

Estudo do processo construtivo de um protótipo que servirá como base para uma residência unifamiliar utilizando painel monolítico em Manaus/Amazonas

Study of the construction process of a prototype that will serve as the basis for a single-family residence using monolithic panel in Manaus/Amazonas

DOI:10.34117/bjdv8n11-003b

Recebimento dos originais: 14/10/2022

Aceitação para publicação: 17/11/2022

Israel Carneiro Araújo

Discente de Engenharia Civil

Instituição: Universidade Nilton Lins (UNL)

Endereço: Av. Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus - AM, Brasil

E-mail: israelaraujo0@hotmail.com

Igor Nonato Almeida Pereira

Mestre em Ciências e Engenharia de Materiais

Instituição: Universidade Federal do Amazonas (UFAM), Universidade Estadual do Amazonas (UEA)

Endereço: Av. Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus - AM

E-mail: igor.pereira@uniniltonlins.edu.br

Érika Cristina Nogueira Marques Pinheiro

Especialista em didática no ensino superior tutoria e docência em EAD

Instituição: Universidade Nilton Lins (UNL)

Endereço: Av. Prof. Nilton Lins, 3259, Flores, Manaus - AM

E-mail: erikamarquespinheiro@gmail.com

RESUMO

As tecnologias construtivas da engenharia avançam em diversos segmentos simultaneamente, o que contribui para a aplicação de sistemas construtivos diferentes dos convencionais, entretanto com boa eficiência competitiva ao mercado. Dessa forma, o sistema construtivo monolítico com placas de poliestireno expandido (EPS) é um sistema estruturado por duas malhas de aço eletrossoldadas entre si, em sua maioria com fundação de lajes de concreto, sem pilares ou vigas em até dois pavimentos, o que garante rapidez na execução e economia de custo. Esse artigo, portanto, demonstra o processo construtivo de um protótipo que servirá como base para uma residência unifamiliar usando painel monolítico de EPS, em Manaus/Amazonas. A confecção do protótipo de poliestireno expandido teve duração de dois dias enxutos dividido em etapas de execução e após a conclusão dos serviços o protótipo mostrou-se aplicável e eficaz ao que se propõe um sistema monolítico.

Palavras-chave: poliestireno expandido, painel monolítico, sistema construtivo.

ABSTRACT

Engineering's construction technologies advance in several segments simultaneously, contributing to the application of construction systems different from conventional ones, however with good competitive efficiency to the market. Thus, the monolithic construction system with expanded polystyrene plates (EPS) is a system structured by two electrowelded steel meshes, mostly with foundation of concrete slabs, without pillars or beams on up to two floors, which ensures speed in execution and cost savings. This article demonstrates the constructive process of a prototype that will serve as the basis for a single-family residence using monolithic EPS panel, in Manaus/Amazonas. The making of the expanded polystyrene prototype took two lean days divided into execution stages and after the conclusion of the services the prototype proved to be applicable and effective to what is proposed as a monolithic system.

Keywords: expanded polystyrene, monolithic panel, construction system.

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil bem como todos os parâmetros técnicos que a compõem caminha de forma paralela aos movimentos tecnológicos, de modo a fomentar a criação de métodos construtivos exclusivos e sofisticar métodos existentes.

Acerca das técnicas de processos construtivos de residências, desde as primeiras construções componentes da infraestrutura das primeiras cidades, existe a prática do sistema de vedações de paredes com blocos cerâmicos e de concreto. Ainda que eficaz, essa prática acarreta muitos resíduos, além de possuir elevado custo de materiais e mão de obra.

Nos anos 80 as primeiras pesquisas quanto ao uso de sistemas monolíticos de poliestireno expandido (EPS) surgiram e corroboraram para um outro olhar nas técnicas construtivas. Esse método trata-se da combinação do EPS, junto à malha de aço, chapisco composto de argamassa armada, e reboco. Como produto final, tem-se um sistema com um terço mais leve que o bloco cerâmico e três vezes mais resistente que o mesmo. No Brasil, de acordo com os estudos de Paula e Teixeira (2019), a introdução desse método só chegou na década de 90, e ainda assim é pouco utilizado.

Devido às suas características qualitativas, o uso de painéis monolíticos tem ganhado evidência o que contribui cada vez mais para o uso de outros processos construtivos além dos convencionais. Logo, em âmbito mundial, os sistemas monolíticos de poliestireno expandido (EPS), apresentam-se como uma tecnologia construtiva altamente aplicável, tendo em vista suas vantagens, tais como a rapidez na execução,

qualidade, sustentabilidade, competitividade, conforto termoacústico, impermeabilidade e baixo custo. (SOUZA, 2009).

Nesse sentido, para o Amazonas, a execução desse sistema implica em uma alternativa para suprir o setor construtivo da capital, visto que o uso de sistemas monolíticos, além das qualidades citadas, minimiza a busca e extração de matérias-primas oriundas dos municípios do estado, influenciando por exemplo, conforme Souza (2013), na queda de custo do traslado da brita de origem granítica obtida das jazidas de Barcelos e Presidente Figueiredo para o concreto.

Desse modo, o presente artigo visa apresentar uma proposta construtiva e operacional executado com a aplicação de painel monolítico onde será produzido um protótipo em escala como base. Ademais, visa evidenciar as particularidades aquém das normas técnicas vigentes que compõem esse sistema, elencar e analisar impactos positivos e negativos e propor alternativas que influenciem o avanço da aplicação de EPS nos projetos de residências unifamiliares. O protótipo foi construído visando à realização de testes relacionados às condições de operação do sistema.

2 METODOLOGIA

A metodologia para a confecção deste artigo é embasada na abordagem descritiva, pois reproduz todo o processo executivo da construção de um protótipo para um painel monolítico, desde a seleção de materiais até o produto final.

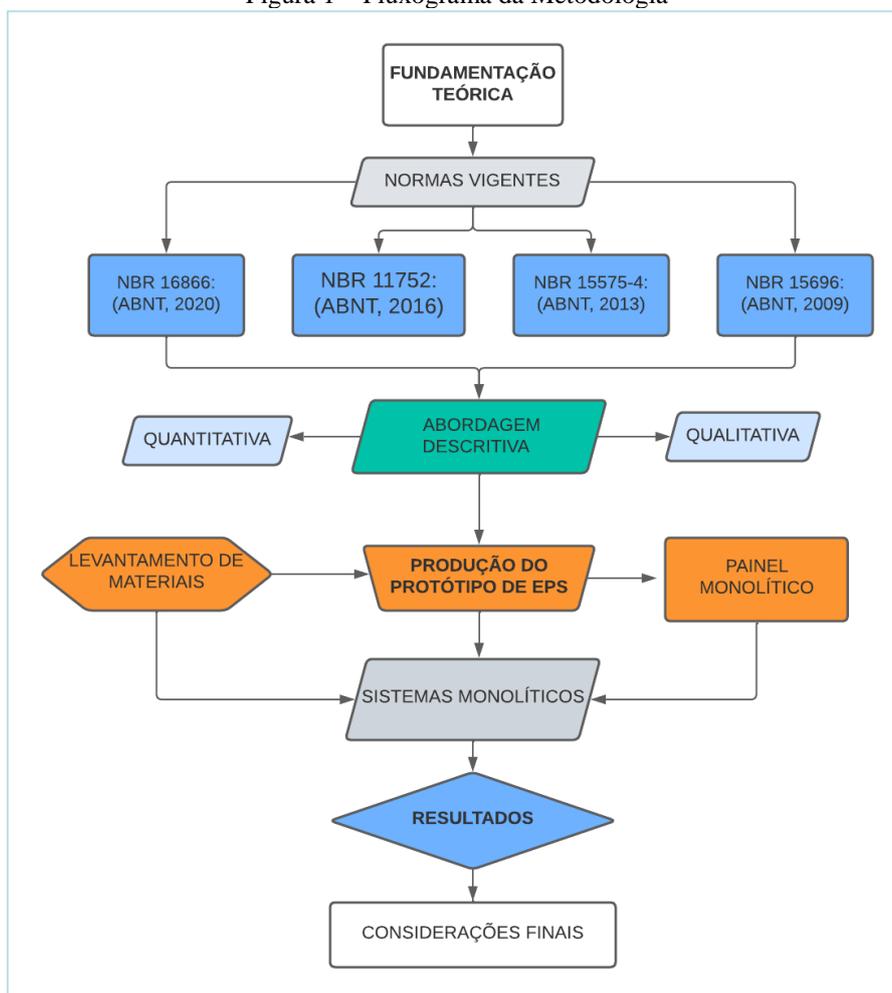
De forma secundária, serão realizadas abordagens qualitativas e quantitativas no que tange o levantamento de dados para análise, verificação de normas técnicas, principalmente a NBR 11752:2016 que dita especificações de materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial. Além disso, serão analisadas e realizadas comparações de tecnologias construtivas tradicionais e inovadoras, além da busca de referências de trabalhos existentes acerca do assunto.

Para a confecção do protótipo será colhido material necessário, a fim de contemplar o que foi pretendido nos objetivos do trabalho. Os serviços serão divididos em etapas e após sua conclusão, será possível avaliar a eficácia de sistemas monolíticos para alternativa de baixo custo de implantação e operação, ao se comparar aos sistemas construtivos convencionais.

Nas considerações finais, será exposta uma visão das observações encontradas com a produção do artigo, sugerindo mais incentivos acerca do tema na construção civil.

A configuração da metodologia pode ser observada por meio da Figura 1.

Figura 1 – Fluxograma da Metodologia



3 RESULTADOS

3.1 REVISÃO DA LITERATURA

Os primeiros estudos acerca do surgimento e aplicação de sistemas monolíticos referem a década de 80. Assim, de acordo com as pesquisas de Bertoldi (2007), o sistema construtivo, com painéis industrializados, tipo sanduíche com núcleo de poliestireno expandido e telas eletro soldadas, foi desenvolvido por uma empresa italiana chamada Monolite, por volta do ano de 1980 e que, portanto, denominou o nome de Sistema Monolite.

Na época, o sistema criado foi desenvolvido para atender as exigências técnicas, construtivas e climáticas da Itália, solucionar necessidades específicas locais, com altas temperaturas e outros, com invernos rigorosos, chegando a temperaturas negativas.

Ademais, visava atender, também, a solicitações estruturais críticas, como o caso de regiões com abalos sísmicos.

Entretanto, o reconhecimento e a homologação deste método construtivo por alguns países foram cronologicamente por: Austrália, em 1990; Porto Rico e México, em 1994; África do Sul e Jamaica, em 1997; Trinidad e Tobago, em 2003; Irlanda, em 2006; Peru e Panamá, em 2010; Romênia, em 2011; Uruguai, Nicarágua e Argentina, em 2012; Espanha e Equador, em 2013; República Dominicana, Índia e Argélia, em 2014; Estados Unidos da América, em 2018; Europa, em 2016 e Rússia, em 2018 (Silva et. al., 2021).

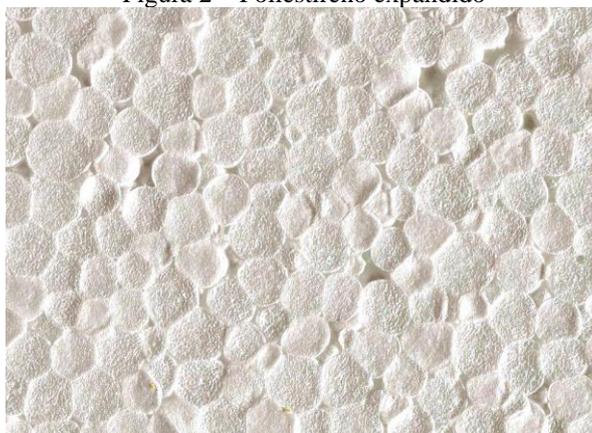
No Brasil, essa técnica foi iniciada nos anos de 1990, quando o sistema construtivo foi submetido a um estudo pelo Instituto de Pesquisa Tecnológicas de São Paulo (IPT), à qual foi sujeitada a todos os testes e ensaios normativos exigidos para validação de sua eficácia (BERTOLDI, 2007).

3.2 POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

Os estudos de Montenegro e Serfaty (2003) afirmam que dentre o grupo das resinas termoplásticas, como os polietilenos, o polipropileno (PP), o policloreto de vinila (PVC) e o poli (tereftalato de etileno) (PET), o poliestireno (PS) é o pioneiro.

A descoberta desta ocorreu em 1839 pelo farmacêutico alemão Eduard Simon. Em seguida, a primeira planta industrial a operar comercialmente com sucesso foi na Alemanha, em 1930. Já a sua produção em escala comercial, deu-se pela primeira vez, em 1938, pela Dow Chemical Company, nos Estados Unidos.

Figura 2 – Poliestireno expandido



Fonte: Soares (2022)

Diante disso, o poliestireno expandido (EPS), também conhecido como isopor, observado na Figura 2, trata-se de um polímero celular rígido, que pode apresentar numa variedade de formas e aplicações. Apresenta-se como uma espuma moldada, constituída por um aglomerado de grânulos. Para a sua obtenção, o PS é submetido a um processo de transformação física, não alterando as suas propriedades químicas. Esta transformação processa-se em três etapas (BARBOSA et. at., 2019).

O quadro 1 abaixo explana as três etapas deste processo.

Tabela 1 – Etapas da transformação de PS para o EPS.

FASE	DESCRIÇÃO
PRÉ-EXPANSÃO	A expansão do PS é efetuada numa primeira fase num pré-expansor através de aquecimento por contato com vapor de água. O agente expansor incha o PS para um volume cerca de 50 vezes maior do que o original. Daí resulta um granulado de partículas de EPS constituídas por pequenas células fechadas, que é armazenado para estabilização.
ARMAZENAMENTO INTERMEDIÁRIO	O armazenamento é necessário para permitir a posterior transformação do EPS. Durante esta fase de estabilização, o granulado de EPS arrefece o que cria uma depressão no interior das células. Ao longo deste processo o espaço dentro das células é preenchido pelo ar circundante.
MOLDAGEM	O granulado estabilizado é introduzido em moldes e novamente exposto a vapor de água, em uma câmara hermeticamente fechada onde se aplica o vácuo. As cápsulas expandem-se e moldam-se ao recipiente em que foram colocadas e como este recipiente está sob calor, suas esferas expandidas aderem-se umas às outras, formando um objeto leve, com relativa dureza e com uma grande quantidade de ar.

Fonte: Adaptado de Amianti (2005)

O produto final das etapas descritas acima é caracterizado por perolas de até três milímetros de diâmetro que sofrem expansão em até 50 vezes do seu tamanho original, como visto na figura 2. (SANTOS et. al., 2013).

As características químicas do poliestireno expandido podem ser observadas na tabela 2.

Tabela 2 - Características do EPS

Característica	Descrição
Nome e sigla	Poliestireno expandido (EPS) – <i>expanded polystyren</i>
Classificação	Polímero <i>commodity</i>
Origem	Sintético
Fórmula química	$(C_8H_8)_n$
Comportamento mecânico	Termoplástico
Organização molecular	Amorfo
Densidade (sólido)	0,032 g/cm ³ (PS rígido: 1,05 g/cm ³)
Temperatura de transição vítrea	100 °C
Temperatura de escoamento	115 °C
Secagem	Não se aplica

Fonte: Adaptado de Soares (2022)

Com as descrições observadas na tabela 2 é possível obter análises de base para posteriores aplicações, bem como o uso em sistemas monolíticos.

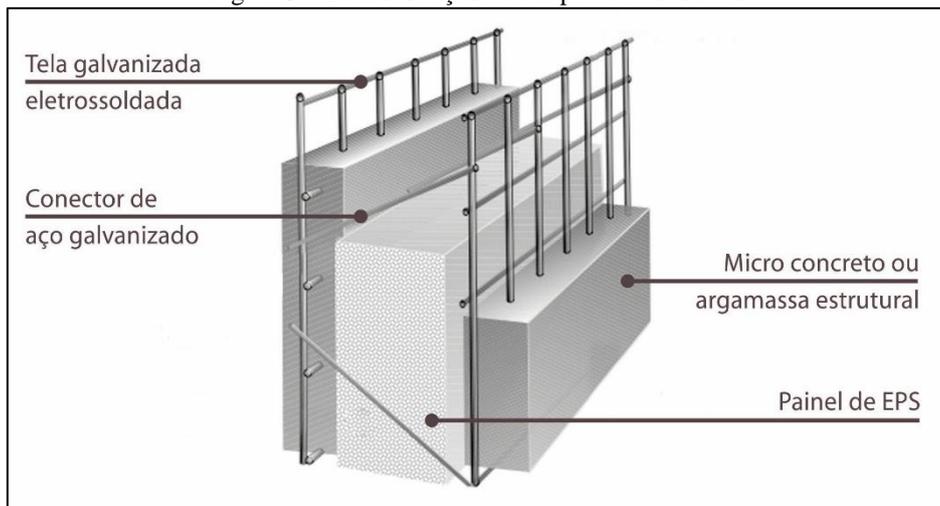
3.3 SISTEMAS MONOLÍTICOS

Quanto ao termo monolítico, na arquitetura verifica-se o uso quando o sistema é construído como uma única unidade, ou seja, todos seus componentes estão juntos em uma única plataforma, por exemplo um único cliente com sua UI (User Interface, interface do usuário), suas regras de negócio e sua camada de acesso à dados, e arquivo Java WAR (LIMA, 2019).

No setor construtivo, com aplicação da engenharia de automação, no mundo da edificação, os sistemas monolíticos são aqueles compostos por painéis constituídos por poliestireno expandido, reforçados por telas de aço, os quais possuem produção industrial, recebendo revestimento final em concreto e/ou argamassa aplicados nas obras, onde se concluem as etapas do sistema (Paula et. al., 2019)

Conforme o Central Building Research Institute (2017), esse sistema torna-se bastante durável por ter como principal meio de resistência e rigidez painéis decorrentes dos arames diagonais soldados nas camadas de malha nas superfícies de cada placa. Posteriormente, essas camadas são revestidas de micro concreto (graute) ou argamassa especial, o que garante a transferência das forças de cisalhamento e um bom comportamento composto na estrutura, dispersando tensões de forma eficaz e menos perceptíveis. Na figura 3, observa-se um painel monolítico.

Figura 3 – Demonstração de um painel monolítico



Fonte: Bruman (2016)

Na figura 3 é possível verificar os elementos básicos de um painel monolítico, sendo a tela galvanizada eletrossoldada, conector de aço galvanizado, painel de EPS e o micro concreto ou argamassa estrutural.

3.4 CONCEPÇÃO ESTRUTURAL DO SISTEMA MONOLÍTICO

Para a Associação Brasileira da Indústria Química (ABIQUIM, 2019), considerando a possibilidade de serem autoportantes, sem auxílio de vigas e colunas, com uso similar aos blocos de alvenaria estrutural, os painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS) são indicados para execução de edificações de até dois pavimentos. Quando empregados com a função de alvenaria de fechamento, não há limites de pavimentos. É, também, solução eficiente em obras de reformas e ampliação

A concepção estrutural dos sistemas monolíticos de EPS pode ser verificada conforme a aplicação de sua montagem. O quadro 1 frisa as etapas desta concepção.

Quadro 1 – Etapas estruturais da aplicação de sistemas monolíticos de EPS

ETAPAS ESTRUTURAIS DOS SISTEMAS DE PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS	
1 Fundações	6 Instalação de esquadrias
2 Barras de Fixação	7 Instalações elétricas e hidráulicas
3 Montagem dos painéis monolíticos de EPS	8 Revestimento dos painéis
4 Alinhamento e prumo	9 Lajes
5 Abertura dos vãos	10 Acabamentos

Fonte: Adaptado de ABIQUIM (2019)

As etapas contidas no quadro 1 foram descritas por Rodrigo (2019) e estão caracterizadas nos subitens a seguir.

3.4.1 Etapa: Fundações

Ocorre logo após o terreno ser preparado para a obra, o que inclui limpeza, escavação e/ou aterro, podendo ser executado com EPS. Nesse momento é definido o tipo de fundação a ser empregado. Para obras com painéis autoportantes de EPS, normalmente são utilizadas fundações do tipo radier, com concreto de $f_{ck} \geq 20$ MPa, espessura média de 12/15 cm, assentado sobre lastro drenante de brita, impermeabilizada com manta de PE de 0,2mm. Sobre a manta, temos a armadura do radier, constituída por tela de aço CA-60 soldada simples ou dupla, conforme projeto estrutural. As tubulações de hidráulica, elétrica e outras devem ser posicionadas antes da concretagem do radier (RODRIGUES, 2019). Podem ser utilizados outros tipos de fundação, como vigas sobre estacas ou sapatas corridas, dependendo do tipo de obra e especificações do projetista estrutural. No caso de reformas e ampliações, os painéis monolíticos podem ser fixados sobre lajes existentes, desde que tenham capacidade de carga condizente.

3.4.2 Etapa: Barras de fixação

De um a três dias após a concretagem, inicia-se a locação/marcação das alvenarias sobre o radier. Os painéis são fixados à fundação pela sua base, com barras de aço CA-50 de 10 mm de diâmetro x 50 cm de comprimento, posicionando o primeiro furo a 25 cm após o ponto de início da alvenaria e os demais furos a cada 50 cm, em ambos os lados. Essas barras (arranques) são engastadas na fundação, executando um furo com diâmetro de 12 mm x 10 cm de profundidade, e utilizando um chumbador químico, como o *compound* adesivo ou similar.

3.4.3 Etapa: Montagem dos painéis monolíticos de EPS

Os painéis são posicionados entre os arranques da fundação. A montagem deve ser sempre iniciada por um canto, saindo com eles nos dois sentidos para fechar os cômodos. Os painéis são amarrados entre si, com auxílio de peças de reforços em tela eletrosoldada (tipo “I” ou “L”), com arame recozido nº 18 retorcido, de acordo com a especificação do projeto.

3.4.4 Etapa: Alinhamento e prumo

Para alinhar os painéis, são utilizadas réguas de alumínio (ou madeira aparelhada), formando duas linhas na horizontal: a primeira a 40/60 cm do piso e a segunda a 200 cm da primeira. Essas réguas serão posicionadas nas duas faces dos painéis, fixando-as umas às outras, por meio de arame recozido, transpassado pelo EPS. Para o prumo dos painéis, serão utilizadas preferencialmente escoras reguláveis (tipo aprumador metálico, que pode ser locado), na diagonal e perpendicular às réguas (tipo mão francesa).

3.4.5 Etapa: Abertura dos vãos

Os vãos referentes a portas, janelas e equivalentes deverão ser demarcados com caneta/tinta, para execução dos cortes das telas com tesoura para vergalhão ou lixadeira, e das placas de EPS utilizando serra de mão ou estilete. Todas as aberturas receberão peças de reforços em tela eletrosoldada em sua borda (tipo “U”) e nos encontros das extremidades/cantos (tipo “T” a 45°), fixadas com arame recozido nº 18 retorcido.

3.4.6 Etapa: Instalação de esquadrias

É preciso requadrar as aberturas, com sobras de 2 cm de cada lado, para fixação das esquadrias e batentes, utilizando espuma expansiva de poliuretano.

3.4.7 Etapa: Instalações elétricas e hidráulicas

Os traçados das redes de instalações serão demarcados com caneta/tinta nos painéis. Com o auxílio de um soprador de ar quente, serão abertos os sulcos equivalentes no EPS. Caso seja necessário o corte da tela para a passagem das tubulações, deverá ser aplicada uma sobre tela de reforço neste ponto.

3.4.8 Etapa: Revestimento dos painéis

A superfície dos painéis deve estar limpa, isenta de manchas e de materiais que possam diminuir a aderência da argamassa. O traço é de 1:3 (cimento e areia, em volume), com 200 ml de aditivo plastificante e 100 g de microfibra de polipropileno por saco de cimento. A argamassa é aplicada, preferencialmente, com a utilização de projetor pneumático, ou com colher de pedreiro. São, ao menos, duas camadas em cada face do painel: a primeira, com 1 cm até a altura da malha; 48 horas depois, no máximo, é feita a segunda aplicação com 2 cm de espessura. Após a projeção, é feito o sarrafeamento com régua de alumínio, no sentido vertical e de baixo para cima, evitando que a argamassa

excedente caia no chão. Esse primeiro sarrafeamento tem como objetivo principal retirar o excesso de material projetado na parede e promover uma regularização inicial. Se for verificada a existência de falhas na aplicação da argamassa após o sarrafeamento, é preciso refazer a projeção, corrigindo as irregularidades.

3.4.9 Etapa: Lajes

A laje recomendada será a pré-fabricada treliçada com EPS unidirecional ou bidirecional, que distribui as cargas uniformemente em todas as alvenarias. As especificações e dimensionamentos devem estar de acordo com o projeto, sendo indicada, no máximo, a execução de duas lajes, sem a necessidade de acréscimo de estruturas auxiliares (vigas ou pilares).

3.4.10 Etapa: Acabamentos

Os painéis monolíticos de EPS recebem qualquer tipo de revestimento. Os acabamentos seguirão os mesmos moldes das construções convencionais. Podem ser utilizadas diversas texturas, molduras e padrões de cores.

3.5 NORMAS REGULAMENTADORAS

A execução de sistemas monolíticos exige técnicas e normas específicas, nas quais, entre as principais, pode-se citar a NBR 11752:2016 que dita especificações de materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial.

A tabela 3 mostra as propriedades referenciadas desta norma.

Tabela 3 - Características exigíveis para o EPS de acordo com a NBR 11752

Propriedades	Método de ensaio	Unidade	Classe P			Classe F		
			I	II	III	I	II	III
Tipo de material			I	II	III	I	II	III
Massa específica aparente	NBR 11949	kgm ³	13-16	16-20	20-25	13-16	16-20	20-25
Resistência a compressão com 10% de deformação	NBR 8082	kPa	≥ 60	≥ 70	≥ 100	≥ 60	≥ 70	≥ 100
Resistência à flexão	ASTM C203	kPa	≥ 150	≥ 190	≥ 240	≥ 150	≥ 190	≥ 240
Absorção de água Imersão em água	NBR 7973	g cm ⁻² x 100	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Permeabilidade ao vapor d'água	NBR 8081	Ng Pa ⁻¹ . s.m	≤ 7	≤ 5	≤ 5	≤ 7	≤ 5	≤ 5

Coefficiente de condutividade Térmica a 23°C	de NBR 12904	$X(m.K)^{-1}$	0,042	0,039	0,037	0,042	0,039	0,037
Flamabilidade	NBR 1948		Material não retardante à chama		Material retardante à chama			

Fonte: Adaptado de Ponciano et. al. (2020) e ABRAPEX (2017)

Adita-se à tabela 3 e à NBR 11752:2016 outras normas, como a NBR 16866 (ABNT, 2020) que determina as propriedades e métodos de ensaio para o poliestireno expandido (EPS), a NBR 15575-4 (ABNT, 2013) quanto ao desempenho de edificações habitacionais e a NBR 15696 (ABNT, 2009) que dita especificações de projeto, dimensionamento e procedimentos executivos de fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto.

3.6 SISTEMA CONSTRUTIVO DE ALVENARIA CONVENCIONAL E POLIESTIRENO EXPANDIDO NOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Por ser fabricado industrialmente o sistema monolítico se adequa a qualquer tipo de utilização visto que pode apresentar uma infinidade de variações como no comprimento da placa (sendo quatro metros o máximo), as bitolas da barra de aço, nas dimensões da malha, na espessura do EPS, na densidade, entre outros.

Facilitando assim a execução e possibilitando uma flexibilidade quando a sua utilização em relação à integração de projetos (BERTOLDI, 2007). Já o tijolo cerâmico precisa ser cortado e quebrado para atingir algumas dimensões necessárias, como no caso do encunhamento.

Figura 4 – Sistema monolítico de EPS



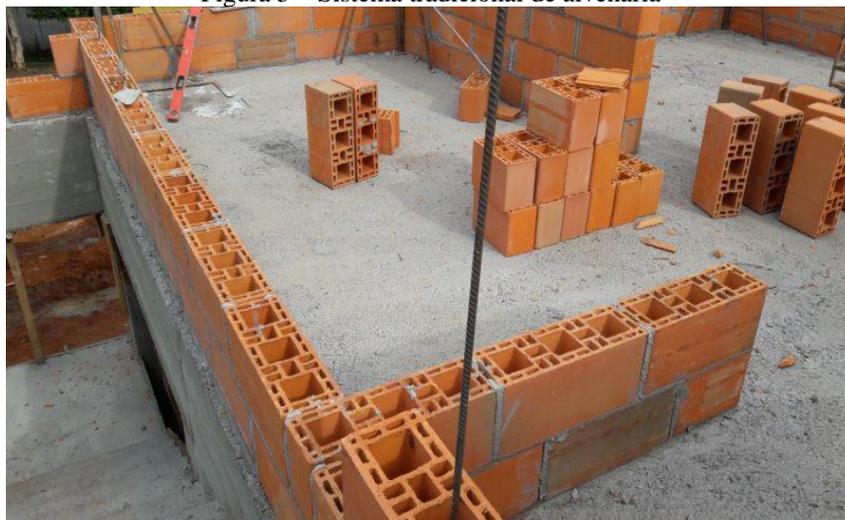
Fonte: EPS AcoPaineis (2020)

O que diferencia esse tipo de sistema construtivo com painel monolítico dos demais é o seu fácil manuseio e a leveza das placas, que facilitam sua operação em lugares de difícil acesso ou condições climáticas adversas. Também proporciona a diminuição da mão de obra já que os painéis são produzidos industrialmente e apenas montados no canteiro de obra reduzindo assim significativamente a geração de resíduos e desperdícios no processo construtivo. (PAVESI, 2016).

No caso da alvenaria, existe o desperdício em média 30 % de materiais na fase de execução, e de todo desperdício mundial 50% provem da construção civil o que é um número preocupante, sendo necessário à adoção de medidas para diminuir esse percentual. Nesse aspecto que são inseridos métodos construtivos menos impactantes como o sistema construtivo monolítico (PAVESI, 2016).

A Figura 5 refere-se à execução de um sistema tradicional de alvenaria.

Figura 5 – Sistema tradicional de alvenaria



Fonte: Constrular (2022)

3.7 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES DE CONFECÇÃO DO PROTÓTIPO PROPOSTO

Com base nas normas apresentadas na seção 3.5, bem como consulta com profissionais da área, a confecção do protótipo de poliestireno expandido para composição de um painel monolítico, teve duração de dois dias enxutos dividido em etapas de execução.

Inicialmente houve a busca e separação dos materiais necessários e após a aquisição destes os trabalhos foram iniciados.

A placa de EPS utilizada teve espessura de 09 centímetros, 01 metro de comprimento e 50 centímetros. Nesta placa foi marcado o caminho para recebimento posterior da tubulação do painel. A marcação deste caminho foi auxiliada com pincel simples para quadro.

Após a etapa anterior, foi realizado o caminho de fato da tubulação, com auxílio de separador de ar quente. Na figura 6 é possível perceber esses serviços iniciais descritos.

Figura 6 – Placa de EPS pronta para recebimento de tubulação



Em seguida, foi iniciado o tratamento da malha eletrossoldada para composição do painel. Foi realizado o corte de acordo com dimensões pré-estabelecidas anteriormente a fim de adequar a placa em EPS.

Com o corte realizado, foram instalados espaçadores de 1 (um) centímetro na malha eletrossoldada, utilizando arame recozido para fixação destes espaçadores entre a malha. Essa instalação dos espaçadores permitiu, portanto, a fixação da malha eletrossoldada nas duas faces externas da placa de EPS.

As malhas eletrossoldadas das duas faces foram entrelaçadas com o auxílio de arame recozido. Assim, foi possível, em seguida, a instalação dos tubos de eletroduto e caixinhas de interruptor de 4x2cm. Na figura 7 abaixo tem-se o painel já apresentado com a instalação da malha eletrossoldado e eletrodutos e as caixinhas 4x2cm.

Figura 7 – Pannel com malha eletrosoldada e tubos de eletroduto



Após as etapas descritas acima, foram executados os serviços de o embuço, com 1,5 centímetros de espessura e 70 centímetros de comprimento. Foi isolada uma com área isolada de 30 centímetros de comprimento até a altura total sem aplicação. Isso é possível observar na figura 8.

Figura 8 – Pannel monolítico com aplicação de embuço



Com o embuço aplicado, os serviços de reboco foram iniciados em 40 centímetros na face onde foram instalados os tubos de eletroduto, medida até onde foram posicionadas as caixinhas interruptoras de 4x2cm e até a altura total do painel. A espessura deste reboco foi de 1,5 centímetros.

A figura 9 apresenta a face lisa, onde não foram colocados tubos, com aplicação de reboco.

Figura 9 – Face do painel com reboco aplicado



Por fim, foi realizada a passagem de cabos onde posteriormente serão conectados ao interruptor e luminária.

O protótipo do painel monolítico ficou de acordo ao que explica a figura 10.

Figura 10 – Painel monolítico finalizado



Diante das descrições, o protótipo tem como características principais uma placa de EPS de 1 metro de comprimento, 0,5 metros de altura e 9 centímetros de espessura. É composto por duas malhas eletrosoldadas (Q138) e mesma dimensão da placa EPS. Foi utilizado 1 metro de tubo de eletroduto para posterior inserção de 3 metros de fio de 2,5

milímetros de diâmetro, e 2 caixinhas interruptoras de 4x2cm. Foram utilizados 10 espaçadores de 1 centímetro onde foram instalados entre a malha e a placa de EPS.

Essas instalações foram necessárias para a ligação de luminária, com 1 bocal de lâmpada e 1 interruptor.

As dimensões totais da placa foram de 9 centímetros de espessura, 3 centímetros de emboço e reboco de cada face. Logo a parede confeccionada apresentou espessura de 15 centímetros.

4 DISCUSSÕES

A construção do protótipo de EPS para composição de um sistema monolítico teve uma satisfatória análise de execução e assim como sistemas tradicionais, sua implantação mostrou-se aplicável.

Dentre comparativos constatados, foi possível observar alguns pontos e estes foram otimizados e dispostos na tabela 3 abaixo, quanto as vantagens do uso de alvenaria e EPS.

Tabela 3 – Comparativo do uso de alvenaria convencional e poliestireno expandido nos sistemas construtivos

VANTAGENS DA ALVENARIA CONVENCIONAL	VANTAGENS DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)
Bom isolante térmico e acústico	Isolante termo acústico
Boa estanqueidade em relação a água	Estrutura com peso construtivo baixo
Excelente durabilidade do material	Facilidade de manuseio do material e de aplicação
Facilidade de produção por montagem ou conformação	Elevada produtividade por conta da execução simplificada
Excelente resistência ao fogo	Facilidade de execução de instalações complementares
Excelente versatilidade e flexibilidade	Geração mínima ou nenhuma de entulho
Ótima aceitação pelos usuários e sociedade	Sem necessidade de retrabalhos, caso seja bem aplicado.

Fonte: Adaptado de Souza (2017)

Com a tabela 3, o protótipo apresentado, bem como pesquisas de literatura, verifica-se que a instalação de painel monolítico influencia na economia de orçamento, visto que as placas podem ser fabricadas de acordo com cada projeto. Verifica-se que tempo de obra é considerado rápido, pois o protótipo de EPS foi finalizado em dois dias, e no geral um imóvel de até 200 metros pode ser erguido e bem equipado dentre três dias, com segurança eficaz, sendo mais uma vantagem econômica.

Quanto ao conforto térmico, o sistema monolítico garante conservação da temperatura tanto em ambientes e climas quentes quanto frios. O material trabalha bem com vibração sonora, o que gera um conforto acústico.

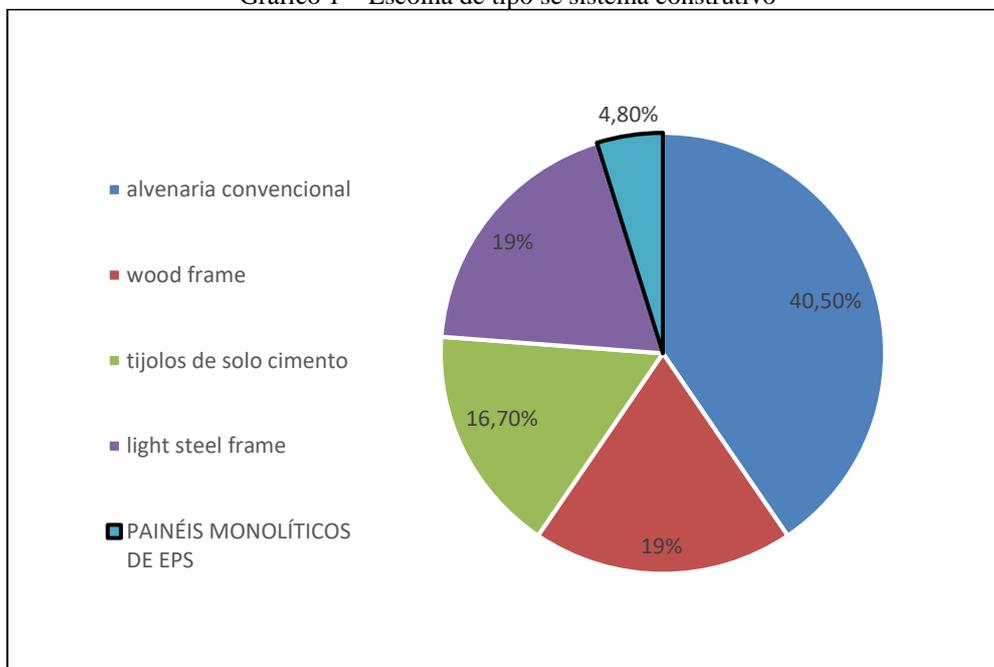
Considerando que o EPS é um material 100% reciclável, a necessidade de madeira nas obras é minimizada, logo, o sistema monolítico ajuda na preservação ambiental.

Ainda que questionável por consumidores, a engenharia acerca do sistema monolítico em EPS foi inicialmente desenvolvida para suportar terremotos. Dessa forma, as estruturas são leves, contudo resistem a peso e grande impacto, o que garante a segurança e a resistência das placas de EPS.

Ademais, a forma que o protótipo foi confeccionado, afirmou que as placas podem ser recortadas em qualquer formato e espessuras diversas, e como já dito, viabiliza demais projetos inovadores.

A problemática observada no contexto do cenário geral da construção civil, entretanto, é ainda a falta de incentivo e investimentos na área, influenciando a escolha do sistema monolítico. Isso pode ser observado no Gráfico 1, em base às pesquisas de Camargo et. al. (2019) e análises do mercado atual.

Gráfico 1 – Escolha de tipo de sistema construtivo



Com o Gráfico 1 é observado que a maioria das pessoas, ao se pensar na construção de um imóvel, adotaria o sistema convencional de alvenaria, escolhido por 40,5% e esse fato confirma o tradicionalismo brasileiro na construção civil. Após o

sistema convencional de alvenaria, os mais votados foram os sistemas de Wood Frame e Steel Frame, escolhidos por 19%, seguidos pela construção com tijolos ecológicos, os quais receberam 16,7% dos votos. O sistema com painéis monolíticos ficou com a menor porcentagem, com 4,8%, o que demonstra que este ainda está muito atrás na preferência para futuros projetos.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho realizado permitiu expor a tecnologia de sistemas monolíticos com a prática da construção do protótipo de poliestireno expandido. Mesmo com pequenas dificuldades nos serviços de execução, foi possível afirmar que as técnicas e manuseio do material podem ser facilmente adquiridas e em grande escala referem baixo custo.

No cenário atual, o setor da construção civil, o pensamento sustentável é usado para definir ações e atividades que se destinam a suprir as demandas do presente sem o comprometimento do futuro das novas gerações. No método construtivo de painéis monolíticos em EPS, portanto, encontra-se uma possibilidade de agilizar a implementação de casas residenciais sem agredir o meio ambiente, visto que a sustentabilidade é um dos principais desafios do século XXI.

Além disso, na Resolução nº 307, de 05 de julho de 2002, o Conselho Nacional do Meio Ambiente, estabelece que a construção civil deve se responsabilizar pela geração de seus resíduos e uma boa gestão de resíduos tem como finalidade reduzir, reaproveitar ou reciclar os materiais utilizados. Sendo assim, a gestão integrada de resíduos da construção civil deverá proporcionar benefícios na ordem social, econômica e ambiental.

Nesse aspecto, conclui-se a satisfatória aplicação do sistema monolítico e a necessidade de haver investimentos nesta tecnologia de modo a desmistificar sua ineficiência e aumentar a confiança de empreendedores e a população no geral quanto ao seu uso.

REFERÊNCIAS

AMIANTI, Marcelo. **Uso e Aplicação do Poliestireno Expandido (EPS) Reciclado para Impermeabilização por Impregnação de Superfícies de Concreto Pré-fabricado**. Rede temática em Engenharia de Materiais. Dissertação de Mestrado, UFMG, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS 6866:2020. **Poliestireno expandido (EPS) - Determinação das propriedades - Métodos de ensaio**

_____. NBR 11752:2016. **Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial – Especificação**

_____. NBR 15575-4:2013. **Desempenho de edificações habitacionais**.

_____. NBR 15696:2009. **Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto - Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos**.

BATISTA, João *et al.* **Sistema construtivo em painel monolítico de eps: estudo do processo executivo**, [s.l.: s.n., s.d.].

CSIR - Central Building Research Institute. **Manual for Expanded Polystyrene (EPS) core panel system and its field application sponsored by ministry of housing and urban poverty alleviation**, Government of India. Roorkee, India, 2017.

LIMA, Marina Medeiros. **Análise do Processo de Migração de Sistemas de Arquitetura Monolítica para Microsserviço**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal de Pernambuco, UFPE. Recife, 2019.

MONTENEGRO, Ricardo S. Peixoto; SERFATY, Moysés Elias. **Aspectos Gerais do Poliestireno**. BNDES, 2004.

PAULA, Geovani A. Assis de; TEIXEIRA, Rafael de Souza. **Análise de execução de estrutura de EPS em residência unifamiliar em Jaraguá-GO**. Trabalho de Conclusão de Curso, Faculdade Evangélica de Jaraguá, 2019.

PONCIANO, Ana P. da Silva; SILVA, Giovanna Lyssa. **Estudo comparativo entre sistemas de construção de alvenaria convencional e monolite**. Faculdade Evangélica de Goianésia. Goiás, 2020.

SANTOS C.G. et al. **Poliestireno expandido na construção civil**. Pós em Revista, v.8, 2013.

SOUZA. A.C.A.G. **Análise comparativa de custos de alternativas tecnológicas para construção de habitações populares**. Monografia, Recife. 2009.

SILVA, Cleomar José; GUIMARÃES, Lucas Roner dos Reis; VAZ, Yuri Matheus da Costa. **Abordagem teórica sobre construções com poliestireno expandido (EPS)**. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade UNA de Catalão. Goiás, 2021.