar acabamento na face dos blocos da parede, no entanto a NBR 15575-4 (2021) não especifica se deve ser realizado esse acabamento na alvenaria ou não, e nem qual o produto a ser utilizado.

No entanto, Silva (2023) também destaca em seu estudo através da revisão de literatura, ter verificado os estudos de Hattge (2004), que analisou blocos cerâmicos e blocos de concreto convencional, Santos *et al.* (2018) que verificou blocos de concreto auto

adensável leve e Giorgi (2016), que utilizou blocos de solo cimento, sendo todos esses sistemas também reprovados no critério da NBR 15575-4 (2021), o que evidencia um critério conservador da norma, já que a maioria desses processos construtivos são amplamente utilizados em obras. O único processo encontrado aprovado foi o sistema Drywall realizado com chapas de gesso acartonado, do tipo RU (resistente à umidade), revestidas com tinta epóxi ou revestimento cerâmico tipo porcelanato aplicado com argamassa AC II e rejunte Tipo II, conforme análises realizadas em 2015 pela empresa TESIS.

4.3 Estanqueidade em áreas molháveis

O ensaio de áreas molháveis descrito em 3.6.3, foi realizado de maneira complementar ao ensaio de estanqueidade do tópico 3.6.2 e seus resultados são apresentados na Tabela 7. Para estabelecer um critério claro de desempenho, o sistema não deve apresentar umidade perceptível em nenhum dos intervalos de tempo estabelecidos. Logo, é considerado aprovado, os corpos de provas que, em todas as medições, se mantiveram secos visualmente a 1m de distância, garantindo plena conformidade com o requisito de estanqueidade para áreas molháveis.

Tabela 6 - Resultados ensaio de áreas molháveis

TRAÇO REFERÊNCIA		TRAÇO 30%	
PERÍODO	**UMIDADE VISÍVEL**	**PERÍODO**	**UMIDADE VISÍVEL**
0 min	NÃO	0 min	NÃO
30 min	NÃO	30 min	NÃO
1 hora	NÃO	1 hora	NÃO
2 horas	NÃO	2 horas	NÃO
4 horas	NÃO	4 horas	NÃO
6 horas	NÃO	6 horas	NÃO
24 horas	NÃO	24 horas	NÃO

Fonte: Autor (2025)

Foi possível notar que, mesmo com a alta porosidade do blocos, a umidade da caixa com água não foi transmitida para a outra face das alvenarias em nenhum dos períodos avaliados, aprovando assim, os dois respectivos traços no critério adotado de não presença de umidade visível a 1m de distância. O estudo de Silva (2023) também analisou a umidade na face oposta de sua alvenaria, e apesar de realizar procedimento diferente, sendo para alvenarias externas, com processo conforme Anexo C da NBR 15575-4 (2021), teve seus blocos com casca de arroz aprovados, não apresentando umidade perceptível.

4.4 Avaliação da reação ao fogo da face interna dos sistemas de vedações verticais

O ensaio de incêndio tem seu critério determinado na NBR 15575-4 (2021) e apresentado no Quadro 3. O fator Fs representa o tempo que a frente da chama levou para atingir a marca de 150 mm indicada na face do material ensaiado. Já seus resultados estão apresentados no Quadro 4.

Quadro 3 - Critério de avaliação de acordo com o método da ISO 11925-2

CLASSE	MÉTODO DE ENSAIO	CRITÉRIOS
II - A	ISO 11925-2	FS ≤ 150 mm em 60s

Fonte: Adaptado de ABNT, NBR 15575-4 (2021), p. 20.

Quadro 4- Resultados finais dos blocos

CORPO DE PROVA	TEMPO PARA ATINGIR 150 MM - FS (S)	OCORRÊNCIA DE GOTAS/ PARTÍCULAS INFLAMADAS
TRAÇO REFERÊNCIA	NÃO ATINGIU	NÃO
TRAÇO 30%	NÃO ATINGIU	NÃO

Fonte: Autor (2025).

Com a análise dos resultados é possível concluir que o bloco de concreto celular espumoso com EPS está aprovado para garantir a segurança em casos de incêndio, pois não apresentou altura de chama e nem queda de partículas inflamáveis. Seu resultado se deve principalmente pois de acordo com Helena, Britez e Carvalho (2019) o concreto é um material incombustível, ou seja, não queima, além de possuir baixas taxas de elevação de temperatura.

4.5 Resultados finais

O desempenho final dos blocos de concreto celular espumosos estão apresentados no Quadro 5. Seus resultados quando analisados de acordo com os critérios da NBR 15575-4 (2021) apontam aprovação para os ensaios de impactos de corpo mole, estanqueidade em áreas molháveis e reação ao fogo e apresentam reprovação no ensaio de estanqueidade em áreas molhadas, tanto para o traço referência quanto para o de 30%.

Quadro 5- Resultados gerais dos ensaios

ENSAIOS	RESULTADOS TRAÇO REFERÊNCIA	RESULTADOS TRAÇO 30%
Corpo mole	Aprovado	Aprovado
Estanqueidade em áreas molhadas	Reprovado	Reprovado
Estanqueidade em áreas molháveis	Aprovado	Aprovado
Avaliação de reação ao fogo	Aprovado	Aprovado

Fonte: Autor (2025).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O intuito deste estudo era produzir as amostras de blocos analisando, de acordo com os ensaios selecionados na NBR 15575-4 (2021), como o sistema de alvenaria iria desempenhar e comparar seus dados com os critérios da norma. Esses objetivos foram alcançados pois foi possível fabricar os blocos e montar o sistema de alvenaria utilizado nos ensaios, além da aprovação em 3 dos 4 ensaios selecionados.

O ensaio de impacto de corpo mole apresentou resultados positivos, com o traço referência e de 30%, não apresentando ruína (estado-limite último) quando submetidos à energia máxima de 120J, como também atenderam aos critério de estado-limite de serviço com os deslocamentos instantâneos e residuais mantidos dentro do limite normativo ao serem impactados com 60 J. Este ensaio confirma que a incorporação do EPS não compromete a resistência mecânica da alvenaria de vedação aos impactos comuns em um ambiente residencial.

As análises sobre estanqueidade simularam as condições de áreas molhadas e molháveis, indicando aprovação do uso para ambos os blocos em áreas molháveis, pois não permitiram a passagem de água para a face oposta. No entanto, quando analisado o seu teste para áreas molhadas, os blocos foram reprovados para uso em banheiros ou áreas de serviço pois absorvem mais água que o limite estabelecido pela NBR 15575-4 (2021). Destaca-se que, os ensaios foram realizados com a face dos blocos bruta, isto é, sem massas ou pinturas, enquanto outros estudos citados realizaram acabamento no sistema de alvenaria o que influencia diretamente este ensaio, situação não especificada pela NBR 15575-4 (2021).

Por fim, o ensaio de reação ao fogo confirmou a segurança da solução proposta, os dois corpos de prova atenderam aos requisitos normativos da ISO 11925-2. Não sendo observado propagação de chama ou gotejamento inflamado, demonstrando que a presença do agregado de EPS, mesmo na proporção de 30%, não eleva o risco de propagação de fogo na face interna da vedação.

O estudo valida, com ressalvas para áreas molhadas, que o bloco de concreto celular espumoso com substituição parcial de EPS, como uma alternativa construtiva sustentável, durável, competitiva e inovadora. Ao promover a gestão eficaz de resíduos e manter os padrões de desempenho exigidos pela NBR 15575-4 (2021), este sistema se apresenta como uma solução promissora para o mercado da construção civil.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11675:2016** Divisórias leves internas moduladas – Verificação da resistência a impactos – Método de ensaio.

_____. **NBR 15575-1 (2021)** – Edifícios habitacionais – Desempenho – Parte 1: Requisitos gerais. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2021.

_____. **NBR 15575-4 (2021)** – Edifícios habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, 2021.

ANDRADE, M. A. *et al*. **A utilização de Poliestireno Expandido (EPS) como agregado no concreto**. Multivix Scientific Review, Serra, v. 5, n. 1, p. 53-66, 2022.

ASSMANN, L. V.. **Comparação entre sistemas de alvenaria de vedação: bloco de concreto celular e bloco cerâmico racional.** 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade de Santa Cruz do Sul, Santa Cruz do Sul, 2016. Disponível em: https://repositorio.unisc.br/jspui/bitstream/11624/1746/1/Lucas%20Vinicius%20Assmann.pdf . Acesso em: 26 maio 2025.

ECOPORE. **Fábrica de concreto celular**. Disponível em: https://www.ecopore.com.br/fabrica-de-concreto-celular/. Acesso em: 16 de maio de 2025.

GIORGI, P. **Avaliação de desempenho de sistema de vedação vertical de bloco de solo-cimento conforme NBR 15575 referente à habitabilidade e sustentabilidade** | Manancial - Repositório Digital da UFSM. 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/handle/1/7938?show=full>

GREEN DINING ALLIANCE. **The "real cost" of Styrofoam shows more than meets the eye**. 2016. Disponível em:https://greendiningalliance.org/2016/12/the-real-cost-of-styrofoam/. Acesso em: 9 jun. 2025.

GRENZEL, M. P. dos S. et al. **Efeito da goma xantana como estabilizador da espuma em concretos celulares de diferentes densidades.** *Revista Matéria*, v. 28, n. 4, e202302002, 2023. DOI: https://doi.org/10.1590/1517-7076-RMAT-2023-020.

GRENZEL, M. P. dos S.. **Concreto celular de diferentes densidades: efeito da goma xantana como estabilizador de espuma e de fibras de polipropileno.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) — Universidade Federal do Pampa, Alegrete, 2023.

HATTGE, A. F. **Estudo Comparativo Sobre a Permeabilidade Das Alvenarias Em Blocos Cerâmicos E Alvenarias Em Blocos De Concreto.** [s. l.], p. 138, 2004.

HELENA, P.; BRITEZ, C.; CARVALHO, M. Impactos do fogo em estruturas de concreto. Uma breve revisão. **Revista ALCONPAT** , *[S. l.]* , v. 1, pág. 1–21, 2019. DOI: 10.21041/ra.v10i1.421. Disponível em: https://revistaalconpat.org/index.php/RA/article/view/42

HELLER, B. *et al*. **Análise da influência de sistemas de vedação verticais internos na carga das estruturas de edificações visando o desempenho acústico**. Revista de Arquitetura IMED, Passo Fundo, v. 10, n. 1, p. 1-18, jan.-jun. 2021. ISSN 2318-1109. DOI: https://doi.org/10.18256/2318-1109.2021.v10i1.3911.

ISO 11925-2:2020, Reaction to fre tests – Ignitability of building products subjected to direct impingement of fame – Part 2: Single-fame source test.

MENEZES, R. A. **Avaliação de desempenho estrutural dos sistemas construtivos de solo-cimento e concreto celular aplicados em edificações de casas populares no estado do Amazonas**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Uberlândia, Faculdade de Engenharia Civil, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Uberlândia, 2006.

OLIVEIRA, A. M. da S.; GONZAGA, L. G. das M.; RIBEIRO, D. F. **Compósito cimentício com pérolas de EPS: uma análise experimental utilizando agregados da região central do estado de Minas Gerais.** Revista De engenharia e tecnologia, v. 12, n. 4, p. 129, dez. 2020.

OLIVEIRA, A. M. da silva ; GONZAGA, L. G. das M.; RIBEIRO, D. F.. **Uso do poliestireno expandido como agregado em concreto leve: conceituação, aplicações e estado da arte**. Revista Vértices, v. 20, n. 3, p. 293-303, 2018.

OLIVEIRA, H. D. de; ÁVILA, C. A. Assis. **Análise comparativa referente ao custo e cronograma de obras considerando o uso de diferentes blocos na execução de edificações residenciais de baixo padrão**. Revista FT, v. 10, n. 2, p. 116–135, 2025. DOI: 10.69849/revistaft/ra10202502111635.

OZÓRIO, B. P. M. **Concreto leve com pérolas de EPS: estudo de dosagens e de características mecânicas**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2016.

PEIXOTO, J. B. *et al.* **Caracterização das propriedades mecânicas de concreto celular produzido em Palmas-TO** , p. 2524-2532. In: *73º Congresso Anual da ABM*, São Paulo, 2018. ISSN: 2594-5327.57.

PIERRARD, J. F.; AKKERMAN, D.. **Manual Pro Acústica sobre a Norma de Desempenho: Guia prático sobre cada uma das partes relacionadas à área de acústica nas edificações da Norma ABNT NBR 15575:2013 - Edificações habitacionais – Desempenho.** São Paulo: RUSH, 2013.

PINHEIRO, I. W.. **Bloco de vedação voltado para a autoconstrução de habitações populares no Brasil**. 2024. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Design de Produto) – Faculdade de Arquitetura, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2024.

ROCHA, B. F. de M.; FIGUEIREDO, F. B.; ALTRAN, D. A.. **Estudo das propriedades físicas, mecânicas e aplicação do concreto leve com a utilização de agregados de**

poliestireno expandido - EPS. Colloquium Exactarum, v. 8, n. 3, p. 36-43, jul./set. 2016. DOI: 10.5747/ce.2016.v08.n3.e164.

SANTOS, L. O. C. S. M. D. S. et al. **ANÁLISE DE PERMEABILIDADE EM PAINÉIS DE VEDAÇÃO DE CONCRETO AUTOADENSÁVEL LEVE**. [s. l.], 2018.

SILVA, A. P. C. N. *et al*. **Concreto celular: características e aditivos para diferentes aplicações.** Recife: Centro Universitário Brasileiro - UNIBRA, 2022.

SILVA, C. A. de O. *et al.* **Influência do aditivo espumígeno na dosagem e nas propriedades do concreto celular aerado**. Matéria (Rio de Janeiro), v. 23, n. 1, p. e-11989, 2018.

SILVA, C. A. de O.. **Estudo de dosagem e avaliação de concreto celular com fins estruturais.** 2015. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas, Centro de Tecnologia, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Maceió, 2015.

SILVA, D. B**. Avaliação experimental do desempenho de elementos construtivos inovadores em concreto celular espumoso com casca de arroz.** 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2023.

SILVA, D. P. da; SANTANA, C. V. de; RIBEIRO, L. C. N.. **Avaliação de Desempenho Mecânico de Parede com Blocos Fabricados com Resíduos de Gesso e Fibra de Celulose**. Revista de Engenharia e Pesquisa Aplicada, Recife, v. 4, n. 1, 2019. DOI: 10.25286/repa.v4i1.940.

SOUSA, C. V. M.; VIEIRA, T. dos S. **Concreto celular e seu uso na construção civil**. In: Anais Colóquio Estadual de Pesquisa Multidisciplinar (ISSN-2527-2500) & Congresso Nacional de Pesquisa Multidisciplinar. 2017.

TESIS. **Avaliação Do Desempenho De Sistema De Vedação Vertical Interna – Svvi Em Drywall Com Chapas De Gesso Em Relação À Nbr15 . 575 : 2013 – Edificações Habitacionais - Desempenho.** [s. l.], 2015.

UK Test Certification. **Single Flame Source Test.** Disponível em: https://www.uktestcert.com/reaction-to-fire-testing/single-flame-source-test. Acesso em: 2 de maio de 2025.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME (UNEP). **Sand and Sustainability: 10 strategic recommendations to avert a crisis**. Genebra: UNEP/GRID-Geneva, 2022. Disponível em: https://www.unep.org/resources/report/sand-and-sustainability-10-strategic-recommendations-avert-crisis. Acesso em: 9 jun. 2025.

VIACELLI, L. **Estudo da viabilidade da utilização do agregado miúdo britado em concreto convencional.** 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2012.

WITZKE, F. B. **Análise técnico-econômica dos blocos de concreto celular autoclavado na alvenaria de vedação**. Revista de Engenharia Construção Civil, Curitiba, v. 3, n. 2, p. 20-33, jul./dez. 2015.

ZHAN, H. et al. **Estudo experimental sobre a melhoria do desempenho do agente espumante surfactante aniônico pela goma xantana.** *Construção e Materiais de Construção* (Construction and Building Materials), v. 230, n. 116993, 10 jan. 2020. Disponível em:https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.116993.

ANEXO

ANEXO A - TRAÇO DA EMPRESA ECOPORE

Figura 34 - Traço da empresa ECOPORE

ECOPORE Soluções Inovadoras e Sustentáveis para sua Obra. www.ecopore.com

TRAÇO Recomendado para produzir 1 m³ de Concreto Celular Espumoso com ECOFOAM-AIR

Densidade Desejada em KG/m³		400	500	600	600	800	900	1.000	1.100	1.200	1.200	1.400	1.600	concreto normal
traço		0:1	0:1	0:1	1:1	1:1	1:1	2:1	2:1	2:1	3:1	3:1	3:1	2.350
Areia	(kg)	0	0	0	274,50	366	412	632	696	756	864	960	1.152	1.950 [1]
Cimento	(kg)	332	416	498	274,50	366	412	316	348	378	288	320	384	320
Água na argamassa	(kg/l)	108	153	198	85,25	138	165	120	139	157	112	132	174	180
Quantidade de Espuma	(Litros)	801	751	702	708	615	562	517	481	422	422	385	248	-
Água na Espuma	(kg/l)	58	55	51	52	45	41	38	35	32	32	28	18	-
Densidade Fresca	(kg/m3)	499,18	623,60	748,03	687,29	915,90	1.030,21	1.103,26	1.213,44	1.323,62	1.323,57	1.520,54	1.722,94	2.450
Uso de Agente Espumante	(kg)	1,46	1,37	1,30	1,30	1,13	1,00	0,95	0,88	0,80	0,80	0,70	0,45	-
Fator Água/Cimento		0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,56
Resistência a Compressão: Mpa [2]	7 dias	0,8	2,0	3,5	0,8	2,5	3,0	2,2	3,8	5,0	4,0	8,0	10,0	
	28 dias	2,0	3,5	4,0	2,0	4,5	5,0	5,2	8,5	11,5	10,0	12,0	18,0	

[1] (pedra + areia)
[2] (Resistência obtida em laboratório usando areia e cimento de qualidade ideal). Mais cimento aumenta a resistência. O uso de agregado leve na mistura do Concreto Celular aumenta a resistência em até 500% especialmente nas densidades abaixo de 1.000 kg/m3.

OBSERVAÇOES GERAIS

Peso da Espuma recomendado :	Mínimo de 75 gramas/litro	
Pó de pedra pode mecanicamente destruir parte da espuma		
Água para processar a espuma :	Potável, se possível abaixo de 25° C	
Diluição do agente espumante :	1 parte de ECOFOAM-AIR para 40 partes de água	
Cimento Recomendado :	Portland CP-V-ARI, classe superior ou similar	
Areia Recomendada :	Densidade/Peneira:	até 1.000/até 2 mm até 1.200/até 4 mm até 1.400/até 5 mm até 1.600/até 6 mm
(Areia de rio lavada)	Mínimo de 15-18% de finos	

1 Kg de aditivo **ECOFOAM-AIR**, diluído em 40 partes de água produz aproximadamente 550 litros de espuma com 75 gramas/litro.

Densidades forçadas são secas em estufa (24H a 100°C)

Aproximadamente 25% do volume total de água (na mistura e na espuma) em relação ao peso do cimento usado irá cristalizar, devendo ser adicionado ao peso seco do cimento e areia usada para atingir a densidade *'curada em estufa'*.

Fonte: ECOPORE (2018).