

Renan Assis Martins

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Petrópolis)

Marcelo Gonçalves Domingos Araújo

Universidade Estácio de Sá (UNESA/Petrópolis)

RESUMO

O método construtivo utilizando alvenaria de blocos cerâmicos é o sistema tradicionalmente utilizado na construção civil brasileira. Este método é responsável por absorver uma considerável parcela do tempo de execução na construção, além de gerar uma significativa quantidade de resíduos sólidos. Portanto a procura por métodos de construção mais eficientes e simultaneamente mais sustentáveis é fundamental nos dias que correm. Considerando a diligência, este trabalho é realizado com base em pesquisas teóricas, apresentando um comparativo entre o método construtivo que faz uso de estruturas de concreto armado e fechamento em blocos cerâmicos e o método construtivo que faz uso de paredes de argamassa armada com núcleo em Poliestireno Expandido (EPS). Neste método, composto por painéis de EPS com telas de aço eletrosoldadas, as telas revestidas confere-lhes resistência e o EPS além de ser um excelente isolante térmico, atribui o formato às paredes. Desta forma o EPS mostrou um desempenho competitivo se comparado ao método construtivo em alvenaria tradicional. Apresentando-se com um método de construção mais sustentável e mais econômico. Os custos de construção para o método em estudo, apresentou-se com valores mais atrativos que o método tradicional, dependendo da região e tipo de edificação. Além dos custos de construção, o edifício em EPS é indiscutivelmente mais leve, oferecendo uma economia na sua infraestrutura. As paredes construídas em EPS possuem baixa condutibilidade térmica, permitindo uma redução no consumo de energia. O método construtivo em EPS também apresenta como aspecto interessante, a racionalização, devido a brusca redução de desperdícios no processo de construção. A quantidade de resíduos produzida é quase nula e a mão de obra na sua execução é reduzida devido a facilidade de manuseio e praticidade que o método apresentado oferece. Deste modo o EPS mostrou-se um excelente método alternativo. O estudo objetiva apresentar de forma mais abrangente os aspectos compositivos e construtivos do sistema utilizando EPS, tais como suas vantagens e desvantagens.

Palavras-chave: Poliestireno expandido; Construção sustentável; Sistema de EPS; Isolamento térmico.

INTRODUÇÃO

A população mundial está em constante crescimento, o que significa, igualmente, uma expansão das cidades. De acordo com a Organização das Nações Unidas (ONU)

(2020). A população mundial, em 2019, era de 7,7 bilhões de pessoas, devendo aumentar 2 bilhões nas próximas quatro décadas. Já no Brasil, a população chegou a pouco mais de 210 milhões no mesmo ano.

Este cenário contempla uma maior demanda em áreas da construção civil, necessárias à expansão de edificações, industriais, comerciais e de serviços, incluindo sua infraestrutura.

Outra implicação é motivada pelo constante déficit habitacional e urbano, necessitando de maiores investimentos em construção de moradias e urbanização das cidades. No Brasil, de acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) (2020), apoiada em dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o setor da construção civil presenciou, um crescimento no ano de 2019, após cinco anos em queda.

Neste contexto, pensa-se ser necessária a inclusão de novas técnicas e métodos construtivos que se alinhem, como opção, as práticas tradicionais utilizadas até aqui.

Técnicas e métodos, que se utilizem, de novas matérias primas visando à sustentabilidade do meio ambiente, que propague o reaproveitamento de materiais alternativos que sejam menos degradantes.

O tema deste trabalho expõe o material conhecido como Poliestireno Expandido (EPS), material alternativo para a construção civil. Mostrará formas de utilização e conceito do EPS através de um projeto de construção de sobrados geminados comparando-o com a forma tradicional da construção.

Demonstrará sua praticidade de execução, a interação com o meio ambiente, suas vantagens e desvantagens.

O sistema é constituído por betão ou argamassa, treliças eletrosoldadas, grampos de aço galvanizados e telas, que têm em seu componente o Poliestireno Expandido. (BERTOLDI, 2007)

De acordo com a Associação Brasileira de Poliestireno Expandido conhecida (2016) pela sigla (ABRAPEX), este material surgiu em 1949 na Alemanha, contendo características de estruturas monolíticas, gerando este uma ótima alternativa a alvenaria tradicional de blocos cerâmicos, pois contém paredes estruturais com boa resistência a impactos, possuindo um índice elevado de pré-fabricação, excelente isolante termoacústico, leveza e a sua utilização acaba gerando pouco desperdício.

Justifica-se a adoção do EPS como forma de redução de custos, elevada produtividade e diminuição dos desperdícios durante o processo construtivo.

O poliestireno expandido (EPS), oferece conforto termoacústico, também tem fácil aplicabilidade, e seu tempo de execução é consideravelmente menor, além da redução de resíduos gerados (BERTOLDI, 2007).

Mais uma justificativa deste relevante tema de pesquisa é a otimização e eficiência nos processos construtivos, alinhado com a necessária economia e ganho de tempo na construção civil (BERTINI, 2002)

No Brasil, de acordo com Barreto (2017) o método estrutural mais utilizado ainda é o concreto armado, uma vez que possui grande aceitação do mercado. Contudo, pontos como a elevada quantidade de mão-de-obra empregada, baixo reaproveitamento de materiais e intensa quantidade de resíduos gerados são dados preocupantes.

Sendo assim, nos encontramos, atualmente com a necessidade de explorar e comparar novos métodos de construção com os que já estão consolidados no mercado. A fim de esclarecer suas vantagens e desvantagens, assim como suas características técnicas.

Buscas por métodos alternativos na construção se relacionam com a demanda por sustentabilidade, fator presente no ramo da construção civil. Com esta procura frequente por técnicas de desenvolvimento sustentáveis, encontramos diversos outros métodos

construtivos que se destacam de forma competitiva em relação aos métodos de construções tradicionais.

Neste trabalho será apresentado um anteprojeto de edificação de um sobrado com objetivo de levantar, apresentar e comparar dados econômicos e técnicos necessários para a execução em poliestireno expandido e por alvenaria tradicional, com fechamento com tijolos cerâmicos.

Serão mostrados dados para a construção deste projeto, tais como suas vantagens e desvantagens e a viabilidade de se utilizar o método construtivo alternativo.

Há diversas maneiras de se utilizar os painéis de poliestireno expandido como estrutura na edificação. O presente trabalho tem como foco de estudo o painel simples, constituído de três camadas. Camadas das faces compostas por argamassa estrutural ou microconcreto, associado com tela eletrosoldada e o núcleo a placa de EPS.

O método construtivo em EPS oferece como suas principais vantagens, leveza para a estrutura, facilidade de transporte e montagem, excelente isolamento termo acústico, além disso é um material que pode ser reaproveitado por completo (BERTINI, 2002)

De fato, que o método construtivo em EPS possui elevado potencial de utilização, podendo ser utilizado em edificações de diversos padrões e em moradias de larga escala, tais como conjuntos habitacionais de pequeno a médio porte.

Contudo, existe uma desconfiança por parte dos construtores quanto à eficácia do EPS, mesmo o método construtivo sendo utilizado por diversos países com eficiência comprovada.

No Brasil, de acordo com Neto (2008) ainda existem alguns aspectos que complicam a inclusão de inovações tecnológicas no setor da construção civil, principalmente no subsetor de edificações.

Nosso atraso tecnológico, acaba por resultar em acomodação no uso de métodos tradicionais.

Devido à baixa disseminação do método construtivo em EPS, ainda se encontra certa dificuldade na busca por empresas que fabriquem e construtoras que ofereçam mão-de-obra especializada, para utilização do EPS nas construções.

Diante do que foi apresentado, a utilização do método construtivo de paredes com argamassa armada e núcleo em EPS pode ser considerado uma forma viável de construção do ponto de vista econômico?

A ideia do presente trabalho é contribuir, propagando e incentivando mais um método construtivo competitivo no ramo da construção civil. Apresentando dados que comprovem a eficácia do método e que venha incentivar o uso de um método mais sustentável.

Com isto espera-se dissipar dúvidas e desconfianças existentes no meio da construção civil, mudando assim, a cultura de sempre utilizar métodos tradicionais.

Propagando este método construtivo, com a aceitação de mais empresas e clientes, será possível assim reduzir o preço de produção das placas de EPS e aumentar assim o número de fabricantes em certas regiões. Resultando em um custo final bem mais atrativo.

O trabalho seguirá um estudo de cenário sobre o tema, onde serão levantados dados de uma edificação habitacional. Será proposta a utilização do método construtivo em EPS, paredes de argamassa armada e núcleo em poliestireno.

Todos os dados obtidos nesta edificação serão analisados e comparados com o método construtivo convencional, paredes de fechamento com tijolos cerâmicos e estruturas de concreto armado.

O projeto da unidade habitacional é de autoria do autor deste trabalho, especialmente elaborado para a apresentação deste trabalho.

Devido à falta de registro de uma estimativa de preços, com relação ao método proposto nas tabelas do Sistema Nacional de Preços e Índices para a Construção Civil

(SINAPI), se fez necessário a solicitação de orçamentos por parte de empresas que prestam esse tipo de serviço. Tornando assim a comparação econômica mais real possível.

O objetivo geral do trabalho é confirmar o EPS como método construtivo atrativo e eficaz colocando-o como opção frente aos métodos tradicionais já estabelecidos no Brasil.

METODOLOGIA

O método de pesquisa foi o estudo exploratório, razão pela qual a aproximação com o objeto se deu através de fontes bibliográficas, que forneceram dados para a construção do quadro conceitual e comparativo econômico com o intuito de definir qual método construtivo é o mais adequado para uma construção de sobrado geminado com duas unidades habitacionais de aproximadamente 82 m² desenvolvido pelo autor. Foram alvos da pesquisa bibliográfica dados oriundos de pesquisas científicas produzidas por diversos autores, manuais, normas, entre outros.

Elaboraram-se algumas comparações entre o custo apurado pelo autor e a cotação obtida em contato com uma empresa chamada Monolitus Sistemas Construtivos, fornecedora do material e mão de obra, de modo a esboçar a aplicabilidade do sistema construtivo e ensejar novas perspectivas para trabalhos futuros. E por fim, elencou-se os prós e contras de cada método. Os resultados foram expostos, sequencialmente, nos capítulos deste trabalho.

REFERENCIAL TEÓRICO

POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

O Poliestireno Expandido foi descoberto pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz na Alemanha em 1949. Atualmente, é conhecido internacionalmente pela sigla EPS, Associação Brasileiro de Poliestireno Expandido (ABRAPEX, 2006).

No Brasil, o EPS surgiu na década de 60, tornou-se mais conhecido como “Isopor” no ano de 1998, marca registrada da empresa Knauf Isopor Ltda, que designa desta forma os produtos de EPS que comercializa (SCHUCH, 2017).

Percebeu-se que no decorrer dos anos, o material proporcionou uma versatilidade e um elevado potencial para métodos construtivos. Conforme ilustrado na Figura 1, uma vez dilatado, o EPS modifica suas características, gerando uma leveza extrema, proporcionando densidade, forma e dimensão desejada. (STOCCO, 2009).

Figura 1 : Pérola de poliestireno (antes da expansão) e granulado de EPS (após a expansão)



Fonte: BERTOLDI , 2007

De acordo com Ambrosi (2009), o EPS era usado em grande escala para o ramo de embalagens, e com isso, era descartado de maneira errada, causando poluição, bloqueio de bueiros e entupimentos, visto que o EPS caracteristicamente é impermeável.

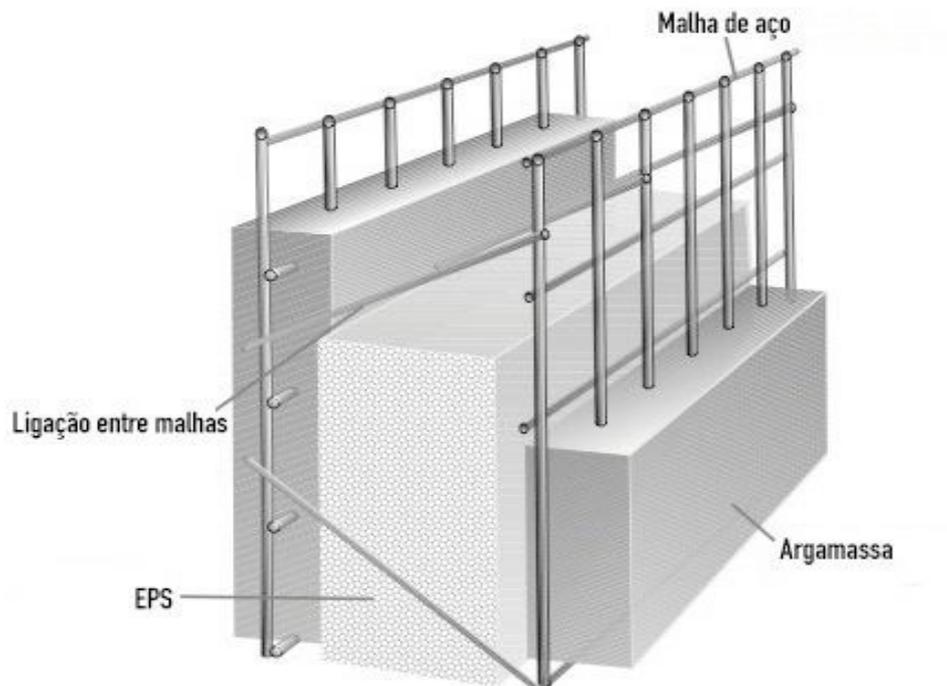
A impermeabilidade gerada pelo EPS, associada a uma considerável resistência, aliada às outras propriedades, fez com que o EPS ganhasse grande destaque na construção civil sendo adaptado no formato de painéis para serem utilizados em edifícios, rodovias e residências (SANTOS, 2013).

Os painéis de poliestireno expandido (EPS), vieram por meio de um projeto italiano que foi desenvolvido para uma região que continha tremores repentinos e temperaturas extremas no inverno. Essa criação objetivava que as residências locais tivessem uma estrutura monolítica, aumentando a resistência ao desmoronamento e agregaria características, como o isolamento térmico (SOUZA, 2009).

Segundo Bertoldi (2007), o painel modular foi desenvolvido para esta finalidade, sendo pré-fabricado, leve, composto de uma alma de EPS envolvido entre duas malhas de aço eletrosoldadas, e após sua elevação é recebido por um revestimento em concreto e/ou argamassa aplicados nas construções civis.

Um exemplo desta tecnologia que foi adaptada em forma de painéis para ser executada na construção civil é mostrado na Figura 2.

Figura 2 : Estrutura do painel de EPS



Fonte: <https://www.monolite.cl/index.php/es/>. Acessado em Setembro/2020

Bertini (2002), afirma que a meta buscada mundialmente é a sustentabilidade, onde, há uma grande preocupação com o meio ambiente em todos os aspectos.

A construção civil, tradicionalmente, gera uma quantidade excessiva de resíduos, causadores de problemas ambientais.

Neste cenário torna-se necessário o estudo de novos métodos construtivos para minimizarem tais impactos.

O sistema monolítico de construção em EPS, de acordo com Bertoldi (2007), beneficia as obras, com alta produtividade, menor custo em sua execução, apresentando extraordinárias características termoacústicas e reduzindo seus resíduos.

Composição

O EPS é um plástico celular rígido resultado da polimerização do estireno em água, tendo como matéria prima o polímero de estireno, que é obtido a partir do petróleo (NETO, 2008).

O Poliestireno expandido, EPS, é um material incolor, inodoro, que possui diversas aplicabilidades, que, quando usado na construção civil, adquire uma tecnologia inovadora para o mercado brasileiro.

Os blocos são desenvolvidos industrialmente com o intuito de reduzir desperdícios, e com uma abrangência na reciclagem e reaproveitamento, obtendo então uma visibilidade sustentável (DOS REIS, 2017).

A polimerização é uma reação química que provoca a combinação de um grande número de moléculas iguais entre si, que no caso do poliestireno é o polímero de estireno, de modo a formar uma macromolécula, o polímero de poliestireno. Deste processo resultam pérolas de até 3 milímetros de diâmetro, que são a matéria prima para a produção do EPS (ABRAPEX, 2016).

De acordo com Stocco (2009), os blocos sofrem uma ação de vapor saturado, acontecendo uma expansão de seu volume inicial em até 40 vezes dos granulados do poliestireno vítreo, no qual, irá originar tipos distintos. Com isso, obtém-se teor de 97% de ar resultante da espuma termoplástica e, 3% do volume da matéria sólida resultando-se no formato do poliestireno, tornando o EPS responsável por diversas propriedades físicas.

Método Construtivo Tradicional

Este trabalho mostrará detalhes e informações a respeito do que vem sendo utilizado nas construções, de maneira sistemática e tradicional. O método de construção de alvenaria de fechamento com utilização de blocos cerâmicos sem função estrutural e dos elementos que suportam e transmitem as cargas da edificação para as fundações, compostos por vigas e pilares de concreto armado.

Estrutura de concreto armado

Após o avanço do desenvolvimento dos materiais conhecidos como aglomerantes, que endurecem em contato com a água, se tornou possível o fabrico de uma pedra artificial, conhecida como concreto (CLÍMACO, 2016).

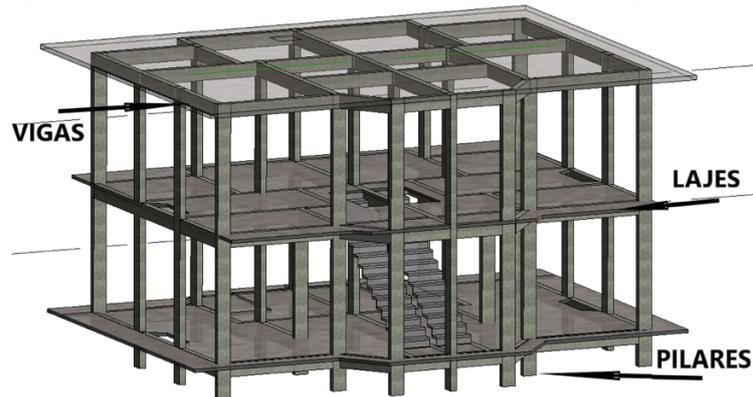
Porém, como afirma Botelho (2015) apesar do concreto ser um material sólido, apresentando boa resistência à compressão e com durabilidade elevada, sua resistência à tração é deficiente.

A partir desta constatação surgiu o concreto armado.

As barras de aço acrescentadas ao concreto, objetiva suprir a resistência deficiente à tração, quando submetido a esforços de flexão. (CLÍMACO, 2016)

Os principais elementos de concreto armado, utilizados na superestrutura com a finalidade de receber e transmitir os carregamentos do edifício para a infraestrutura são: as lajes, vigas e pilares, conforme ilustrado na Figura 22 (BOTELHO, 2015).

Figura 3 : Elementos de concreto armado, Pilares, Vigas e Lajes



Fonte: Autor

A infraestrutura de um edifício são as fundações, que podem ser do tipo rasa (direta) ou profunda (indireta). Para construções residenciais as mais utilizadas são as do tipo rasa e, dentre estas, destacam-se as:

- Sapatas;
- Radiers;

Tais fundações são práticas e geralmente econômicas. Caracterizam-se por transmitirem as cargas ao solo por suas bases, possuindo até 3 metros de profundidade (BERBERIAN, 2015)

A norma que rege o projeto de estruturas de concreto, estabelecendo todos os requerimentos que deverão ser seguidos para a execução, modelos de cálculo e procedimentos para a armadura da estrutura é a NBR 6118:2014

APRESENTAÇÃO DO PROJETO E DADOS OBTIDOS - EPS

A fim de levantar dados palpáveis de uma edificação construída em EPS, para o presente estudo, elaborou-se um projeto do tipo sobrado geminado, composta por 2 unidades residenciais, ilustrado na Figura 26, dentro de um lote modelo de 173 m².

O projeto está em conformidade com todas as NBRs correspondentes, inclusive, para este método construtivo específico, deve-se atender aos procedimentos da Diretriz-11 do SINAT.

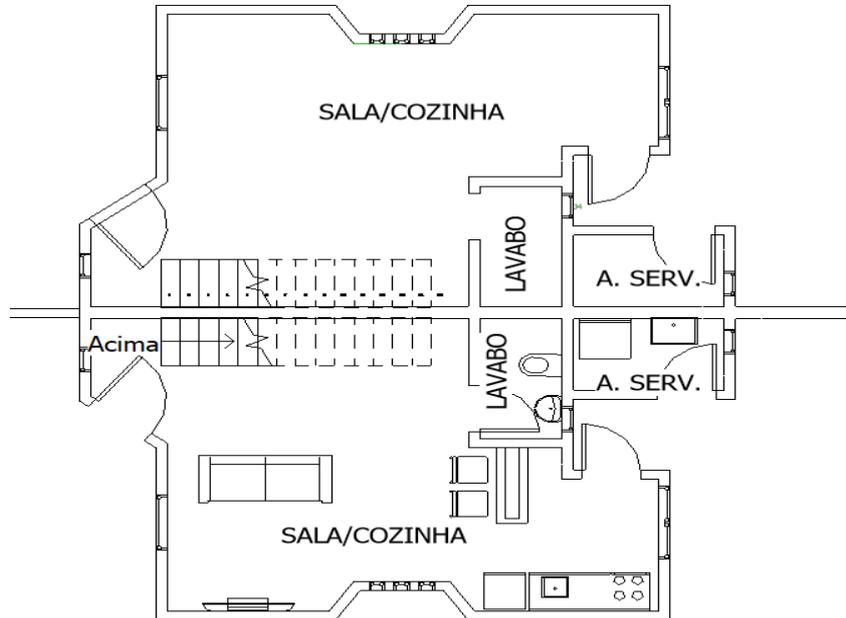
Figura 4: Representação do sobrado geminado em 3D



Fonte: Autor

O edifício tem como área construída um total de 139m², composto por 2 pavimentos. O primeiro pavimento contém Sala/Cozinha, Lavabo, Área de Serviço, e Área Externa. Como demonstra a Figura 27 e a ilustração em 3D da Figura 28

Figura 5: Planta baixa do pavimento térreo



Fonte: Autor

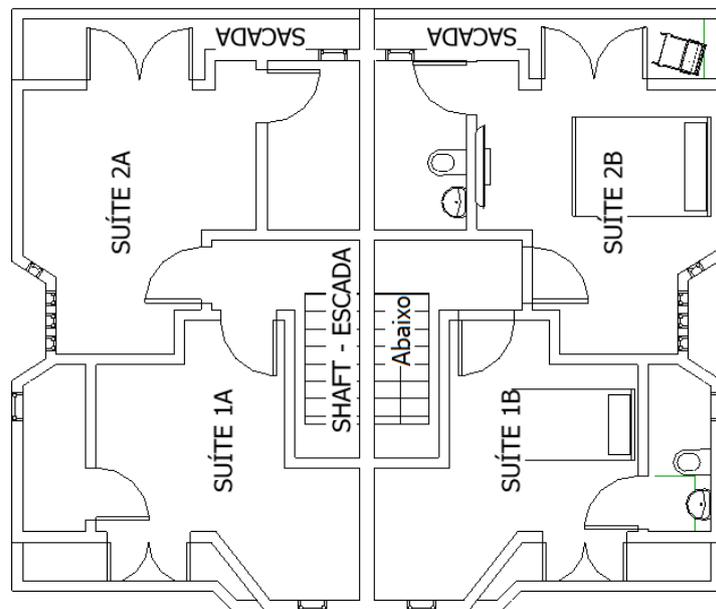
Figura 6 : Representação 3D do térreo



Fonte: Autor

O segundo pavimento foi reservado para as Suítes com Varandas, como demonstra a Figura 29 e a Ilustração em 3D da Figura 30, Duas Suítes para a frente do imóvel e duas Suítes para os fundos.

Figura 7: Planta baixa do segundo pavimento



Fonte: Autor

Figura 8: Representação 3D do segundo pavimento



Fonte: Autor

Dados construtivos - EPS

Para a construção desse edifício em paredes de argamassa armada com núcleo em EPS, serão necessários 437m^2 de painéis, já descontando os vãos, conforme ilustrado na Figura 31.

De acordo com o (SINAT-11,2014), o peso dos painéis já revestidos em ambas as faces, com as duas camadas executadas conforme os procedimentos, podem variar entre 100Kgf/m^2 a 140Kgf/m^2 por metro quadrado.

A fabricante de painéis Monolitus Sistemas Construtivos, afirma que seu conjunto de painéis com argamassa armada pesa em torno de 120Kgf/m^2 .

Figura 9 : Ilustração de como os painéis de EPS chegam de fábrica.



Fonte: Autor

Assim, para este método construtivo o peso total das paredes armadas com núcleo em EPS acumulou um total de 52440 Kgf. A Tabela 5 demonstra as áreas e peso por pavimento.

Tabela 1 : Área e peso das paredes em EPS por pavimento

	Área (m ²)	Peso (kgf)
Pavimento 1	188	22560
Pavimento 2	200	24000
Cobertura (Platibandas)	49	5880
Total	437	52440

Fonte: Autor

O somatório dos pesos das lajes, do tipo treliças pré-moldadas com preenchimento em blocos de EPS, e os carregamentos correspondentes a contrapiso, piso e sobrecargas, conforme NBR-6120, resultou um peso de 66398,75 Kgf.

Assim, estima-se um peso total para este edifício de 118.838,8 Kgf representado na Tabela 6. No apêndice A, encontram-se os detalhamentos para os cálculos apresentados.

Tabela 2: Carregamentos das paredes e lajes do edifício - EPS.

	Paredes (kgf)	Lajes (kgf)	Peso Total (kgf)
Pavimento 1	22560	31907,3	54467,3
Pavimento 2	24000	34491,5	58491,5
Cobertura (Platibandas)	5880		5880
Total	52440	66398,8	118.838,38

Fonte: Autor

As lajes para esta construção somam uma área total de 182,5 m², distribuídos da seguinte forma:

- Laje do primeiro pavimento: 81,5m²;
- Laje do segundo pavimento: 101 m².

- A Laje de piso não foi acrescentada, por fazer parte da fundação.

Levantamento de custos - EPS

Por falta de uma tabela pública com levantamento de custos de construção para este material, fez-se necessário o contato com algumas empresas fabricantes de painéis em EPS para construção civil.

A única empresa que manteve contato e respondeu em tempo hábil a solicitação de orçamento para o projeto apresentado foi a Monolitus Sistemas Construtivos, sediada na cidade de Ponta Grossa no estado do Paraná.

O orçamento apresentado no Quadro 1 conta com o fornecimento dos itens descritos:

- Painéis de EPS armado modelo Monolitus E42, para edificação da obra solicitada, em espessuras e tamanhos identificados no projeto;
- Fornecedor de todas as ferragens de reforço, tipo L, Lisa e U. Em quantidade e tamanhos suficientes para atender a complexidade do projeto;
- Conectores em aço BTC 3,4 mm e chaves grampeadoras de elementos conectores;
- Acompanhamento e suporte da equipe Monolitus;
- Caso necessário, treinamento presencial e/ou online fornecido pela equipe Monolitus.

Quadro 1: Orçamento dos painéis de EPS com insumos

Orçamento:	1884/20	Data:	04/10/2020			
Modelo :	E42	Validade:	15/11/2020			
1- Paginação dos Painéis						
Modelo	Altura (m)	Quantidade	M² total	RS/m²	RS Total	Detalhamento
E42 90	2,75	45	153,5	75	RS 11.512,50	Térreo
E42 140	2,75	9	34,7	93	RS 3.227,10	Térreo divisória
E42 90	2,75	45	165,5	75	RS 12.412,50	Pavimento 2
E42 140	2,75	9	34,7	93	RS 3.227,10	Pavt 2 Divisória
E42 90	1,2	4	15,06	75	RS 1.129,50	Platibanda
E42 90	0,7	29	34,36	75	RS 2.577,00	Platibanda 2
TOTAL - MATERIAL:		156	437,82		RS 34.085,70	



Fonte: Monolitus, 2020

De acordo com orçamento apresentado pela fabricante, os valores dos painéis com todos os itens mencionados resultam num montante de R\$ 34.085,70. Neste valor não estão inclusos os valores das lajes, fundação, e mão de obra.

O orçamento da mão de obra para a fixação dos painéis e seus revestimentos até a fase 1, que é a fase bruta do projeto, foi fornecido pela Monolitus. Esta empresa trabalha em parceria com construtores credenciados, distribuídos em diversas cidades e estados do Brasil

O Quadro 2 apresenta valores referenciados para a execução do projeto no estado do Paraná. A Monolitus entrega seus painéis de EPS em todo estado sem custo de frete.

Fora do estado citado os valores de mão de obra podem mudar e o valor do frete deve ser acrescido

Quadro 2 : Orçamento para montagem e aplicação de revestimento nos painéis

2- Montagem e Revestimento - Fase 1			
ETAPAS	PRAZO	M²	RS
ET1 :Térreo	Até 1 Semana	188,2	R\$ 3.575,80
ET2: Pav. 2	Ate 2 Semanas	200,2	R\$ 3.803,80
ET3 : PAV3	Até 1 Semana	49,42	R\$ 938,98
TOT. APLICAÇÃO			R\$ 8.318,58
TOT. ESTIMADO - FASE 1			R\$ 42.404,28

Fonte: Monolitus, 2020

O orçamento dividiu-se em três etapas para montagem dos painéis após a finalização de cada laje por pavimento.

Os insumos para os revestimentos estão inclusos no orçamento, com exceção do fornecimento de energia elétrica e água, estes devem ser disponibilizados pelo cliente no local da obra.

Importante ressaltar que a mão de obra é uma escolha do construtor, podendo este fazer com sua própria equipe de construção. A Monolitus fornece treinamento e acompanhamento a distância para execução dos painéis sem custo adicional, até a parte final da obra.

A fabricante entrega junto com os painéis o manual técnico do produto e após a finalização da obra fornece garantia de 5 anos para imperfeições, rachaduras, fissuras e demais deformações físicas que não sejam de mal-uso ou depredação.

Forma de pagamento proposto pela empresa Monolitus:

- Sinal de 50% para início da produção dos painéis;
- 50% após entrega dos painéis ou em até 48x via cartão BNDES
- Mão de obra: A combinar com equipe executora local

Para os custos das lajes desta construção, utilizou-se a tabela, não desonerada, do sistema nacional de pesquisa de custos e índices da construção civil (SINAPI), com preços referentes ao mês de setembro de 2020 para o estado do Rio de Janeiro.

De acordo com a SINAPI, o preço da laje pré-moldada de 12cm, para vãos de até 4,1 metros, é de R\$90,27 por metro quadrado. Com os seguintes itens já inclusos:

- Laje pré-moldada com lajotas e vigotas;
- Insumos: pregos, madeiras e pontaletes;
- Mão de obra: Carpinteiro, pedreiro e servente
- Concreto 15 MPA –FCK: Preparado em betoneira, lançado com uso de bombas.

Assim, o montante aproximado para a execução das lajes, que resultam de uma área total de 182,5 m² é de R\$16.474,28.

Como serão utilizadas as mesmas lajes para o método de construção convencional, os valores correspondentes as lajes serão os mesmos.

Assim, o montante necessário para a construção do projeto apresentado em EPS, estima-se um valor de R\$58.878,56. Conforme demonstra a Tabela 7.

Tabela 3 : Preço para construção em EPS

LEVANTAMENTO DE CUSTOS - EPS			
Item	Quantidade	Preço (m²)	Total
Painéis EPS	437,14 m ²	R\$ 75,56	R\$ 42.404,28
Lajes	182,5 m ²	R\$ 90,27	R\$ 16.474,28
TOTAL ESTIMADO			R\$ 58.878,56

Fonte: Autor

O orçamento apresentado limitou-se até a fase 1, fase bruta da construção, sem detalhar os dados de instalações elétricas e hidráulicas, acabamentos, portas, janelas, pisos e acessórios. Tendo em vista que após esta fase, o desenvolvimento da obra é exatamente igual aos métodos já utilizados.

APRESENTAÇÃO DO PROJETO E DADOS OBTIDOS – ALVENARIA

Com a finalidade de analisar e comparar dados e aspectos entre o método construtivo em estudo e o método construtivo em alvenaria de tijolos cerâmicos, se fez necessário elaborar o mesmo projeto do sobrado geminado com sua execução no método tradicional, como ilustra a Figura 32.

Figura 10 : Ilustração 3D da construção em alvenaria



Fonte: Autor

O projeto foi elaborado idêntico ao projeto de construção em EPS, contendo as mesmas áreas, paredes e lajes. Alterando assim somente o método construtivo inicial.

Após a execução da estrutura de concreto armado e conclusão das alvenarias, as etapas de acabamento são as mesmas.

Dados construtivos – Alvenaria Tradicional

Para o levantamento da alvenaria deste projeto, utilizaram-se tijolos de barro, conhecido como tijolo Baianinho com 8 furos com as dimensões de 11,5x19x29 cm; largura, altura e comprimento, respectivamente.

Utilizando este tipo de tijolo Baianinho, estimou-se a utilização de 7946 unidades para o levantamento das paredes.

Para a execução dos revestimentos das paredes, estabeleceu-se uma espessura de 2 cm para cada face das paredes e a utilização de 1 cm de espessura para argamassa de assentamento vertical e horizontal.

De acordo com os coeficientes de cálculo determinados na NBR 6120:2019, o peso total das paredes, respeitando as dimensões e espessuras citadas, resultou em 74290 Kgf. A tabela a seguir demonstra de forma resumida a execução do cálculo.

Tabela 4 : Cálculo do peso das paredes em alvenaria

	Área (m ²)	Peso (Kgf)
Pavimento 1	188	31960
Pavimento 2	200	34000
Cobertura (Platibandas)	49	8330
Total	437	74290

NBR6120 : 170 kgf/m²

* Para 2 cm de revestimento

Fonte: Autor

Além do peso das paredes, deve-se somar o peso da estrutura de concreto armado, pilares e vigas.

O peso estimado para a quantidade de pilares e vigas estabelecidos neste pré-lançamento estrutural alcançou em 30723 Kgf. O detalhamento deste cálculo é apresentado no apêndice B. A Tabela 9, demonstra de forma resumida a execução do cálculo.

Tabela 5: Peso das estruturas de concreto armado

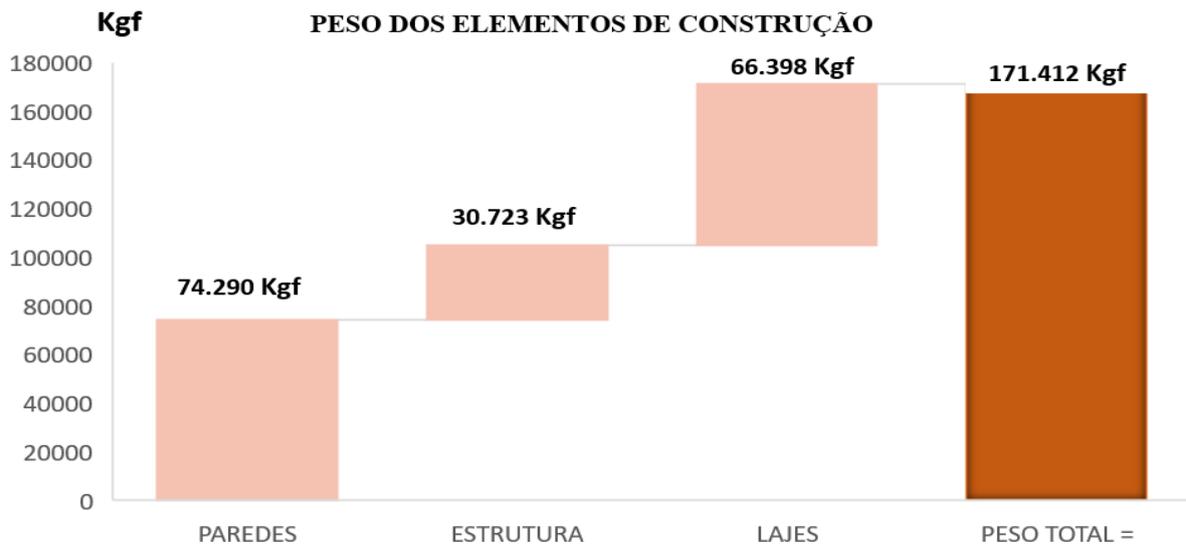
	Pilares (Kgf)	Vigas (Kgf)	Estrutura (Kgf)
Pavimento 1	6468	7140	13608
Pavimento 2	5670	6825	12495
Platibanda		4620	4620
Total	12138	18585	30723

* $\gamma_{conc} = 25\text{kN/m}^3$

Fonte: Autor

Assim, o peso dos sobrados em alvenaria tradicional de tijolo, tem um peso estimado de 171411,8 kgf, incluindo o peso das lajes, paredes, pilares e vigas. O Gráfico 1 demonstra o somatório dos elementos para a construção em alvenaria tradicional.

Gráfico 1: Somatório dos pesos para os sobrados em alvenaria



Fonte: Autor

Levantamento de custos – Alvenaria

A estimativa de custo para a execução do projeto em alvenaria, baseou-se na tabela não desonerada do SINAPI, com preços referentes ao mês de setembro de 2020 para o estado do Rio de Janeiro

De acordo com o SINAPI, o preço por metro quadrado para execução da alvenaria especificada é de R\$70,56. Os insumos, encargos e mão de obra de 01 pedreiro com 01 servente, estão inclusos no preço fornecido

O preço das lajes, também fornecido pelo SINAPI, é estimado em R\$90,27 por metro quadrado. Os insumos, encargos e mão de obra de 01 pedreiro com 01 servente, estão inseridos no preço fornecido.

Para o preço da execução da estrutura de concreto armado, utilizou-se como ferramenta o *software* para engenharia e construção Cype Ingenieros, S.A.

O Cype estabeleceu, uma estimativa de custos referente ao mês de setembro de 2020 o valor R\$1218,63 por metro cúbico de estruturas de concreto armado, pilares e vigas. O valor estimado inclui:

- Concreto C25 bombeado;
- Aço em barras nervuradas CA-50,
- Madeiras e insumos para execução das formas;
- Mão de obra e encargos para os serviços necessários.

A Tabela 10 demonstra o somatório dos itens mencionados, em quantidade necessária para execução do projeto.

Tabela 6: Estimativa de preços para execução em alvenaria tradicional

Item	Quantidade	Unidade	Preço	Total
Alvenaria	437,14	m ²	R\$ 75,56	R\$ 33.030,30
Lajes	182,5	m ²	R\$ 90,27	R\$ 16.474,28
Est. C. Armado	12,4	m ³	R\$ 1.218,63	R\$ 15.111,01
TOTAL ESTIMADO				R\$ 64.615,59

Fonte: Autor

O valor final estimado para o levantamento das paredes e execução da estrutura de concreto armado correspondente ao projeto apresentado, resultou em um montante de R\$64.615,59.

Importante ressaltar que os levantamentos de custos abordados até aqui, limitou-se até a fase de revestimento bruto do edifício, sem a inclusão das escadas e acabamentos, tendo em vista que estas etapas são idênticas para ambos os métodos.

ESTUDO COMPARATIVO ENTRE OS DOIS MÉTODOS

Conforme apresentado, a construção do sobrado pelo método em alvenaria tradicional de blocos cerâmicos apresentou um peso final maior que o sobrado construído em EPS.

Mesmo ao comparar somente o peso das paredes de tijolos com o peso das paredes em EPS, as paredes de alvenaria apresentam uma carga maior que as paredes de Poliestireno, O Gráfico 2 ilustra o peso dos elementos construtivos.

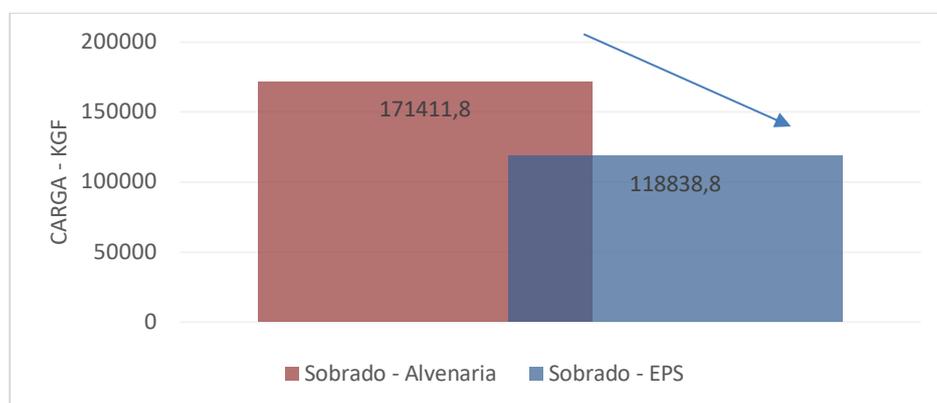
Gráfico 2: Cargas dos elementos de construção.



Fonte: Autor

Comparando a carga total dos sobrados em EPS, com a carga total do método tradicional (paredes em tijolo mais estrutura de concreto armado), observa-se no Gráfico 3, que o método construtivo em EPS é 44% mais leve que o sobrado construído em alvenaria tradicional.

Gráfico 3: Comparação de pesos: Alvenaria x EPS



Fonte: Autor

A leveza é uma característica de grande vantagem que o método construtivo em EPS oferece, permitindo fácil manuseio no canteiro de obras. Fator que facilita e acelera o processo de montagem, podendo assim reduzir a quantidade de mão de obra para a execução das paredes em EPS.

Por ser uma parede autoportante, sem a necessidade de uma estrutura de concreto armado auxiliar, é um fator importante que diferencia o método construtivo em EPS em comparação ao método construtivo em alvenaria de tijolos.

Diferente da construção em alvenaria de tijolos, a construção em EPS apresenta um tempo de construção menor e com índice de desperdício quase nulo.

A construção em alvenaria tradicional, necessita do levantamento da alvenaria e da execução da estrutura de concreto armado, processos que aumentam o tempo de construção e geração de resíduos.

Na construção em alvenaria tradicional, com paredes de vedação, possíveis modificações futuras no projeto e remanejamento das paredes poderão ser realizadas com mais facilidade.

Além das modificações do projeto após sua finalização, edifícios projetados em alvenaria tradicional, devido a sua estrutura de concreto armado, podem oferecer:

- Possibilidade de reformas não planejadas;
- Liberdade para arquiteturas criativas;
- Áreas mais abertas, com um espaço maior entre as paredes;
- Abertura de vãos maiores, ilimitados, para portas e janelas;

Diferente do método construtivo em EPS, por serem autoportantes, com a parte estrutural embutida nos painéis de EPS, uma modificação arquitetônica significa uma modificação estrutural, logo deve-se elaborar um estudo com maior cautela para esta atividade.

Para a construção de qualquer edifício deve-se estudar previamente o solo, para posterior execução, o estudo do solo irá estabelecer qual a carga que o solo suporta por área,

Em resumo, quanto menor o peso da edificação mais simples e econômico poderá ser a fundação. Possibilitando até a construção em terrenos com baixa resistência por área.

De acordo com o que foi apresentado, é notório que o método construtivo em alvenaria de blocos cerâmicos transmite uma carga muito superior ao método comparado. Portanto, necessitará de uma infraestrutura mais robusta, consumindo mais materiais e mão de obra.

Para a análise de custos entre os dois métodos construtivos, realizou-se um levantamento de preços para a execução de cada projeto, limitado à fase bruta de cada construção, não sendo contabilizados os gastos para regularização do terreno, infraestrutura e acabamentos, gastos comuns aos dois métodos.

Ao realizar uma comparação direta somente das paredes, as paredes em argamassa armada com núcleo de EPS apresentaram um custo 28% maior se comparado ao custo para o levantamento das alvenarias em blocos cerâmicos, conforme demonstra o Gráfico 4, evidenciando que a implantação deste sistema requer um investimento inicial maior.

Gráfico 4 : Comparativo direto de custos – Paredes de EPS x Paredes de Tijolo



Fonte: Autor

Entretanto, ao analisar os custos de construção para o método tradicional, incluindo as paredes, estruturas de concreto armado e lajes, pode-se notar que o cenário muda.

A construção em EPS começa a apresentar uma economia de aproximadamente 10% ao comparar os custos de construção dos sobrados como ilustra o Gráfico 5.

Gráfico 5 : Comparativa de custos de construção dos sobrados: Tijolos x EPS



Fonte: Autor

Os custos diretos para a construção no método construtivo em EPS mostra-se financeiramente viável, porém uma comparação direta de custos de implantação não deve ser o único ponto a ser considerado.

Uma das vantagens mais citadas referente ao uso do sistema construtivo em EPS está relacionado ao isolamento térmico proporcionado, não só no conforto, mas também economia.

Com o isolamento térmico proporcionado pelo EPS, as temperaturas externas e internas tornam-se independentes, o que possibilita uma economia em sistemas de refrigeração ou de aquecimento do ambiente.

Um estudo realizado por, Novais (2013), compara o desempenho térmico de sistemas de vedação em EPS e a alvenaria de blocos cerâmicos. A pesquisa realizada em

uma moradia localizada na cidade de Cuiabá-MT, região de clima quente, com temperatura média anual de 29 graus Celsius.

Nesta pesquisa o parâmetro de análise foi a temperatura da face interna, superficial das paredes de dois cômodos diferentes, um composto por EPS e o outro por vedação de tijolos. Ambos expostos às mesmas condições climáticas e direção.

Novais (2013), checou as temperaturas superficiais das paredes internas, utilizando um termômetro infravermelho nas alturas de 0,8m, 1,4m e 2,2m. A coleta de dados durou três dias consecutivos em três horários diferentes, 08:00, 14:00 e 18:00.

Os gráficos abaixo apresentam os resultados coletados de ambos os cômodos. O Gráfico 6 apresenta as temperaturas coletadas na parede de EPS, o Gráfico 7 apresenta as temperaturas coletadas na parede de alvenaria.

Gráfico 6 : Temperatura da face interna da parede de EPS

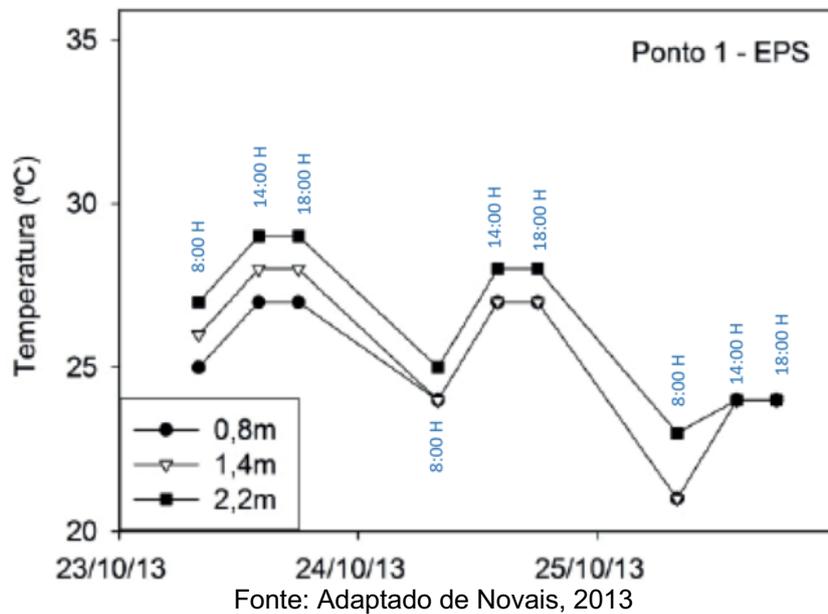
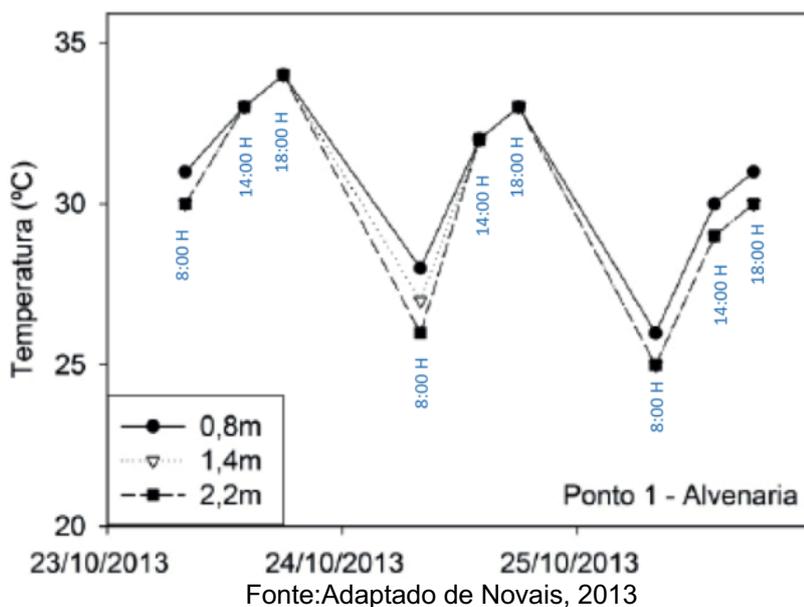


Gráfico 7 : Temperatura da face interna da parede de alvenaria



Com este estudo de, Novais (2013), observou-se que as temperaturas de pico superficiais das partes internas das paredes foram:

- Parede de EPS: 29°C;
- Paredes de Alvenaria- Tijolo: 34°C.

Assim, fica evidenciado que as paredes com núcleo em EPS mostraram-se mais eficientes no isolamento térmico do que as paredes de blocos cerâmicos.

CONCLUSÃO

O sistema construtivo em EPS, para o projeto do sobrado geminado apresentado, mostrou ser economicamente viável apresentando uma economia de aproximadamente 10% nos custos de construção.

Além da economia direta dos custos de construção, também conclui-se que método construtivo em Poliestireno pode oferecer uma economia na infraestrutura do edifício devido ao seu baixo peso, redução no consumo de energia elétrica e prazo mais atrativo ao cliente.

Devido aos painéis chegarem ao canteiro de obra praticamente prontos, o tempo gasto para o levantamento das paredes é menor.

Possível ponto de dificuldade em relação ao EPS é encontrar fabricantes dos painéis em alguns estados e cidades do Brasil, diferente dos blocos cerâmicos que são encontrados com facilidade. Apesar dos fabricantes de Painéis de EPS entregarem em boa parte do território nacional, a despesa do frete pode elevar os custos de construção dependendo da localidade da entrega, perdendo a atratividade econômica.

Portanto, conclui-se que o método construtivo em EPS, além de ser economicamente viável, apresenta um melhor desempenho térmico e de produtividade em relação ao método tradicional de blocos cerâmicos, diminuindo também a quantidade de resíduos sólidos gerados.

O EPS coloca-se como método de construção mais sustentável, com características construtivas mais eficientes do ponto de vista energético e com menos impactos ambientais.

TRABALHOS FUTUROS

- Análise comparativa com outros métodos construtivos e sustentáveis;
- Estudo do desempenho acústico que o EPS oferece;
- Estudo do modelo de dimensionamento, incluindo uma análise de contraventamento;
- Viabilidade da utilização do método construtivo em EPS na execução de habitações de interesse social;
- Estudo do uso de escadas e lajes executadas com painéis de EPS;

REFERÊNCIAS

ABRAPEX. Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. **Aplicações do EPS na construção civil**. São Paulo, 2016.

AMBROSI, Tuilara Vanzo. **Logística reversa de embalagens de isopor**. 2009, p.18. Programa de pós-graduação em Administração (Especialização em gestão de operações

logísticas – Escola de Administração, Universidade Federal do Rio Grande do SUL, Porto Alegre 2009

ANAB brasil, Associação Nacional de Arquitetura sustentável. **Arquitetura Sustentável**, Disponível em: <https://anabbrasil.webnode.com/arquitetura-sustentavel>. Acesso em Setembro, 2018

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8545: Execução de Alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos**. Rio de Janeiro, 1984

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7200: Execução de revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas: Procedimento**: Rio de Janeiro, 1998

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15270-1: Componentes cerâmicos. Parte 1: Blocos cerâmicos para alvenaria de vedação: Terminologia e requisitos** - Rio de Janeiro, 2005

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações Habitacionais: Desempenho**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6118 Projeto de estruturas de concreto: Procedimento**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11752: Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial: Especificação**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6120: Ações para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 2019.

AZEREDO, Hélio Alves de. **O edifício até sua cobertura**. 2 ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1997. 181p

BARRETO, Monalisa Nogueira. **Casa EPS: edifício residencial em painéis monolíticos de poliestireno expandido**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2017

BERBERIAN, Dickran. **Engenharia de fundações**. 7ª Tiragem. 01ª Edição em Revisão e Ampliação. Brasília: Editora Unb – Infrasolo Technical Fevereiro, 2015. 463 p.

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

BERTOLDI, Renato Hercílio. **Caracterização de sistema construtivo com vedações constituídas por argamassa projetada revestindo núcleo composto de poliestireno expandido e telas de aço: dois estudos de caso em Florianópolis**. 2007 Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2007.

BOTELHO, Manoel Henrique Campos. **Concreto armado, eu te amo, vol. 1**. 8ª ed. revista

segundo a nova norma de concreto armado NBR 6118/2014. – São Paulo: Blucher, 2015.

CBIC - Câmara brasileira da indústria e da construção. Custo unitário básico estadual. (CUB). Disponível em: <http://www.cub.org.br/cub-m2-estadual/RJ>. Acesso em: 20 Agosto 2020.

CLÍMACO, João Carlos Teatini de Souza. **Estruturas de concreto armado: fundamentos de projeto, dimensionamento e verificação**. 2. ed. revisada. Brasília: Editora Universidade de Brasília: Finatec, 2008. 410 p.

DA SILVA, Gêssica Oliveira. **Diagnóstico situacional e ambiental; de uma olaria no município de conceição do Araguaia-PA**. In: Congresso Brasileiro de gestão Ambiental, 4. 2013, Salvador/BA. IBEAS, 2013. 04 p. Disponível em <<http://revista.ugb.edu.br/ojs302/index.php/episteme/article/view/145>>. Acesso em: 07 Out. 2020

DOS REIS, Paola Medeiros et al. **A construção modular com utilização de painéis EPS**. Episteme Transversalis, [S.I.], v. 6, n. 1, ago. 2017. ISSN 2236-2649

MACHADO, Rosane M. A; PINTO, Taisa S. **Inovação tecnológica na construção civil: o caso dos painéis de EPS**. 2001. 27 p. Curso de Pós-Graduação em Gerenciamento de Obras. Monografia (Especialização) - CEFET-PR, Curitiba, 2001.

MONOLITE. **Manual técnico Monoplac**. Disponível em: <<https://www.monolite.cl/index.php/es/>>. Acesso em setembro 2020.

NETO, José O. A. **Caracterização do comportamento geotécnico do EPS através de ensaios mecânicos e hidráulicos**. 227 p. Dissertação. Escola de Engenharia de São Carlos, São Carlos, SP, 2008.

NOVAIS, Jonathan W. Z. *et al.* **Comparação do desempenho térmico de painéis em EPS como alternativa aos tijolos cerâmicos no conforto térmico de residências em Cuiabá-MT**. Revista UNOPAR Científica Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v. 13, n. 1 2014. Disponível em: <<http://www.pgsskroton.com.br/seer/index.php/exatas/article/view/339>>. Acesso: agosto 2019.

PRUSNEI, Marli. et al. **As vantagens da aplicação do EPS na construção civil e como essa tecnologia pode ser um diferencial competitivo para as empresas do segmento**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Materiais), Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016

SANTOS, Claudio Gouvêa dos. et al. **Poliestireno expandido na construção civil**. Pós em Revista, [S.I] v. 8, 2013. ISSN 2176-7785. Disponível em: <<http://revistas.newtonpaiva.br/pos-em-revista/e8-eng18/>> Acesso em out. de 2020

SCHUH, Patrick Diogo Mariano. **O uso do EPS na construção civil: estudo comparativo entre concreto leve com EPS e o concreto convencional**. 2017. 117 p. Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil - Departamento de ciências exatas e engenharias, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Grande do Sul – UNIJUI, Santa Rosa, 2017

SILVA, Fernando Henrique da. **Demonstração do sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS**. 2018. 20 p. Trabalho de Conclusão de curso em Engenharia Civil – Centro de ciências exatas tecnológicas e agrárias, Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR, Maringá, 2018

SINAT-11. Diretriz para Avaliação Técnica de Produtos. **Paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (EPS), aço e argamassa, microconcreto ou concreto**. Brasília, 2014.

SINAPI. **Índices da Construção Civil**. Disponível em: www.caixa.gov.br/poder-publico/apoio-poder-publico/sinapi/Paginas/default.aspx > Acesso em Set. 2020

SOUZA, Angela Cristina Alves Guimarães de. **Análise comparativa de custos de alternativas tecnológicas para construção de habitações populares**. 2009. 180 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2009.

STOCCO, Wagner; RODRIGUES, David; CASTRO, AP de AS. Concreto leve com uso de EPS. In: Congresso Brasileiro de Educação (COBENGE). 2009, Recife, **Concreto Leve com uso de EPS**. Centro Educacional Nossa Senhora do patrocínio – CEUNSP.2009 7 p.

TELAMARK. **Manual de montagem sistema EPS: Soluções duráveis que geram segurança e praticidade**. São Paulo. 2016

THOMAZ, Ercio. et al. Código de Práticas n. 01: Alvenaria de vedação em blocos cerâmicos. São Paulo: IPT – Instituto de pesquisas tecnológicas do estado de São Paulo, 2009. 72 p. (Publicação IPT ; 3011)

TREVEJO, Hiago Henrique. **Análise comparativa entre sistemas construtivos convencional e monolítico em painéis eps para residências unifamiliares**. 2018. 45 p. Trabalho de Conclusão de curso em Engenharia Civil – Centro de ciências exatas tecnológicas e agrárias, Centro Universitário de Maringá – UNICESUMAR, Maringá, 2018.