



**FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL**

**JOÃO VÍTOR SOUZA MOURA  
MARCO TÚLIO FERREIRA SANTOS**

**A UTILIZAÇÃO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**PUBLICAÇÃO Nº: 19**

**GOIANÉSIA / GO  
2019**



**JOÃO VÍTOR SOUZA MOURA  
MARCO TÚLIO FERREIRA SANTOS**

**A UTILIZAÇÃO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**PUBLICAÇÃO Nº: 19**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO  
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL DA FACEG.**

**ORIENTADORA: Profa. Dra. Maisa França Teixeira**

**GOIANÉSIA / GO: 2019**

## **FICHA CATALOGRÁFICA**

MOURA, JOÃO VITOR SOUZA; SANTOS, MARCO TÚLIO FERREIRA

A utilização do Poliestireno Expandido (EPS) na Construção Civil 2019 xi, 68P, 297 mm (FACEG, Bacharel, Engenharia Civil, 2019).

TCC – FACEG – FACULDADE EVANGÉLICA DE GOIANÉSIA

Curso de Engenharia Civil.

1. Poliestireno Expandido (EPS)

2. Construção Civil

3. Engenharia

### **REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA**

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

### **CESSÃO DE DIREITOS**

NOME DOS AUTORES: João Vitor Souza Moura e Marco Túlio Ferreira Santos.

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO: A utilização do Poliestireno Expandido (EPS) na Construção Civil.

GRAU: Bacharel em Engenharia Civil

ANO: 2019

É concedida à Faceg a permissão para reproduzir cópias deste TCC e para emprestar ou vender tais cópias somente para propósitos acadêmicos e científicos. Os autores reservam outros direitos de publicação e nenhuma parte deste TCC pode ser reproduzida sem a autorização por escrito dos autores.

**JOÃO VÍTOR SOUZA MOURA  
MARCO TÚLIO FERREIRA SANTOS**

**A UTILIZAÇÃO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) NA  
CONSTRUÇÃO CIVIL**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO SUBMETIDO AO CURSO DE  
ENGENHARIA CIVIL DA FACEG COMO PARTE DOS REQUISITOS  
NECESSÁRIOS PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE BACHAREL.**

**APROVADO POR:**

---

**Profa. Dra. Maisa França Teixeira  
(ORIENTADORA)**

---

**Prof. Me. Igor Cezar  
(EXAMINADOR INTERNO)**

---

**Prof. Me. Ivandro José Rocha  
(EXAMINADOR INTERNO)**

**DATA: GOIANÉSIA/GO, 09 de dezembro de 2019.**

## RESUMO

O sistema basicamente constituído por argamassa ou betão, tela e treliças eletrossoldadas e grampos de aço galvanizados, tem como principal componente o poliestireno expandido (EPS). Essa pesquisa possui como problemática central: Quais as vantagens e desvantagens, bem como os principais motivos de sua aplicação em relação ao sistema de alvenaria tradicional? E em relação a utilização do Poliestireno Expandido? Esse questionamento será respondido com uma metodologia prática através de um estudo de caso e embasamento teórico, tendo como base principal na pesquisa os autores: Pinatt, Almeida e Mori (2013), Lueble (2004), Bertoldi (2007), Sabbatini (1989 *apud* BRUMATTI, 2008), Ciliana (2009), Santiago e Araújo (2009) e outros. Este trabalho tem como objetivo analisar e caracterizar o sistema monolítico com o objetivo de responder quais as suas vantagens e desvantagens e os principais motivos da sua pouca aplicação no Brasil em relação ao sistema de alvenaria convencional de blocos cerâmicos, tendo como destaque a utilização do Poliestireno Expandido. Como objetivos específicos tem-se a caracterização do método monolite, o dimensionamento do sistema construtivo utilizando o EPS, bem como os aspectos compositivos e construtivos do material estudado. Assim, esta pesquisa justifica-se diante da necessidade de compreensão, tanto quantitativamente quanto qualitativamente da tecnologia Monolite com o método de alvenaria convencional em blocos de cerâmica, diante da aplicabilidade e vantagens. Essa compreensão se dará através de um estudo de caso e pesquisas teóricas com o intuito de analisar a utilização do Poliestireno Expandido na Construção Civil. Como aspectos conclusivos entende-se que comparado com o método convencional, o método construtivo monolite apresenta um aspecto interessante, a racionalização, ou seja, existe a redução de desperdícios no processo de construção. A quantidade de mão de obra na sua execução é reduzida, devido ao uso de equipamentos que proporcionam ganhos. A desvantagem encontrada foi em relação aos custos, o sistema monolite acaba saindo mais caro que o sistema de alvenaria convencional.

**Palavras-chave:** Sistema monolite, Construção. Engenharia.

## ABSTRACT

The system basically consists of mortar or concrete, mesh and electrowelded trusses and galvanized steel clamps. Its main component is expanded polystyrene (EPS). This research has as its central problem: What are the advantages and disadvantages, as well as the main reasons for its application in relation to the traditional masonry system? What about using Expanded Polystyrene? This question will be answered with a practical methodology through a case study and theoretical basis, based on the main authors: Pinatt, Almeida and Mori (2013), Lueble (2004), Bertoldi (2007), Sabbatini (1989 apud). BRUMATTI, 2008), Ciliana (2009), Santiago and Araújo (2009) and others. This paper aims to analyze and characterize the monolithic system in order to answer its advantages and disadvantages and the main reasons for its poor application in Brazil in relation to the conventional ceramic block masonry system, highlighting the use of Polystyrene. Expanded. The specific objectives are the characterization of the monolite method, the design of the construction system using EPS, as well as the compositional and constructive aspects of the material studied. Thus, this research is justified in view of the need to understand, both quantitatively and qualitatively, the Monolite technology with the conventional masonry method in ceramic blocks, in view of its applicability and advantages. This understanding will be through a case study and theoretical research in order to analyze the use of Expanded Polystyrene in Civil Construction. As conclusive aspects it is understood that compared to the conventional method, the monolite construction method presents an interesting aspect, the rationalization, that is, there is a reduction of waste in the construction process. The amount of manpower in its execution is reduced due to the use of equipment that provides gains. The disadvantage was in relation to costs, the monolite system ends up being more expensive than the conventional masonry system.

**Keywords:** Monolite system. Construction. Engineering.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> - PS granulado. ....	7
<b>Figura 2</b> - Pérolas de PS após a pré-expansão e armazenamento intermediário.....	8
<b>Figura 3</b> - Isolamento térmico com EPS em telhados.1.....	13
<b>Figura 4</b> - Aplicação de EPS no isolamento térmico de paredes.....	14
<b>Figura 5</b> - Uso do EPS em paredes externas.....	15
<b>Figura 6</b> - Piso flutuante.....	16
<b>Figura 7</b> - Tubos para a composição dos sistemas hidráulico e elétrico.....	18
<b>Figura 8</b> - Escoras para garantir prumo.....	20
<b>Figura 9</b> - Paredes de vedação em galpão.....	20
<b>Figura 10</b> - Painel de EPS simples.....	22
<b>Figura 11</b> - Painel de EPS duplo.....	23
<b>Figura 12</b> - Armadura Unidirecional.....	23
<b>Figura 13</b> - Armadura Bidirecional.....	23
<b>Figura 14</b> - Painel de EPS tipo escada.....	25
<b>Figura 15</b> - Painel autoportante.....	26
<b>Figura 16</b> - Conectores.....	27
<b>Figura 17</b> - Casa construída em Goianésia – GO.....	28
<b>Figura 18</b> – Fundação.....	30
<b>Figura 19</b> - Radier finalizado.....	30
<b>Figura 20</b> - Encaixe dos painéis sobre a fundação.....	31
<b>Figura 21</b> - Paredes afixadas sobre a fundação.....	32

<b>Figura 22</b> - Abertura de fendas para a passagem de tubulações e sistema elétrico.....	33
<b>Figura 23</b> - Tubulações.....	33
<b>Figura 24</b> - Aplicação do Chapisco nas paredes internas.....	34
<b>Figura 25</b> - Aplicação do Chapisco nas paredes externas.....	35
<b>Figura 26</b> - Aplicação do reboco nas paredes externas.....	36
<b>Figura 27</b> - Escoramento para a execução das lajes.....	37
<b>Figura 28</b> - Laje.....	38
<b>Figura 29</b> - Laje.....	39
<b>Figura 30</b> - Posicionamento das paredes sobre a laje.....	40
<b>Figura 31</b> - Paredes para a execução do telhado.....	41
<b>Figura 32</b> - Instalação de portas e janelas. ....	42
<b>Figura 33</b> - Edificação finalizada.....	43

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1</b> – Orçamento método monolite.....	45
<b>Quadro 2 a</b> – Comparação entre os dois métodos construtivos.....	46
<b>Quadro 2 b</b> – Comparação entre os dois métodos construtivos.....	46

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
1.1 JUSTIFICATIVA.....	2
1.2 OBJETIVOS.....	3
<b>1.2.1 Objetivo Geral .....</b>	<b>3</b>
<b>1.2.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>3</b>
<b>2 REVISÃO DE LITERATURA (REVISÃO BIBLIOGRÁFICA) .....</b>	<b>4</b>
2.1 CARACTERÍSTICAS DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS).....	6
<b>2.1.1 Pré- Expansão do EPS.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1.2 Armazenamento Intermediário de EPS.....</b>	<b>7</b>
<b>2.1.3 Moldagem do EPS .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 APLICAÇÕES DO POLIESTIRENO EXPANDIDO.....</b>	<b>9</b>
2.3 ISOLAMENTO TERMO ACÚSTICO.....	11
<b>3 MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>17</b>
3.1 SISTEMA MONOLITE.....	17
3.2 ENSAIOS (MATERIAL E MÉTODOS).....	21
3.3 TIPOS DE PAINÉIS .....	21
<b>3.3.1 Painel simples.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.2 Painel paredes divisórias.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.3 Painel duplo.....</b>	<b>22</b>
<b>3.3.4 Painel piso.....</b>	<b>24</b>
<b>3.3.5 Painel especial – isolante.....</b>	<b>24</b>
<b>3.3.6 Painel especial – estrutural.....</b>	<b>24</b>
<b>3.3.7 Painel tipo escada .....</b>	<b>24</b>
<b>3.3.8 Painéis autoportantes .....</b>	<b>25</b>
3.4 CONECTORES.....	26
3.5 ESTUDO DE CASO.....	27
<b>3.5.1 Dados gerais.....</b>	<b>27</b>
<b>3.5.2 Considerações gerais.....</b>	<b>28</b>
<b>3.5.3 Considerações de cálculo.....</b>	<b>28</b>
<b>3.5.4 Descritivo do projeto.....</b>	<b>29</b>
<b>3.5.5 Estrutura .....</b>	<b>31</b>
<b>3.5.6 Instalações .....</b>	<b>32</b>
<b>3.5.7 Aplicação da argamassa .....</b>	<b>34</b>

<b>3.5.8 Lajes .....</b>	<b>36</b>
<b>3.5.9 Acabamento .....</b>	<b>41</b>
<b>4 PRAZOS E ETAPAS DO MÉTODO CONSTRUTIVO .....</b>	<b>44</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>47</b>
<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>49</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, percebe-se o crescente desenvolvimento tecnológico nos diversos setores em nosso país, dentre eles, na construção civil, que ainda há muito o que se modernizar. De acordo com Santiago e Araújo (2009), os processos artesanais que ainda predominam na construção civil, possuem desvantagens, tais como a baixa produtividade e desperdício.

Segundo Ciliaia (2009), a indústria da construção civil brasileira possui particularidades que afetam a introdução de novas tecnologias nos canteiros de obra. Isso pode ser observado pela predominância dos métodos construtivos. Esses prejudicam o tempo de execução, qualidade, impermeabilidade, peso, custo e conforto termo-acústico.

O custo de uma obra está diretamente ligado ao peso e ao tempo gasto na sua construção, quanto maior forem, mais alto o custo, mais investimento deverá ser feito na parte estrutural para que haja um dimensionamento seguro, exigindo maiores gastos nas fundações e nos elementos construtivos que suportem tais esforços, conseqüentemente aumentando o período de término da mesma. Para Sabbatini (1989 *apud* BRUMATTI, 2008) é de suma importância “a evolução na construção civil, na busca de aperfeiçoamentos para minimização de tais custos e maximização da produtividade”. Nesse sentido estudos de caso, comparando sistemas construtivos ganharam força nas últimas décadas, com o intuito de introduzir novos métodos que diminuíssem os contras dos que predominam atualmente. Esse é o enfoque da pesquisa em questão.

Nota-se que a diminuição do custo juntamente com o aumento qualitativo da obra é um enorme paradigma enfrentado pela engenharia civil. Nessa ótica, um dos métodos que auxiliam no aumento do custo-benefício é o Monolítico. Esse sistema surgiu na Itália em 1980 com o principal objetivo de atender as severas condições climáticas da região conferindo um melhor conforto e segurança aos usuários e chegou no Brasil no final do século XX, entretanto, mesmo com seu bom desempenho comprovado ainda não é muito aplicado no país. (BERTOLDI, 2007).

Tal sistema basicamente constituído por argamassa ou betão, tela e treliças eletrossoldadas e grampos de aço galvanizados, tem como principal componente o Poliestireno Expandido (EPS), material que, de acordo com a Associação Brasileira de Poliestireno Expandido (ABRAPEX), surgiu na Alemanha em 1949. Ele confere as principais características do monitile, transformando este em uma ótima alternativa a alvenaria convencional de blocos cerâmicos, pois constituem paredes estruturais bastante resistentes ao

impacto, com um grau muito elevado de pré-fabricação, excelente isolante térmico e acústico, leve e sua utilização traz poucos desperdícios (LUEBLE, 2004).

Tem-se como problemática central da pesquisa: Qual as vantagens e desvantagens, bem como os principais motivos de sua aplicação em relação ao sistema de alvenaria tradicional? E em relação a utilização do Poliestireno Expandido?

Esses questionamentos serão respondidos com uma metodologia prática através de um estudo de caso e embasamento teórico, tendo como base principal na pesquisa os autores: Pinatt, Almeida e Mori (2013), Lueble (2004), Bertoldi (2007), Sabbatini (1989 *apud* BRUMATTI, 2008), Ciliana (2009), Santiago e Araújo (2009) e outros.

Apesar das qualidades do sistema ainda existe uma enorme dificuldade na aceitação de tecnologias como essa, adquiridos pelos meios tradicionais sobrepõe processos que estão comprovados serem mais eficientes. Entretanto a busca pelo que já é conhecido e difundido faz com que muitas construtoras não utilizem métodos novos por estarem satisfeitas com os resultados gerados com os antigos, sem notarem o quanto os mesmos podem ser maiores com a utilização de outros meios. Pinatt, Almeida e Mori (2013), citam aspectos culturais, a falta de qualificação dos operários e uma certa comodidade aos projetos-padrões como principais fatores para essa dificuldade em inserir novas tecnologias na indústria da construção civil, tais como vida útil e custo.

Este trabalho procura analisar e caracterizar o sistema monolítico com o objetivo de responder quais as suas vantagens e desvantagens e os principais motivos da sua pouca aplicação no Brasil em relação ao sistema de alvenaria convencional de blocos cerâmicos, tendo como destaque a utilização do Poliestireno Expandido (EPS).

## 1.1 JUSTIFICATIVA

O setor de Construção Civil é relativamente conservador quanto à adoção de inovações tecnológicas. Muitas soluções ainda não são incorporadas, e assim, os métodos construtivos convencionais continuam sendo referência nas obras brasileiras (LUEBLE, 2004).

Novos métodos na indústria da construção civil com o objetivo de melhorar o cenário se tornam necessários, especialmente os que geram redução de custo com maior produtividade, além do controle de desperdício (LUEBLE, 2004).

O sistema monolítico oferece soluções viáveis, e não possui as desvantagens supracitadas. Esse sistema une em um único método: o conforto térmico e acústico; oferece

leveza; facilidade de aplicação; boa resistência; menor tempo de execução e uma quantidade menor de resíduos (LUEBLE, 2004).

Entretanto, apesar de ter chegado no Brasil há quase 30 anos, esse sistema, não é utilizado em grande escala no país em comparação com o sistema de alvenaria convencional com blocos de cerâmica (LUEBLE, 2004).

Assim, esta pesquisa justifica-se diante da necessidade de compreensão, tanto quantitativamente quanto qualitativamente da tecnologia Monolite com o método de alvenaria convencional em blocos de cerâmica, diante da aplicabilidade e vantagens. Essa compreensão se dará através de um estudo de caso e pesquisas teóricas com o intuito de analisar a utilização do Poliestireno Expandido (EPS) na Construção Civil (LUEBLE, 2004).

## 1.2 OBJETIVOS

### 1.2.1 Objetivo Geral

- ✓ O objetivo principal é caracterizar o sistema construtivo com a projeção de argamassa sobre painéis portantes de poliestireno expandido, reforçados por tela de aço.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- ✓ Apresentar e caracterizar teoricamente o método Monolite;
- ✓ Dimensionar um sistema construtivo utilizando o EPS;
- ✓ Levantar dados referentes à produção das obras executadas com paredes compostas por poliestireno expandido;
- ✓ Analisar a características desse projeto e avaliar os aspectos compositivos e construtivos do material estudado;

## 2 REVISÃO DE LITERATURA (REVISÃO BIBLIOGRÁFICA)

A sustentabilidade é uma meta buscada mundialmente, pois há uma grande preocupação com o equilíbrio ambiental do planeta em todos aspectos possíveis. E como a construção civil tem uma grande capacidade de gerar resíduos, visto que, toda obra possui uma enorme quantidade de entulhos que causam vários problemas ambientais e sociais (LORDÊLO *et al.*, 2007).

Assim, se torna necessário novos métodos para minimizar tais impactos, como a substituição da alvenaria convencional pelo sistema monolítico. De acordo com Bertoldi (2007), este sistema traz benefícios para as obras com alta produtividade, como: menor custo na execução, menos resíduos, maior celeridade, além de apresentar excelentes características termo acústicas.

Segundo Alves (2015), o sistema monolite é um método construtivo moderno no Brasil, apesar de ser originado na Itália pelo Instituto Giordianos na década de 80, foi trazido para o país nos anos 90 e submetido a vários testes e ensaios para que fosse comprovada sua eficiência. Após vários testes, ficou caracterizado como um eficaz isolante termo acústico, antissísmico.

De acordo com Souza (2009) Monolite se define como um sistema construtivo, anti-sísmico, isolante termo-acústico, com o qual é possível realizar-se construções de vários pavimentos e edifícios arquitetônicos do mais simples aos mais complexos. Sua tecnologia é baseada em conceitos da engenharia onde se obtém peças estruturais mais leves consideravelmente delgadas e de alta resistência.

De acordo com Alves (2015) o sistema permite a construção não apenas de pequenas residências o/u simples edificações, mas também permite realizar construções complexas, com vários pavimentos e diferentes projetos arquitetônicos, pois ele transmite uniformemente as cargas para as fundações.

Segundo Viana e Alves (2012) a redução da carga nos solos pode chegar a 25%. Com isso as dimensões das fundações acabam sendo reduzidas, sendo menores se comparado a métodos convencionais, como a alvenaria de blocos de cerâmica. Bertoldi (2007) conclui ser esses os principais motivos que implicam na redução de aço, e conseqüentemente de gastos com materiais, facilitando no gerenciamento e diminuindo o custo da obra.

Industrialmente produzido, o sistema tem como principal componente o poliestireno expandido (EPS). O EPS é um plástico celular rígido resultado da polimerização do estireno

em água, e que tem como matéria prima o polímero de estireno, que é obtido a partir do petróleo (NETO, 2008). O plástico é envolvido por duas malhas de aço eletro soldadas, com espessura variada de 55mm a 110mm respeitando a necessidade do projeto, “sua composição é leve, 2,5 kg/m<sup>2</sup> a 4 kg/m<sup>2</sup>, sem aplicação da argamassa, já a alvenaria simples, com as mesmas dimensões, chega a 120 kg/m<sup>2</sup>” (ALVES, 2015, p. 09).

Outro ponto positivo está no fato da fabricação ser industrial, pois assim é mais fácil a adequação a qualquer tipo de projeto (BERTOLDI, 2007), visto que apresenta uma enorme variação no comprimento das placas (máximo de quatro metros cada uma), nas dimensões da malha, na espessura do EPS, entre outros. Em contra partida, no caso de blocos cerâmicos, é necessário que ele seja cortado e quebrado no local para que atinja as dimensões necessárias, como no encunhamento, dificultando o trabalho, diminuindo a agilidade do serviço e maximizando a chances de desperdícios.

Em resumo, todo o diferencial desse tipo de sistema construtivo se comparado ao método de alvenaria convencional, é seu fácil manuseio, a leveza das placas ajuda o trabalho em ambientes de difícil acesso. Outro ponto importante e a diminuição da mão de obra, pelo fato de serem apenas montados no canteiro de obras e não produzidos, conseqüentemente a obra reduz drasticamente a produção de resíduos e desperdícios no processo construtivo, segundo Pavesi (2016).

Já na execução do método comparado, alvenaria convencional, o desperdício chega em média a 30% de materiais, por isso para Pavesi (2016), adotar o sistema monolítico é muito importante e urgente, ficando óbvio que em breve, serão as construções menos agressivas ao meio ambiente, aquelas mais sustentáveis, que dominarão o mercado.

Em relação a agilidade, há vários pontos positivos do monolite, para Pavesi (2016), um deles é não ser necessário quebrar paredes para passar tubulões, já na alvenaria convencional a recíproca não é verdadeira, fazendo com que este seja muito mais lento se comparado com aquele, atrasando bastante a execução da obra.

Mesmo com todas essas vantagens, principalmente de custos a médio e longo prazo, percebe-se que o sistema monolítico não é tão usado como deveria ser, a utilização da alvenaria convencional de blocos cerâmicos é muito mais difundida na construção civil brasileira mesmo com as suas desvantagens.

Machado e Pinto (2001) afirmam, para que novas técnicas sejam aceitas no mercado da construção civil, é necessário não apenas um preço competitivo, mas também pesquisas com intuito de aumentar a compreensão sobre o comportamento do sistema, no caso desse

trabalho, do monolítico, para assim acelerar a otimização dos processos construtivos e deixar de lado métodos ultrapassados e desvantajosos, que ainda são utilizados apenas por serem convencionais.

## 2.1 CARACTERÍSTICAS DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

O EPS, material plástico celular rígido, resultante da polimerização de Estireno em água, foi descoberto em 1949 por uma dupla de químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz, nos laboratórios da Basf, na Alemanha (ABRAPEX, 2017).

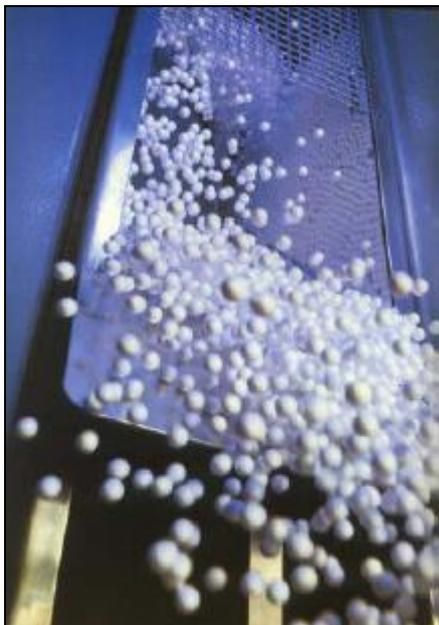
O Poliestireno, componente do grupo das resinas termoplásticas, um polímero artificial que tem sua viscosidade alterada de acordo com a temperatura, quando exposto a um dado nível de calor torna-se mais viscoso e, portanto, moldável. Dentre suas variações temos o PET (polietileno tereftalato), o PVC (cloreto de polivinila), o PP (polipropileno) e os polietilenos, que se dividem entre os que apresentam alta e baixa densidade e baixa densidade linear. Dentre esse grupo, destaca-se o PS (poliestireno) por suas características especiais que possibilitam inúmeras formas de aplicação, variando desde a fabricação de embalagens até aplicações mais específicas, como a construção civil (ABRAPEX, 2017).

Para possibilitar a aplicação do EPS, a matéria prima passa por uma transformação exclusivamente física, ou seja, durante esse processo o material não sofre alterações em sua composição química, fenômeno que ocorre quando o EPS passa por adição de outros produtos que alteram e melhoram suas propriedades, tornando o produto mais resistente. Durante o processo físico o poliestireno é submetido a três fases.

### 2.1.1 Pré- Expansão do EPS

A pré-expansão ocorre de maneira preliminar, antecedendo as outras fases do processo. Com o uso de um pré-expansor, o poliestireno é colocado em contato com a água e o vapor para provocar reação em seu material expansor (Pentano), que incha, aumentando cerca de 50 vezes seu volume inicial, dando origem aos “flocos”, que são nada mais que o PS granulado (Figura 1), constituído por células fechadas, que facilitam o armazenamento para que o produto possa ser estabilizado.

**Figura 1** – PS granulado.



Fonte: ACEPE, 2017.

### 2.1.2 Armazenamento Intermediário do EPS

Este período é de suma importância para o processo, uma vez que esta fase permite a posterior transformação do material. Enquanto é armazenado, o PS é estabilizado ao passar pelo período de resfriamento, no qual o granulado de EPS, após arrefecer cria uma cavidade no interior de sua célula, que posteriormente é preenchida pelo ar circundante. A figura 2 mostra a diferença de tamanho entre uma pérola de PS antes e depois da pré-expansão e armazenamento intermediário.

**Figura 2** – Pérolas de PS após a pré-expansão e armazenamento intermediário.



Fonte: ACEPE, 2017

### 2.1.3 Moldagem do EPS

Após estabilizado, o granulado é introduzido em moldes e novamente é exposto a água e vapor, esse contato provoca novamente um inchaço no material, que por ter um limite delimitado pelas paredes do molde é comprimido, fazendo com que as pérolas soldem-se entre si, ligando-se umas as outras. Os moldes, quando submetidos a um resfriamento brusco, realizados pela projeção de jatos de água fria nas fôrmas interrompem o processo de expansão. Além de paralisar o sistema expansivo, o arrefecimento bruto também diminui a pressão, facilitando a retirada do material dos moldes, não alterando sua forma original (ABRAPEX, 2017)

Como resultante do processo de transformação, tem-se um material composto 98% por ar e somente de 2% de matéria sólida formada por poliestireno. Segundo a ABRAPEX (Associação Brasileira do Poliestireno Expandido), em  $1\text{m}^3$  de EPS, existem entre 3 e 6 milhões de células fechadas, com cavidade interior preenchida de ar, conjunto responsável pelas características peculiares do material, extremamente limpas e de altas eficácia no isolamento termo – acústico, isso em temperaturas entre  $-70^\circ$  e  $80^\circ$  célsius. Os produtos resultantes do EPS, são fisicamente estáveis, inodoros, não poluentes e podendo ser 100% reciclados e podem, com certeza, voltar a sua condição original de matéria prima. (ABRAPEX, 2017)

Visando atender as necessidades de isolamento térmico tanto na construção civil, como em câmeras frias, o EPS deve se enquadrar em padrões estabelecidos pela NBR 11752/2016 – Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial - Especificação, que determina as densidades. Em suas versões, a norma

regulamenta: CLASSE P – não retardante a chama e CLASSE F – não retardante a chama, os grupos são diferenciados por suas composições, um deles sofre adição de produtos que diminuam o ausente causador das chamas no material, combatendo o fogo. A norma apresenta também as massas específicas, apresentando três grupos de massa específica aparente:

I- De 13 a 16 kg/m<sup>3</sup>

II- De 16 a 20 kg/m<sup>3</sup>

III- De 20 a 25 kg/m<sup>3</sup>

Ainda segundo a Abrapex (2017), o material pode ser definido como: “resistente, fácil de cortar, leve e durável, é o melhor material para preenchimento de rebaixos ou vazios necessários a vários processos construtivos, principalmente lajes e painéis pré-fabricados ou semi-industrializados”.

De acordo com a Associação Brasileira do Poliestireno Expandido (2019), o EPS apresenta dentre suas características algumas vantagens, como: baixa condutividade térmica, baixa absorção de água, baixo peso, resistência mecânica, facilidade de manuseio, versatilidade, resistência ao envelhecimento, absorção de choque e resistência à compressão. Tais características possibilitam até mesmo a aplicação em obras de aterros em solos frágeis.

## 2.2 APLICAÇÕES DO POLIESTIRENO EXPANDIDO

Os termoplásticos começaram a ser usados na década de 1930, por uma empresa alemã, a IG Farbenindustrie e com o avançar dos anos e a necessidade de aplicação de materiais ecológicos e recicláveis, se tornou indispensável. De acordo com um relatório emitido pelo BNDES (Banco de Desenvolvimento e Econômico e Social) nos anos de 1997 e 2002 o poliestireno é comercializado de três formas:

O Poliestireno de Propósito Geral – GPPS, também conhecido como Standart ou Cristais. No geral, são classificados como termoplásticos transparentes, de alto brilho e podem ser facilmente tingidos com a adição de corantes. Normalmente aplicados na indústria, na fabricação de embalagens, capas de CD etc (BNDES, 2002).

O Poliestireno Expandido – (EPS) – Durante o processo de polimerização, injeta-se um agente químico denominado pentano para expandir a resina PS para que se obtenha uma espuma rígida que, posteriormente, pode ser aplicada como isolante térmico e acústico ou como embalagens de proteção (BNDES, 2002).

O Poliestireno de alto Impacto (HIPS) – Definido por Janaína Tessari como “um poliestireno modificado com elastômeros de polibutadieno. Esta resina é obtida pela polimerização de uma solução de estireno-butadieno. Forma-se um sistema de duas fases devido à imiscibilidade do poliestireno e do polibutadieno. O poliestireno forma a fase contínua e o polibutadieno, a fase dispersa” (BNDES, 2002).

Ainda de acordo com o BNDES (2002) no processo de polimerização o estireno deve se apresentar com um índice de pureza maior que 99,6%, evitando a contaminação por outros elementos como o etilbenzeno, o cumeno e o xileno, principais agentes contaminantes do produto, capazes de alterar o peso molecular do poliestireno. Tal processo industrial para a produção de EPS pode ser realizada por polimerização em massa (processo comumente utilizado por indústrias de grande porte, no qual o material apresente uma viscosidade elevada, alto grau de pureza e baixa carga de efluentes) ou por suspensão (processo antigo de polimerização, porém não usado em grande escala).

Polímeros termoplásticos, termorrígidos e elastômero podem ser transformados em materiais expandidos quando são submetidos ao processo de espumação onde ocorre a inclusão sua batelada de um agente de insuflação que perante aquecimento se decompõe e libera um gás, que proporcionará formação de bolhas por toda a resina termoplástica fundida. (CALLISTER, 2002 *apud* BERLOFA, 2009, p. 19).

O produto conhecido nacionalmente como “ISOPOR®”, marca registrada pela empresa Knauf Isopor Ltda. pode ser considerado como um derivado do petróleo, uma vez que este é a matéria da qual se origina o estireno, seu principal composto do material. Em seu processo de expansão, adiciona-se um hidrocarboneto, denominado pentano, que pode ser facilmente degradado pelo contato com raios solares sem prejudicar o meio ambiente.

### 2.3 ISOLAMENTO TERMO ACÚSTICO

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

As características compositivas da vedação sofreram alterações de acordo com a mudança de hábitos humanos, quanto mais conforto termo acústico se consegue obter em projetos, mais exigente se torna o público alvo e, a tendência causada por este fator é que profissionais busquem em cada empreendimento inovações em seus métodos de aplicação que envolvem desde o aprimoramento das técnicas, até a troca de material (BERTOLDI, 2007).

No Brasil ainda é predominante o uso de material cerâmico como isolante termo acústico em obras de concreto armado, embora existam outros métodos em desenvolvimento e expansão. A execução de projetos de isolamento térmico já passou por diversas modificações que incluem desde vedações realizadas com pedras, argila e blocos cerâmicos. Estas variações decorrem do intuito de obter maior conforto, bem como da busca por economia, tendo em vista que o valor dos terrenos aumenta exponencialmente na mesma proporção em que se diminuem as áreas disponíveis para a implantação de novos empreendimentos, principalmente e especialmente se tratando de grandes centros urbanos e lugares com um intenso adensamento populacional. Reduzir os custos e o tempo de execução de uma obra trazem benefícios diversos que independem da finalidade para a qual destina-se a edificação (BERTOLDI, 2007).

Em comparação com o desempenho de blocos cerâmicos, a eficiência de isolamento termo acústico do poliestireno os supera em 1/3, uma vez que para atingir um valor de Transmitância Térmica (Item 7.1.1) igual a  $1,266 \text{ W/m}^2 \text{ K}$  necessita-se de uma parede de alvenaria composta por bloco cerâmico tenha 280mm de espessura, contra 25mm para uma parede que tenha painéis de EPS em sua composição, sendo ambas revestidas por argamassa (BERTOLDI, 2007).

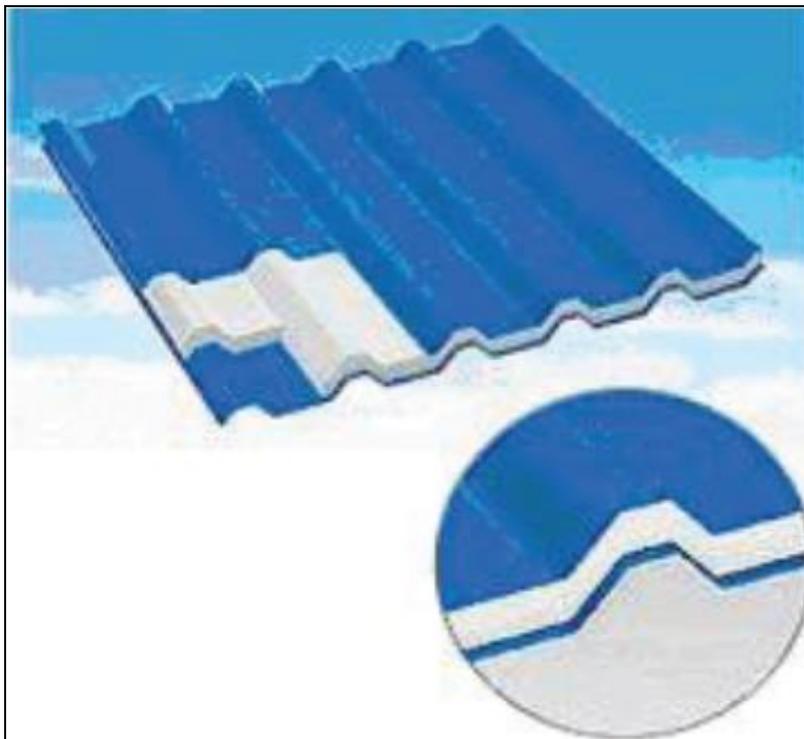
Uma das grandes preocupações em projetos deste tipo é que os materiais que compõem o sistema apresentem bom desempenho estrutural. Um método construtivo comum à aplicação de painéis de EPS é o monolite, um novo conceito construtivo classificado como leve, feito pelo modelo estrutural misto tipo sanduiche.

A baixa condutividade térmica é proporcionada por sua estrutura de células fechadas e preenchidas por ar, que dificultam a passagem de calor, dando ao EPS a capacidade de isolar o ambiente termicamente. Segundo Fenilli (2008) A condutividade térmica do Isopor® é de  $0,028 \text{ Wm}^{-1}\cdot\text{°C}^{-1}$  e por esse fator, a substituição de outros materiais pelo poliestireno visando a obtenção de isolamento térmico dispõe de um gasto energético menor para resfriar ou aquecer o ambiente.

Entre as principais vantagens em se utilizar sistemas de isolamento térmico estão, a economia de energia devido à redução das necessidades de aquecimento e de arrefecimento do ambiente interior, redução do peso das paredes e das cargas permanentes sobre a estrutura, diminuição do gradiente de temperaturas a que são sujeitas as camadas interiores das paredes e diminuição dos riscos de condensações” (FREITAS, 2002, p.58).

Para aplicar o EPS como isolante térmico em edificações deve-se observar suas especificações, avaliando suas propriedades e características, além de sua densidade. Visando atender a necessidade de sua aplicação, o Isopor® é fisicamente produzido de acordo com sua finalidade, como mostrado na Figura 3, o poliestireno dispõe de características físicas e mecânicas de excelente resistência à temperaturas entre  $-70\text{°C}$  e  $80\text{°C}$ , facilitando o encaixe às outras peças do telhado em que será aplicado.

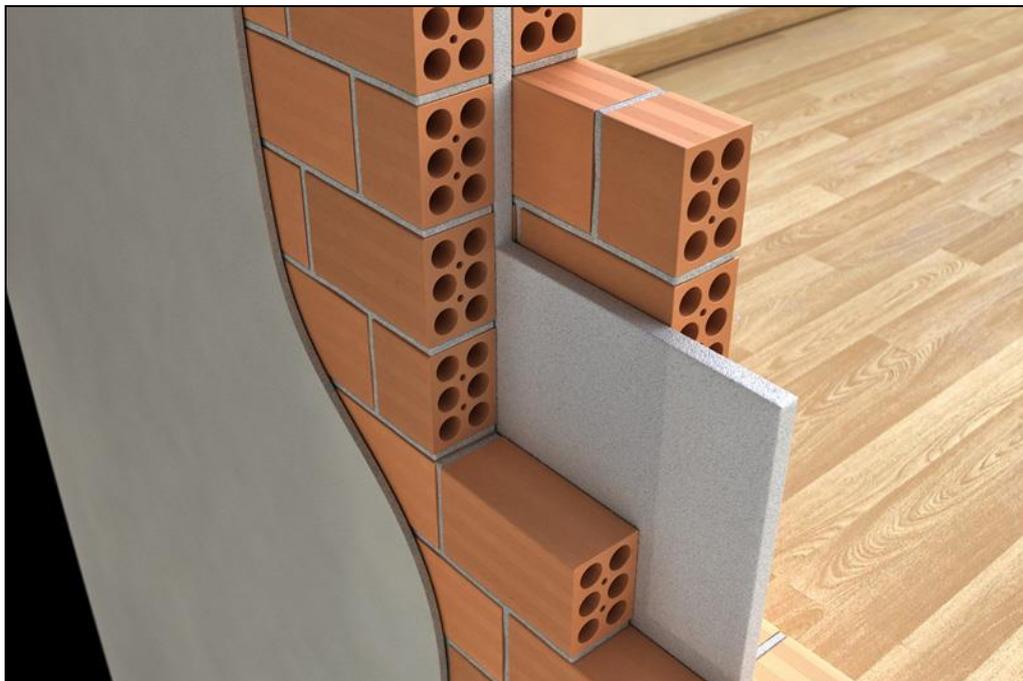
**Figura 3** – Isolamento térmico com EPS em telhados.



FONTE: CONSTRULEV, 2017.

Algumas paredes das edificações tendem a superaquecer durante o dia, como no caso das paredes voltadas para o sol poente, esse aquecimento excessivo armazenado pelas paredes se propaga durante a noite, exigindo um gasto maior de energia para o resfriamento do ambiente, nestes casos, uma solução viável é isolar estas paredes com a aplicação de EPS em uma de suas camadas, como mostra a Figura 4.

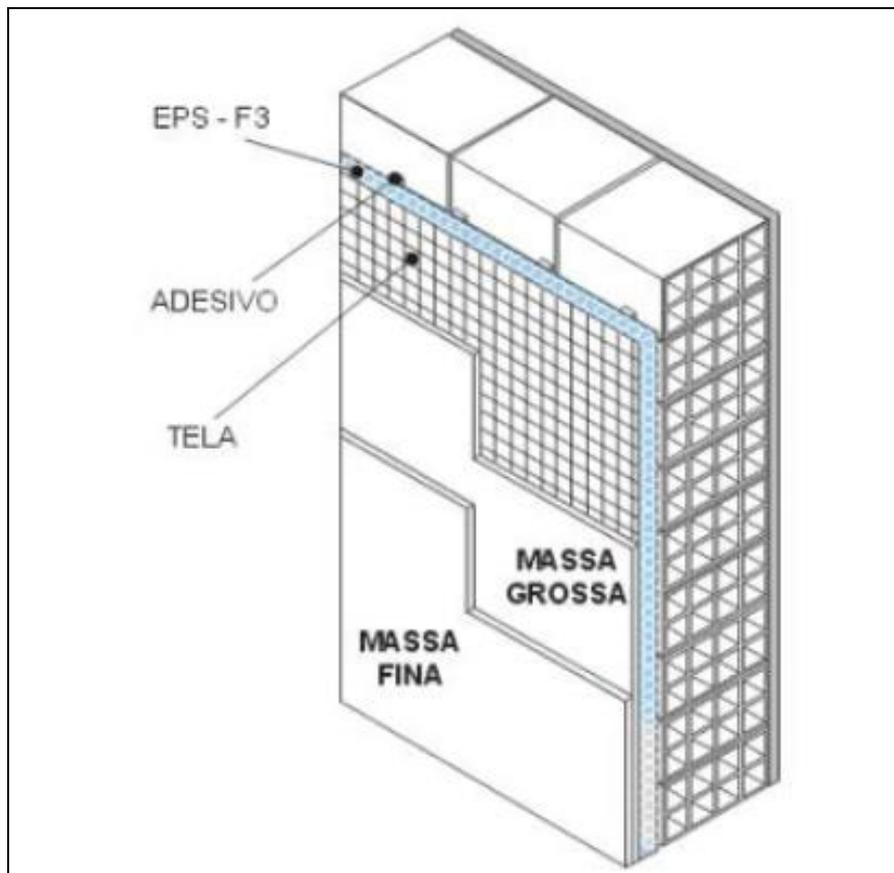
**Figura 4** – Aplicação de EPS no isolamento térmico de paredes.



Fonte: BRA, 2017

Segundo a Abrapex (2002) o Poliestireno Expandido é o melhor material para se aplicar em paredes na intenção de isolar termicamente o ambiente. A Figura 5 mostra a execução de uma parede com uma placa de EPS em sua composição, o painel foi posicionado na parte externa, onde sua eficácia é maior.

**Figura 5**– Uso do EPS em paredes externas.

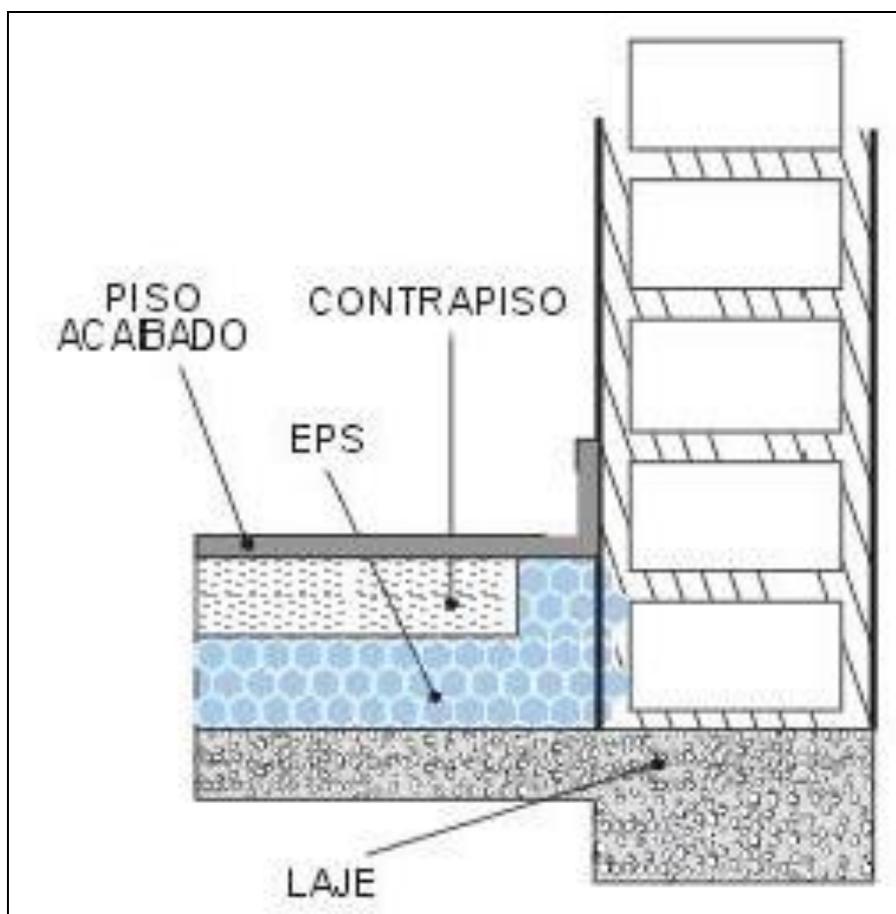


Fonte: ABRAPEX, 2017.

A placa de EPS pode ser aplicada diretamente nos tijolos através de adesivos à base de água e posteriormente receber as camadas de argamassa, correspondentes ao acabamento.

Não é incomum encontrarmos edifícios comerciais ou até mesmo residenciais com a aplicação de painéis de poliestireno expandido a fim de diminuir os ruídos e barulhos provocados pelos apartamentos ou salas que dividem a mesma parede ou mesmo teto que as instalações vizinhas. A Figura 6 ilustra um piso flutuante executado para atender as necessidades de isolamento acústico, neste caso, instala-se a placa sobre a laje com um filme de poliestireno e em seguida as camadas convencionais, como o contra piso e acabamento.

**Figura 6** – Piso flutuante.



Fonte: ABRAPEX (2017).

### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

Lakatos e Marconi (1991, p.155), retratam que a pesquisa é um procedimento “formal com método de pensamento reflexivo, que requer tratamento científico e se constitui no caminho para conhecer a realidade ou para descobrir verdades parciais”, ou seja, a metodologia “é o caminho do pensamento e a prática exercida na abordagem da realidade” (MINAYO 1999, p.16).

Esse trabalho é baseado em um método quantitativo e qualitativo, no qual apresenta uma caracterização tecnológica do sistema construtivo Monolite e do método de alvenaria convencional de blocos cerâmicos. Desta feita, destacam-se o projeto cronológico para execução da pesquisa a ser realizada:

I. Em busca de conhecimento, serão analisadas teses, artigos científicos e técnicos para serem utilizados como base em nosso estudo de caso; II. Será realizado o quantitativo de materiais e o levantamento de mão de obra dos dois métodos em um projeto residencial de padrão médio com área de 120 m<sup>2</sup>; III. Com base nos dados obtidos, será feita uma comparação detalhada em relação ao orçamento, levando em consideração, além dos custos de materiais e mão de obra, o tempo de execução e a depreciação; IV. Com embasamento técnico será analisado a qualidade tecnológica, funcionalidade e eficácia buscando apresentar as vantagens e desvantagens dos sistemas construtivos estudados em relação a ambiência, isolamento acústico e térmico; V. Posterior, demonstrar-se-á a eficiência do material construtivo (EPS), a fim de apresentar todas as características que tornam o método construtivo o mais viável, bem como sua análise orçamentária

#### 3.1 SISTEMA MONOLITE

O sistema monolite é um método construtivo atual, definido como um eficaz isolante termo acústico, antissísmico e que permite realizar construções com vários pavimentos e diferentes projetos arquitetônicos, do mais simples ao mais complexo. Apesar de apresentar um bom desempenho com isolamento, não somente térmico e acústico, mas também de impermeabilidade, este modelo leva em consideração o desempenho estrutural de seus componentes, tendo em vista que a edificação deve permanecer de pé e proporcionar a seus usuários e proprietários um conforto proveniente de seus elementos estruturais. Para atingir

este objetivo a placa de EPS é envolvida por duas malhas de aço eletro soldadas, com espessura que pode variar de 55mm a 110mm de acordo com a necessidade do projeto.

Para sua montagem, a fundação deve ser do tipo sapata corrida e armada de acordo com o cálculo estrutural e gabarito da obra. Nas fundações são fixados os ferros de Ø5mm, posicionados a 30cm do piso, neles serão encaixados os painéis de EPS.

O sistema monolite também permite a passagem de tubulações, instalações elétricas por sulcos criados nas placas para a acomodação de canos, as acomodações destes sistemas podem ser criadas pelos próprios profissionais, que farão o encaixe dos tubos e caixas correspondentes aos sistemas hidráulico e elétrico, previstos no gabarito da obra e descritos em planta. A Figura 7 demonstra como é a composição desses sistemas já executados.

**Figura 7** - Tubos para a composição dos sistemas hidráulico e elétrico.



Fonte: Revista Técnica, 2012.

Para não comprometer a execução da obra, os painéis são numerados e identificados em projeto, evitando possíveis confusões na hora de montá-los e são instalados entre as duas malhas de aço, anteriormente posicionadas, ambas possuem saliências produzidas com arame para que ao receberem o segundo material possam aderi-lo com maior facilidade. O fato deste processo ser realizado em cima do contra piso previamente concluído, torna o canteiro mais limpo, o que ocasiona um controle maior dos materiais utilizados, deixa mais visível os possíveis defeitos advindos do manuseio das peças, fator que poderia passar despercebido em canteiros tradicionais e redução do tempo investido na limpeza e manutenção dos

ambientes característicos da obra, fatores refletidos na qualidade e desenvolvimento do empreendimento.

As escoras são posicionadas de maneira que permitam o manuseio para ajustes de alguns fatores como o prumo, que é tirado através de uma régua metálica colocada a aproximadamente 2m de altura em relação ao piso.

Depois de posicionados os painéis de EPS, aplica-se a primeira camada do revestimento, composta por concreto e posteriormente argamassa, respeitando o tempo de cura necessário para cada etapa do cobrimento, seguindo especificações de cálculo e orientações necessárias de relação água/cimento. O revestimento, associado ao aço é o que garante rigidez as paredes e compreende a necessidade estrutural da construção.

O cobrimento das placas deve ser executado manualmente ou por equipamento pneumático, com o objetivo de mitigar os danos causados pela vibração e garantir a qualidade de compactação, com duas ou três camadas, tendo cada uma delas uma espessura determinada. O reboco aplicado já sobre as placas reforçadas com telas de material metálico diminui alguns problemas típicos da construção civil, as fissuras geradas pelos esforços mecânicos e térmicos é um dos fatores que são amenizados neste caso.

As duas faces do painel devem ser revestidas de maneira que ambas passem pelo período de cura simultaneamente, em nenhuma hipótese esse processo deve ser realizado por qualquer face individualmente, isso pode ocasionar uma retração diferencial em uma ou ambas as partes. Os painéis podem ser construídos de maneira a se adequarem as necessidades do empreendimento, permitindo que haja flexibilidade no projeto, podendo sofrer modificações em seu núcleo, espessura e comprimento que pode chegar até 4 metros.

**Figura 8** – Escoras para garantir prumo



Fonte: Os Autores, 2019

**Figura 9** - Paredes de vedação em galpão



Fonte: Os Autores, 2019

### 3.2 ENSAIOS (MATERIAL E MÉTODOS)

No Brasil, para que o método começasse a ser utilizado foi submetido a ensaios, sendo alguns deles:

1. A Caracterização do poliestireno Expandido: Permeabilidade ao vapor d'água – ASTM 96-80; Absorção de água – ASTM D 2842/69; Densidade aparente – ASTM D 1622/88 e Flamabilidade – ASTM D 3014/89.
2. A Caracterização da malha: Ensaio de cisalhamento a tração, ensaio de tração – MB 776/89, NBR 6207/82 e EB 562/82.
3. A Qualidade de Argamassa: Determinação de resistência à compressão axial de corpos-de-prova cilíndrico de argamassa NBR 5739.
4. Ensaio de qualidade de painel pronto: Verificação de conforto térmico – ANSI/ASHRAE 55-1981; Determinação da resistência ao fogo em paredes com função estrutural – MB 1192/77; Isolação de som aéreo – ISO 140/111.

A aplicação de EPS como alma das paredes reduz, consideravelmente o peso próprio das estruturas e por sua vez, demanda menos esforço nas fundações, fator sentido economicamente na obra, além de diminuir impactos causados pela edificação no solo. Por possibilitar um canteiro de obras mais limpo, este modelo construtivo demanda menor movimentação de entulho na obra, além de menor reposição de materiais e até mesmo um menor desgaste administrativo. Por ser composto de materiais leves e de fácil manuseio não exige o uso de maquinário pesado (gruas ou guinchos) para realizar o transporte das peças, no canteiro de obras, a locomoção de cada uma das placas pode ser feita manualmente, com exceção dos elementos estruturais pesados (exemplo: vigas de concreto).

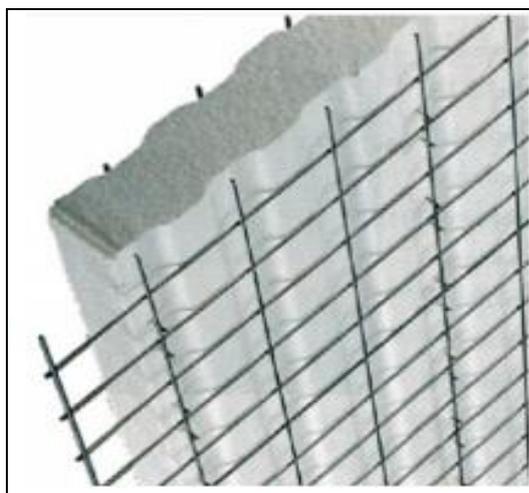
### 3.3 TIPOS DE PAINÉIS

Por conta da variação de necessidade para os diferentes tipos de projetos e a possibilidade de moldar diferentes modelos de painéis, temos:

### 3.3.1 Painel simples

Aplicado em paredes já existentes, sendo elas externas ou não, garantindo um maior conforto à edificação, restabelecendo o isolamento térmico ao imóvel. A Figura 14 mostra um painel de EPS simples.

**Figura 10** - Painel de EPS simples



Fonte: MONOLITE, 2017.

### 3.3.2 Painel paredes divisórias

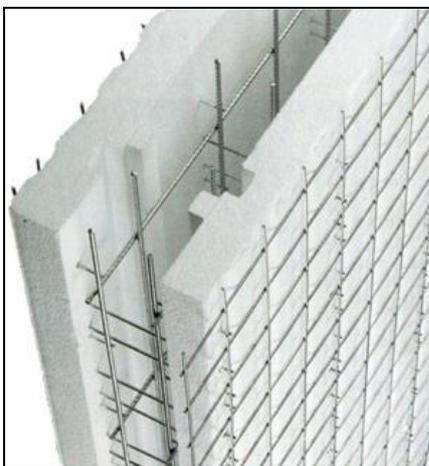
Indicado para edificações de até quatro pisos, composto por estrutura portante, coberta por argamassa em suas duas faces, podendo ser utilizada em fachadas tanto internas quanto externas. Em alguns lugares este modelo de painel é aplicado como divisória, instalado em obras ou em edificações antigas, além de ser usado em para fechamento de cômodos com dimensões muito grandes, característica de edifícios comerciais.

### 3.3.3 Painel duplo

É constituído por dois painéis base, posicionados paralelamente, unidos por conectores transversais, mantendo um espaçamento entre ambos, que posteriormente será preenchido por concreto, considerando a necessidade estrutural exigida para a aplicação. O modelo de painel

duplo é indicado para contenções, sendo indicado até mesmo para piscinas. A Figura 11 mostra um painel de EPS duplo.

**Figura 11** - Painel de EPS duplo



Fonte: Estrutural Engenharia – Soluções Construtivas em Isopor (2017).

#### 3.3.4 Painel piso

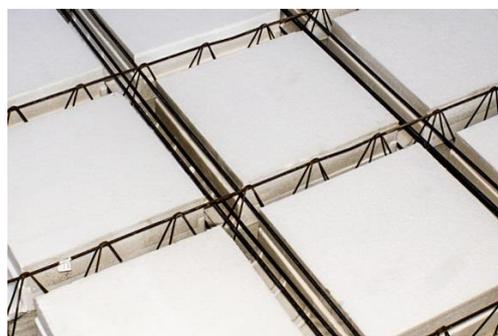
Aplicado na execução de pisos de entre lajes, podendo ter armaduras unidimensionais ou bidimensionais, é forjado de maneira que permita adicionar mais barras, aumentando a área de aço, em espaços predispostos por canaletas, preenchidas posteriormente por concreto. As Figuras 12 e 13 mostram painéis de EPS com armadura unidirecional e bidimensional, respectivamente.

**Figura 12** - Armadura Unidirecional



Fonte: Lajes Jundiaí (2017).

**Figura 13** - Armadura Bidirecional



Fonte: Lajes Jundiaí (2017).

### 3.3.5 Painel especial – isolante

É um tipo de painel cuja composição pode ter a adição de outros materiais que contribuam consideravelmente para o aumento da capacidade térmica da parede, normalmente são acrescentadas cortiças, lã de rocha e alguns outros materiais selecionados de acordo com a necessidade da edificação.

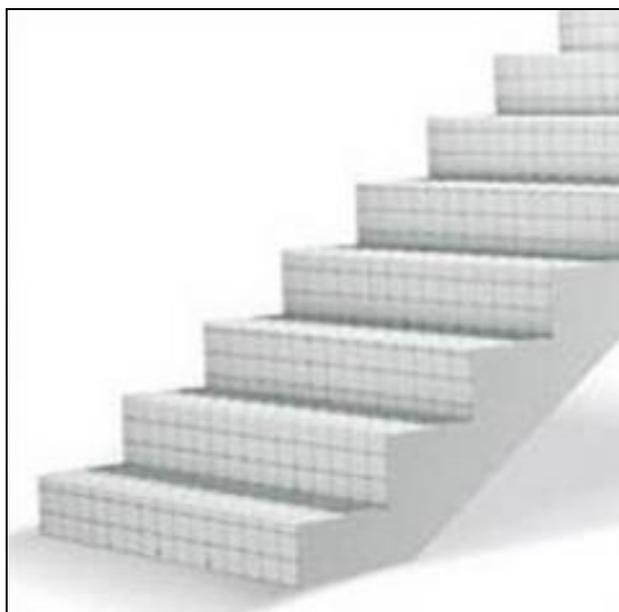
### 3.3.6 Painel especial – estrutural

Os painéis especiais estruturais são reforçados por uma armadura dupla de aço para atender à necessidade específica da obra.

### 3.3.7 Painel tipo escada

O painel escada diminui a complexidade da execução de escadas, não excluindo a necessidade de que esta seja descrita em planta e nem tampouco dimensionada. Permite ainda que seja executada com o mesmo material dos demais elementos. A Figura 14 mostra um painel do tipo escada, já pronto para a aplicação.

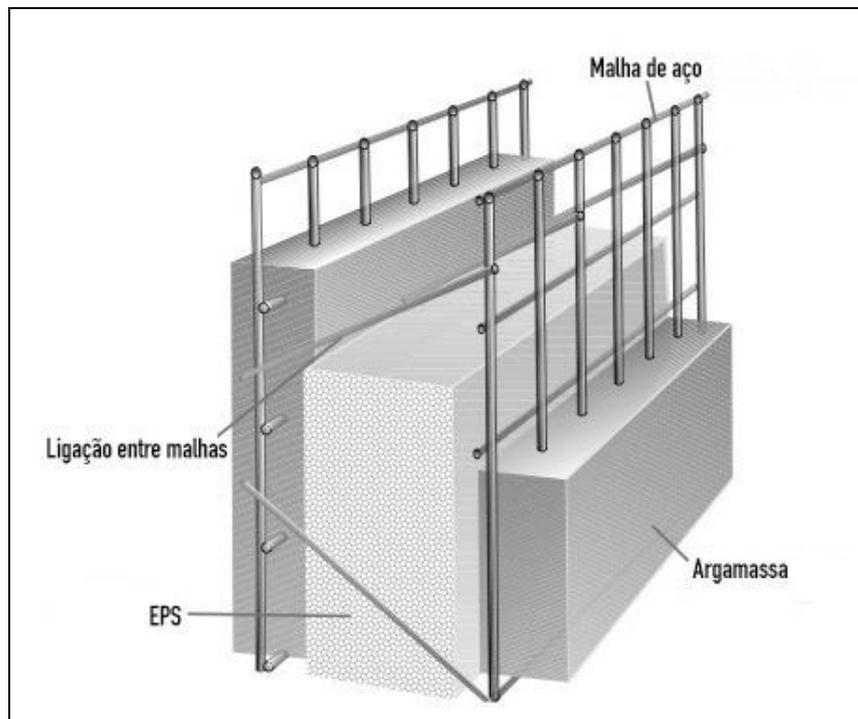
**Figura 14** - Painel de EPS tipo escada.



Fonte: Monolite, 2017.

### 3.3.8 Painéis autoportantes

São formados por uma alma composta por uma placa de poliestireno expandido que possui 55 mm de espessura entre duas malhas de tela de aço eletro-soldadas, vinculadas entre si por meio de passadores do mesmo material a elas soldados e revestidas com argamassa projetada, totalizando uma espessura de 100 mm (estrutura monolítica auto-portante). Em alguns casos podem ser produzidos painéis com espessura de até 110 mm, dependendo da necessidade do projeto, um exemplo são obras que possuem dois ou mais andares. A Figura 15 demonstra como é a construção de um painel autoportante e indica suas camadas.

**Figura 15 - Pannel autoportante**

Fonte: CONSTRUÇÃO COM EPS, 2017

A montagem dos painéis não é complexa, mas exige alguns cuidados além de seguir normas específicas.

A argamassa projetada tem a seguinte formulação: traço 3,5:1 (areia - cimento): Feito em betoneira; 50 kg de cimento; 159 kg de areia média seca; 100 g de fibras de Polipropileno (comprimento 30 mm).

Faz-se a primeira projeção de argamassa em ambas as faces dos painéis de EPS. Após fixar os caixilhos e esquadrias, repete-se a projeção de argamassa, dando-se ao mesmo tempo o acabamento com desempenadeira e feltro. Nas áreas determinadas, a aplicação dos azulejos é feita com argamassa industrializada (cimento-cola); nas outras, se a especificação é a de acabamento fino, aplica-se gesso ou massa corrida, da mesma maneira que numa alvenaria convencional.

### 3.4 CONECTORES

Durante o transporte, manuseio, confecção ou até mesmo após a conclusão da obra, os painéis podem apresentar deformações quando não conectados de maneira adequada. Os conectores podem ser de plástico, concreto ou aço e são colocados de maneira que passe pelo

núcleo da placa fazendo com que ambas fiquem travadas para que a geometria necessária ao projeto não seja modificada pelas interferências externas.

Os conectores fazem parte da composição total das paredes do sistema construtivo tipo sanduiche, que quando completa promovem o aumento da resistência à tração e cisalhamento. Quando a placa está conectada à outra de maneira estável e segura torna-se resistente inclusive a ações do vento e a sismos.

A Figura 16 mostra um painel de EPS, com os conectores que permitem o encaixe de outro painel em paralelo a sua parede.

**Figura 16** – Conectores



Fonte: Monoforte (2012)

### 3.5 ESTUDO DE CASO

#### 3.5.1 Dados gerais

Para esse estudo de caso será utilizado uma casa construída pela empresa Paredes Betel, no condomínio Residencial Laurentino Martins, Rua 46 Esq. Rua 35, Qd. 57, lote 07 – Goianésia – GO (Figuras 17) como referência, ou seja, a partir do projeto arquitetônico dessa casa (ANEXO I) foi descrito o método construtivo e comparado com o percentual segundo o CREA-GO.

A casa referência está construída através do método monolite, e tem 120 m<sup>2</sup> de área de edificação sob os cuidados do Eng. Civil Vinícius Eduardo Portilho da Silva, CREA 1015722199AP-GO.

**Figura 17** - Casa construída em Goianésia – GO



Fonte: Paredes Betel – 2017

### 3.5.2 Considerações gerais

Para uma melhor visibilidade no estudo e compreensão dos dados, foram realizadas algumas considerações importantes.

Todos os custos, referente aos materiais e mão de obra, estão sendo referenciados em valores médios fornecidos pela empresa Paredes Betel, e comparados com orçamentos levantados na cidade de Goianésia- GO, garantindo que essa análise comparativa apresente valores aproximados ao que de fato faz parte do atual cenário encontrado.

### 3.5.3 Considerações de cálculo

Para a estrutura em concreto armado será utilizado o concreto com  $f_{ck} = 20MPa$  e aço CA - 50A e CA - 60, para os cálculos.

Os projetos estruturais foram realizados conforme as normas vigentes:

**NBR 7480 / 07** – Barras e fios de aço destinados a armaduras para concreto armado.

**NBR 6122 / 19** – Projeto e execução de fundações.

**NBR 6118 / 14** – Projeto de estruturas de concreto.

## **NBR 6120 / 80 – Carga para o cálculo de estrutura de edificações.**

Com o resultado do estudo e quantitativos dos materiais, foram evidenciados os respectivos valores para a realização das paredes e lajes em cada método construtivo, analisando através da comparação de preço de material mais mão de obra, qual dos métodos torna a obra mais econômica.

### 3.5.4 Descritivo do projeto

O descritivo apresenta como a casa foi executada, sendo assim, utilizando o método construtivo com paredes de vedação, internas e externas, monolíticas (EPS). Para isso o processo será apresentado com divisões das etapas conforme itens abaixo: Fundação, Estrutura, Instalações, Aplicação de Argamassa, Laje, Telhado, Acabamento e Fundação.

Esse processo foi realizado por 3 pessoas e teve duração de 4 dias, sendo assim uma opção mais rápida, trazendo novamente benefícios econômicos, uma vez que o custo de mão-de-obra é um dos custos mais altos na construção civil. A primeira etapa do que foi realizado é a terraplenagem que teve duração de um dia.

No segundo dia de trabalho realizaram as aberturas das valas para a colocação das vigas baldrame. Para esse tipo de fundação, foi utilizado o radier como contra piso, devido a isso as tubulações de esgoto já estão devidamente posicionadas e ajustadas.

Para elas, foi utilizado canaletas em EPS. O produto é feito sob medida de acordo com o projeto, não gastando tempo com montagens de formas ou produtos de carpintaria e o material é impermeável, sendo possível pular a etapa de impermeabilização da viga baldrame e novamente ganhando tempo de obra.

Após a colocação das canaletas, é realizado a montagem das ferragens dentro das mesmas, sendo necessário a colocação de arranques de aço Ø 6.3 mm que fiquem com 50 cm de altura acima do piso e tenham também distância de 50 cm, pois eles serão utilizados para o alinhamento das paredes.

Com duração de mais dois dias, a próxima etapa foi dar início da colocação de concreto que é lançado, espalhado, adensado e nivelado. A figura 18 e 19 mostram as fases descritas acima.

**Figura 18 – Fundação**



Fonte: Paredes Betel – 2017

**Figura 19 - Radier finalizado.**



Fonte: Paredes Betel – 2017

### 3.5.5 Estrutura

Para a realização dessa etapa, os painéis foram realizados sob medida e estão todos numerados, facilitando a montagem, conforme projeto de arquitetura.

O montador posiciona os painéis e os fixa nos arranques previamente deixados com arame recozido e torquês. Os painéis têm abas de malha de arame que se sobrepõem, para que sejam solidarizadas ao painel vizinho, conforme figura 20. Como forma de garantia de alinhamento do prumo e das placas, foi utilizado um sarrafo de madeira fixado no painel com 2 metros de altura do piso.

**Figura 20** - Encaixe dos painéis sobre a fundação.



Fonte: Paredes Betel – 2017

Após esse processo realizado e todos os painéis encaixados, procedeu-se um reforço da mesma malha de arame já utilizada no painel em todos os cantos, encontros e abertura de janelas e portas. Esse reforço é de extrema importância porque é ele que é o responsável de receber as tensões comuns desses pontos, evitando futuras trincas.

Devido a praticidade e organização na montagem desse tipo de material, esse processo teve duração de 3 dias. A figura 21 apresenta como ficou após o processo de montagem dos painéis.

**Figura 21** – Paredes afixadas sobre a fundação.



Fonte: Paredes Betel – 2017

### 3.5.6 Instalações

Nessa etapa, após todas as paredes montadas, iniciou-se a montagem das tubulações embutidas de hidráulica e elétrica. Mais uma vez notamos que esse método construtivo traz agilidade e praticidade, tendo em vista que essa fase teve duração de apenas um dia.

Para execução dessa fase, foi utilizado inicialmente um marcador para realizar o traçado dos tubos nas placas de isopor, conforme indicado nos projetos complementares. Após essa marcação, com o auxílio de um soprador térmico, realiza-se fendas que são rapidamente abertas no isopor, dando então origem aos espaços tubos serão montados, conforme Figuras 22 e 23. Sob a malha de arame eles são colocados e em pouco tempo, todo o conjunto é montado.

**Figura 22** – Abertura de fendas para a passagem de tubulações e sistema elétrico.



Fonte: Paredes Betel – 2017

**Figura 23** – Tubulações.



Fonte: Paredes Betel – 2017

### 3.5.7 Aplicação da argamassa

Após fixados sobre a fundação e já com suas instalações elétricas e hidráulicas distribuídas, iniciou-se o processo de aplicação da argamassa, esta etapa foi realizada do mesmo modo em que construções de alvenaria convencionais a executam.

A primeira camada de argamassa recebida pelos painéis é o chapisco (Figuras 24 e 25), camada fina de aproximadamente 5 mm de espessura, em sua composição foi utilizado areia média, sendo a relação de seu agregado e cimento um traço de 1:3. A aplicação desta camada garantiu a aderência das camadas posteriores. Por ser aplicado diretamente na superfície dos painéis, o chapisco tornou a face das paredes mais ásperas para então apresentar alta resistência mecânica, uma vez que suas características físicas permitem a ancoragem das outras camadas nas estruturas.

**Figura 24** - Aplicação do Chapisco nas paredes internas.



Fonte: Paredes Betel, 2017.

**Figura 25** – Aplicação do Chapisco nas paredes externas.



Fonte: Empresas Betel, 2017.

Posterior a aplicação do chapisco, as paredes receberam a segunda camada de revestimento, o emboço, respeitando um intervalo mínimo de 48 horas (tempo adotado pela empresa em suas obras) entre a execução da primeira e segunda camada de argamassa. O lançamento do reboco sobre as paredes foi feito por um equipamento de projeção. Esta camada tem em torno de 1 cm de espessura e traço 0:1:3, a massa é feita com argamassa mista (cimento, areia fina e cal) e seu tempo de cura é de no mínimo 7 dias.

Diferente da camada anterior, o emboço torna a superfície das paredes mais regular, permitindo que a próxima camada seja aplicada com maior facilidade, bem como o acabamento.

A figura 26 mostra a última camada do revestimento com argamassa já executada, trata-se do reboco. Para a aplicação desta camada, a empresa que executou a obra respeitou também um tempo de 48 horas para que a superfície recebesse a camada preparatória para o início do acabamento das paredes. O traço utilizado foi a o mesmo da etapa anterior, sofrendo alteração apenas em sua espessura de aproximadamente 6 mm.

**Figura 26** – Aplicação do reboco nas paredes externas.



Fonte: Empresas Betel, 2017.

### 3.5.8 Lajes

Tendo finalizado a aplicação da argamassa nas paredes, iniciou-se o processo de execução das lajes (Figura 27). As lajes são elementos estruturais comumente apoiados em vigas e pilares, seus esforços são transmitidos para seus elementos de apoio. Sua execução varia entre pré-moldadas e maciças, forjadas em concreto armado, porém as lajes executadas na obra em questão foram preenchidas por blocos de EPS que substituíram as lajotas, usadas em lajes de alvenaria convencional.

As lajes maciças são moldadas in loco, em fôrmas de madeira feitas de chapas de compensado e apresentam alta resistência a esforços e isolamento térmico e acústico. As folhas de compensado ficam suspensas, apoiadas por escoras, também feitas de madeira.

**Figura 27** - Escoramento para a execução das lajes



Fonte: Paredes Betel, 2017.

Para a execução das lajes blocos de EPS foram posicionados nas lajes do mesmo modo que se encaixam as lajotas nas lajes de alvenaria. Os blocos de Isopor foram alocados entre vigas treliçadas (Figura 28), recebendo uma malha de concreto, semelhantes as telas que envolvem seus painéis componentes das paredes em sua superfície. Usando um material pontiagudo, afiado, como uma faca ou estilete faz-se um foro na lajota de EPS para passar os tubos de instalação elétrica para o andar superior. O escoramento das lajes foi executado de maneira similar aos realizados em alvenaria.

**Figura 28 - Laje**

Fonte: Paredes Betel, 2017

Quando o processo de montagem e encaixe de todos os elementos que compõem a laje como os vergalhões, as vigas treliçadas, os tubos para instalações elétricas e os blocos de EPS a laje está pronta para receber a concretagem, realizada com o traço de 1:2:3, que com o uso de um compressor, esse concreto é lançado na laje, conforme Figura 29.

**Figura 29 - Laje**

Fonte: Paredes Betel, 2017

As lajes durante seu tempo de cura foram mantidas saturadas, sendo molhadas diariamente para evitar patologias decorrentes da falta de água para seu processo de liga e reações entre agregados e concreto. Sete dias após a concretagem da laje, quando o concreto atinge cerca de 60% de sua resistência, as escoras foram retiradas, porém após 24 horas de prontas, estrutura já resistia aos esforços de alguns funcionários caminhando sobre a rocha plana artificial. Quando a laje atinge totalmente a resistência especificada pelo fabricante, com prazos previamente definidos, o elemento estrutural está apto a receber os processos construtivos cabíveis aos próximos pavimentos, como mostra a figura 30, as paredes do segundo pavimento começam a ser erguidas sobre a base de concreto, dando origem aos outros andares da edificação.

**Figura 30** - Posicionamento das paredes sobre a laje.



Fonte: Paredes Betel, 2017.

Os processos descritos se repetem para os andares seguintes. Após a execução das lajes, a execução do telhado (Figura 31) é feita do mesmo modo que em edificações de alvenaria. Já estando definido em projeto, a edificação foi preparada para receber a cobertura. Paredes criadas a partir do mesmo material e método das que compunham os andares foram criadas acima da última laje, com alturas que respeitavam as necessidades e projeto para que o telhado pudesse ser aplicado de acordo com a arquitetura escolhida, usando o material exigido pelo cliente.

**Figura 31** - Paredes para a execução do telhado.



Fonte: Paredes Betel, 2017.

### 3.5.9 Acabamento

Já tendo executado todas as etapas desde a fundação até o telhado da edificação, a obra entra agora em fase final. As paredes previamente rebocadas recebem material de acabamento em sua superfície, bem como a colocação de portas e janelas.

O período de execução do acabamento tem prazos, métodos e materiais semelhantes ao método de obras convencionais.

As paredes recebem uma camada de gesso, que após seca, é lixada e pintada da cor desejada, algumas recebem materiais diferentes, como o grafiato, amplamente utilizado para texturizar as paredes, os relevos criados na superfície são percebidos a “olho nú”, podendo também ser sentidos pelo tato.

Alguns cômodos da edificação receberam materiais texturizantes no teto também, outros foram acabados com o uso de sancas de gesso (Figura 32), onde eram dispostos os materiais responsáveis pela iluminação do ambiente.

**Figura 32** – Instalação de portas e janelas.



Fonte: Paredes Betel, 2017

Sobre o contra piso, uma camada de argamassa, própria para receber as folhas de material cerâmico responsáveis pela impermeabilização e embelezamento do piso. As áreas periféricas à edificação, porém ainda pertencentes a área do terreno, com o pátio por exemplo, também recebe materiais de acabamento que variam desde o piso até as plantas, naturais ou não, aplicadas nas áreas verdes da residência. Como ilustra a Figura 33, após aplicação de todos os materiais previstos em fase de acabamento, a obra é finalmente concluída e, a edificação já pode ser aproveitada para a finalidade a qual foi planejada.

**Figura 33** - Edificação finalizada.



Fonte: Paredes Betel, 2017.

#### 4 PRAZOS E ETAPAS DO MÉTODO CONSTRUTIVO

O planejamento de um projeto se inicia em suas etapas, onde é feito um cronograma, determinando as tarefas a serem realizadas, com a finalidade de propiciar a previsão de tomada de decisões e também evitando complicações no momento da execução. Com o cronograma e planejamento inicial, existe a probabilidade e facilidade do desenvolvimento mais eficiente.

Essa Obra teve início em 27 de julho de 2017 com a durabilidade de 60 dias trabalhados, finalizando em 27 de setembro de 2017. A primeira etapa é caracterizada pela preparação das fundações, feitas de acordo com o cálculo estrutural. Executando a terraplanagem em apenas um dia, logo em seguida, realizaram em apenas dois dias as aberturas das valas, a montagem das ferragens e a colocação das vigas baldrame.

No segundo momento com duração de um dia, deu início a concretagem das vigas baldrame. Após o término das fundações deverão ser fixados arranques de aço de cima do piso, que alinhados pelo gabarito da obra serão fixados aos painéis monolíticos. A terceira etapa: executar o levantamento das paredes, fazendo as aberturas nos painéis para a instalação elétrica e hidráulica, fixando os painéis nos arranques pela sua respectiva numeração. Essa etapa leva exatamente 4 dias.

A quarta etapa: Com duração de apenas doze dias é feito o revestimento executado com argamassa industrializada para reboco aplicando nas duas faces do painel. E o quinto momento, após a cura total inicia-se a execução das lajes, com duração de uma semana.

A sexta etapa é logo em seguida quando se monta a platibanda com duração de 5 dias, dando início ao acabamento da obra levando apenas mais 10 dias para finalizar.

Após a análise desses dois meses foi observado que requer um maior cuidado na execução dos painéis em eps, pois todo o trabalho de elétrica e hidráulica é definido in loco por meio dos painéis. Atividades externas dependem da conclusão da estrutura para instalação do equipamento utilizado pelos funcionários para execução do serviço, como o acabamento e platibanda. Caso a estrutura seja finalizada antes do previsto os serviços externos também podem iniciar com antecedência.

O Quadro 1 descreve os materiais e mão de obra necessários para a execução de um projeto residencial empregando o método monolítico de construção, não considerando a etapa de acabamento e os serviços de terraplanagem que são fases executadas de maneira similar em ambos os sistemas de construção.

**Quadro 1** – Orçamento método monolite.**ORÇAMENTO**

<b>Quantidade</b>	<b>Descrição</b>	<b>Unid.</b>	<b>R\$ unit.</b>	<b>R\$ Total</b>
<b>180</b>	<i>1º Parede Betel Paineis</i>	<i>M<sup>2</sup></i>	R\$ 75,00	R\$ 13.500,00
180	<i>Mão de obra (montagem Paineis) E ACOMPANHAMENTO DA OBRA</i>	<i>M<sup>2</sup></i>	R\$ 18,00	R\$ 3.240,00
360	<i>Chapisco Projetado na Maquina</i>	<i>M<sup>2</sup></i>	R\$ 7,00	R\$ 2.520,00
360	<b>REBOCO</b>	<i>M<sup>2</sup></i>	R\$ 18,00	R\$ 6.480,00
13	<b>PINOS</b>	<i>UM</i>	R\$ 10,00	R\$ 130,00
40	<i>COLUNAS EM L 0,45 X 0,45 X 3</i>	<i>PÇ</i>	R\$ 21,00	R\$ 840,00
84	<i>Reforço de janela e portas 0,45X</i>	<i>Pç</i>	R\$ 5,00	R\$ 420,00
77	<i>Verga e Contra-Verga 0,30X1,00 m</i>	<i>M</i>	R\$ 7,00	R\$ 539,00
12	<i>BOBINA DE ARAME (AMARRA PAINEIS)</i>	<i>UM</i>	R\$ 10,00	R\$ 120,00
15	<b>KITS ESCORAS</b>	<i>KITS</i>	R\$ 15,00	R\$ 225,00
<b>PAREDES E REFORÇO NECESSÁRIO TOTAL</b>				<b>R\$ 28.014,00</b>
<b>(BASE)</b>				
112	<i>CANALETA EPS 15X20</i>	<i>M</i>	R\$ 14,00	R\$ 1.568,00
10	<i>COLUNA GERDAU</i>	<i>PÇ</i>	R\$ 42,00	R\$ 420,00
50	<i>FERRAGEM BASE 10 - 8 E 4.2</i>	<i>ML</i>	R\$ 10,00	R\$ 500,00
94	<i>MÃO DE OBRA BASE</i>	<i>M<sup>2</sup></i>	R\$ 20,00	R\$ 1.880,00
10	<i>CONCRETO BASE E CONTRA PISO</i>	<i>M<sup>3</sup></i>	R\$ 300,00	R\$ 3.000,00
<b>BASE TOTAL</b>				<b>R\$ 6.948,00</b>
<b>LAJE FACIL</b>				
94	<i>LAJE FACIL TG 8</i>	<i>M<sup>2</sup></i>	R\$ 21,00	R\$ 1.974,00
20	<i>TRELEÇA 12M</i>	<i>PÇ</i>	R\$ 37,00	R\$ 740,00
8	<i>MALHA 15X 15 3.4</i>	<i>PÇ</i>	R\$ 85,00	R\$ 680,00
94	<i>MÃO DE OBRA LAJE</i>	<i>M<sup>2</sup></i>	R\$ 25,00	R\$ 2.350,00
8	<i>CONCRETO LAJE</i>	<i>M<sup>3</sup></i>	R\$ 350,00	R\$ 2.800,00
<b>LAJE TOTAL</b>				<b>R\$ 8.544,00</b>

<b>ORÇAMENTO ESTRUTURA PAREDES E REFORÇO NECESSÁRIO TOTAL (BASE)</b>	<b>R\$ 43.506,00</b>
<b>DESCONTO</b>	<b>R\$ 3.006,00</b>
<b>SOMA TOTAL DE MATERIAL E MÃO DE OBRA INSTALAÇÃO DOS PAINÉIS</b>	<b>R\$ 40.500,00</b>

Fonte: Paredes Betel (2017).

Os valores que mais se destacam são estruturas, alvenarias, paredes. As diferenças podem ser observadas no Quadro 2, que descreve a diferença de custo (%) em cada fase da execução da obra.

**Quadro 2 a** – Comparação entre os dois métodos construtivos.

<b>FASE</b>	<b>CONVENCIONAL</b>	<b>MONOLITE</b>	<b>DIFERENÇA</b>
FUNDAÇÃO	22,2%	26,6%	4,4%
ESTRUTURA	62,2%	8,4%	53,8%
PAREDE/ALVENARIA	15,6%	65%	49,4%

**Quadro 2 b** – Comparação entre os dois métodos construtivos.

<b>FASE</b>	<b>CONVENCIONAL</b>	<b>MONOLITE</b>	<b>DIFERENÇA</b>
FUNDAÇÃO	R\$ 7.642,35	R\$ 10.773,00	R\$ 3.130,65
ESTRUTURA	R\$ 21.412,35	R\$ 3.402,00	R\$ 18.010,35
PAREDE/ ALVENARIA	R\$ 5.370,30	R\$ 26.325,00	R\$ 20.954,70
TOTAL	R\$ 34.425,00	R\$ 40.500,00	R\$ 6.075,00

As fases em que a diferença é mais discrepante são: estrutura e parede/alvenaria, que apresenta maior discrepância entre os métodos, chegando a comprometer 15% a mais do orçamento do sistema monolite, quando comparado ao método convencional de construção.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após todo o desenvolvimento desse estudo de caso, identificamos as maiores vantagens e desvantagens desse método construtivo. As vantagens são apontadas por: agilidade na montagem; praticidade do transporte, menor desperdício de material; excelente isolamento termo-acústico; redução à quantidade da mão-de-obra. Em relação as desvantagens apresentam-se: restrição de financiamento para execução da obra; exigência de mão de obra especializada; barreira cultural; dificuldade na projeção do reboco e as deformações na execução das paredes.

Sendo assim, inicialmente, através de pesquisas e comparações, pode-se observar que o método construtivo monolite consiste em atender num único produto exigências normativas de desempenho estrutural, ou seja, apresenta em suas vantagens a rapidez na execução do fechamento de paredes de vedação, devido ao tamanho dos painéis de poliestireno expandido em relação aos blocos cerâmicos. Foram observados outros aspectos vantajosos do sistema monolítico, o mesmo permite flexibilidade e validade do sistema construtivo, pode ser um excelente isolante termo acústico, oferece baixa absorção de água, permitindo que a cura do concreto seja bem melhor e mais rápida.

Quanto às instalações (hidráulicas, eléctrica, telefónica, aquecimento, etc.) apresentam facilidade na execução, a operação é muito rápida e vantajosa em relação ao método convencional e acaba trazendo benefícios, como a otimização do tempo de conclusão da obra.

Comparado com o método convencional, o método construtivo monolite apresenta um aspecto interessante, a racionalização, ou seja, existe a redução de desperdícios no processo de construção. A quantidade de mão de obra na sua execução é reduzida, devido ao uso de equipamentos que proporcionam ganhos.

Percebe-se de um modo geral, que as construções no método monolite apresentam simplicidade em sua execução podendo ser utilizados por pessoas da construção civil que não possuem conhecimento sobre essa técnica.

No presente estudo de caso foi feita uma comparação entre o método convencional e o método construtivo monolite. Constatou que seria mais vantajoso economicamente a realização do método monolítico, havendo uma grande diferença de preço em relação ao método convencional. Porém, vale ressaltar que o estudo de caso foi exclusivo para esse tipo de projeto residencial, podendo ou não ser favorável para a construção de outros projetos,

devendo levar em conta a área construída, o tipo de solo, as cargas aplicadas e a quantidade de pavimentos, identificando assim as vantagens e desvantagens do projeto.

Como sugestão para estudos futuros poderia ser feito uma avaliação do ciclo de vida do poliestireno expandido, até mesmo a comparação com o método convencional.

Uma sugestão interessante seria a ideia de estudar outros sistemas construtivos, a exemplo de paredes monolíticas de concreto pré-fabricadas. Outra é a viabilidade econômica para casas construídas em regiões de calor intenso, como no caso do extremo norte e nordeste do país, utilizando o método construtivo monolite e, levando em consideração o conforto térmico proporcionado pelo sistema monolítico em relação às residências executadas com alvenaria, o método se apresenta eficaz em tais condições climáticas, gerando uma economia financeira em sistema de resfriamento além de reduzir o desconforto gerado pelo calor excessivo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAPEX. Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. **O EPS na Construção Civil: Características do poliestireno expandido para utilização em edificações.** São Paulo, set. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220** - Desempenho térmico de edificações: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator de calor solar de elementos e componentes de edificações. . Rio de Janeiro. ABNT. 2005.

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

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

BRUMATTI, Dioni D. **Uso de pré-moldados** – Estudo e viabilidade. 54f. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Universidade Federal de Minas Gerais, 2008.

FRANCA, A. B. M. da; FUSCO, P. B. **As Lajes Nervuradas na Moderna Construção de Edifícios.** São Paulo, 2001.

IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.** Estudos e Pesquisas – Informação Geográfica número 2. Rio de Janeiro, 2002. Indicadores de Desenvolvimento Sustentável, Brasil 2002. a.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. **Fundamentos de metodologia científica.** 3. ed. São Paulo: Atlas, 1991.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência energética na Arquitetura.** São Paulo: 1997, 192p.

LUEBLE, Ana R. C. P. **Construção de habitações com painéis de eps e argamassa armada**. I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, SP, 2004.

PETRUCCI, Eladio G. R. **Materiais de Construção**. 11ª Edição. São Paulo: Globo, 1998.

PETRUCCI, Eladio G. R. **Materiais de Construção**. 11ª Edição. São Paulo: Globo, 1998

PINATT, Jéssica Marcomini; ALMEIDA, Nicolás Gabriel Carvalho de; MORI, Luci Mercedes de. **CONSTRUÇÃO CIVIL: Coletânea de inovações tecnológicas**. III Seminário de Engenharia Civil da UEM. Maringá, Brasil, 04 de dezembro de 2013.

SABBATINI, Fernando Henrique - **Desenvolvimento de Métodos, Processos e Sistemas Construtivos - Formulação e Aplicação de uma Metodologia** - Tese de Doutorado, 1989, Poli/USP, São Paulo.

SOUZA, A. C A G. **Análise Comparativa de Custos de Alternativas Tecnológicas para Construção de Habitações Populares**. Dissertação de Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil da Universidade Católica de Pernambuco. UCS. Pernambuco, 2009.

VERÇOSA, E.J. **Materiais de Construção: Concreto, Madeira, Cerâmica, Metais, Plásticos, Asfaltos, Novos Materiais para a Construção Civil**. Coordenador: BAUER, Luiz Alfredo Falcão. **Materiais de construção**. 5ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 1994.

VERÇOSA, E.J.. **Materiais de Construção: Concreto, Madeira, Cerâmica, Metais, Plásticos, Asfaltos, Novos Materiais para a Construção Civil**. Coordenador: BAUER, 5ª Edição. Rio de Janeiro: LTC, 1994.