



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

IGOR TORRES TIBURCIO

**ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O SISTEMA
CONSTRUTIVO EM PAINÉIS MONOLÍTICOS EM EPS E O
SISTEMA CONVENCIONAL COM ESTRUTURA DE
CONCRETO E VEDAÇÕES EM ALVENARIA**

**NATAL-RN
2022**

Igor Torres Tiburcio

Estudo comparativo entre o sistema construtivo em painéis monolíticos em EPS e o sistema convencional com estrutura de concreto e vedações de alvenaria

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Monografia, submetido ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Waldemiro Soares Cunha

Natal-RN
2022

Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN
Sistema de Bibliotecas - SISBI
Catalogação de Publicação na Fonte. UFRN - Biblioteca Central Zila Mamede

Tiburcio, Igor Torres.

Estudo comparativo entre o sistema construtivo em painéis monolíticos em EPS e o sistema convencional com estrutura de concreto e vedações de alvenaria / Igor Torres Tiburcio. - 2022. 54 f.: il.

Monografia (graduação) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Natal, RN, 2022.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Waldemiro Soares Cunha.

1. Engenharia Civil - Monografia. 2. Pannel Monolítico em EPS - Monografia. 3. Método Construtivo - Monografia. 4. Poliestireno Expandido - Monografia. I. Cunha, Paulo Waldemiro Soares. II. Título.

RN/UF/BCZM

CDU 624

Igor Torres Tiburcio

Estudo comparativo entre o sistema construtivo em painéis monolíticos em EPS e o sistema convencional com estrutura de concreto e vedações de alvenaria

Trabalho de Conclusão de Curso na modalidade Monografia, submetido ao Departamento de Engenharia Civil e Ambiental da Universidade Federal do Rio Grande do Norte como parte dos requisitos necessários para a obtenção do Título de Bacharel em Engenharia Civil.

Aprovado em 15 de julho de 2022

Prof. Dr. Paulo Waldemiro Soares Cunha - Orientador

Prof. Dr. Paulo Alysson Brilhante Faheina de Souza – Examinador interno

Prof. Dr. Paulo Eduardo Vieira Cunha – Examinador interno

Natal-RN

2022

AGRADECIMENTOS

Faz-se necessário agradecer nominalmente àqueles que diretamente ou indiretamente, participaram, de alguma forma, na elaboração desta monografia. Desta forma, expresso aqui os meus mais sinceros agradecimentos:

À Deus, por ter me dado saúde e determinação para não desanimar durante a realização deste trabalho.

Aos meus pais e irmão, que me incentivaram nos momentos difíceis.

À minha namorada, que jamais me negou apoio, carinho e incentivo.

Às pessoas com quem convivi ao longo do curso, que me incentivaram e que certamente tiveram impacto na minha formação acadêmica e realização deste trabalho.

Aos professores, pelas correções e ensinamentos que aprimoraram a minha formação profissional ao longo do curso.

Aos meus colegas de curso, com quem convivi intensamente durante os últimos anos, pela troca de experiências que me permitiram crescer não só como pessoa, mas também como profissional.

À Universidade Federal do Rio Grande do Norte que sempre proporcionou um ensino de alta qualidade.

“Escreva algo que valha a pena ler ou faça algo que valha a pena escrever.”

Benjamin Franklin

RESUMO

Estudo comparativo entre o sistema construtivo em painéis monolíticos em EPS e o sistema convencional com estrutura de concreto e vedações de alvenaria

O objetivo deste trabalho é comparar o sistema convencional com estrutura de concreto e vedações de alvenaria com o sistema monolítico em EPS a fim de atender uma demanda crescente por novas tecnologias e materiais mais eficientes e que proporcionam melhores resultados finais para a construção civil. Para isso, a partir da revisão bibliográfica, foi caracterizado o processo construtivo dos dois sistemas e apontado as propriedades de cada sistema em relação à critérios importantes tanto para o consumidor final, quanto para a construção civil. Com base nos dados expostos, foi possível concluir que o sistema monolítico em EPS se mostrou mais vantajoso quando comparado ao sistema convencional, em critérios como custo, produtividade, conforto térmico, redução de desperdício, entre outros. Tudo isso mostra que o que o sistema é uma alternativa mais viável, faltando apenas a popularização do método para o tornar mais aceitável por parte do consumidor final e do construtor.

Palavras-chave: Paineis Monolíticos em EPS. Método Construtivo. Poliestireno Expandido.

ABSTRACT

Comparative study between the construction system in monolithic EPS panels and the conventional system with concrete structure and masonry fences

The objective of this work is to compare the conventional system with concrete structure and masonry fences with the monolithic system in EPS in order to meet a growing demand for new technologies and more efficient materials that provide better final results for civil construction. For this, from the bibliographic review, the construction process of the two systems was characterized and the properties of each system were pointed out in relation to important criteria both for the final consumer and for civil construction. Based on the data exposed, it was possible to conclude that the monolithic system in EPS proved to be more advantageous when compared to the conventional system, in criteria such as cost, productivity, thermal comfort, waste reduction, among others. All this shows that the system is a more viable alternative, lacking only the popularization of the method to make it more acceptable by the end consumer and the builder.

Keywords: Monolithic Panel in EPS. Constructive Method. expanded Polystyrene.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA		PÁGINA
2.1	Cargas na estrutura convencional	16
2.2	Alvenaria convencional	16
2.3	Sapata corrida	17
2.4	Sapata isolada	18
2.5	Radier	18
2.6	Estacas	19
2.7	Brocas	19
2.8	Estaca Strauss	20
2.9	Elementos estruturais	21
2.10	Junta de amarração de uma alvenaria	22
2.11	Locação das paredes	23
2.12	Amarrações de alvenaria	23
2.13	Vergas e contravergas	24
2.14	Rasgo na alvenaria para instalações elétricas	25
2.15	Instalação hidrossanitária	25
2.16	Revestimento da alvenaria	26
2.17	Camadas do piso	27
2.18	Elementos de um telhado	27
2.19	Laje treliçada	28
2.20	Painel Monolítico em EPS	29
2.21	Pérolas de poliestireno	30
2.22	Fundação radier	31
2.23	Fixação dos arranques	31
2.24	Painéis escorados	32
2.25	Telas de reforço em vãos	33
2.26	Telas de reforço em cantos e entre painéis	33
2.27	Abertura no painel para instalações complementares	34
2.28	Instalações complementares	35
2.29	Aplicação de primeira camada	36

2.30	Revestimento de um painel monolítico	36
2.31	Laje do sistema monolítico	37
4.32	Parede de alvenaria utilizada pelo INMETRO para cálculo da transmitância global	42
4.33	Armazenamento dos painéis	43
4.34	Fácil manuseio dos painéis	45

LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
4.1	Transmitância térmica nas diferentes zonas	42
4.2	Transmitância térmica de diferentes espessuras com alvenaria em tijolo cerâmico e painel em EPS	42
4.3	Estimativa de custos em alvenaria convencional	46
4.4	Estimativa de custos em painéis de EPS	46

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Considerações Iniciais.....	12
1.2	Objetivos.....	13
1.3	Estrutura do trabalho	14
2	REVISÃO DE LITERATURA	15
2.1	Sistema construtivo convencional.....	16
2.1.1	Técnica construtiva.....	17
2.2	Sistema construtivo em painéis monolíticos em EPS	28
2.2.1	Técnica construtiva.....	30
3	METODOLOGIA	38
4	RESULTADOS.....	39
4.1.2	Resistência ao fogo.....	40
4.1.3	Isolamento Térmico.....	41
4.1.4	Isolamento acústico.....	43
4.1.5	Armazenamento e Transporte.....	43
4.1.6	Peso próprio.....	44
4.1.7	Produtividade e mão de obra.....	44
4.1.8	Preço	45
4.1.9	Durabilidade	46
4.1.10	Estanqueidade.....	47
4.1.11	Execução das instalações complementares	47
4.1.12	Mercado e aceitação.....	47
4.1.13	Limitações	47
4.1.14	Desperdício e sustentabilidade	48
5	CONCLUSÃO	50
	REFERÊNCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

1.1 Considerações Iniciais

O crescimento industrial cada vez mais descontrolado gera uma demanda muito alta por inovações mais tecnológicas, sustentáveis, rápidas e de menor custo, e a construção civil precisa acompanhar esse movimento para continuar atendendo a demanda por mais e melhores habitações.

Há muitos anos o principal processo construtivo utilizado pela construção civil é a estrutura de concreto armado e vedações em alvenaria de tijolo cerâmico devido à alta disponibilidade no mercado de materiais e mão de obra. Entretanto, o mercado da construção está começando a entender a necessidade de desenvolver novos sistemas construtivos para atender demandas habitacionais cada vez mais crescentes, o que se pode ser viabilizada através do aumento de produtividade, diminuição do desperdício, produção padronizada e em escala, diminuição de custos e que atenda as exigências de desempenho propostas pela NBR 15575.

Alguns métodos construtivos alternativos mais eficientes estão com demanda crescente como o steel frame, wood frame, concreto pré-fabricado e painéis em EPS (poliestireno expandido). Este último, objeto de estudo deste trabalho e também conhecido como painéis monolíticos em EPS, vem se consolidando em diversos países por suas vantagens sobre o método convencional de tijolo cerâmico e seu desempenho sustentável na questão da geração de resíduos.

Esse método construtivo foi desenvolvido na Itália, em uma região sujeita a terremotos, com o objetivo de resistir aos abalos sísmicos. Os painéis que compõem este sistema são feitos de poliestireno expandido (conhecido como isopor®), revestidos por uma malha de aço de alta resistência em cada uma de suas faces, unidas por barras de aço. O principal objetivo do sistema é fornecer painéis modulares pré-fabricados, que além de economizar tempo na construção e utilizar menos mão de obra, conseguem obter em um único elemento funções estruturais autoportantes e vedações verticais, simplificando a execução e obtendo alta capacidade de isolamento térmico e acústico, além de grande versatilidade de formas e acabamentos. (EMMEDUE, 2014).

É um método construtivo simples onde se obtém a funcionalidade, a adequabilidade a diversos projetos, a rapidez executiva, a utilização mínima de mão de obra comparando-se ao

método convencional, além de possibilitar um canteiro de obras mais organizado e limpo, possibilita também a diminuição dos desperdícios de materiais aplicados (GARCIA, 2009).

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é comparar o sistema construtivo convencional, construído de estrutura de concreto e vedações verticais em alvenaria, com o sistema de painéis monolíticos em EPS em relação a técnica construtiva, produtividade, desperdício, custos, conforto acústico e térmico, entre outros.

Como objetivos específicos, estão:

- Identificar a técnica utilizada em cada método, através de pesquisas e estudos de casos;
- Apontar as vantagens e desvantagens de cada método em relação aos seguintes parâmetros:
 - Resistência mecânica;
 - Resistência ao fogo;
 - Isolamento térmico e acústico;
 - Facilidade de Armazenamento e transporte;
 - Peso próprio;
 - Mão de obra;
 - Produtividade;
 - Preço;
 - Durabilidade;
 - Estanquidade;
 - Execução das instalações complementares;
 - Aceitação;
 - Limitações;
 - Desperdício e sustentabilidade.

1.3 Estrutura do trabalho

Esta monografia encontra-se dividida em cinco capítulos, no capítulo 1 apresenta-se a contextualização do tema que será apresentado e sua motivação para a pesquisa, bem como os objetivos geral e específicos e a estrutura do trabalho.

No capítulo 2 faz-se uma revisão bibliográfica dos Sistemas construtivos convencional e em painéis monolíticos em EPS, pontuando de forma clara as ideias e conclusões de publicações de pesquisas consideradas relevantes para este trabalho de forma que possibilite a comparação e conclusão do melhor método construtivo.

Na metodologia, descrita no capítulo 3, é abordada a forma como foi feita a análise comparativa dos métodos construtivos e o caminho percorrido para chegar à uma conclusão.

O capítulo 4 aborda a análise e comparação dos resultados encontrados na literatura, com objetivo de permitir uma conclusão bem fundamentada.

Por fim, o capítulo 5 traz, com base nos resultados encontrados, deduções lógicas acerca do objetivo proposto.

2 REVISÃO DE LITERATURA

No sistema convencional adotado por esse trabalho são utilizados elementos de concreto armado, são eles: pilares, vigas e lajes, que direcionaram os esforços da construção para a fundação, tendo a alvenaria o papel de vedação e preenchimento dos vãos.

As vedações verticais podem ser entendidas como um subsistema do edifício formado por elementos que dividem os ambientes internos, controlam a ação de agentes indesejáveis, entre os quais intrusos, animais, ventos, chuvas, poeiras, ruídos e quaisquer outros, constituindo suporte e proteção para as instalações dos edifícios ainda servem para proporcionar condições de habitabilidade necessária às edificações. Normalmente as alvenarias de vedação são caracterizadas por elevado índice de quebras, retrabalhos, desperdícios, falta de padronização dos elementos de alvenaria, falhas de detalhamento de projeto e ausência de projeto de paginação (SALGADO, 2014).

As paredes utilizadas como elemento de vedação devem possuir características técnicas que são: resistência mecânica, isolamento térmico e acústico, resistência ao fogo, estanqueidade e durabilidade (MILITO, 2009).

O concreto apresenta alta resistência à compressão, o que faz dele um excelente material para ser empregado em elementos estruturais principalmente submetidos à compressão, como por exemplo os pilares, mas, por outro lado, suas características de fragilidade e baixa resistência à tração restringem seu uso isolado em elementos submetidos totalmente ou parcialmente à tração, como tirantes, vigas, lajes e outros elementos fletidos (UNESP, 2019).

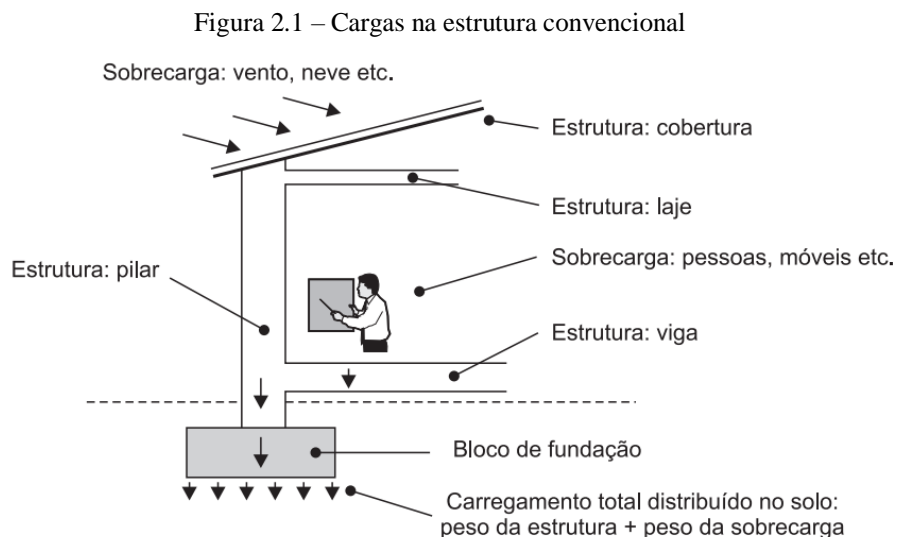
Para contornar essas limitações, o aço é empregado em conjunto com o concreto, e convenientemente posicionado na peça de modo a resistir às tensões de tração. O aço também trabalha muito bem na resistência às tensões de compressão, e nos pilares auxilia o concreto. Um conjunto de barras de aço forma a armadura, que envolvida pelo concreto origina o Concreto Armado, um excelente material para ser aplicado na estrutura de uma obra (UNESP, 2019)

Os painéis que compõem o sistema monolítico são feitos de poliestireno expandido (conhecido como isopor®), revestidos por uma malha de aço de alta resistência em cada uma de suas faces, unidas por barras de aço. O principal objetivo do sistema é fornecer painéis modulares pré-fabricados, que além de economizar tempo na construção e mão de obra, conseguem obter em um único elemento funções estruturais autoportantes, simplificando a

execução e obtendo alta capacidade de isolamento térmico e acústico, além de grande versatilidade de formas e acabamentos (EMMEDUE, 2014).

2.1 Sistema construtivo convencional

A estrutura de concreto armado e a vedação de alvenaria de tijolos cerâmicos é, de fato, o sistema construtivo mais empregado no Brasil. Nesse sistema, a sobrecarga e o peso da estrutura são distribuídos pelos elementos caracterizados por pilares, vigas, lajes e fundação, sendo a alvenaria utilizada apenas como vedação dos vãos, conforme pode ser visualizado na figura 2.1 e 2.2.



Fonte: SALGADO, 2014

Figura 2.2 – Alvenaria convencional



Fonte: Blog Astra

Esse sistema ainda impera no país devido à forte cultura enraizada nos brasileiros e a alta disponibilidade de recursos e mão de obra, apesar da sua baixa produtividade, grande desperdício e resíduos gerados pelo método.

2.1.1 Técnica construtiva

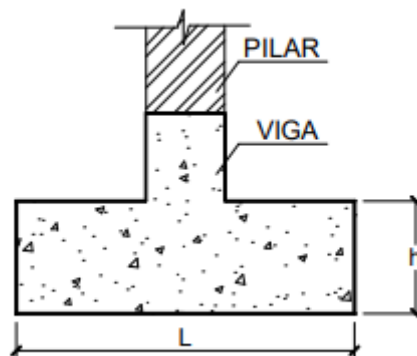
2.1.1.1 Fundação

Fundações são elementos estruturais destinados a suportar toda a carga de pressão proveniente dos carregamentos de esforços oriundos do peso próprio dos elementos estruturais como num todo, acrescidos dos carregamentos provenientes do uso (SALGADO, 2014). Ainda segundo o autor, para a perfeita decisão sobre o tipo de fundação a ser utilizada, é imprescindível conhecer as características do solo que vai suportar tais esforços. Para isso, sondagens são realizadas afim de prospectar as camadas mais profundas do solo para verificar suas características e presença de água.

MILITO divide os tipos de fundações em 2 grupos e alguns subgrupos:

- a. Diretas ou rasas
 - a. São empregadas onde as primeiras camadas do subsolo são capazes de suportar as cargas
 - i. Sapata corrida: Executada em concreto armado e possui uma dimensão preponderante, conforme figura 2.3.

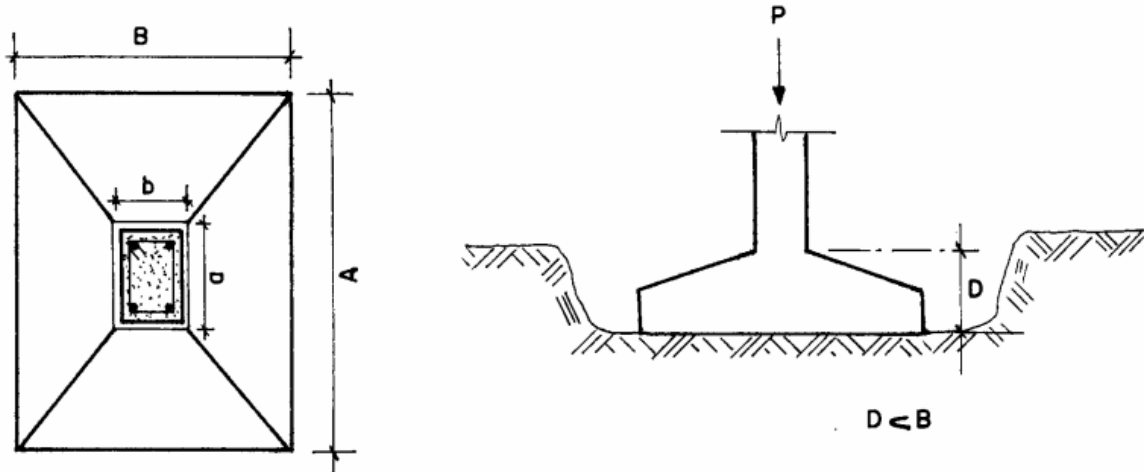
Figura 2.3 – Sapata corrida



Fonte: MILITO, 2009

- ii. Sapata isolada: fundação em concreto simples ou armado, como exemplo na imagem 2.4.

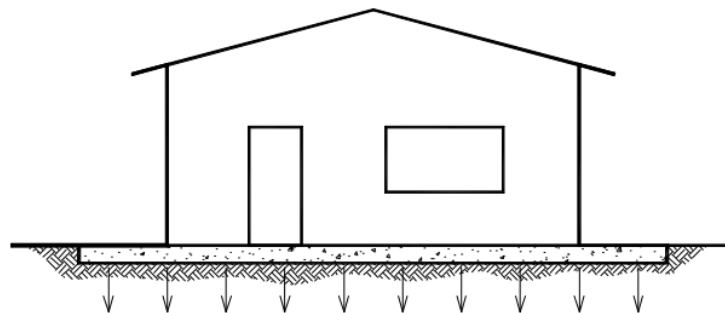
Figura 2.4 – Sapata isolada



Fonte: MILITO, 2009

- iii. Radier: elemento contínuo executado em concreto armado, conforme imagem 2.5.

Figura 2.5 – Radier



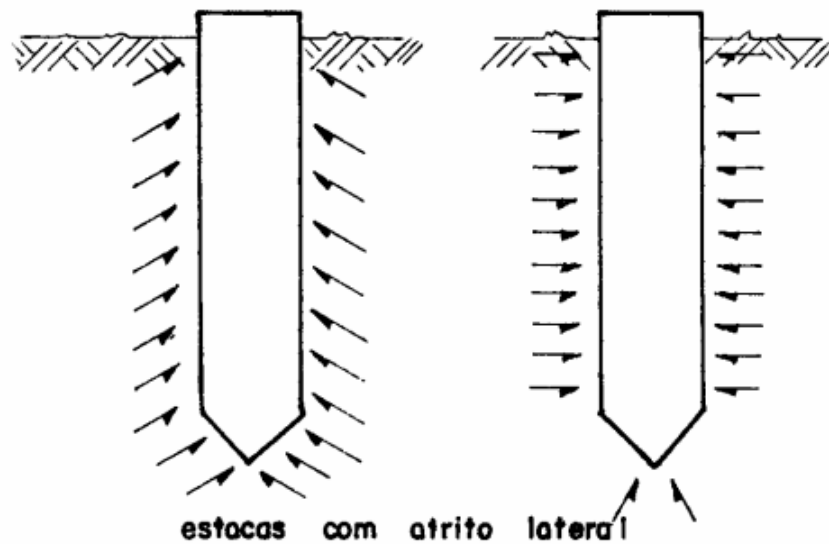
Fonte: MILITO, 2009

b. Indiretas ou profundas

- a. Se faz necessário quando apenas camadas mais profundas do subsolo são capazes de suportar as cargas.

- i. Estacas: são peças alongadas, normalmente cilíndricas, cravadas ou moldadas *in loco* com objetivo principal de transmitir a carga para camadas mais profundas, exemplificada na figura 2.6.

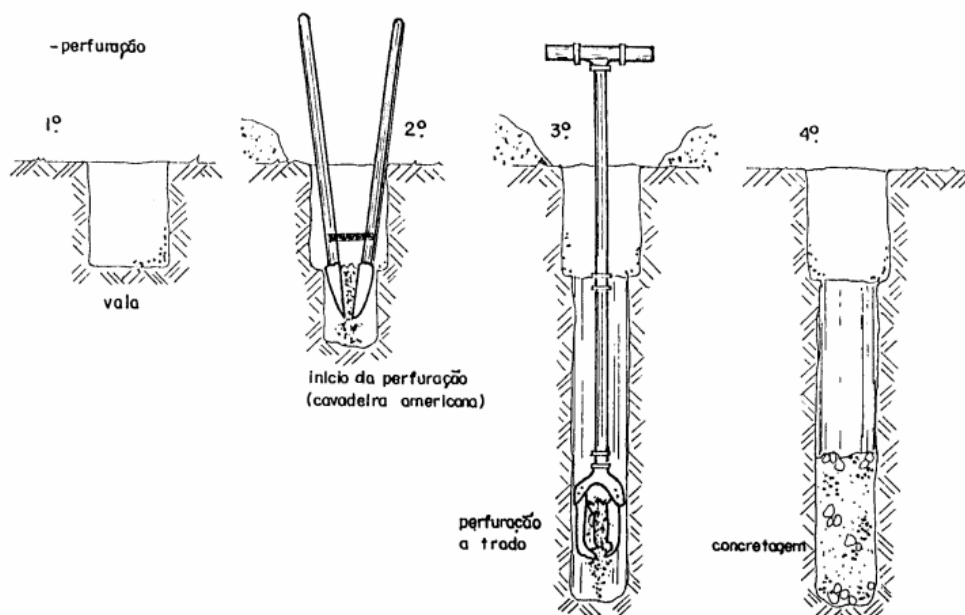
Figura 2.6 – Estacas



Fonte: MILITO, 2009

- ii. Brocas: feitas a trado e normalmente não são armadas, como mostra a figura 2.7.

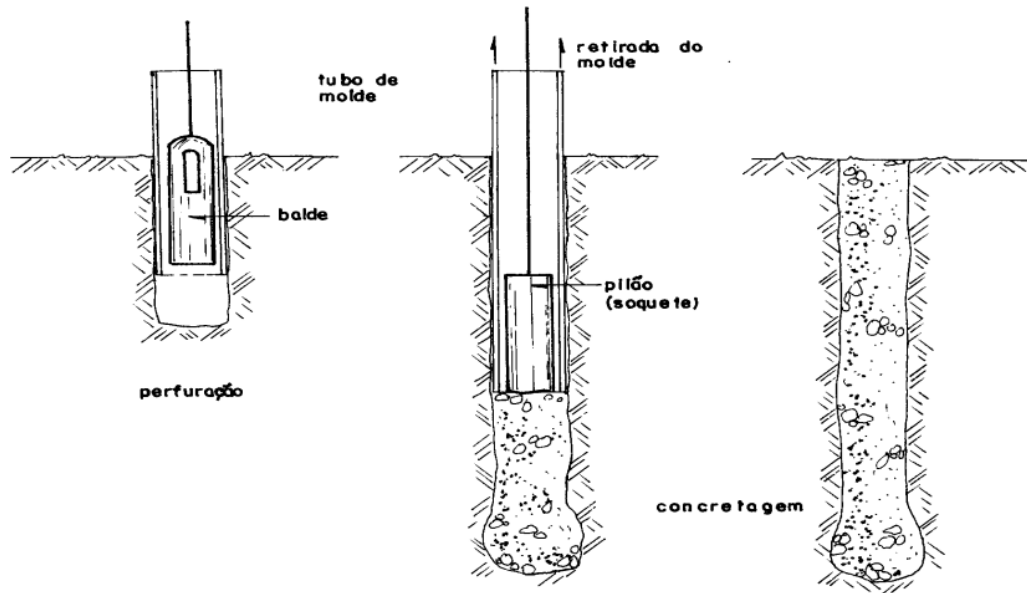
Figura 2.7 – Brocas



Fonte: MILITO, 2009

- iii. Estaca Strauss: a perfuração é feita com o soquete e concreto ao alcançar o comprimento desejado, como mostrado na figura 2.8.

Figura 2.8 – Estaca Strauss



Fonte: MILITO, 2009

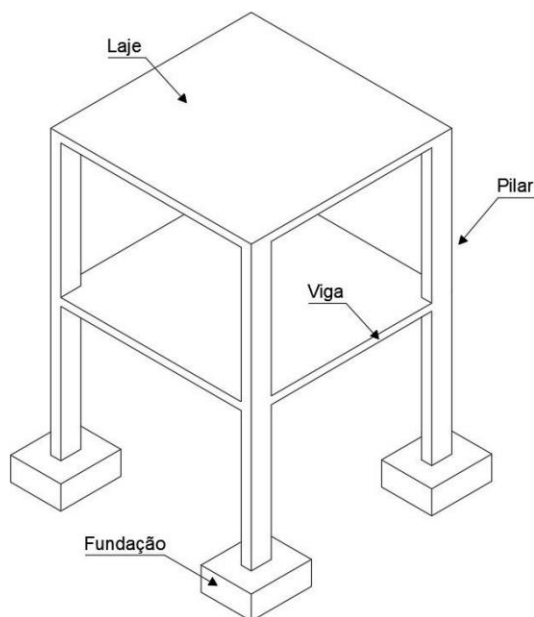
2.1.1.2 Estrutura

A estrutura de uma edificação é composta basicamente por três elementos: vigas, pilares e lajes, que tem como função resistir a cargas aplicadas sobre eles, como exemplificado na figura 2.9.

Esses elementos são constituídos basicamente de concreto e armadura em aço, os quais são dimensionados de acordo com o recebimento de carga no elemento.

O concreto é composto de uma mistura de diversos materiais, adicionado à água, destinado a conferir, após a sua secagem (cura), uma peça com propriedades e características estruturais. As armaduras se destinam a dar resistência à estrutura de concreto, principalmente quanto aos esforços de tração e flexão. (SALGADO, 2014)

Figura 2.9 - Elementos estruturais



Fonte: BARBOSA, 2019

Laje é um elemento plano, bidimensional, cuja função principal é servir de piso ou cobertura nas construções, e que se destina geralmente a receber as ações verticais aplicadas, provenientes da utilização da laje em função de sua finalidade arquitetônica. (UNESP, 2019)

Vigas são elementos lineares (barras) onde a flexão é preponderante. Sua função básica é vencer vãos e transmitir as cargas para os apoios, geralmente pilares. Os carregamentos são provenientes de lajes, de outras vigas, de paredes de alvenaria, de pilares, etc., geralmente perpendiculares ao eixo longitudinal. As vigas, juntamente com as lajes e pilares, compõem a estrutura de contraventamento responsável por proporcionar a estabilidade global dos edifícios às ações verticais e horizontais. (UNESP, 2019)

Os pilares são os elementos estruturais de maior importância nas estruturas, tanto do ponto de vista da capacidade resistente dos edifícios quanto no aspecto de segurança. Como elementos verticais, são os principais responsáveis na estabilidade global dos edifícios, compondo o sistema de contraventamento juntamente com as vigas e lajes. (UNESP, 2019)

2.1.1.3 Alvenaria

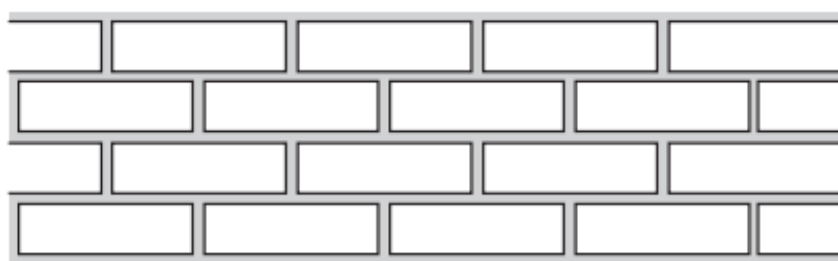
A alvenaria pode ser utilizada com função estrutural ou apenas com objetivo de vedação vertical. No sistema escolhido para o estudo deste trabalho, a alvenaria não é dimensionada

para resistir cargas verticais além de seu peso próprio, e por isso, é denominada alvenaria de vedação. Segundo SALGADO, 2014, as alvenarias de vedação são caracterizadas pelo elevado índice de quebras, retrabalhos, desperdícios, falta de padronização dos elementos de alvenaria, falhas de detalhamento de projeto e ausência de projeto de paginação.

O principal elemento da alvenaria é o tijolo furado com dimensões 9x19x19cm, produzido em cerâmica vermelha e obtido através da extrusão. Para a união dos blocos são utilizadas argamassas compostas basicamente por cimento, areia e água.

Os tijolos devem ser assentados de modo que fiquem descontínuos para garantir a amarração, conforme figura 2.10. (MILITO, 2009). Normalmente, utiliza-se de alvenaria de cutelo, construída no sentido da menor espessura do bloco.

Figura 2.10 - Junta de amarração de uma alvenaria

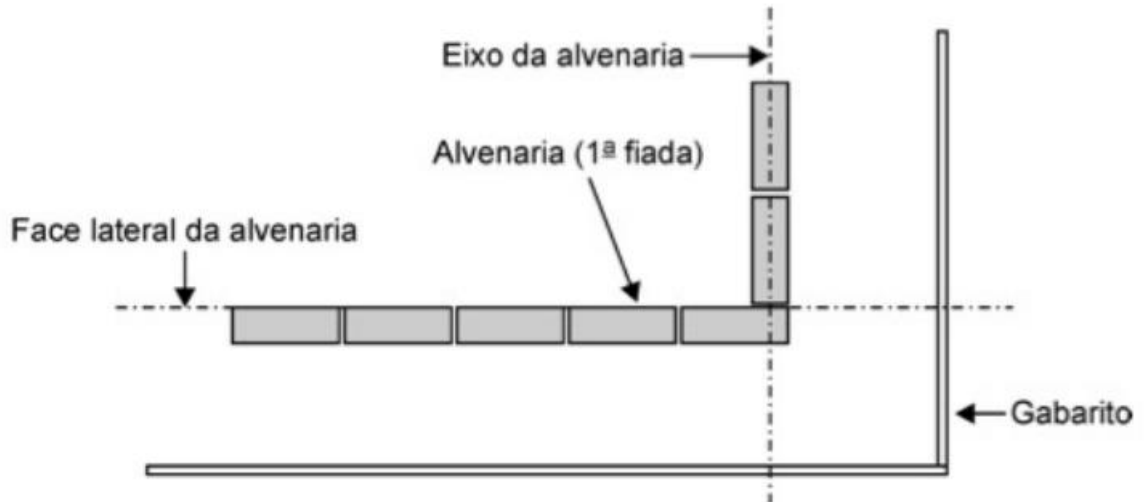


**Junta de amarração
recomendada**

Fonte: SALGADO, 2014

Já a locação das paredes, se dá pelo alinhamento do eixo ou de uma das faces da parede com pontos marcados no gabarito, como mostrado na figura 2.11.

Figura 2.11 – Locação das paredes

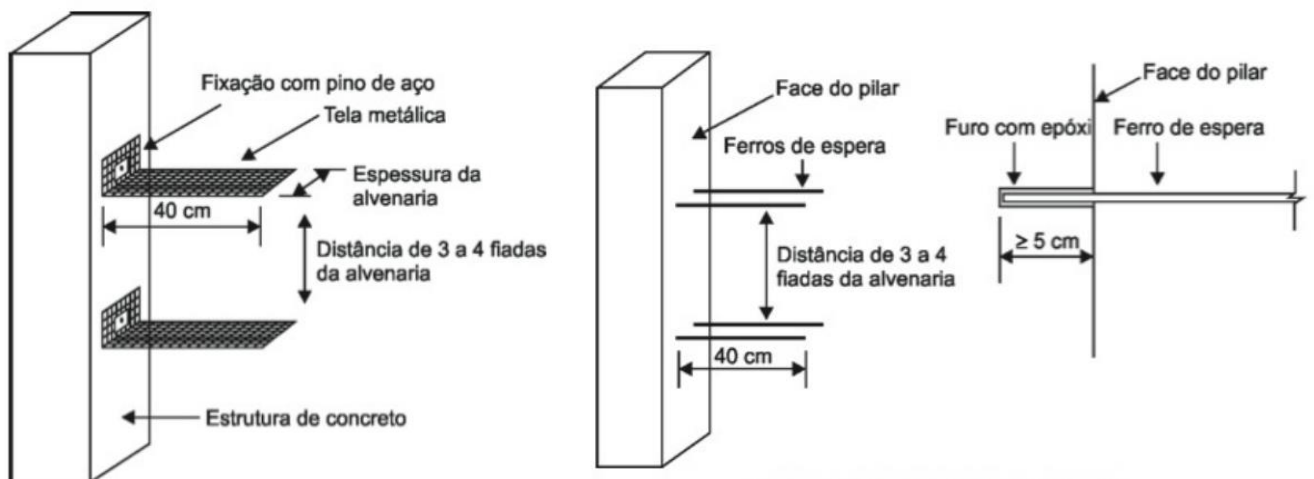


Fonte: SALGADO,2014

O encontro da alvenaria com a estrutura de concreto necessita de uma amarração entre os dois elementos, para isso, os métodos mais utilizados são:

- Chapisco: quando a face da estrutura de concreto é chapiscada com argamassa.
- Tela galvanizada: quando uma tela é instalada na face da estrutura de concreto e posicionada transpassando a junta de assentamento entre blocos. Mostrado na figura 2.12.
- Ferros de espera: quando são colocados ferros na estrutura de forma transpasse a junta de assentamento. Mostrado na figura 2.12.

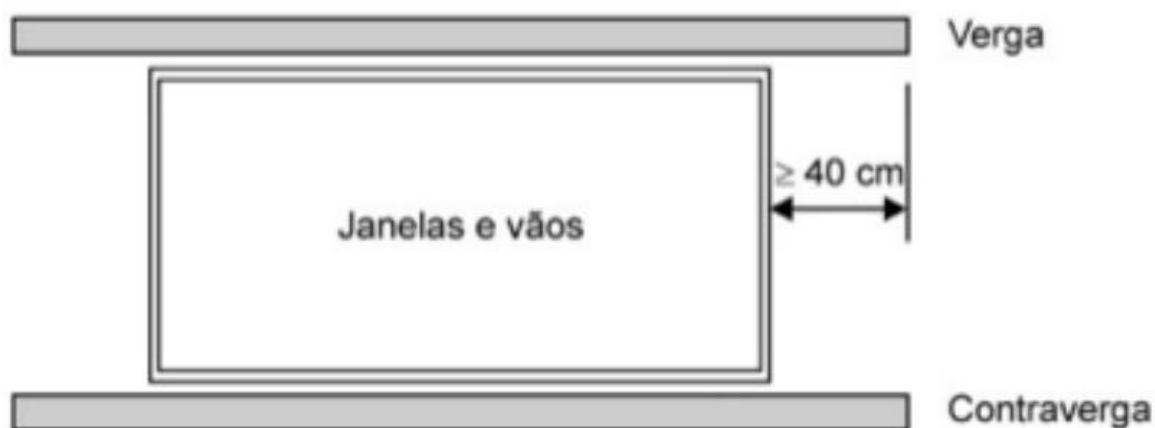
Figura 2.12 – Amarrações de alvenaria



Fonte: SALGADO, 2014

Outro ponto importante na execução da alvenaria é o contorno de portas e janelas que estão sujeitos a fissuras devido a tensões concentradas. Para evitar esse problema, são utilizadas vergas e contravergas para suportar as cargas, como exemplificado na figura 2.13.

Figura 2.13 – Vergas e contravergas



Fonte: SALGADO, 2014

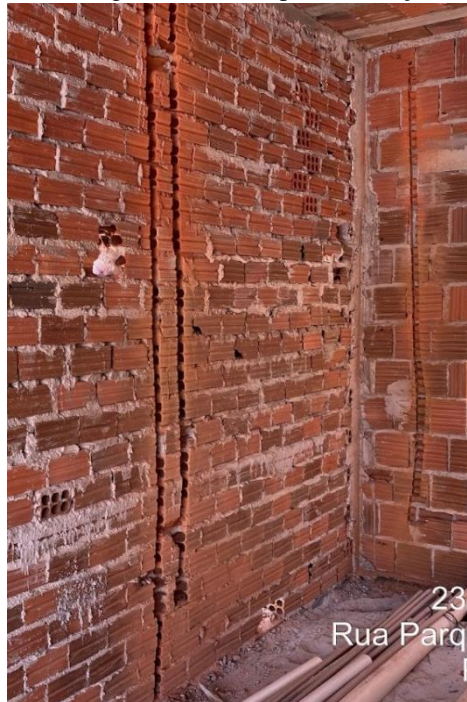
Vale ressaltar ainda, outras atividades importantes para essa etapa, são elas a amarração entre as paredes, o prumo e o encunhamento, esse último se dá porque a alvenaria é interrompida cerca de 20 cm antes do encontro com a viga para evitar problemas com a acomodação da estrutura.

2.1.1.4 Instalações complementares

Nessa fase é necessário “rasgar” a alvenaria já construída para a instalação de eletrodutos e tubos, sendo preciso o preenchimento com argamassa posteriormente. Esta etapa se torna a principal fonte de desperdício desse sistema.

As figuras 2.14 e 2.15 mostram os cortes feitos na alvenaria para embutir as tubulações das instalações elétricas e hidráulicas.

Figura 2.14 - Rasgo na alvenaria para instalações elétricas



Fonte: Autor

Figura 2.15 - Instalação hidrossanitária



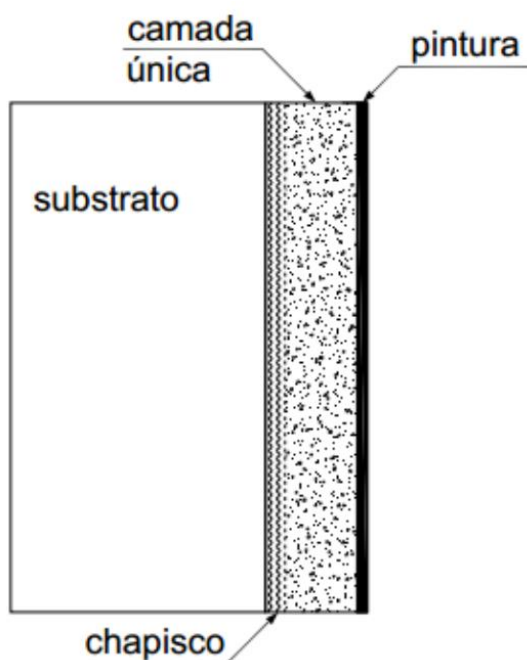
Fonte: Autor

2.1.1.5 Revestimento

As argamassas são os revestimentos mais comuns e tradicionais, e praticamente não há obra em que não sejam utilizadas. Ainda é o revestimento mais apropriado para efetuar proteção em alvenarias, sejam elas internas ou externas, de vedação ou estruturais (SALGADO, 2014). Um revestimento completo de argamassa assume duas partes: chapisco e massa única, como mostrado na figura 2.16.

Após isso, a parede está pronta para receber o acabamento, seja um fundo preparador para pintura e posterior pintura ou assentamento de cerâmica/azulejo.

Figura 2.16 – Revestimento da alvenaria



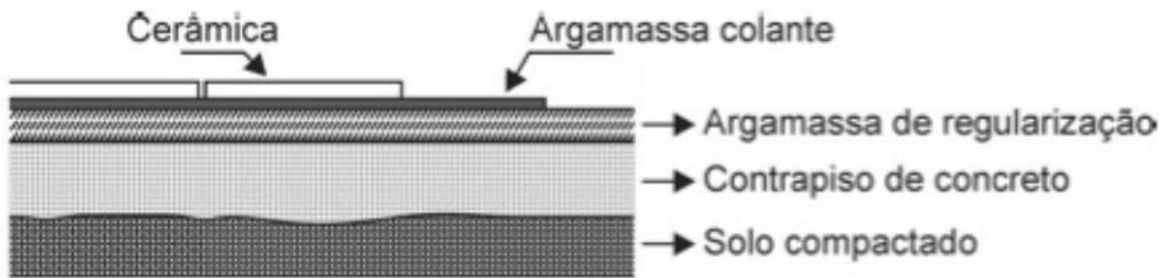
Fonte: IFRN

Para receber o revestimento do piso, é importante que o solo esteja muito bem preparado. De acordo com SALGADO, 2014, devemos observar os seguintes itens:

- O solo deve estar muito bem compactado;
- Toda a tubulação embutida deve estar muito bem vedada e testada;
- Os caimentos e nivelamentos já devem ser executados;
- Não deve haver restos de construção, principalmente madeira;
- Executar, se necessário, dreno para escoamento de águas.

Dependendo da fundação utilizada, é necessário a execução do contrapiso acima do solo e uma camada de regularização logo acima, para receber o piso sem irregularidade. Camadas mostradas na figura 2.17.

Figura 2.17 – Camadas do piso



Fonte: SALGADO, 2014

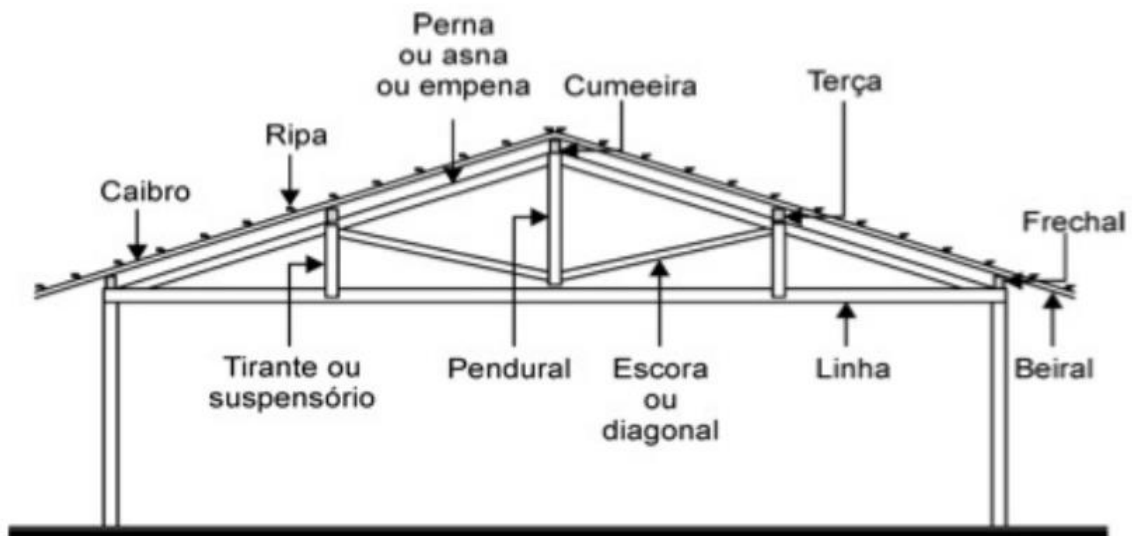
2.1.1.6 Cobertura

A cobertura é o elemento da construção que tem como primeira finalidade proteger a obra e seu conteúdo contra as intempéries e ações da natureza. (SALGADO, 2014)

Entre os tipos mais utilizados, pode-se citar a cobertura de madeira com telhas cerâmicas e laje treliçada.

A opção em madeira com telhas cerâmicas (figura 2.18) é composta de um sistema treliçado com os seguintes elementos: caibro, ripa, empena, tirante, cumeeira, escora, linha, terça, beiral e frechal. Alguns cuidados devem ser tomados na execução de um telhado, são eles, usar sempre madeira de qualidade, sem nós ou defeitos, a madeira deve estar seca, e se for ficar expostas às intempéries deve receber tratamento impermeabilizante. (SALGADO, 2014)

Figura 2.18 – Elementos de um telhado

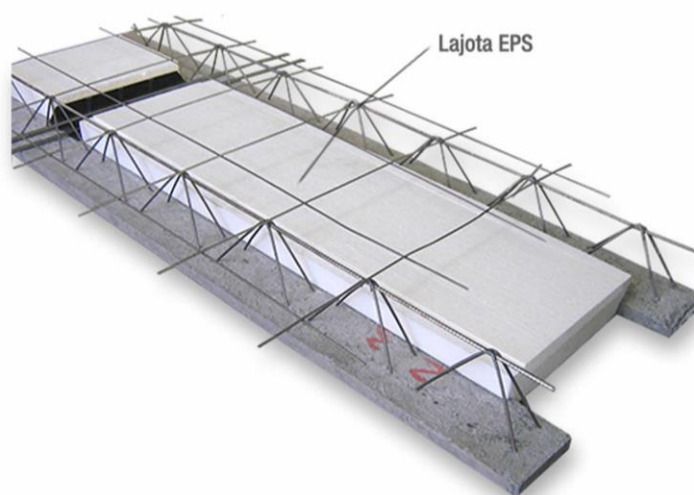


Fonte: SALGADO, 2014

A colocação das telhas sobre o madeiramento deve ser feita de baixo para cima e é muito importante para o aspecto visual, que o alinhamento horizontal e vertical seja sempre respeitado. (SALGADO, 2014)

A outra opção muito utilizada é a laje treliçada, composta por vigotas de concreto armado e nos vãos entre esta estrutura, utiliza-se um material de preenchimento como EPS ou bloco cerâmico. Este último ainda é muito utilizado, porém a lajota em EPS apresenta diversos benefícios como, menos carga nas estruturas e fundações, facilidade no manuseio e transporte, e melhor isolamento térmico, conforme mostrado na figura 2.19.

Figura 2.19 – Laje treliçada



Fonte: ISOPLAST

Para a opção da laje treliçada, faz-se necessário a impermeabilização de toda a área exposta às intempéries.

2.2 Sistema construtivo em painéis monolíticos em EPS

Os painéis que compõem este sistema são feitos de poliestireno expandido (conhecido como isopor®), revestidos por uma malha de aço de alta resistência em cada uma de suas faces, unidas por barras de aço. Esse sistema consegue obter em um único elemento funções estruturais autoportantes, simplificando a execução e obtendo grande versatilidade de formas e acabamentos. (EMMEDUE, 2014).

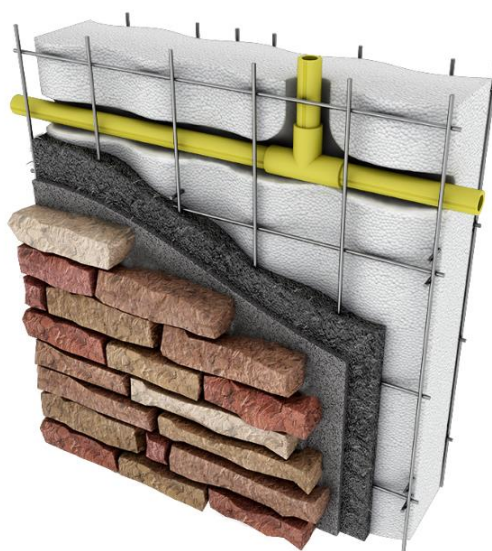
De acordo com BERTOLDI, 2007, os painéis podem ser utilizados como elementos de vedação horizontal, em lajes e, também de coberturas, em lajes planas, inclinadas em forma de

arco. Outro elemento que proporciona ganho de produtividade e qualidade na obra, é o painel escada, que simplifica a execução.

As malhas utilizadas no sistema são produzidas com aço de alta resistência, podendo ser do tipo comum, zincado, galvanizado a quente e inoxidável, adequados às necessidades de aplicação e que garantam estabilidade e integridade ao longo do tempo. As telas podem ser produzidas com fios de aço, horizontais e verticais, com diâmetros iguais ou diferentes, dependendo da aplicação, da forma dos painéis. Os diâmetros poderão variar de 2 a 10 mm. As dimensões das malhas, também podem variar, de um mínimo de 50 a 300 mm de espaçamento. (BERTOLDI, 2007).

Ainda segundo o autor, a espessura do núcleo de EPS também é variável, sendo utilizado normalmente entre 50 e 100 mm e sua estrutura está representada pela figura 2.20

Figura 2.20 - Painel Monolítico em EPS



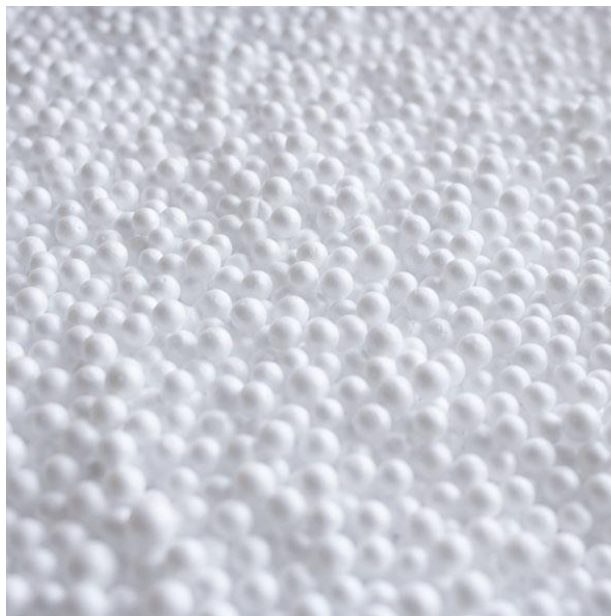
Fonte: CASSAFORMA

EPS é a sigla internacional do Poliestireno Expandido e ficou conhecido no Brasil como Isopor, marca registrada pela empresa Knauf. É produzido através de polímeros derivados do petróleo, o termo expandido é dado porque as pérolas de poliestireno aumentam em muitas vezes o seu tamanho, sendo o EPS composto por somente 2% plástico e o restante ar. (ABRAPEX, 2022)

O produto final é composto por pérolas de até 3 milímetros após a expansão (figura 2.21), no processo de transformação, essas pérolas são submetidas à expansão em até 50 vezes o seu tamanho original, através do vapor, fundindo-se e moldando-se em formas diversas. Na

construção civil, pode ser utilizado em duas versões, Classe P, não retardante à chama, e Classe F, retardante à chama. (TERMOVALE)

Figura 2.21 – Pérolas de poliestireno



Fonte: ISORECORT

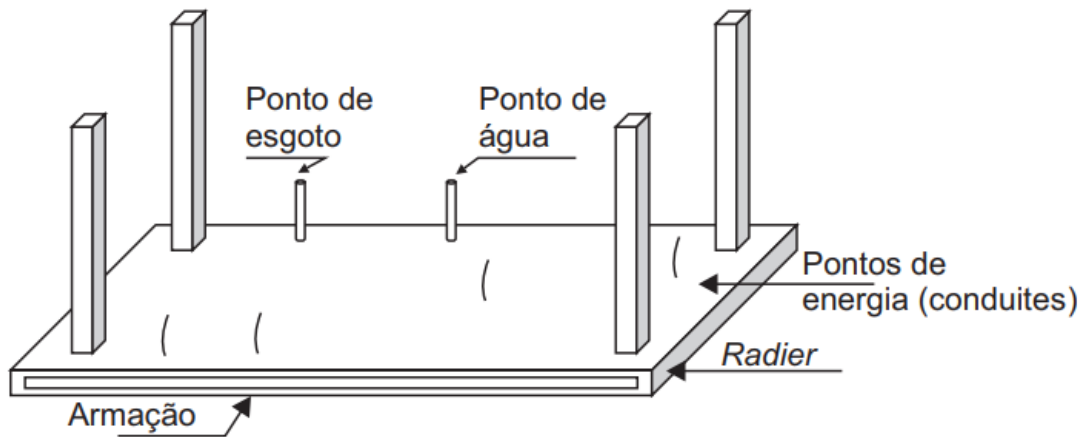
2.2.1 Técnica construtiva

2.2.1.1 Fundação

O sistema consiste em uma estrutura leve se comparado ao sistema convencional como veremos na análise comparativa, que resulta em uma economia na armação das fundações. Admite-se para cálculo estrutural que as cargas são distribuídas uniformemente pelos painéis para a fundação. (DUARTE; CARNEIRO, 2015)

De acordo com a empresa ISOALFA, normalmente são utilizadas fundações do tipo radier com concreto de fck maior ou igual a 20 Mpa, com espessura média de 12 cm, assentado sobre lastro drenante de brita. Nesse tipo de fundação, as tubulações hidráulicas e elétricas devem ser posicionadas antes da concretagem, como representado na figura 2.22.

Figura 2.22 - Fundação radier



Fonte: SALGADO, 2014

2.2.1.2 Estrutura

Ainda na fundação, serão colocados arranques de 50 cm de altura com 50 cm de espaçamento, como mostrado na figura 2.23, onde os painéis Monolíticos serão encaixados por um processo normal de amarração das armaduras e ajustados entre si através do encaixe da própria estrutura. Utiliza-se barras de aço CA-50 de 8mm de diâmetro e engastado na fundação, em furos de 10 mm de diâmetro e 10 cm de profundidade, com chumbador químico. (ISOALFA)

Figura 2.23 – Fixação dos arranques



Fonte: ISOALFA

Depois da amarração, é preciso alinhar os painéis e verificar o prumo. Para isso colocam-se réguas a uma altura de 2 a 3 metros em relação ao piso, fixando-as horizontalmente, como mostra a figura 2.24. Em seguida, colocam-se as escoras na diagonal e perpendicular às réguas. (EMMEDUE, 2014). Essa etapa é crucial para a qualidade da estrutura porque determina o alinhamento e o prumo dos painéis, caso não haja alinhamento, haverá mais gastos com argamassa para compensar o desnível e conseqüentemente mais peso nas paredes.

Figura 2.24 - Painéis escorados

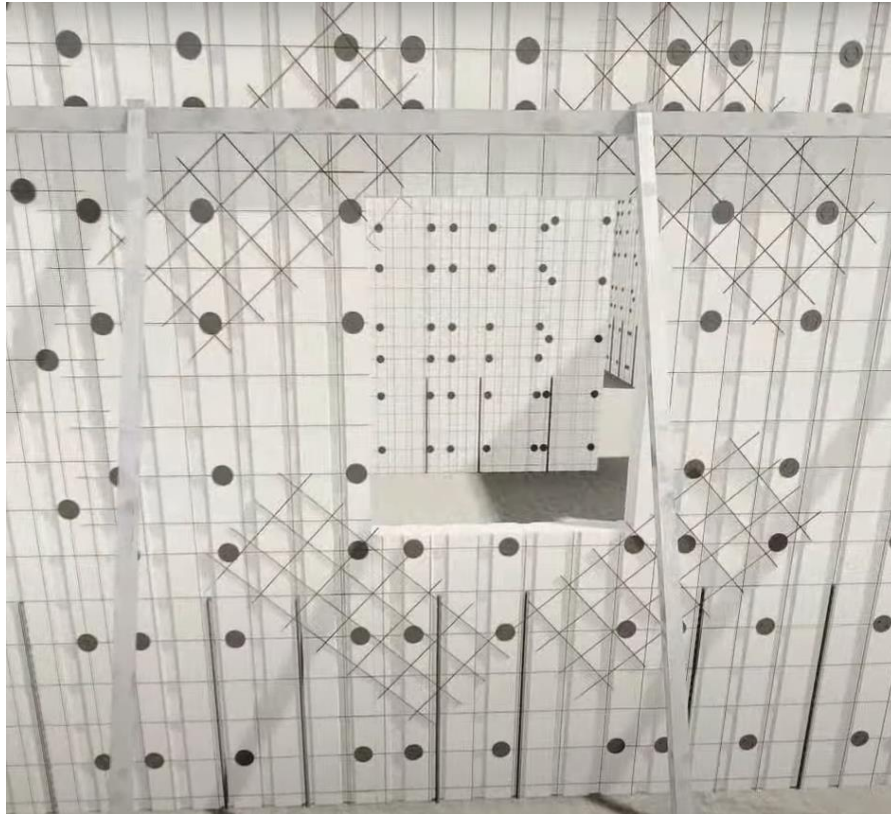


Fonte: Paredes Betel

Os painéis são instalados na vertical e podem exercer função autoportante, isto é, trabalham como estrutura da edificação, recebendo as cargas e distribuindo de forma uniforme para a fundação sem necessidade do uso de pilares e vigas. (DUARTE; CARNEIRO, 2015)

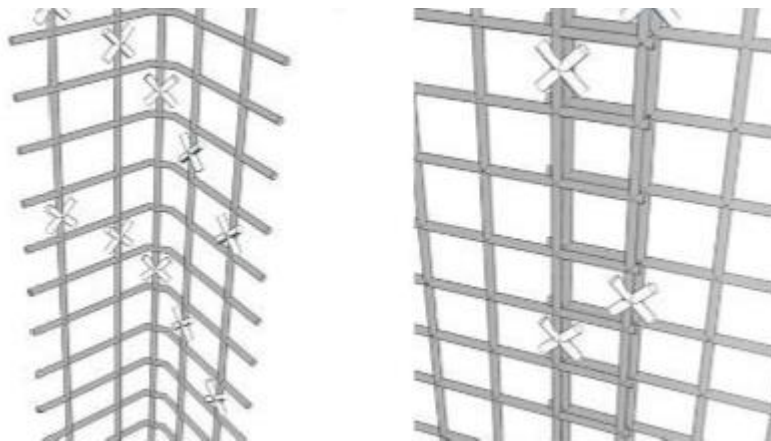
Os painéis podem ser fornecidos com vãos de portas e janelas de acordo com projeto ou cortado *in loco* com tesoura para vergalhão para a malha e serra para o EPS. Além disso, após a montagem das escoras, é necessário adicionar telas de aço em cantos e encontros com cantoneira com objetivo de proporcionar mais reforço à estrutura, representado nas figuras 2.25 e 2.26.

Figura 2.25 – Telas de reforço em vãos



Fonte: ISOALFA

Figura 2.26 – Telas de reforço em cantos e entre painéis.



Fonte: CASSAFORMA

2.2.1.3 Instalações complementares

As instalações hidráulicas e eléctricas são facilmente executadas pois não necessita quebrar a estrutura, como no processo tradicional de alvenaria. O percurso das instalações deve

ser desenhado no painel com tinta e, em seguida, é realizada a abertura dos espaços da tubulação com uma pistola de ar quente. A tubulação deve ficar por trás da malha de aço. (EMMEDUE, 2014). Processo mostrados nas figura 2.27 e 2.28.

Vale salientar que, quando necessário, é permitido cortar a tela metálica para passagem de tubos rígidos, e no final é feito o fechamento da mesma, com as mesmas propriedades da anterior. Os cortes não influenciam a eficácia da estrutura autoportante devido a pequena área que ocupam no interior do painel. (DUARTE; CARNEIRO, 2015)

Quando houver a necessidade de manutenção das instalações hidráulicas, esta será feita da mesma forma em que é feita para a alvenaria de tijolos cerâmicos, ou seja, quando a falha estiver no interior da alvenaria será necessária a quebra das duas camadas de revestimento em argamassa estrutural. Após o conserto deve-se repor novamente as duas camadas. (DUARTE; CARNEIRO, 2015)

Figura 2.27 - Abertura no painel para instalações complementares



Fonte: Paredes Betel

Figura 2.28 - Instalações complementares



Fonte: EMMEDUE

2.2.1.4 Revestimento

A aplicação do revestimento nos painéis é uma etapa que apresenta grande praticidade na execução, já que, pode ser utilizado equipamento de projeção pneumático, mostrado na figura 2.29. Os revestimentos que são aplicados devem ter alta resistência, apresentar baixa retração e ter facilidade de aplicação apresentando fluidez e plasticidade. (BERTOLDI, 2007).

O traço da argamassa utilizada é 1:3 (cimento e areia), com 200 ml de aditivo plastificante e 50g de microfibras de polipropileno por saco de cimento. É feito pelo menos 2 camadas em cada face do painel, a primeira com 1 cm de espessura, também chamada de chapisco, e a segunda com 2cm, 48 horas após a primeira. (ISOALFA)

Figura 2.29 - Aplicação de primeira camada



Fonte: PAREDES BETEL

Após a secagem da segunda camada, a parede já apresenta característica autoportante e pode remover as escoras, além disso, está pronta para receber o acabamento, seja em massa corrida e posteriormente tinta ou revestimento cerâmico. A figura 2.30 ilustra o revestimento de um painel em EPS.

Figura 2.30 - Revestimento de um painel monolítico



Fonte: ISORECORT

Para o revestimento do piso, quando o radier é bem executado e bem liso, não é necessária uma camada de regularização antes do assentamento do piso.

2.2.1.5 Cobertura

A laje mais comumente utilizada e mais indicada para o método é a pré-fabricada treliçada com lajotas de EPS, apoiada diretamente sobre o painel em EPS, como mostrado na figura 2.31.

Figura 2.31 – Laje do sistema monolítico



Fonte: LAJES PRESIDENTE

3 METODOLOGIA

Este trabalho teve como finalidade a realização de um estudo com o objetivo de comparar a técnica construtiva em painéis de EPS ao método mais utilizado no Brasil. Para isso, o desenvolvimento deste trabalho baseia-se no método exploratório para caracterizar o sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS e o sistema convencional, considerado neste trabalho pela estrutura formada por concreto armado e a vedação composta de alvenaria. Sendo realizado por meio de revisão bibliográfica com embasamento em livros, artigos, normas e manuais técnicos.

4 RESULTADOS

Para estruturar um estudo comparativo entre os dois sistemas utilizou-se como referência os preceitos da NBR 15575:2021 (Edificações habitacionais – Desempenho), que traz em seu conteúdo as exigências dos usuários para sua satisfação quanto a edificação. São eles:

- Segurança Mecânica
- Segurança ao fogo
- Conforto térmico
- Conforto acústico
- Impacto ambiental
- Durabilidade
- Estanqueidade

Além disso, para contemplar outros critérios importantes de um sistema construtivo de qualidade, foram considerados os seguintes pontos.

- Armazenamento
- Peso
- Produtividade e mão de obra
- Preço
- Execução das instalações complementares
- Mercado e aceitação
- Limitações

A partir da revisão bibliográfica feita, esses pontos foram comparados e detalhados a seguir.

4.1 Comparativo

4.1.1 Resistência Mecânica

A resistência à compressão do sistema convencional completo é dada em função da estrutura de concreto armado, formado por pilares e vigas, e projetados para resistir a carga crítica. Com o dimensionamento correto, a estrutura é capaz de resistir a cargas extremamente altas.

Contudo, sobre a alvenaria não deve ser aplicada nenhum tipo de porque a mesma além de apresentar uma baixa resistência, terá a função, no caso em estudo, apenas de realizar a vedação vertical. Apresenta boa resistência a absorção de impactos, quedas e vibrações, porém inferior ao sistema em painéis EPS.

O sistema em EPS, por conta de suas células fechadas, proporciona altíssimo poder de absorção de impactos, quedas e vibrações, caracterizando uma elevada resistência mecânica.

O valor de resistência à compressão, que se deve obter com a aplicação das recomendações anteriores, é na ordem de 35 MPa, lembrando que esse valor, se deve, também, ao processo de projeção pneumático recomendado, o qual imprime uma compactação do revestimento à superfície de uma forma constante. (BERTOLDI,2007)

4.1.2 Resistência ao fogo

Para a alvenaria, de acordo com a norma técnica 08/2019 do Corpo de Bombeiros, uma parede de espessura total igual a 13 centímetros, obtém um tempo de resistência de 2 horas. Se tratando da resistência das estruturas de concreto armado, quando bem dimensionadas para suportar altas temperaturas, não devem apresentar problemas.

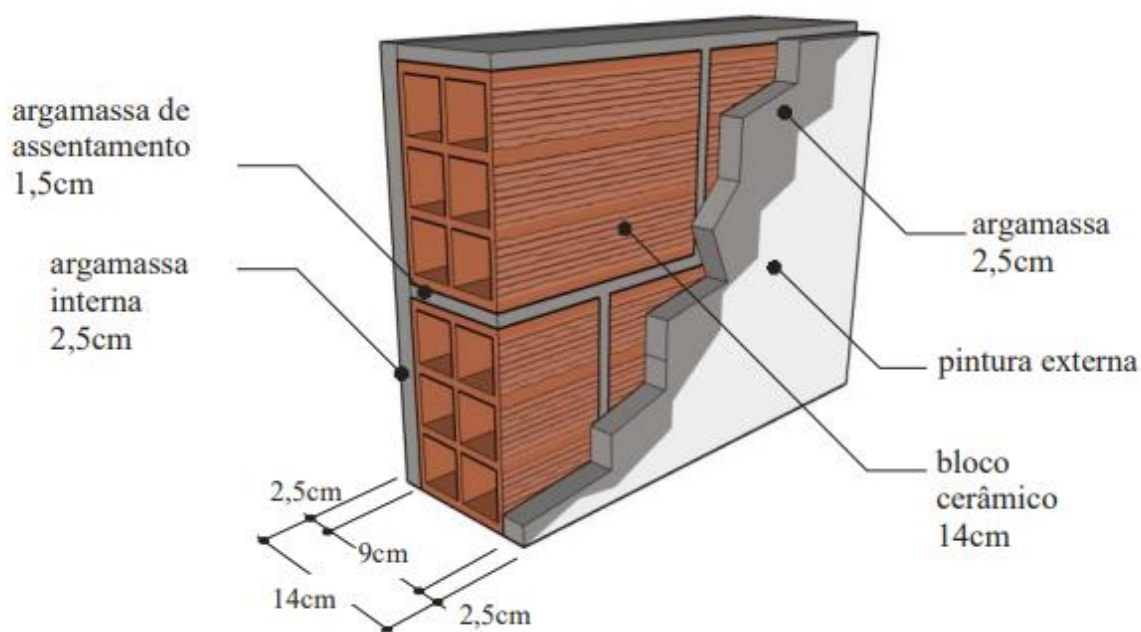
O EPS utilizado no sistema é não inflamável (Tipo F), ocasionalmente denominado "auto-extinguível" ou "retardante a chama", e contém ainda um inibidor de combustão. Em contato com uma chama contrai, dificultando a sua ignição. Só após uma exposição prolongada à chama é que se pode dar a ignição do material, embora a propagação da chama seja sempre muito limitada.

De acordo com o Engenheiro Denilson, do Grupo Isorecort, uma parede de painel monolítico de 14 cm resistiu por 30 minutos à condições extremas de calor. A norma técnica 08/2019 do Corpo de Bombeiro aponta o tempo requerido de resistência ao fogo de uma edificação residencial com altura menor que 12 metros, como sendo 30 minutos.

4.1.3 Isolamento Térmico

A alvenaria em blocos cerâmicos apresenta um bom isolamento, porém possui capacidade resistiva inferior à do EPS. Sua transmitância térmica global é em média 2,46, segundo o INMETRO (2013), para uma parede com as características mostradas na figura 4.32.

Figura 4.32 – Parede de alvenaria utilizada pelo INMETRO para cálculo da transmitância global



Fonte: Anexo V INMETRO (2013)

A tabela a seguir, da norma de desempenho 15575, nos mostra os limites da transmitância térmica em paredes externas para as diferentes zonas bioclimáticas. Considerando que boa parte do território nacional se encontra nas zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8, vemos uma exigência de valor, menor ou igual a 3,7, quando a absorvância da parede externa é menor ou igual a 60%.

Tabela 4.1 – Transmitância térmica nas diferentes zonas

Transmitância Térmica U (W/m².K)		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
$U \leq 2,5$	$\alpha^1 \leq 0,6$	$\alpha^1 > 0,6$
	$U \leq 3,7$	$U \leq 2,5$
¹ α é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.		

Fonte: NBR 15575

Paredes claras possuem absorvância igual ou menor a 60%, por isso a norma de desempenho pede um valor de transmitância térmica menor ou igual a 3.7. Para usar cores escuras nas paredes externas, onde mais de 60% de toda radiação incidente nessa parede será absorvida, a norma exige um valor de transmitância menor que 2,5.

Já o EPS, apresenta isolamento térmico excelente, sendo essa uma de suas principais características. O EPS apresenta alta capacidade de resistir a passagem de calor devido a sua estrutura celular fechada. Uma parede de 15 cm feita com painéis monolíticos em EPS apresenta transmitância térmica de 0,43 (BERTOLDI, 2007), valor quase 6 vezes menor que o da alvenaria cerâmica e bem abaixo dos limites propostos pela NBR 15575.

O autor também apresenta a tabela 4.2, onde compara a espessura necessária em alvenaria cerâmica para atingir os mesmos níveis de transmitância térmica do painel em EPS. Como resultado, foi obtido que um painel em EPS com espessura final de 15 cm equivale à uma parede de alvenaria de 98 cm no quesito isolamento térmico.

Tabela 4.2 – Transmitância térmica de diferentes espessuras com alvenaria em tijolo cerâmico e painel em EPS

Descrição	Espessura EPS (mm)	Densidade EPS (kg/m ³)	Espessura Painel Argamassado (mm)	Espessura equivalente Alvenaria cerâmica (mm)	Transmitância Térmica (W/M ² °C)
Painel Parede Ondulado - 25	25	10	80	280	1,266
Painel Parede Ondulado - 50	50	10	110	550	0,72
Painel Parede Ondulado - 90	90	10	150	980	0,43
Painel Parede Ondulado - 140	140	10	200	1510	0,289

Fonte: BERTODI, 2007

4.1.4 Isolamento acústico

As propriedades acústicas dos dois materiais são semelhantes, a CASSAFORMA apresenta o isolamento acústico da parede em EPS sendo de 45dB. Já para a alvenaria, a EMMEDUE apresenta o valor de 41dB, para paredes de mesma espessura. Ambas atendem as exigências da NBR 15575, que estabelece um nível mínimo de 30 dB de isolamento acústico em paredes externas de habitações sujeitas a ruídos médios.

4.1.5 Armazenamento e Transporte

Se tratando do armazenamento dos blocos cerâmicos, suas pilhas ocupam muito espaço, reduzindo o índice de mobilidade na obra. Já o armazenamento dos materiais utilizados na estrutura não gera maiores problemas.

Já o armazenamento do EPS é facilitado devido ao seu caráter industrial. Pode ser empilhado na horizontal sobreposto com no máximo 20 painéis. Reduz a ocupação de espaço, gerando maior mobilidade na obra.

Comparando o transporte dos materiais dos dois sistemas, temos que para o EPS, isso se dá de maneira muito mais facilidades devidas seu leve peso. Facilitando tanto o carregamento quanto o descarregamento dos painéis.

Figura 4.33 – Armazenamento dos painéis



Fonte: Paredes BETEL

4.1.6 Peso próprio

Percebe-se também que o peso próprio do painel EPS é inferior ao peso de uma parede de alvenaria em blocos cerâmicos, tendo os painéis monolíticos um peso de 90 kg/m² (CELERE, 2021) e uma parede de blocos cerâmicos revestida com argamassa um peso de 160 kg/m² (NBR 6120:2019). Além disso, podemos considerar a redução no peso devido ao não uso de pilares e vigas, o que torna o sistema completo ainda mais leve.

4.1.7 Produtividade e mão de obra

De acordo com MENDES e PEREIRA, a montagem dos painéis em EPS apresentam uma produtividade de 0,15 horas por metro quadrado, enquanto o assentamento do bloco cerâmico tem uma produtividade de 0,43 horas por metro quadrado.

Considerando que a montagem dos painéis engloba a vedação, estrutura e revestimento dos painéis até o reboco, nota-se que a produtividade do sistema convencional é ainda mais baixa quando adicionamos a execução da estrutura, instalações hidrossanitários e revestimento. O sistema monolítico pode reduzir em até 50% o tempo de execução em relação ao sistema convencional.

Além disso, o EPS não exige mão de obra especializada. Assim como o assentamento dos blocos cerâmicos, faz-se necessário a qualificação da equipe por meio de treinamento. Ainda sobre a mão de obra, se tratando de ergonomia e comentado por SALGADO, a alvenaria é executada assentando peça por peça, proporcionando um desgaste físico considerável aos trabalhadores.

Figura 4.34 – Fácil manuseio dos painéis



Fonte: Paredes BETEL

4.1.8 Preço

Os materiais utilizados no sistema convencional são encontrados em abundância no mercado e por esse motivo apresentam baixo custo unitário inicial. Porém, o custo final mais elevado se dá pela necessidade de mais mão de obra, materiais e tempo.

No estudo feito por BALBINO em 2020, foi analisada a construção de uma residência unifamiliar com 46,80 m² de área construída e comparado os orçamentos para o método do sistema convencional e para o sistema monolítico em EPS. Como resultado, BALBINO obteve um custo para o sistema convencional de R\$ 49.421,77 e para o sistema de painéis monolíticos de R\$ 35.022,43, gerando uma economia de aproximadamente 29%. Essa economia está atrelada à 2 fatores principais: redução no tempo de obra e redução da infraestrutura da casa.

A fundação analisa para a alvenaria convencional do caso foi feita com o embasamento em alvenaria de pedra argamassada, junto com cinta baldrame de medidas 10x10 e 4 sapatas com medidas 80x80x80. Para o sistema em painéis monolíticos em EPS foi utilizada a fundação em radier.

Tabela 4.3 – Estimativa de custos em alvenaria convencional

ETAPA	CUSTO	%
1.0 Infraestrutura	R\$ 11.039,82	22,34
2.0 Superestrutura e paredes	R\$ 7.874,71	15,93
3.0 Esquadrias	R\$ 6.007,30	12,16
4.0 Cobertura	R\$ 9.943,47	20,12
5.0 Impermeabilização	R\$ 520,66	1,05
6.0 Revestimentos	R\$ 2.953,85	5,98
7.0 Instalações	R\$ 11.081,95	22,42
TOTAL	R\$ 49.421,77	100

Fonte: BALBINO, 2020

Tabela 4.4 – Estimativa de custos em painéis de EPS

ETAPA	CUSTO	%
1.0 Infraestrutura	R\$ 3.390,15	9,68
2.0 Superestrutura e paredes	R\$ 5.016,04	14,32
3.0 Esquadrias	R\$ 5.827,08	16,64
4.0 Cobertura	R\$ 9.943,47	28,39
5.0 Impermeabilização	R\$ 324,35	0,93
6.0 Revestimentos	R\$ 1.413,64	4,04
7.0 Instalações	R\$ 9.107,69	26,01
TOTAL	R\$ 35.022,43	100

Fonte: BALBINO, 2020

4.1.9 Durabilidade

A Revista Super Interessante apresenta a durabilidade do concreto armado entre 50 a 100 anos, a depender de como ele foi feito, usado e mantido. Para o EPS, a CASSAFORMA aponta uma durabilidade maior que 50 anos.

Para a NBR 15575, a Vida Útil do Projeto (VUP) mínima para estruturas de concreto deve ser igual ou superior a 50 anos, sendo assim, os dois sistemas atendem à essa exigência da norma.

4.1.10 Estanqueidade

A alvenaria em tijolo cerâmico apresenta menor estanqueidade devido ao seu maior grau de porosidade. Já o EPS, apresenta baixo nível de absorção de água por ser um material não higroscópico (CELERE,2021). Além disso, não absorve a umidade, o que proporciona a não proliferação de cupins e fungos

4.1.11 Execução das instalações complementares

No sistema convencional, a etapa de instalações complementares é a mais ineficiente e que mais gera desperdício devido a necessidade de retrabalho ao quebrar os blocos cerâmicos para passagem de canos e eletrodutos.

No sistema em EPS, é extremamente facilitada, gera zero resíduos e demanda menos mão de obra, devido à técnica do sistema.

4.1.12 Mercado e aceitação

O sistema convencional apresenta melhor aceitação por parte dos usuários e dos construtores por ser um sistema já conhecido e perpetuado. Já o EPS, apresenta baixa aceitação, devido a fatores como desconhecimento do material quanto a suas vantagens, cultura conservadora, insegurança com o novo e pouca disponibilidade de mercado, apesar de ser fácil encontrar fornecedores do sistema.

4.1.13 Limitações

O método convencional não apresenta limitações na sua execução, podendo ser feito nas mais diversas quantidades e dificuldades. Porém, o sistema monolítico apresenta uma limitação de até 3 pavimentos (ISOALFA). Sendo possível obter números maiores, quando recorrido a estruturas auxiliares como vigas e pilares.

Além disso, as paredes do método monolítico podem chegar até doze metros de extensão sem a necessidade da utilização de pilares (ISOALFA)

4.1.14 Desperdício e sustentabilidade

O sistema convencional gera grandes quantidades de entulho durante a obra e utiliza-se de muita água e energia desde sua fabricação até execução. Por outro lado, o EPS é composto por até 98% ar e 2% poliestireno, o que o torna 100% reciclável e reaproveitável. Com seu uso diminui-se drasticamente o consumo de água e energia desde a sua fabricação até sua execução e reduz a geração de resíduos na obra para quase zero.

A reciclagem do EPS ocorre de três formas:

- Energética: destinada para a produção de energia elétrica;
- Mecânica: para a fabricação de novos plásticos;
- Química: para a fabricação de colas e solventes.

A Construção Civil é o maior mercado para o EPS reciclado, com cerca de 80% (misturado em argamassa, concreto leve, lajotas, telhas termoacústicas, rodapés e decks de piscinas). Outras aplicações são verificadas para a indústria de calçados, na fabricação de utilidades domésticas, entre outros produtos. (PLASTIVIDA, 2012).

O processo de obtenção dos principais materiais do método convencional apresenta grandes problemas, a argila, por exemplo, matéria prima do bloco cerâmico, possui uma das atividades exploradoras mais impactantes ao meio ambiente, causando degradação visual da paisagem, do solo, do relevo e alteração na qualidade das águas. (JUNIOR e BRITO, 2016). Já o cimento, principal matéria prima do concreto, exige um alto consumo de energia, seja na forma de energia térmica (calor), por meio de combustíveis utilizados para aquecer os fornos, seja na forma de energia elétrica, consumida em todo o processo industrial para movimentar máquinas, fazer girar os fornos rotativos e os moinhos, além de emitir uma alta quantidade de dióxido de carbono (CO₂), um dos principais gases que desequilibram o efeito estufa. (ECYCLE)

4.2 Considerações finais

A fim de obter uma visão mais ampla das vantagens e desvantagens de cada sistema foi elaborado o quadro 4.1, nele consta cada propriedade abordada aqui, identificada por sinais coloridos que mostram qual sistema apresenta a melhor característica para cada item.

Para critérios onde os sistemas empataram, ou seja, não há um sistema melhor para o critério em análise, foi utilizado o sinal amarelo. Quando há predominância de algum método, foi utilizado o sinal verde para indicar o método mais vantajoso, e o sinal vermelho para o método menos vantajoso.

Quadro 4.1 – Comparativo entre sistemas

PROPRIEDADES	SISTEMA COVENCIONAL EM TIJOLO CERÂMICO	SISTEMA MONOLÍTICO EM EPS
RESISTÊNCIA MECÂNICA	■	■
RESISTÊNCIA AO FOGO	■	■
ISOLAMENTO TÉRMICO	▼	▲
ISOLAMENTO ACÚSTICO	■	■
ARMAZENAMENTO E TRANSPORTE	▼	▲
PESO	▼	▲
PRODUTIVIDADE E MÃO DE OBRA	▼	▲
PREÇO	▼	▲
DURABILIDADE	■	■
ESTANQUEIDADE	▼	▲
EXECUÇÃO DAS INSTALAÇÕES COMPLEMENTARES	▼	▲
MERCADO/ACEITAÇÃO	▲	▼
LIMITAÇÕES	▲	▼
DESPERDÍCIO E SUSTENTABILIDADE	▼	▲

Fonte: Elaborado pelo autor

5 CONCLUSÃO

Algumas práticas do sistema construtivo convencional são datadas de milhares de anos, a alvenaria com blocos de pedra, por exemplo, foi utilizada pelos gregos 440 a.C. Já o concreto armado, foi desenvolvido em 1849. Desde então, se tornou o sistema mais utilizado no Brasil devido sua alta disponibilidade no mercado e, conseqüentemente, maior facilidade e conhecimento do método executivo. Mesmo após milhares de anos e melhorias, tornou-se ultrapassado após o desenvolvimento de novas tecnologias mais eficientes.

Com este trabalho, pode-se observar que o método construtivo em painéis monolíticos em EPS apresenta diversas vantagens quando comparado com o sistema convencional. Mas que ainda é visto com certo medo devido a sua matéria prima, o EPS. Alguns dos benefícios são, aumento do conforto acústico, grande facilidade de armazenamento e manuseio, ganho de produtividade, redução no custo final da obra, melhor estanqueidade, maior facilidade na execução das instalações complementares e menor desperdício.

O sistema convencional apresenta menor resistência ao impacto na alvenaria, porém a estrutura de concreto armado proporciona ao método grande capacidade de suportar cargas, tornando quase ilimitado na questão de pavimentos e vão livres. Por outro lado, o painel monolítico vai apresentar maior resistência a impactos com menor capacidade de suportar cargas, se limitando a quatro pavimentos. Se tratando de construções residenciais, este sistema é de fato o mais vantajoso nesse quesito.

Se tratando da resistência ao fogo, apesar do sistema convencional suportar mais tempo, os dois sistemas estão dentro da norma e possuem bom comportamento quando submetidos a situações extremas. Em relação ao isolamento acústico, os dois métodos performam de forma similar e atendem os requisitos da norma de desempenho. Quando falamos em durabilidade, podemos destacar a excelente durabilidade dos materiais e processos construtivos.

O método monolítico apresenta algumas características que superam o sistema convencional com imenso mérito, são elas, o isolamento térmico, onde vimos que uma parede em EPS de 15 cm gera o mesmo conforto que uma parede de 98 cm de tijolo cerâmico, a facilidade de armazenamento, causado principalmente pelo seu baixo peso, que também é uma vantagem quando pensamos no peso próprio da construção sobre a fundação, o grande ganho

de produtividade, podendo reduzir em até 50% o tempo de uma obra, o preço, consequência da redução de custo com estrutura de pilares e vigas e na redução da mão de obra, a estanqueidade, por ser um material higroscópico, apresenta baixíssimos níveis de absorção de água, e a facilidade na execução das instalações complementares, que além de ser muito mais prático e rápido, gerar zero resíduos.

O EPS é composto por até 98% ar e 2% poliestireno, o que o torna 100% reciclável e reaproveitável. Com seu uso diminui-se drasticamente o consumo de água e energia desde a sua fabricação até sua execução e reduz a geração de resíduos na obra para quase zero. Por outro lado, o sistema convencional gera grandes quantidades de entulho durante a obra e utiliza-se de muita água e energia desde sua fabricação até execução.

Ainda assim, os consumidores do mercado da construção civil apresentam grande resistência e não estão familiarizados com os painéis monolíticos. Esse cenário deve mudar muito em breve, visto que existe uma grande necessidade por processos mais eficientes que proporcione mais rapidez, qualidade e sustentabilidade. Além disso, a metodologia apresentada responde à todas as exigências construtivas, arquitetônicas e sustentáveis.

Uma sugestão para pesquisa futura é analisar o uso misto dos dois sistemas, utilizando concreto armado para a estrutura e o EPS apenas para vedação. É possível que essa solução amenize a carga sobre o sistema estrutural e contribua com a redução das seções dos elementos e conseqüentemente com o custo da obra. Outro aspecto importante, é observar a produtividade da obra.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho**. Rio de Janeiro. 2021.

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

ABRAPEX. O que é EPS?. Disponível em: < <http://abrapex.com.br/>>. Acesso em 08 jun. 2022.

Altonildo Campos Júnior, Whelson Oliveira de Brito. **BLOCOS CERÂMICOS: PRODUÇÃO E ANÁLISE DAS AGRESSÕES AMBIENTAIS**. Instituto Federal de educação, Ciência e Tecnologia da Paraíba. Campina Grande. 2016

ANEXO DA PORTARIA INMETRO Nº 50/ 2013 - **ANEXO GERAL V – Catálogo de propriedades térmicas de paredes, coberturas e vidros**. 2013.

BALBINO, Matheus de Souza. **SISTEMA CONSTRUTIVO EM PAINÉIS MONOLÍTICOS DE EPS: UMA SOLUÇÃO PARA A CONSTRUÇÃO DE HABITAÇÕES POPULARES NO BRASIL**. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2020.

ASTRA. Conheça os 4 sistemas de construção mais utilizados. Disponível em: < www.astrasa.com/>. Acesso em 08 jun. 2022.

Barbosa, Iutah Cristal Dezidério de Veras. **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS MÉTODOS CONSTRUTIVOS DE CONCRETO ARMADO E MADEIRA EM UMA RESIDÊNCIA UNIFAMILIAR NO TOCANTINS** – Palmas, TO, 2019.

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**. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007

CORPO DE BOMBEIROS DO ESTADO DE SÃO PAULO. **INSTRUÇÃO TÉCNICA n º 08/2019: Segurança estrutural contra incêndio**. São Paulo. 2019

CASSAFORMA, **Sistema Construtivo**. Argentina. Disponível em: < <http://cassaforma.com/>>. Acesso em: 22 jan. 2022.

CELERE, **Painéis monolíticos: o que são e quais são suas vantagens**. 2021. Disponível em: < <https://celere-ce.com.br/> >. Acesso em: 08 jun. 2022.

DUARTE, Lorena Pereira; CARNEIRO, Pedro Vieira. **Sistema Construtivo Utilizando-se Poliestireno Expandido para Vedação Vertical**. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2015.

EMMEDUE, **Advanced Building System**, Italy. Disponível em: < www.mdue.it/ >. Acesso em: 26 jan. 2022.

ECYCLE. Como ocorre o processo de produção do cimento e quais são seus impactos ambientais? Disponível em: < <http://www.ecycle.com.br/> >. Acesso em 08 jun. 2022.

GARCIA, R. S. **Método Construtivo Monolite: Um Estudo de Caso Comparativo de Custos como Método Convencional Específico em uma Casa em Camaçari/BA**. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) -Universidade Católica de Salvador. Salvador, 2009.

ISOALFA. Painéis monolíticos em EPS. Disponível em: < <https://isoalfa.com.br/paineis-monoliticos/> >. Acesso em 08 jun. 2022.

ISORECORT. MONOPAINEL®. Disponível em: < <https://www.isorecort.com.br/> >. Acesso em 08 jun. 2022.

Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia – Rio Grande do Norte. **Argamassas de revestimento**. Abril, 2012. Disponível: < Instituto Federal de educação, ciência e tecnologia – Rio Grande do Norte, 2012> Acesso em: jun. 2022.

LAJES PRESIDENTE. Laje treliçada com lajotas EPS (Isopor). Disponível em: < www.lajespresidente.com.br/ >. Acesso em 14 jul. 2022.

MENDES, Janaina Moreira; PEREIRA, Brenda dos Santos. **COMPARATIVO DE CUSTO E PRODUTIVIDADE DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM EPS E CONCRETO ARMADO**. Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) – Pontifícia Universidade Católica de Goiás. Goiânia. 2012.

MILITO, J. A. **Técnicas de construção civil e construção de edifícios**. Apostila. Faculdade de Ciências Tecnológicas da P.U.C. Campinas e Construção Civil da FACENS-Faculdade de Engenharia de Sorocaba. 284p. 2009.

Paredes BETEL. Disponível em: < <http://www.paredesbetel.com.br/> >. Acesso em 26 jan. 2022.

REVISTA SUPER INTERESSANTE. **Quanto tempo dura um prédio?**. 2018. Disponível em: < <https://mundoestranho.abril.com.br/> >. Acesso em: 08 jun. 2022.

SALGADO, J. C. P. **Técnicas e Práticas Construtivas para Edificações**. 3. ed. São Paulo: Érica, 2014.

TERMOVALE. O que é EPS? (O que é Isopor?). Disponível em: < [https:// termovale.com.br](https://termovale.com.br/) />. Acesso em 08 jun. 2022.

UNESP - UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA. Fundamentos de Concreto Armado. Prof. Dr. PAULO SÉRGIO BASTOS. 2019. Disponível em: < www.feb.unesp.br/pbastos>. Acesso em 08 jun. 2022