



UNISUL

UNIVERSIDADE DO SUL DE SANTA CATARINA

BRUNO ALVES ELIBIO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS:
ALVENARIA ESTRUTURAL E PAREDES DE EPS**

Palhoça

2019

BRUNO ALVES ELIBIO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS:
ALVENARIA ESTRUTURAL E PAREDES DE EPS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Civil.

Palhoça
2019

BRUNO ALVES ELIBIO

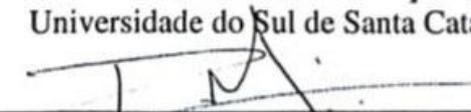
**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS CONSTRUTIVOS:
ALVENARIA ESTRUTURAL E PAREDES DE EPS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado à obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil e aprovado em sua forma final pelo Curso de Engenharia Civil da Universidade do Sul de Santa Catarina.

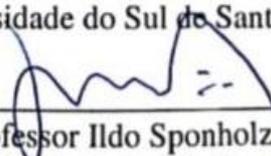
Palhoça, 12 de Junho de 2019



Professor e orientador Valdi Henrique Spohr, MSc
Universidade do Sul de Santa Catarina



Professor Ricardo Moacyr Mafra, Esp
Universidade do Sul de Santa Catarina



Professor Ildo Sponholz, MSc
Universidade do Sul de Santa Catarina

A minha esposa Bianca Castelhana, exemplo de mulher, de profissional, de mãe e a pessoa com quem compartilho todos os momentos da vida. E ao Sr. Gru, incentivador maior, e que sempre me dedicou todo o zelo e suporte nos momentos em que precisei.

AGRADECIMENTOS

A meus pais, pelos ensinamentos e pela formação concedida.

A minha irmã, pelas mensagens e palavras de incentivo.

Ao meu filho, que apesar da pouca idade soube entender os meus momentos de ausência e capaz de dar seu apoio através do jeito que lhe é característico.

Ao meu orientador Valdi Henrique Spohr, pelo seu tempo e conhecimento concedido.

E por fim, a todos que direta ou indiretamente, colaboraram para o desenvolvimento deste trabalho.

Obrigado!

“Não somos apenas o que pensamos ser. Somos mais; somos também o que lembramos e aquilo de que nos esquecemos; somos as palavras que trocamos, os enganos que cometemos, os impulsos a que cedemos, sem querer” (FREUD, Sigmund).

RESUMO

Períodos de crises políticas e econômicas estão cada vez mais presentes atualmente, e afetam diretamente o mercado da construção. A procura por técnicas de construção mais eficientes e ao mesmo tempo sustentáveis é fundamental nos dias de hoje. Considerando tal demanda, este trabalho é realizado trazendo uma revisão de literatura apresentando um comparativo entre sistemas construtivos, o modelo em alvenaria estrutural e a técnica construtiva que faz uso de paredes constituídas por poliestireno expandido (EPS). A alvenaria estrutural é um método tipicamente empregado na construção civil. Este sistema possui diversas vantagens quando comparado à sistemas convencionais de pilares, lajes e vigas. No entanto, quando a relação é feita com modelos alternativos, como o sistema de paredes de EPS, o método em alvenaria apresenta prós e contras em alguns pontos cruciais. O sistema se mostra mais vantajoso, apresentando um custo direto inferior, considerando materiais e mão de obra, além de melhores níveis de resistência acústica. Entretanto leva desvantagem nos quesitos resistência a compressão, resistência térmica, além de apresentar um tempo de execução mais lento, acarretando em um prazo de obra mais longo. O uso de novos produtos no ramo da construção possibilita o aprimoramento dos métodos construtivos. No modelo em EPS, que por sua vez é constituído por painéis de poliestireno expandido e telas de aço argamassadas, o EPS se responsabiliza pelo formato e as telas argamassadas garantem a resistência. Em função da simplicidade na execução e da quantidade reduzida de mão de obra envolvidos na aplicação, o tempo de obra é reduzido. Aliado a isto e aos ganhos em resistência também obtidos através das paredes de EPS, este método demonstra-se como um excelente sistema estrutural alternativo ao usual em alvenaria estrutural. Pesquisas relacionadas ao desempenho em geral do modelo de EPS no Brasil, contudo, ainda são insuficientes. Deste modo, este trabalho através de um comparativo com um sistema tradicional, visa realizar uma análise a respeito do desempenho estrutural técnico e econômico desta técnica construtiva, contribuindo para o seu desenvolvimento nas obras de engenharia.

Palavras-chave: Alvenaria estrutural. Poliestireno expandido. Comparativo.

ABSTRACT

Periods of political and economic crises are increasingly present today, and directly affect the construction market. The search for more efficient and at the same time sustainable construction techniques is fundamental these days. Considering this demand, this work is carried out bringing a literature review presenting a comparison between construction systems, the structural masonry model and the constructive technique that makes use of expanded polystyrene (EPS) walls. Structural masonry is a method typically employed in civil construction. This system has several advantages when compared to the conventional systems of pillars, slabs and beams. However, when the relationship is made with alternative models such as the EPS wall system, the masonry method presents pros and cons at some crucial points. The system is more advantageous, presenting a lower direct cost, considering materials and labor, as well as better levels of acoustic resistance. However, it has a disadvantage in terms of compressive strength, thermal resistance, and a slower execution time, resulting in a longer work period. The use of new products in the field of construction enables the improvement of construction methods. In the model in EPS, which in turn consists of expanded polystyrene panels and mortared steel screens, the EPS is responsible for the format and the mortar screens guarantee resistance. Due to the simplicity of the execution and the reduced amount of labor involved in the application, the work time is reduced. Allied to this and the gains in resistance also obtained through the walls of EPS, this method proves to be an excellent structural system alternative to the one usual in structural masonry. Studies related to the overall performance of the EPS model in Brazil, however, are still insufficient. Thus, this work through a comparison with a traditional system, aims to perform an analysis regarding the technical and economic structural performance of this constructive technique, contributing to its development in engineering works.

Keywords: Structural masonry. Expanded polystyrene. Comparison.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Monadnock Building	23
Figura 2 - Blocos de cerâmica	25
Figura 3 - Canteiro de obras com bloco de concreto	26
Figura 4 - Fluxograma de produção.....	30
Figura 5 - Amarração indireta	33
Figura 6 - Amarração direta	34
Figura 7 - Indicadores de produtividade.....	36
Figura 8 - Razão unitária de produção.....	37
Figura 9 - Obra de grande porte – Complexo de edifícios em alvenaria estrutural	38
Figura 10 - EPS – Isopor.....	41
Figura 11 - Painéis de EPS	42
Figura 12 - Painéis de EPS com grelhas aramadas	44
Figura 13 - Blocos de EPS	46
Figura 14 - Projeto de corte dos blocos de EPS.....	47
Figura 15 - Fixação das telas de aço	48
Figura 16 - Tipos de painéis	49
Figura 17 - Armazenamento dos painéis em obra	50
Figura 18 - Tipos de reforços.....	51
Figura 19 - Esquadrias com reforços.....	52
Figura 20 - Detalhe dos reforços nos cantos das janelas em obra.....	52
Figura 21 - Montagem do sistema.....	53
Figura 22 - Arranques para fixação dos painéis	54
Figura 23 - Detalhe dos arranques para montagem dos painéis em obra	54
Figura 24 - Grampeador com grampos de aço para amarração dos painéis nos arranques	55
Figura 25 - Facilidade de transporte dos painéis	55
Figura 26 - Detalhe das réguas e escoras que garantem a verticalidade dos painéis diagonais.	56
Figura 27 - Réguas e escoras.....	57
Figura 28 - Instalações hidráulicas.....	58
Figura 29 - Detalhe das instalações elétricas.....	58
Figura 30 - Pistola de ar quente	59
Figura 31 - Acabamento externo da edificação de 3 pavimentos feita em painéis de EPS.....	60

Figura 32 – Acabamento interno da edificação de 3 pavimentos feita em painéis de EPS	60
Figura 33 - Rebocadora pneumática tipo caneca	61
Figura 34 - Aplicação de argamassa por equipamento de projeção.....	62
Figura 35 - Aplicação de argamassa simples.....	62
Figura 36 - Casa de alto padrão com paredes de EPS	63
Figura 37 - Edificação de grande porte com paredes em EPS	64
Figura 38 - Condomínio Minha Casa Minha Vida.....	73
Figura 39 - Planta baixa do protótipo Casa 1.0 da ABCP	77
Figura 40 - Corte AB do protótipo Casa 1.0 da ABCP.....	77
Figura 41 - Fachada principal do protótipo Casa 1.0 da ABCP.....	78

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Detalhamento das áreas do protótipo estudado	78
---	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Variáveis de controle da produção da alvenaria (Juntas 10 mm)	35
Quadro 2 - Número mínimo de corpos de prova por tipo de elemento de alvenaria	35
Quadro 3 - Regulamentação para o EPS	45
Quadro 4 - Índices de perdas de alguns insumos para alvenaria estrutural	71
Quadro 5 - Consumo de mão de obra em horas trabalhadas na alvenaria estrutural com blocos de concreto	82
Quadro 6 - Custos diretos do sistema para alvenaria estrutural com blocos de concreto	82
Quadro 7 - Consumo de mão de obra em horas trabalhadas no sistema em EPS	83
Quadro 8 - Custos diretos do sistema para o EPS	83
Quadro 9 - Comparativo de desempenho econômico	83
Quadro 10 - Custo unitário básico por metro quadrado	84
Quadro 11 - Insumos atuais do modelo em EPS	85

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Comparativo de desempenho técnico entre os sistemas	66
Gráfico 2 - Comparativo financeiro atualizado entre os sistemas.....	86

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	12
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.2 JUSTIFICATIVA	13
1.3 TEMA	14
1.4 DELIMITAÇÃO.....	14
1.5 OBJETIVOS	14
1.5.1 Geral.....	14
1.5.2 Específicos.....	14
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	15
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1 SELEÇÃO DE SISTEMA CONSTRUTIVO.....	16
2.1.1 Segurança.....	17
2.1.1.1 Segurança estrutural	17
2.1.1.2 Segurança contra o fogo	17
2.1.1.3 Segurança no uso e na operação	18
2.1.2 Habitabilidade	18
2.1.2.1 Estanqueidade.....	18
2.1.2.2 Desempenho térmico	19
2.1.2.3 Desempenho acústico	19
2.1.2.4 Desempenho lumínico	20
2.1.2.5 Saúde, higiene e qualidade do ar	20
2.1.2.6 Funcionalidade e acessibilidade	21
2.1.2.7 Conforto tátil e antropodinâmico.....	21
2.1.3 Sustentabilidade	21
2.1.3.1 Durabilidade	21
2.1.3.2 Manutenibilidade.....	21
2.1.3.3 Impacto ambiental	22
2.2 ALVENARIA ESTRUTURAL	22
2.2.1 Origem e histórico	22
2.2.2 Conceitual teórico.....	24
2.2.3 Características e composição.....	24
2.2.4 Normas	26

2.2.5	Classificação.....	27
2.2.5.1	Método construtivo.....	27
2.2.5.2	Unidade construtiva.....	28
2.2.6	Modulação.....	29
2.2.7	Execução.....	29
2.2.8	Processos de produção	30
2.2.8.1	Recebimento	31
2.2.8.2	Estocagem.....	31
2.2.8.3	Transporte interno	31
2.2.8.4	Marcação	32
2.2.8.5	Elevação	32
2.2.8.5.1	<i>Amarração</i>	32
2.2.8.6	Controle	34
2.2.9	Mão de obra	36
2.2.9.1	Índices de produtividade.....	36
2.2.9.2	Produtividade efetiva.....	37
2.2.10	Critérios de uso.....	38
2.2.11	Vantagens e desvantagens	39
2.3	EPS - POLIESTIRENO EXPANDIDO.....	41
2.3.1	Origem e histórico	41
2.3.2	Composição	43
2.3.3	Características do sistema	43
2.3.4	Normas	45
2.3.5	Obtenção dos blocos de EPS.....	46
2.3.6	Conceito estrutural do sistema.....	46
2.3.7	Painéis.....	47
2.3.7.1	Transporte, armazenamento e materiais aplicados	49
2.3.8	Reforços.....	50
2.3.9	Montagem do sistema.....	53
2.3.10	Instalações complementares	57
2.3.11	Revestimento.....	59
2.3.12	Critérios de uso.....	63
2.3.13	Vantagens e desvantagens	65
3	MÉTODO DE PESQUISA.....	67

4 ANÁLISE ECONÔMICA	68
4.1 ORÇAMENTO E ESTIMATIVA DE CUSTOS.....	68
4.1.1 Tipos de orçamentos.....	68
4.1.2 Critérios de quantificação e estimativa de custos em orçamentos.....	69
4.1.3 Critérios de medição e pagamento.....	70
4.1.4 Composição de custos unitários	71
4.2 ALVENARIA ESTRUTURAL	72
4.2.1 Pontos positivos	72
4.2.2 Análise de viabilidade financeira	73
4.2.3 Compatibilização crítica.....	74
4.3 PAREDES DE EPS.....	75
4.3.1 Benefícios.....	75
4.3.2 Custo médio	76
4.4 COMPARATIVO FINANCEIRO	76
4.4.1 Edificação modelo	76
4.4.2 Materiais e processos	79
4.4.3 Abordagem e resultados	81
5 CONCLUSÕES	87
5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	88

1 INTRODUÇÃO

A seleção de um sistema construtivo para uma edificação demanda inúmeros critérios a serem considerados no momento da tomada de decisão, a fim de escolher o modelo mais adequado entre os diversos existentes. Qualidade, eficiência, durabilidade, manutenção e custo, são alguns dos quesitos que definem a especificação (CAVALHEIRO, 2009).

A indústria da construção civil dispõe atualmente de uma diversa gama de métodos construtivos para a execução de uma edificação. Alguns sistemas já extremamente consolidados e difundidos, e outros ainda em processo de adequação as demandas exigidas.

Entre os diversos sistemas de construção existentes, este trabalho destaca a alvenaria estrutural, considerada um dos métodos mais usuais e utilizados no Brasil e ao redor do mundo. Caracterizada de acordo com Hendry (1990) como uma das mais antigas técnicas construtivas, praticada desde a antiguidade. As primeiras construções se utilizavam de métodos extremamente rudimentares e meramente empíricos, baseados em experiências e conhecimentos obtidos ao longo do tempo.

Com o decorrer dos anos suas construções foram evoluindo e as técnicas foram aprimoradas. O avanço dos estudos na área possibilitou o desenvolvimento de projetos mais detalhados e dimensionamentos mais precisos, permitindo processos mais coerentes e eficazes. Esta evolução acabou por tornar a alvenaria estrutural estabelecida como um dos mais importantes sistemas construtivos da atualidade (TAIUL, 2010).

Entretanto, a exigência por projetos com custos mais baixos, bem como o aperfeiçoamento e otimização dos processos, tornou necessário a busca por alternativas de modelos construtivos.

A procura de um sistema alternativo de construção também se associa a demanda por sustentabilidade, fator recorrente nos dias atuais no ramo da construção civil, conforme salienta Corrêa (2009, p. 28-29): “A sustentabilidade, com suas múltiplas implicações, deve ser buscada em todas as esferas das ações correlatas ao sistema da construção civil.”

A busca frequente por métodos de desenvolvimento sustentáveis acaba resultando na diminuição do consumo de matérias-primas virgens, dando preferência a materiais reciclados renováveis, no foco em tecnologias limpas, evitando o excesso de resíduos, na otimização dos recursos naturais, a fim de prover condições satisfatórias ao ambiente a ser construído (TESSARI, 2006).

Oriundo desta necessidade destaca-se uma técnica construtiva ainda em fase de consolidação no Brasil, a utilização de paredes de poliestireno expandido (EPS), visando a redução dos insumos em obra e o aprimoramento da metodologia empregada.

Com este intuito procura-se mostrar a aplicabilidade do EPS na formação de paredes para a construção civil, podendo ser visto em obras de engenharia que englobam desde grandes estruturas, como prédios, até residências familiares de pequeno porte.

Considerando os diversos benefícios que o sistema prega trazer, como redução de mão de obra, ganhos de resistência, aumento de produtividade, entre outros, o modelo em EPS se credencia como uma opção de execução.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Uma análise comparativa deve estabelecer critérios, argumentos, vantagens e desvantagens de sua utilização. O comparativo deve ser feito de forma objetiva, com base em normas de desempenho, destacando os indicadores que qualificam determinado sistema para o tipo de obra em questão.

De responsabilidade do construtor, projetista, ou responsável, fica a incumbência de determinar a direção a seguir. Diante do exposto, o sistema em paredes EPS pode ser considerado uma opção viável de construção do ponto vista técnico-econômico?

1.2 JUSTIFICATIVA

Justifica-se a escolha do tema deste trabalho pela demanda por otimização e eficiência nos processos, além da necessidade de economia e rapidez, associado a preocupação com o meio ambiente e busca por sustentabilidade. Esta série de fatores acaba por tornar necessário a busca por novos meios de construção.

Segundo Leopoldo (2015) a criação de novos procedimentos visando a organização no meio construtivo, com o intuito de obter avanços em termos de desempenho, produtividade e qualidade são fundamentais. Os processos de produção executados no Brasil ainda resultam em um produto final controverso. Fato este, que evidencia a necessidade por inovações que primem eficiência, aliada a um custo viável.

A questão em si é identificar critérios de utilização conforme o tipo de construção. O uso do EPS surge com alternativa, tendo em virtude suas propriedades isolantes, que proporcionam conforto, atrelado a economia e ganhos de resistência, fácil aplicação,

versatilidade de utilização quanto ao padrão das edificações, além de tratar-se de um modelo sustentável que visa o ganho de eficiência (STOCCO, 2009).

1.3 TEMA

O tema proposto neste trabalho é um comparativo entre sistemas construtivos na construção civil. Onde é realizada a análise do sistema em alvenaria estrutural e o modelo com paredes de EPS.

1.4 DELIMITAÇÃO

Este projeto delimitou-se a colher informações e analisar dois modelos de sistemas construtivos no âmbito técnico e financeiro.

Como base do estudo utilizou-se a literatura do tema e um protótipo de edificação modelo intitulado Casa 1.0 pertencente à Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP), executado em alvenaria estrutural composto por blocos de concreto, relacionando-o com o modelo em paredes de EPS.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1 Geral

Analisar e comparar as vantagens e desvantagens, técnicas e econômicas, entre os sistemas construtivos de alvenaria estrutural e o de paredes em EPS.

1.5.2 Específicos

Destacar os detalhes e etapas construtivas, descrevendo as principais características, bem como os materiais e técnicas envolvidas em cada sistema.

Elencar as vantagens e desvantagens de cada método de construção, a fim de permitir a definição do sistema mais adequado.

Analisar os custos dos processos empregados, apresentando uma análise financeira comparativa, identificando na literatura através de dados quantitativos e qualitativos dos

materiais e procedimentos respectivamente envolvidos, qual dos sistemas construtivos se mostra mais eficaz para um protótipo modelo de edificação de 42,30 m².

Contribuir através deste estudo para o desenvolvimento do sistema de paredes de EPS no Brasil.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

O capítulo 1 apresenta a introdução, o problema de pesquisa, a justificativa, o tema, a delimitação e os objetivos.

Na sequência, o capítulo 2 compreende a revisão bibliográfica do tema proposto, no qual define os métodos de seleção de sistema construtivo, estabelece os critérios de uso, destacando as vantagens e desvantagens de ambos os sistemas. Além disso, aborda-se origem, histórico, conceitual teórico, características, composição, normas, além dos detalhes e técnicas de construção de cada sistema, onde são tratados de forma mais específica os aspectos que englobam o modelo construtivo utilizando paredes de EPS, bem como o usual sistema em alvenaria estrutural

O capítulo 3 identifica qual a metodologia aplicada neste presente trabalho.

O capítulo 4 traz uma análise financeira que discorre a respeito da formação dos orçamentos, dos custos dos materiais e processos envolvidos em cada uma das técnicas de construção detalhadas neste trabalho. Além de um comparativo financeiro relacionando os dois sistemas construtivos.

As conclusões da análise comparativa são abordadas no capítulo 5.

Por fim, temos as referências compondo a parte final do trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 SELEÇÃO DE SISTEMA CONSTRUTIVO

Martins (2013), salienta um dos primeiros aspectos a serem considerados no desenvolvimento da metodologia para seleção de sistemas construtivos. Trata-se da determinação das exigências do usuário definidas na Norma de Desempenho, a NBR 15575 de 2013.

Segundo a NBR 15575:1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), os requisitos considerados essenciais no processo são divididos em três grupos: segurança, habitabilidade e sustentabilidade.

1. Segurança: Aborda os itens a serem executados em sua plenitude pois colocam em risco a segurança dos usuários ou inviabilizam a produção da edificação.

- Segurança estrutural;
- Segurança contra o fogo;
- Segurança no uso e na operação;

2. Habitabilidade: Apresenta características indispensáveis a fim de estabelecer uma escala de satisfação atrelada às necessidades do usuário:

- Estanqueidade;
- Desempenho térmico;
- Desempenho acústico;
- Desempenho lumínico;
- Saúde, higiene e qualidade do ar;
- Funcionalidade e acessibilidade;
- Conforto tátil e antropodinâmico;

3. Sustentabilidade: Discorre a respeito do controle sobre impacto ambiental das obras:

- Durabilidade;
- Manutenibilidade;
- Impacto ambiental;

2.1.1 Segurança

2.1.1.1 Segurança estrutural

Refere-se ao nível de estabilidade do modelo de construção definido e a sua capacidade de resistência as cargas estabelecidas para sua utilização, sem atingir o “estado limite último”, que corresponde a ruína do elemento ou parte dele, nem comprometer sua durabilidade (GONÇALVES, 2003).

A NBR 15575:1 (2013, p. 14-15) detalha abaixo os componentes e solicitações do item em questão:

- * Estabilidade e resistência estrutural: Evitar a ruína da estrutura pela ocorrência de algum estado-limite último. Os estados-limites últimos (ELU) determinam a paralisação, no todo ou em parte, do uso da construção, por sua simples ocorrência.
- * Deformações, fissurações ocorrência de outras falhas: Circunscrever as deformações resultantes das cargas de serviço e as deformações impostas ao edifício habitacional ou sistema a valores que não causem prejuízos ao desempenho de outros sistemas e não causem comprometimento da durabilidade da estrutura (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 14-15).

2.1.1.2 Segurança contra o fogo

Gonçalves (2003) aborda este requisito enfatizando a relação não apenas ao controle do risco de início de incêndio em decorrência dos equipamentos existentes (que podem ser fontes acidentais de fogo), como também à reação ao fogo dos materiais constituintes da edificação (formação de fumaça e/ou geração de gases tóxicos).

De acordo com NBR 15575:1 (2013, p. 14-15) as exigências que pautam essa norma são as seguintes:

- Proteger a vida dos ocupantes das edificações e áreas de risco, em caso de incêndio;
- Dificultar a propagação do incêndio, reduzindo danos ao meio ambiente e ao patrimônio;
- Proporcionar meios de controle e extinção do incêndio;
- Dar condições de acesso para as operações do Corpo de Bombeiros (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p 14-15).

Os objetivos principais de garantir a resistência ao fogo dos elementos estruturais são:

Possibilitar a saída dos ocupantes da edificação em condições de segurança; Garantir condições razoáveis para o emprego de socorro público, onde se permita o acesso operacional de viaturas, equipamentos e seus recursos humanos, com tempo hábil para exercer as atividades de salvamento (pessoas retidas) e combate a incêndio (extinção); Evitar ou minimizar danos à própria edificação, às outras adjacentes, à infraestrutura pública e ao meio ambiente (NBR 15575:1, 2013, p.16).

2.1.1.3 Segurança no uso e na operação

Devem ser previstas no projeto e na execução conforme a NBR 15575:1 (2013, p.18) formas de minimizar durante o uso da edificação o risco de:

Queda de pessoas em altura: telhados, áticos, lajes de cobertura e quaisquer partes elevadas da construção; [...] Ferimentos ou contusões em função da dessolidarização ou da projeção de materiais ou componentes a partir das coberturas e das fachadas, tanques de lavar, pias e lavatórios, com ou sem pedestal, e de componentes ou equipamentos normalmente fixáveis em paredes; Ferimentos ou contusões em função de explosão resultante de vazamento ou de confinamento de gás combustível (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 18).

2.1.2 Habitabilidade

2.1.2.1 Estanqueidade

Este requisito aborda o nível de estanqueidade à água, ao ar, ao pó, alguns tipos de materiais, além de insetos e pequenos animais. O nível estanque da água tem sido a principal preocupação nos estudos direcionados a definição dos parâmetros de avaliação (PAYAO; SCHMIDT; SCHROEDER, 2000).

A exposição à águas pluviais, à umidade oriunda do solo e aquela vinda do uso das moradias habitacionais, devem ser consideradas em projeto, afinal a umidade tende a acelerar os processos de deterioração e acaba por gerar a perda das condições de habitabilidade e higiene do ambiente construído (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

A norma citada no parágrafo acima completa frisando um princípio essencial neste requisito, que é a estanqueidade das fontes de umidade internas e externas à edificação.

2.1.2.2 Desempenho térmico

As exigências de conforto térmico procuram limitar as sensações impertinentes geradas pela perda considerável de calor pelo corpo, através da disparidade de temperatura entre as inúmeras partes do corpo, pela dificuldade de expulsar o calor oriundo do organismo e pela presença de superfícies frias (SILVA, 2009).

O processo de avaliação do desempenho térmico segundo consta na NBR 15575:1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013) é composto pelas seguintes etapas:

- a) Caracterização das demandas humanas de conforto térmico;
- b) Caracterização das condições costumeiras de exposição ao clima;
- c) Caracterização da edificação e da sua ocupação;
- d) Caracterização do funcionamento térmico da edificação;
- e) Avaliação da performance térmica da edificação.

2.1.2.3 Desempenho acústico

De Freitas (2006) relaciona a compatibilidade do nível sonoro com as atividades a serem realizadas no interior da edificação, ao ruído de impacto e de equipamentos no interior e exterior da edificação além da exigência de sonoridade (que é exprimida no tempo de reverberação nos compartimentos) e de intimidade.

Na sequência são elencados os requisitos mínimos para o desempenho acústico ideal, conforme a NBR 15575:1 (2013, p. 23):

Propiciar condições mínimas de desempenho acústico da edificação, com relação a fontes normalizadas de ruídos externos aéreos; Propiciar condições de isolamento acústica entre as áreas comuns e ambientes de unidades habitacionais e entre unidades habitacionais distintas; Propiciar condições mínimas de desempenho acústico do interior da edificação, com relação a fontes padronizadas de ruídos de impacto (ASSOCIALÇAO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 23).

2.1.2.4 Desempenho lumínico

O requisito estabelece os níveis mínimos de luminosidade natural. É recomendado que a iluminação natural oriunda das salas de estar e dormitórios sejam geradas através de vãos das esquadrias. Em relação as janelas, é recomendado que a altura do parapeito esteja a 100 centímetros do piso interno em sua amplitude, enquanto a altura da testeira do vão no m a 220 centímetros a partir do piso interno no máximo (SORGATO, 2014).

As premissas esperadas neste quesito da normativa são:

Os requisitos de iluminância natural podem ser atendidos mediante adequada disposição dos cômodos, (arquitetura), correta orientação geográfica da edificação, dimensionamento e posição das aberturas, tipos de janelas e de envidraçamentos, rugosidade e cores dos elementos (paredes, tetos, pisos etc), inserção de poços de ventilação / iluminação, eventual introdução de domus de iluminação, etc; A presença de taludes, muros, coberturas de garagens e outros obstáculos do gênero não podem prejudicar os níveis mínimos de iluminância especificados; Nos conjuntos habitacionais integrados por edifícios, a implantação relativa dos prédios, de eventuais caixas de escada ou de outras construções, não podem prejudicar os níveis mínimos de iluminância especificados (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 26).

Já a iluminação artificial deve propiciar condições de iluminação internas satisfatórias segundo as Normas Brasileiras vigentes, para ocupação dos recintos e circulação nos ambientes com conforto e segurança (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

2.1.2.5 Saúde, higiene e qualidade do ar

Conforme a NBR 15575:1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013), esse requisito deve proporcionar garantias de salubridade dentro da edificação, levando em conta as condições de umidade e temperatura nas áreas internas das construções, aliadas ao tipo dos modelos empregados na construção.

A norma complementa informando que os materiais, equipamentos e sistemas empregados na edificação não podem liberar produtos que poluam o ar em ambientes confinados, originando níveis de poluição acima daqueles verificados no entorno. Enquadram-se nesta situação os aerodispersóides, gás carbônico e outros.

2.1.2.6 Funcionalidade e acessibilidade

Neste quesito a NBR 15575:1 (2013, p. 30) define:

A altura mínima de pé direito, não podendo ser inferior a 2,50 m. Em vestíbulos, halls, corredores, instalações sanitárias e despensas admite-se que o pé-direito se reduza ao mínimo de 2,30m. Nos tetos com vigas, inclinados, abobadados ou, em geral, contendo superfícies salientes altura piso a piso e ou o pé-direito mínimo, devem ser mantidos, pelo menos, em 80 % da superfície do teto, admitindo-se na superfície restante que o pé-direito livre possa descer até ao mínimo de 2,30m. Além disso garante a adequação aos deficientes físicos, bem como o processo de ampliação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 30).

2.1.2.7 Conforto tátil e antropodinâmico

Não deve interferir negativamente nas atividades diárias dos usuários, das edificações habitacionais, como caminhar, apoiar, limpar, brincar e semelhantes. Além de que não deve conter rugosidades, contundências, depressões ou outras anormalidades nos elementos, componentes, equipamentos e quaisquer acessórios ou partes da construção (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

2.1.3 Sustentabilidade

2.1.3.1 Durabilidade

Em relação a esse requisito a NBR 15575:1 (2013, p. 26) apresenta a seguinte exigência :

A durabilidade do edifício e de seus sistemas é uma exigência econômica do usuário, pois está diretamente associada ao custo global do bem imóvel. A durabilidade de um produto se extingue quando ele deixa de cumprir as funções que lhe forem atribuídas, quer seja pela degradação que o conduz a um estado insatisfatório de desempenho, quer seja por obsolescência funcional. O período de tempo compreendido entre o início de operação ou uso de um produto e o momento em que o seu desempenho deixa de atender às exigências do usuário pre-estabelecidas é denominado vida útil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 26).

2.1.3.2 Manutenibilidade

A durabilidade do edifício e de seus sistemas é uma exigência econômica do usuário garantida pela NBR 15575:1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS,

2013) pois está intimamente atrelada ao custo global do imóvel. A durabilidade de um produto se esvaiu uma vez que o mesmo passa a não cumprir as funções que lhe forem delegadas, quer seja pela degradação que o leva a um estado insuficiente de desempenho, ou então por obsolescência funcional. O período de tempo que vai do início de operação ou uso de um produto e o momento em que o seu desempenho peca no atendimento às exigências do usuário pré-estabelecidas é denominado vida útil.

A normativa alerta também que é extremamente aconselhável os projetos serem desenvolvidos de forma que a edificação e os sistemas projetados possuam vantagem em relação as condições de acesso para inspeção do prédio através da instalação de suportes para fixação de andaimes ou outro meio que permita a manutenção periódica.

2.1.3.3 Impacto ambiental

A NBR 15575:1 (2013, p.32) aponta o intuito desse requisito:

A implantação do empreendimento deve considerar os riscos de desconfinamento do solo, deslizamentos de taludes, enchentes, erosões, assoreamento de vales ou cursos d'água, lançamentos de esgoto a céu aberto, contaminação do solo ou da água por efluentes ou outras substâncias, além de outros riscos similares (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013, p. 32).

2.2 ALVENARIA ESTRUTURAL

2.2.1 Origem e histórico

Duarte (1999) em seu estudo afirma que o sistema construtivo em alvenaria estrutural é utilizado desde muito tempo, e consolidou-se com um método extremamente usual, obtendo uma ótima aceitação por parte do homem desde os tempos antigos.

A alvenaria estrutural passa a ser considerada de fato como uma tecnologia no ramo da construção civil em meados do século XVII, uma vez que os estudos e pesquisas da época, começaram a realizar investigações, testes de estabilidade e resistência nas estruturas. Embora ainda, os modelos de cálculo empíricos fossem recorrentes, gerando diversas restrições (HENDRY, 2002).

Na Figura 1 podemos visualizar o *Monadnock Building*, construído na cidade de Chicago, nos Estados Unidos. Inaugurado em 1894, baseado no sistema de alvenaria estrutural e apontado como um marco construtivo para a época (LESLIE, 2013).

Figura 1 - *Monadnock Building*



Fonte: Arch Inform.

https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=File:Monadnock_Building_Vintage_Postcard.jpg

Acesso em: 10 mai. 2019.

De acordo com Henry (2002) o acontecimento da 2ª Guerra Mundial (1939-1945), desperta mais uma vez um relevante interesse populacional a respeito do modelo de construção em alvenaria estrutural para as edificações, devido a carência europeia de materiais com fins construtivos, como o aço. Fato este, que acaba por resultar em uma série de construções utilizando este modelo.

A este propósito, Ramalho e Corrêa (2003) expressam que a alvenaria estrutural teve como seu primeiro símbolo relevante historicamente, uma edificação erguida na Basiléia, Suíça, em 1950, que contava com treze pavimentos, paredes externas de 37,5 cm e internas de 15 cm de espessura.

Já no Brasil, desde o começo do século XVII a prática de construções conforme o modelo em alvenaria estrutural já se faz presente. Todavia, o caráter construtivo visando racionalidade e economia vem à tona apenas na década de 70, quando o modelo é de fato visualizado como uma tecnologia de engenharia. Tem-se a partir de então, uma preocupação científica e técnica, no estabelecimento de técnicas e critérios que viabilizarão os projetos, dimensionamentos e execuções solicitadas (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Após um longo período de adequações e avanços no país, nos anos 80, enfim a alvenaria estrutural se consolida por meio de uma normatização oficial estabelecida e

regularizada pelos órgãos competentes, promovendo normas sólidas, coesas e razoavelmente abrangentes (SABATTINI, 2003).

2.2.2 Conceitual teórico

Alvenaria estrutural consiste em um modelo construtivo, onde não se faz necessária a utilização de pilares, tampouco vigas, desempenhando o papel estrutural da edificação. O componente responsável por essa função neste sistema são as próprias paredes da estrutura (TAIUL, 2010).

Ramalho e Corrêa (2003) definem a alvenaria estrutural através de dois conceitos fundamentais: componentes e elementos.

Conforme a NBR 15961-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011, p.9) componentes são as constituintes que compõem os elementos da obra, formados por material natural ou de fabricação industrial. Os principais componentes utilizados hoje em dia são o bloco/tijolo, a argamassa, o graute e armadura.

Já elementos são considerados como uma parcela devidamente elaborada da obra, formada pela junção de um ou mais componentes. Os elementos mais utilizados atualmente são: as vergas, vigas, pilares, cintas e paredes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2011).

2.2.3 Características e composição

Tauil (2010, p. 21-23) apresenta em sua obra a alvenaria estrutural caracterizada de diversas formas. A seguir veremos suas principais categorias:

Alvenaria não armada - tipo de alvenaria que não recebe graute, mas os reforços de aço (barras, fios e telas) apenas por razões construtivas - vergas de portas, vergas e contra-vergas de janelas e outros reforços construtivos para aberturas - e para evitar patologias futuras: trincas e fissuras provenientes da acomodação da estrutura, movimentação por efeitos térmicos, de vento e concentração de tensões.

Alvenaria armada ou parcialmente armada - tipo de alvenaria que recebe reforços em algumas regiões, devido a exigências estruturais. São utilizadas armaduras passivas de fios, barras e telas de aço dentro dos vazios dos blocos e posteriormente grauteados, além do preenchimento de todas as juntas verticais.

Alvenaria protendida - tipo de alvenaria reforçada por uma armadura ativa (pré-tensionada) que submete a alvenaria a esforços de compressão. Esse tipo de alvenaria é pouco utilizado, pois os materiais, dispositivos e mão de obra para a protensão têm custo muito alto para o nosso padrão de construção (TAUIL, 2010, p. 21-23).

A alvenaria do tipo estrutural é definida pela utilização de blocos em concreto, cerâmicos ou até em casos mais raros, de sílico-calcários. A principal característica neste sistema é a capacidade de suportar a si mesmo, bem como, resistir aos esforços de toda estrutura (KAGEYAMA; KISHI; MEIRELLES, 2011).

Seguindo o entendimento de Ramalho e Corrêa (2003) tais blocos se estabelecem como fator essencial no contexto da estrutura. A resistência da alvenaria está atrelada a consistência dos blocos. Quanto mais resistente o bloco, mais resistente o sistema.

Na Figura 2 exemplifica-se um modelo de blocos armazenados a partir de cerâmica.

Figura 2 - Bloco de cerâmica



Fonte: Belsys Engenharia Industrial

<https://belsys.eng.br/wp-content/uploads/2018/06/Imagem2-2-1024x768.jpg>

Acesso em: 21 mai. 2019.

Lourenço (2007) afirma através de seus textos que na composição básica de um projeto em alvenaria estrutural há necessidade do emprego de argamassa de assentamento, graute e armaduras, com o intuito de proporcionar o suporte necessário aos blocos.

O sistema estrutural baseado em alvenaria demanda um canteiro de obras otimizado a fim de agilizar os processos em obra, além de uma racionalização na etapa de execução, bem

como no desenvolvimento do projeto. Uma vez que se pretenda desempenhar o máximo potencial que lhe é atribuído, esses fatores são requisitos primários (CORRÊA; ANDERY, 2006).

Na Figura 3, um canteiro de obras de um projeto em alvenaria estrutural em execução.

Figura 3 - Canteiro de obras com blocos de concreto



Fonte: Portal Virtuhab - UFSC.

<http://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/files/2013/09/alvenaria-estrutural.jpg>

Acesso em: 10 mai. 2019.

2.2.4 Normas

Todo modelo construtivo tende a evoluir em diversos quesitos, quando se define um padrão para testes e ensaios. Possibilita o devido direcionamento dos métodos produtivos, objetivando racionalidade e clareza nos processos. Uma série de fatores acabam por compor e estabelecer uma harmonia entre as várias etapas de uma obra, como estudos de viabilidade, projeto, execução, controle da obra, manutenção, entre outros (ACCETTI, 1998).

O sistema em alvenaria estrutural não é diferente, e conta com inúmeras normativas a fim de apresentar os devidos parâmetros a ser seguidos em qualquer obra que se utilize do

sistema. Elenca-se as principais normas quando se trata de alvenaria estrutural, segundo o Catálogo ABNT:

- NBR 15812-1:2010 - Alvenaria estrutural - Blocos cerâmicos
Parte 1: Projetos
- NBR 15812-2:2010 - Alvenaria estrutural - Blocos cerâmicos
Parte 2: Execução e controle de obras
- NBR 15812-3:2017 - Alvenaria estrutural - Blocos cerâmicos
Parte 3: Métodos de ensaio.
- NBR 15961-1:2011 – Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 1:
Projeto.
- NBR 15961-2:2011 – Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 2:
Execução e controle de obras.

2.2.5 Classificação

Conforme Sabbatini (1989) a alvenaria estrutural pode ser classificada de várias formas, considerando diversos critérios. Entre eles, o material utilizado, podendo ser cerâmica ou concreto normalmente, além do método construtivo, unidade construtiva, entre outros.

2.2.5.1 Método construtivo

A alvenaria estrutural é usualmente dividida em não-armada e armada. No modelo não armado é previsto o predomínio de ações de compressão, sendo indicado para edificações com até 13 pavimentos, que em função da ação do vento origina esforços horizontais de tração e flexão. Em contrapartida, edifícios que possuem entre 13 e 24 andares, tornam-se mais econômicos quando se utiliza a alvenaria armada (FRANCO, 1999).

De acordo Cavalheiro (2013) a alvenaria estrutural armada é constituída por blocos de concreto vazados postos sobre argamassa, onde determinadas cavidades são preenchidas com graute (micro-concreto), aliadas a armaduras envoltas o bastante para receber os esforços previstos.

Segundo Franco (1999) a alvenaria estrutural armada pode ser de armadura passiva, ou seja, sem tensões iniciais, ou ativa, também conhecida como armadura de protensão, quando possui tensões aplicadas previamente.

Já a alvenaria estrutural não armada, tem como premissa a desconsideração dos elementos envolvidos na absorção das ações calculadas. É definida como uma construção de blocos de concreto vazados postos sobre argamassa, e que possui armaduras com uma finalidade construtiva, aplicadas em vergas, contravergas e cintas de amarração, que atuam nas juntas horizontais e entre as paredes, a fim de evitar fissuras localizadas (FRANCO, 1999).

2.2.5.2 Unidade construtiva

Moliterno (1995) define como unidades de construção usuais da alvenaria estrutural, os blocos. Estes por sua vez, podem ser de concreto, cerâmica ou com menor frequência, em sílico-calcário. Entretanto é comum a escolha pelo bloco de concreto em detrimento dos demais em função de sua resistência mais elevada.

A fabricação dos blocos é realizada industrialmente e devem estar de acordo com normativas específicas, que vão desde sua fabricação, projeto, execução e controle (GOUVEIA; LOURENÇO; VASCONCELOS, 2007).

- Blocos de concreto:

Possuem dimensões e formato padrão, que tornam sua utilização prática, rápida e eficiente. Aliado a isto, o concreto ainda conta com um módulo de elasticidade semelhante ao da junta da argamassa, aproximando os níveis de resistência do bloco à alvenaria. O elemento pode ser empregado tanto em estruturas armadas, quanto não armadas (MASTELLA, 2002).

- Blocos de cerâmica:

Este modelo de bloco possui excelente durabilidade, exigindo pouquíssima manutenção, alta resistência à chama, boas características de isolante térmico e acústico, além de possuírem facilidade na qualificação da mão-de-obra (CAPUZZO NETO, 2005).

- Blocos de sílico-calcário:

São produzidos a base de cal e agregados finos, de natureza majoritariamente quartzosa. O sílico-calcário é um material com boas características contrafogo, e pelo fato de serem prensados possuem elevada redução acústica e são considerados bons isolantes térmicos (ANTUNES, 2009).

2.2.6 Modulação

Modulação consiste em acertar as dimensões do projeto e do pé direito da construção baseados nas medidas dos blocos, de forma a impedir ajustes no momento da execução das paredes (TAIUL, 2010).

Ramalho e Corrêa (2003) aponta a modulação como um processo imprescindível para que uma construção em alvenaria estrutural apresente resultados positivos no âmbito econômico e racional. Uma modulação mal executada gera uma redução substancial da economia, em razão da necessidade de blocos especiais, armaduras de amarração e certos enchimentos. Ademais, acarreta na diminuição da agilidade do sistema em função da inclusão de detalhes construtivos.

Outra consequência evidenciada por uma modulação mal executada é a ausência de amarração entre paredes. Fato este que prejudica a distribuição de ações entre as paredes de uma edificação, além de penalizar em excesso alguns componentes e por consequência a economia do conjunto (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Uma modulação bem executada se dá a partir da escolha dos blocos, que aliados a um projeto arquitetônico adequado é capaz de reduzir a utilização das juntas à prumo, armaduras de amarração, além de blocos especiais (TAIUL, 2010).

2.2.7 Execução

Para Pereira (2012) a alvenaria estrutural é um sistema de construção racional e exato, que para atingir seu nível de excelência necessita de certos cuidados. Uma empresa que pretenda atuar neste ramo precisa possuir um *checklist* básico, elencados abaixo:

- Visite os fornecedores e procure blocos que possuam selo de qualidade para garantir a qualidade do produto;
- Faça a compatibilização entre os projetos estrutural e arquitetônico a fim de obter do sistema um melhor aproveitamento;
- Garanta que o corpo de prova foi retirado e transportado com o devido cuidado;
- Escolha e teste corretamente a argamassa para evitar patologias;
- Realize treinamento adequado ou empregue apenas mão-de-obra capacitada;

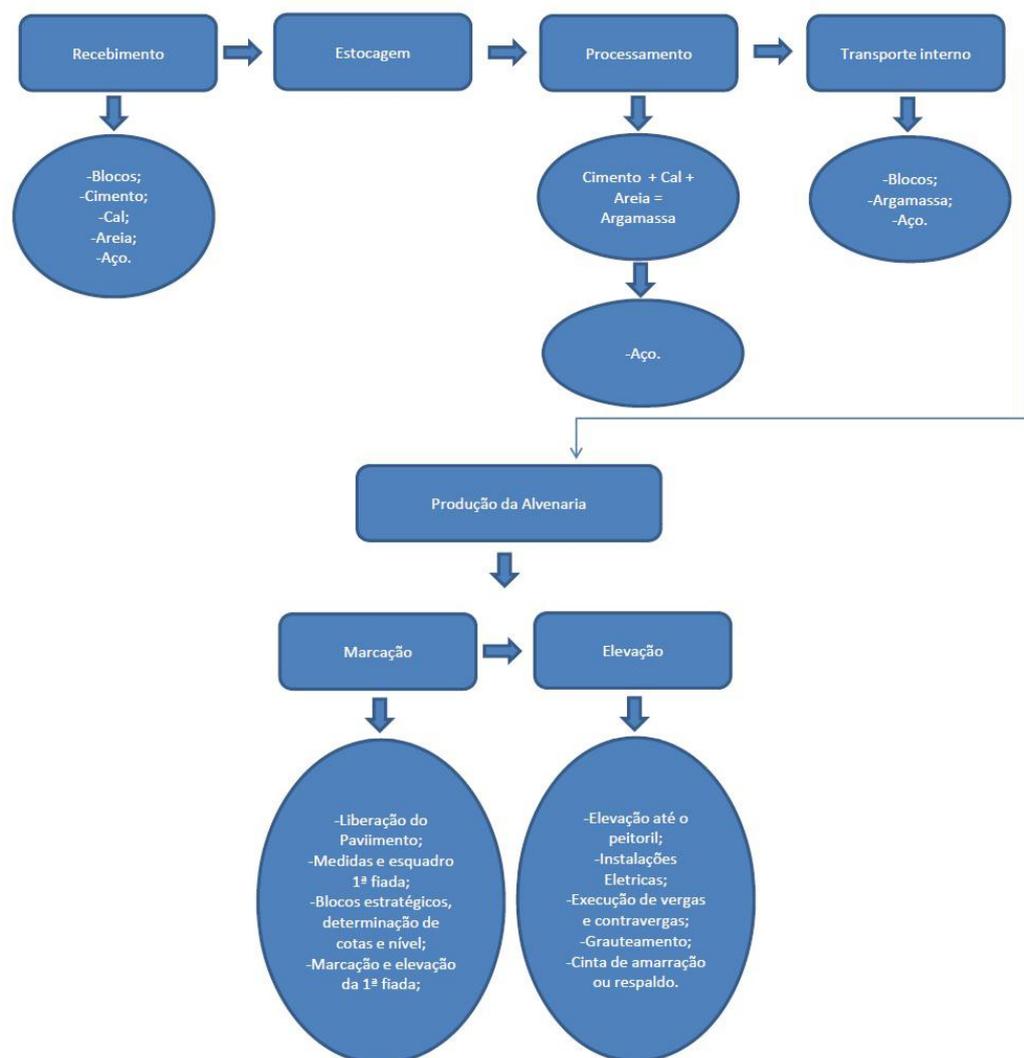
- Controle diariamente o prumo, alinhamento e nivelamento das paredes;

Estas determinações são aparentemente simples, entretanto os problemas mais usuais da alvenaria estrutural tem origem a partir do não cumprimento de uma ou mais destas medidas.

2.2.8 Processos de produção

Na Figura 4 apresenta-se um fluxograma de produção do modelo em alvenaria estrutural.

Figura 4 - Fluxograma de produção



Fonte: Do Autor, 2019.

2.2.8.1 Recebimento

Etapa importante do processo, no recebimento a uniformidade no lote dos blocos é essencial e deve-se estar atento a isto, uma vez que se houver diferenciação de cores pode significar queima irregular e com possíveis prejuízos na resistência (ANDRADE, 2002).

Agopyan et al. (1998) destaca a necessidade de verificação de blocos trincados ou quebrados em excesso, pois este detalhe pode ter relação com um transporte inadequado, ou uma resistência baixa do lote de blocos a ser entregue.

O autor também enfatiza a importância de efetuar o recebimento dos blocos em paletes, pois esta prática favorece os passos seguintes como a estocagem e o transporte.

Outro fator relevante é a aparência do bloco quanto à geometria. As medidas precisam se enquadrar ao que foi solicitado, e os blocos não podem estar deformados, pois acarretaria em adversidades no prumo e alinhamento da parede a ser executada (GOUVEIA; LOURENÇO; VASCONCELOS, 2007).

Parsekian e Soares (2010) ainda salientam que o lote não deve ser superior a 20.000 blocos, ou quantia suficiente para dois pavimentos.

2.2.8.2 Estocagem

A estocagem dos blocos deve ser realizada em local estratégico no interior do canteiro de obras. A distância do estoque dos blocos em relação ao local onde o assentamento será realizado ou com áreas de transportes verticalizados deve ser próxima com o intuito de facilitar o processo construtivo e reduzir a quantia de funcionários, contribuindo com a diminuição das perdas com quebras durante o transporte (SANTOS, 2012).

Santos (2012), frisa ainda a importância dos blocos não terem contato direto com o solo e de não fiquem expostos à chuva, pois a umidade reduz a resistência do bloco durante o processo de manuseio, aliado ao fato de prejudicar na ação de aderência com a argamassa.

Mais uma vez atenta-se para o uso de paletes, pois facilitam a disposição e organização desses blocos dentro do canteiro (AGOPYAN et al., 1998).

2.2.8.3 Transporte interno

Para Taiul (2010) o transporte dos blocos até a área da edificação deve ser efetuado de forma a reduzir as perdas com quebras.

O transporte é a etapa onde ocorre grande parcela dos danos causados aos blocos, além das perdas, afinal é comum ver operários sem o devido treinamento realizando o transporte de maneira inadequada, como por exemplo, utilizar o carrinho de mão (jerica), ao invés do carrinho de blocos que é fundamental em função do seu fundo plano. Bem como o depósito dos blocos que diversas vezes é feito diretamente sobre o chão como se fosse areia, ocasionando desperdícios de material (TAIUL, 2010).

O autor completa identificando as condições ideais de transporte interno dentro do canteiro, que é a utilização de blocos paletizados, atitude que reduz a quase zero as situações de quebras e perdas.

2.2.8.4 Marcação

De acordo com Parsekian e Soares (2010) esta etapa tem seu início através da verificação das armaduras de arranque, bem como o estado do contrapiso.

Após isso atenta-se para as dimensões e esquadro da primeira fiada, posicionando estrategicamente os blocos e efetuando o controle de altura de cada bloco, iniciando do bloco situado na posição mais alta da edificação. Logo em seguida, com a marcação e assentamento dos blocos estratégicos prontos, ergue-se a primeira fiada (CORRÊA, 2006).

2.2.8.5 Elevação

Esta etapa consiste em assentar os blocos referentes a segunda fiada até o nível de altura do parapeito das janelas. Em seguida deve-se analisar essencialmente as tolerâncias em relação ao nível, as dimensões das juntas de argamassa e também ao alinhamento. Após isso, o sistema elétrico pode ter sua instalação iniciada, assim como as vergas, contravergas produzidas, e o processo de grauteamento nos locais estabelecidos em projeto. Por fim, finaliza-se as instalações elétricas e se dá início a execução das cintas para amarração (PARSEKIAN; SOARES, 2010).

2.2.8.5.1 Amarração

Ramalho e Corrêa (2003) evidenciam as paredes em alvenaria estrutural como elementos resistentes que devem se solidarizar umas com as outras. Em função disso é fundamental efetuar a amarração no encontro de duas ou mais paredes.

A amarração se certifica que ocorra uma transmissão de ações entre paredes, o que ameniza uma parede com carregamentos em excesso e complementa tensões em outra com menos carregamentos, garantindo a uniformidade de tensões (ACCETTI, 1998).

Accetti (1998) complementa destacando que a uniformização de tensões é excelente visando a redução de custos. Afinal a resistência de bloco para um pavimento é definida a partir da tensão atuante na parede mais solicitada, pois devido a razões técnicas os blocos não podem ter resistências distintas em um mesmo pavimento.

Outra contribuição importante do processo de amarração de paredes é a prevenção de rupturas graduais, pois fornece meios alternativos de transferências de carregamentos para a estrutura em caso de uma eventual ruína identificada, ocasionada por alguma ação atípica. Além disso, a amarração funciona também como sistema de proteção para as paredes contra a ação dos ventos (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Capuzzo Neto (2005) apresenta em seu estudo o processo de amarração dividido em duas formas: a amarração indireta (Figura 5) e a amarração direta (Figura 6). A amarração direta se dá por meio da disposição dos blocos nas fiadas com aproximadamente a metade deles transpondo de modo alternado na parede interceptada. Enquanto a amarração indireta é feita quando ocorre o aparecimento de juntas a prumo, ou seja, o assentamento lado a lado dos blocos. Neste caso o ideal é a busca por modulações e variações nas medidas dos ambientes que dificultem este efeito.

Figura 5 – Amarração indireta



Fonte: NAPEAD UFRGS.

<https://lume-re-demonstracao.ufrgs.br/alvenaria-estrutural/img/ad1.jpg>

Acesso em: 11 mai. 2019.

Figura 6 – Amarração direta



Fonte: Slide Player.

<https://slideplayer.com.br/slide/4876048/16/images/10/AMARRA%C3%87%C3%83O+DIRRETA.jpg>

Acesso em: 11 mai. 2019.

2.2.8.6 Controle

Parsekian e Soares (2010) discorrem a respeito da necessidade de manter um controle tecnológico, assim como o cumprimento dos parâmetros estipulados no Quadro 1.

Quadro 1 - Variáveis de controle da produção da alvenaria (Juntas 10 mm)

	Fator	Tolerância
Junta horizontal	Espessura	± 3 mm
	Nível	± 2 mm/m ± 10 mm no máximo
Junta vertical	Espessura	± 3 mm
	Alinhamento vertical	± 2 mm/m ± 10 mm no máximo
Alinhamento da parede	Vertical	± 2 mm/m ± 10 mm no máximo por piso ± 25 mm na altura total
	Horizontal	± 2 mm/m ± 10 mm no máximo
Superfície superior das paredes portantes	Variação no nível entre elementos de piso adjacentes	± 1 mm/m
	Variação de nível dentro da largura de cada bloco isoladamente	$\pm 1,5$ mm

Fonte: NBR 15812:2 (2010, p.20).

Parsekian e Soares (2010) ainda salientam a importância do controle da resistência dos materiais. Antes do início da obra deve ser feita a caracterização da resistência à compressão dos materiais e da alvenaria empregados na construção, devendo serem realizados os ensaios conforme os resultados das amostras e métodos especificados em norma. Esta caracterização pode ser feita por prismas de pequenas paredes, sendo que o número mínimo destes corpos de prova são apresentados no Quadro 2.

Quadro 2 - Número mínimo de corpos de prova por tipo de elemento de alvenaria

Tipos de elementos de alvenaria	Prisma	Pequena parede	Parede
Número de corpos de prova	12	6	3

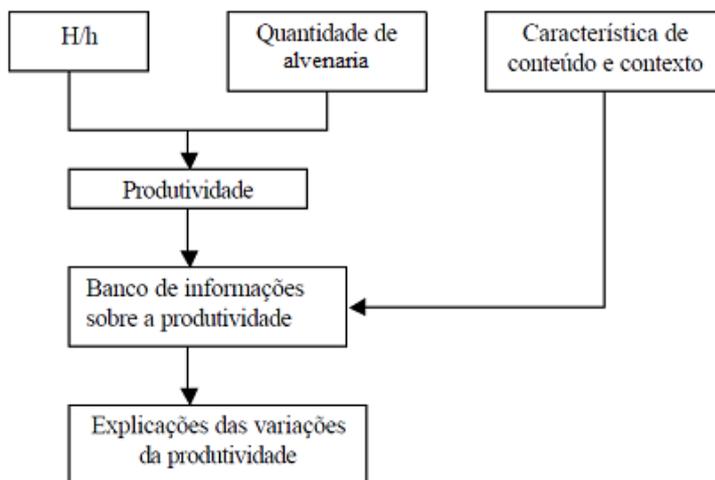
Fonte: NBR 15812:2 (2010, p. 9).

2.2.9 Mão de obra

2.2.9.1 Índices de produtividade

Um indicador de produtividade conforme apresentado na Figura 7, permite ao empreendedor examinar vertentes, criar ações motivacionais, conscientizar e sensibilizar os funcionários, promover o aperfeiçoamento de metodologias de construção, a fim de antever a duração dos serviços e o consumo de mão de obra (LANTELME; FORMOSO; TZORZOPOULOS, 2001)

Figura 7 - Indicadores de produtividade



Fonte: Lantelme, Formoso e Tzorzopoulos (2001, p. 65).

Os indicadores de produtividade no ramo da construção, tanto no Brasil quanto no exterior têm sido demonstrados individualmente e com especificações por serviço. Para cada um deles é indicado uma demanda média relacionando mão de obra com materiais utilizados na execução de uma unidade de produto (FREIRE, 2007).

Freire (2007) explana ainda sobre os indicadores de produtividade variáveis, que se mostram mais capazes de adaptarem cada caso estudado à sua própria realidade, recolhendo informações inerentes a cada projeto e assim definindo um valor mais adaptado para cada situação.

Seguindo o estudo de Agopyan et al. (1998) a base de dados para cálculo e análise da produção podem ser adquiridos por meio de observações constantes das equipes, informações recebidas de supervisores e informações da folha de pagamento. A produtividade pode ser definida através de períodos, podendo ser diária, cumulativa, potencial, por ciclo, entre outros.

O cálculo de produtividade na alvenaria estrutural é definido em função da RUP (Razão Unitária de Produção), e é apresentada na Figura 8 (AGOPYAN et al., 1998).

Figura 8 - Razão unitária de produção

$$RUP = \frac{Hh}{Qs}$$

Onde:
Hh = homens-hora da equipe disponíveis para o trabalho
Qs = quantidade de serviço líquida

Fonte: Agopyan et al. (1998, p. 227).

Em se tratando de alvenaria estrutural, Agopyan et al (1998) conclui que a RUP é definida por Hh/m², que significa a quantia de homens-hora suficientes para a execução de um m² de alvenaria. Logo, uma RUP de 3,5 significa que são necessários 3,5 homem-horas para a conclusão de 1 m² de alvenaria. Desta forma, quanto maior a elevação a RUP, pior é a produtividade da equipe, em outras palavras, são necessárias mais horas-homens para realizar determinado trabalho.

2.2.9.2 Produtividade efetiva

A produtividade da mão de obra no serviço de alvenaria estrutural sofre variações conforme as condições de projeto, canteiro, mão de obra e da qualidade do produto produzido (TABELAS DE COMPOSIÇÃO PARA ORÇAMENTOS, 2008).

Ainda com base nas TCPO (TABELAS DE COMPOSIÇÃO PARA ORÇAMENTOS, 2008), as características básicas que definem a RUP a ser adotada são:

- Preenchimento ou não das juntas verticais;
- Densidade de alvenaria por m² de piso;
- Variação na altura das paredes;
- Prazo de execução do pavimento;
- Espessura das paredes;
- Rotatividade da mão de obra;
- Cumprimento das obrigações salariais para com os funcionários;
- Disponibilidade de materiais;

- Disponibilidade de equipamento de transporte vertical.

Assim sendo, para ter uma boa produtividade neste serviço é necessária uma organização por parte da gerência de obras, além de variáveis de projeto favoráveis à produtividade, como explicitado anteriormente (FORMOSO; OLIVEIRA; LANTELME, 2000).

2.2.10 Critérios de uso

Com base em suas pesquisas, Lourenço (2007) apresenta a alvenaria estrutural com um amplo campo de aplicação, que varia desde edificações de médio e pequeno porte, como residências e muros de arrimo, assim como obras de grande porte (Figura 9), tal como indústrias, mercados e edifícios.

Figura 9 - Obra de grande porte – Complexo de edifícios em alvenaria estrutural



Fonte: Mérito Engenharia.

<https://www.meritoeng.com/single-post/2019/01/06/Alvenaria-estrutural>

Acesso em: 15 mai. 2019.

A aplicação dos métodos em alvenaria estrutural abrangem a construção de complexos habitacionais como visto na imagem acima. Entretanto não existe um parâmetro definido a respeito da altura máxima indicada para edificações que utilizam esse sistema. Em função disso, segundo o jornalista Altair Santos, em matéria ao Portal Itambé (2016), está

prevista uma revisão a ABNT NBR 15961/2011 - Alvenaria estrutural - Blocos de concreto, com o intuito de definir parâmetros, a fim de ajudar a dar mais confiabilidade ao sistema construtivo. O engenheiro civil e membro do comitê de normas das ABNT Guilherme Parsekian frisa que “essa é uma das prioridades da comissão, pois ainda não existe referência no Brasil sobre o tema. A medida servirá para garantir mais segurança para as obras que utilizem alvenaria estrutural.”

Em contrapartida, conforme já citado por Lourenço (2007) servem como perfeita alternativa para empreendimentos de menor porte, como escritórios, consultórios, escolas e igrejas. Ou seja, se apresenta de maneira extremamente versátil do ponto de vista de utilização.

As restrições ficam por conta das limitações construtivas. Edificações com paredes fixas, sem a previsão de futuras alterações internas. Divisórias móveis, utilização de vidro na fachada, ou prédios com uma quantidade pequena de paredes previstas também configura-se como um impecílio (LOURENÇO, 2002).

Já Nonato (2003) alerta que edificações com elevado efeito da ação lateral, casos de prédios muito altos ou sujeitos a elevadas ações sísmicas podem tornar o uso da alvenaria estrutural inviável.

O autor ainda completa enfatizando a contraindicação para estruturas que necessitem de grandes vãos, como por exemplo, prédios de alto padrão ou comerciais. Atenta-se especialmente as edificações para fins comerciais que eventualmente precisem de alterações constantes do layout. Este tipo de necessidade inviabiliza a utilização deste sistema construtivo.

2.2.11 Vantagens e desvantagens

Assim como qualquer modelo construtivo, a alvenaria estrutural tem seus prós e contras, devendo ser avaliada a sua utilização conforme as necessidades estipuladas.

Dentre as vantagens para a utilização do sistema, Tauil (2010) destaca a otimização no canteiro de obras em termos de organização, a diminuição de consumo de materiais em obra, como madeira, concreto e aço. Além disso, frisa-se o aumento na velocidade de construção, onde demonstra certa rapidez quando comparado a modelos convencionais de pilares, lajes e vigas.

Pode-se acrescentar ainda a redução na quantidade de operários responsáveis pela carpintaria e pelas armaduras. Contenção de gastos com revestimentos e desperdícios, uma vez que o controle de execução que a alvenaria propicia é superior a modelos alternativos (DA COSTA, 2011).

As desvantagens da alvenaria estrutural, se dão em função das limitações de forma e medidas dos blocos estruturais, detalhe que prejudica diretamente na arquitetura almejada (RAMALHO; CORRÊA, 2003).

Da Costa (2011, p. 35-36) relata em sua obra:

O projeto arquitetônico é afetado diretamente pelo sistema. Vãos, dimensões e arranjos arquitetônicos são completamente influenciados pela modulação. A impossibilidade de furar essas paredes sem um controle cuidadoso, também condiciona e muito os projetos de instalações elétricas e hidráulicas. Por ser um sistema preciso e racionalizado, necessita de uma mão de obra treinada e apta para fazer uso de instrumentos adequados para execução da alvenaria estrutural (DA COSTA, 2011, p. 35-36).

Atenta-se em particular ao fato da impossibilidade de alternar a localização das paredes, evidenciando a falta de liberdade e privação em um momento futuro.

Em casos de real necessidade de demolição de uma determinada parede, é básico a solicitação de uma análise de um profissional de engenharia, pois a possibilidade de desmoronamento nessas ocasiões está bem presente, visto que pode comprometer a estrutura inteira (TAIUL, 2010).

2.3 EPS - POLIESTIRENO EXPANDIDO

2.3.1 Origem e histórico

EPS é a sigla internacional para *Expanded Polystyrene*, traduzido para o português como Poliestireno Expandido (MENDES, 2012).

O EPS fora descoberto em 1949, na Alemanha, através de experiências químicas realizadas pelo químicos Karl Buchholz e Fritz Stasny (BANOW; LOVATTO; TEIXEIRA, 2012).

De acordo com Schuh (2017) no Brasil o EPS vem a surgir apenas na década de 60, porém obtém certo reconhecimento a partir do registro efetuado pelo grupo Knauf Isopor®, em 1998, onde passa a ser conhecido como Isopor.

Na Figura 10 exemplifica-se o EPS em seu modelo primário de obtenção.

Figura 10 - EPS - Isopor



Fonte: EPS Brasil.

<http://www.epsbrasil.eco.br/img/img-eps.png>

Acesso em: 11 mai. 2019.

Com o decorrer dos anos, percebe-se a versatilidade do material, bem como seu potencial para fins construtivos. O EPS, uma vez inchado, tinha suas características

modificadas, tornando-se extremamente leve, proporcionando a dimensão, densidade e forma que se desejasse (STOCCO, 2009).

Silva (2017) relata em seu estudo que uma das primeiras utilizações práticas já no ramo de construções mundialmente conhecidas, se deu nos barcos da guarda costeira dos Estados Unidos. Com a popularidade ampliada, começa aos poucos a adquirir certo renome e a constituir-se como alternativa construtiva na América do Norte.

Detalhe relevante para a consolidação do EPS na construção civil, foi o fato do material ser usado em grande escala no ramo de embalagens, e ao mesmo tempo ser descartado de maneira totalmente errônea, causando diversos transtornos à sociedade, como poluição de rios, entupimento de esgotos, bloqueio de bueiros, uma vez que possuem características impermeáveis (AMBROSI, 2009).

E justamente devido a esse fator impermeabilidade, aliada a uma considerável resistência, junto à outras propriedades, Santos (2013) traz em seu artigo, o EPS com uma notoriedade e destaque no setor de construções civis, já adaptado no formato de painéis passa a ser utilizado em rodovias, casas, e até mesmo edifícios.

Podemos ver na Figura11 um exemplo desta tecnologia adaptada no padrão de painéis, devidamente habilitada para ser aplicado em uma construção.

Figura 11 – Painéis de EPS



Fonte: Doce Obra - Casa e Construção.

<https://casaeconstrucao.org/wp-content/uploads/2018/05/parede-de-isopor15.jpg>

Acesso em: 11 mai. 2019.

2.3.2 Composição

A composição do EPS é definida como um aglomerado químico composto por plástico celular, derivado do petróleo, resultante do processo de polimerização do estireno na água, que através do auxílio de pentano, elemento de caráter expansivo, transforma-se em poliestireno expandido (DE CARVALHO, 2011).

Dos Reis (2017) identifica o EPS como um material inodoro, incolor, possuindo variadas aplicabilidades em diversas áreas, que quando inserido no contexto da construção civil adquire um caráter de tecnologia inovadora no mercado brasileiro, e passa a ser formatado em moldes de aplicação construtiva. São desenvolvidos blocos a partir de processos industriais, com um índice muito reduzido de desperdícios, com uma preocupação constante em reaproveitamento e reciclagem, visando a sustentabilidade.

Corrêa (2009, p. 30) enfatiza: “A base para a sustentabilidade na construção é alinhar ganhos ambientais e sociais com os econômicos, daí a necessidade e importância de inovações”.

Consiste em um modelo construtivo bastante utilizado em muitos países, porém ainda em fase de consolidação no Brasil. Conta com diversas possibilidades de aplicação, e dispensa inúmeros procedimentos usuais em uma obra, tais como reboco e assentamento, por exemplo. Além disso, possui a capacidade de acoplar-se a materiais distintos no processo de execução, a fim de promover a estrutura em questão, solidez e eficiência (SCHUH, 2017).

2.3.3 Características do sistema

Dentre as diversas aplicabilidades do EPS, Silva (2010) salienta sua utilização em paredes, onde tal qual visto na alvenaria estrutural são autoportantes, entretanto, possuem a espessura inferior se comparada ao sistema em alvenaria.

Silva (2010) ainda complementa ratificando que em um projeto onde pretende-se empregar o EPS, é necessário utilizar-se de painéis, em conjunto com grelhas envoltas em arames, conforme demonstrado na Figura 12, ao invés da usual parede de tijolos.

Figura 12 – Painéis de EPS com grelhas aramadas



Fonte: EME – Indústria de EPS.

<http://www.emecomercial.com.br/imagens/informacoes/bloco-isopor-parede-preco-06.jpg>

Acesso em: 03 jul. 2019.

Após a aplicação, faz-se uso da argamassa para efetuar o acabamento, com o devido cuidado em respeitar as dimensões de passagem para tubulações e fiações, dos sistemas hidráulicos e elétricos (BARRETO, 2017).

Os painéis em sua maioria chegam prontos para instalação na obra, cabe ao responsável montar a estrutura em função de uma planta delimitada no chão, atentando ao alinhamento e dispondo cada peça conforme previsto em projeto (GONÇALVEZ; DE OLIVEIRA; BASTOS, 2016).

Xavier, Bassani e Mendes (2016) menciona que embora possua o aspecto frágil, o EPS englobado nessas condições, se apresenta como uma estrutura de alta resistência, com aproximadamente 30% de ganho nesse quesito em relação a uma parede tradicional em tijolos, podendo ser sujeitadas a chuvas, ventos, entre outros eventos naturais e permanecer perfeitamente estáveis.

Ademais, o modelo demanda menos elementos construtivos, como pilares e vigas, proporcionando uma economia interessante para a obra, que vai desde madeiras, à aço e concreto, materiais de construção que em geral representam uma parcela relevante em uma construção convencional (PRUSNEI, 2016).

2.3.4 Normas

Semelhante ao sistema em alvenaria estrutural, o processo utilizando o EPS como modelo construtivo, também é regido por normas.

Destaca-se no Quadro 3, NBR 11752 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016) que discorre a respeito das especificações mínimas de utilização do poliestireno expandido. Onde o EPS é classificado em duas classes: Classe P, material que não retarda à chama e Classe F, em que o material retarda à chama. Além desse detalhe, apresenta-se 3 grupos de massa específica aparente: Tipo I (13 a 16kg/m³), Tipo II (16 a 20kg/m³) e Tipo III (20 a 25kg/m³).

Quadro 3 - Regulamentação para o EPS

Propriedades	Método de ensaio	Unidade	Classe P			Classe F		
			I	II	II	I	II	II
Massa específica aparente	ABNT NBR 11949:2007	Kg/m ³	13-16	16-20	20-25	13-16	16-20	20-25
Resistência à compressão com 10% de deformação	ABNT NBR 8082:1983	kPa	≥ 60	≥ 70	≥ 100	≥ 60	≥ 70	≥ 100
Resistência à flexão	ASTM C203:1999	kPa	≥ 150	≥ 190	≥ 240	≥ 150	≥ 190	≥ 240
Absorção de água imerso	ABNT NBR 7973:2007	g/cm ² x100	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Permeabilidade ao vapor d'água	ABNT NBR 8081:1983	Ng/Pa.s.m	≤ 7	≤ 5	≤ 5	≤ 7	≤ 5	≤ 5
Coefficiente de condutividade térmica a 23° C	ABNT NBR 12094:1991	W/(m.k)	0,042	0,039	0,037	0,042	0,039	0,037
Flamabilidade	ABNT NBR 11949:2007		Material não retardante à chama			Material retardante à chama		

Fonte: NBR 11752 (2016).

2.3.5 Obtenção dos blocos de EPS

Para obter-se os blocos de EPS demonstrados na Figura 13, o material sofre à ação do vapor saturado, ocasionando uma expansão dos grânulos de poliestireno vítreo, em média 40x o volume de partida, originando então os distintos tipos. A espuma termoplástica resultante é composta por noventa e oito por cento de ar, além de dois por cento de volume de matéria sólida no formato de poliestireno, o que concede ao EPS suas inúmeras propriedades físicas características (STOCCO, 2009).

Figura 13 - Blocos de EPS



Fonte: Pensamento Verde

<https://pensamentoverde.com.br/wp-content/uploads/2014/01/img250.jpg>

Acesso em: 11 mai. 2019.

2.3.6 Conceito estrutural do sistema

Os projetos que se utilizam deste conceito estrutural têm a permissão para a construção de casas acima de 1 pavimento sem a presença de vigas ou de colunas. O conceito deste sistema é considerado realmente monolítico, fator de extrema vantagem quando se refere

a estabilidade da construção como um todo, afinal foi projetado para fazer a distribuição de modo uniforme dos carregamentos sobre as fundações (SCHUH, 2017).

Schuh (2017) conclui afirmando que sua composição final é bem leve, variando entre $2,5 \text{ kg/m}^2$ a 4 kg/m^2 (antes da inserção da argamassa), enquanto as mesmas dimensões de alvenaria estrutural podem chegar a 120 kg/m^2 .

2.3.7 Painéis

A execução das paredes necessita da montagem de grandes painéis formados por chapas de EPS cortadas de acordo com a especificação de cada projeto. (TREVEJO, 2018). Na Figura 14 temos um exemplo deste processo.

Figura 14 - Projeto de corte dos blocos de EPS



Fonte: Oliveira e Alves (2015, p. 10).

Em seguida é montado uma espécie de “sanduíche” da peça, fixadas com grampos de aço, conforme demonstrados na Figura 15. Esse sanduíche é feito através de duas telas de aço eletro soldadas de diâmetros que variam de 2,1 a 5mm e malha de aproximadamente 5 x 5 cm (BERTINI, 2002).

Figura 15 - Fixação das telas de aço



Fonte: Paredes Betel.

<http://www.paredesbetel.com.br/img/obras/incra/big/11.jpg>

Acesso em: 11 mai. 2019.

Souza (2014) indica a aplicação do EPS empregada nos painéis, localizada na linha neutra que fica disposta centralizadamente, proporcionado através da geometria um traçado inteligente ao revestimento estruturalmente falando, que conta com um aumento de sua seção na região por onde passa o fio da malha de aço e da armadura de reforço.

Os painéis de poliestireno expandido classificam-se nos seguintes formatos: os simples, duplos ou circulares (Figura 16). O seu uso é apontado de acordo com a capacidade de preenchimento das cavidades com argamassa, para que sejam formadas micro colunas de reforço (De SOUZA, 2014).

Segundo De Oliveira (2016) em construções com diversos pavimentos os principais painéis responsáveis por sustentar os carregamentos precisam ser duplos, com uma área entre eles passível a variações, que oscila de acordo com a altura do prédio, e que posteriormente são completos com concreto estrutural. Ao final a edificação terá a aparência de uma construção de alvenaria usual.

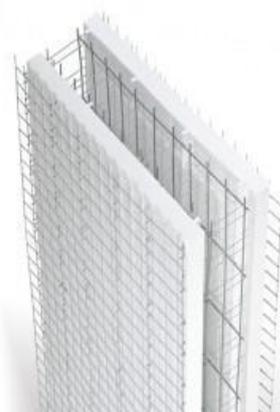
Figura 16 – Tipos de painéis



Painel Circular



Painel Simples



Painel Duplo

Fonte: M2 Emmedue.

<https://www.mdue.it/en/emmedue-panels>

Acesso em: 11 mai. 2019.

2.3.7.1 Transporte, armazenamento e materiais aplicados

Silva (2018) discorre sobre o transporte e o içamento dos materiais. O processo pode ser realizado manualmente, e os painéis precisam ser acomodados horizontalmente em pilhas com até 20 painéis, armazenados em local limpo e seco (Figura 17).

Figura 17 - Armazenamento dos painéis em obra



Fonte: Termotécnica LTDA.

[https://www.aecweb.com.br/tematico/img_figuras/paineis-eps\\$\\$10187.jpg](https://www.aecweb.com.br/tematico/img_figuras/paineis-eps$$10187.jpg)

Acesso em: 11 mai. 2019.

Sant’Helena (2009) aborda as malhas de aço, que são aplicadas neste modelo construtivo e desenvolvidas com material de alta resistência, com a tensão última superando os 600 Mpa, limite de escoamento, $f_{vk} > 600 \text{ N/mm}^2$ e limite de ruptura, $f_{tk} > 680 \text{ N/mm}^2$.

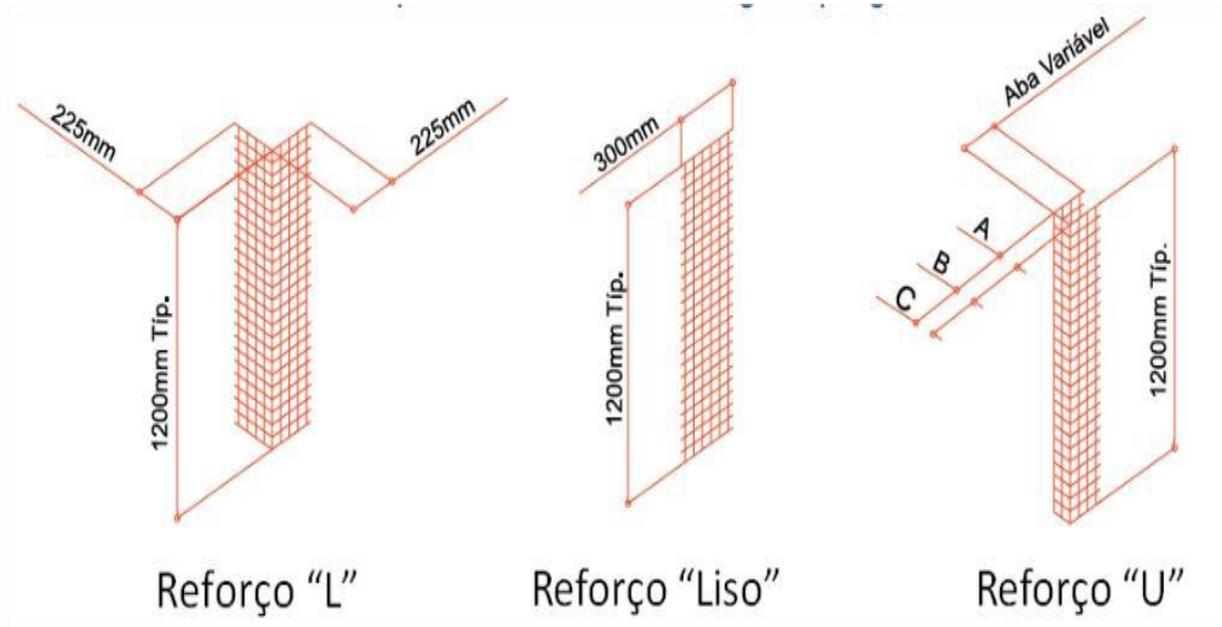
O material utilizado pode ser de diversos tipos: aço convencional, a base de zinco, galvanizado inoxidável, entre outros. Estes são empregados conforme a demanda de aplicação e devem assegurar integridade e estabilidade no decorrer do tempo (SAN’T HELENA, 2009).

2.3.8 Reforços

Conforme Silva (2018) o modelo construtivo com EPS se constitui de três tipos usuais de reforços, originados a partir de arame de aço galvanizado: reforço “liso”, “U” e “L” ilustrados na Figura 18. O modelo “liso” é empregado no reforço de aberturas de esquadrias em extremidades em que se apresentam esforços. Este reforço é usado também em painéis que não possuem mais o seu traspasse, além de recortes para passagens elétricas e hidráulicas. O reforço “U” é usado no contorno das aberturas, a fim de evitar que o revestimento dos painéis seja aplicado sobre o EPS. Já o reforço “L” é colocado em todo o encontro de paredes na

perpendicular. O intuito de sua utilização é a formação de uma estrutura única, conectando a montagem e fortalecendo os pontos frágeis da estrutura. Sua instalação é feita na tela do painel com grampos galvanizados ou arames.

Figura 18 – Tipos de reforços



Fonte: Oliveira e Alves (2015, p. 15).

Stocco (2009) ainda sobre reforço, alerta para a necessidade do seu uso nas abas dos painéis que é feito com telas de aço eletro soldadas e colocas sobre um painel suplementar. Nas extremidades dos painéis das portas e janelas como pode-se verificar na Figura 19 e Figura 20, algumas partes de tela precisam ser aplicadas nos lados de dentro e de fora, na diagonal. O processo é capaz de suportar tensões e possíveis trincas.

Ainda conforme o autor, nos cantos das aberturas das esquadrias são empregadas vergas e contra vergas de tela no formato "U", com a intenção de anular as forças de esmagamento e corte localizados.

Figura 19 - Esquadrias com reforços



Fonte: Paredes Betel.

<http://www.paredesbetel.com.br/img/obras/incra/big/1.jpg>

Acesso em: 11 mai. 2019.

Figura 20 - Detalhe dos reforços nos cantos das janelas em obra



Fonte: Paredes Betel.

<http://www.paredesbetel.com.br/img/obras/paranoa/big/1.jpg>

Acesso em: 11 mai. 2019.

2.3.9 Montagem do sistema

O processo construtivo se inicia com a execução das fundações que na grande maioria das edificações tende a ser uma sapata corrida (rasa) ou uma laje radier, em função do pequeno peso transmitido pelas paredes do sistema. Obviamente quem definirá as soluções definitivas para as fundações a serem utilizadas é o projeto estrutural (SOUZA, 2009).

O autor completa salientando a etapa seguinte, caracterizada pelo contrapiso que servirá de base para o sistema, sucedido de fato pela montagem e fixação dos painéis dando forma a estrutura de paredes, conforme podemos ver na Figura 21.

Figura 21 - Montagem do sistema



Fonte: Isoform – Soluções Térmicas.

<http://www.isoform.com.br/painel.html>

Acesso em: 11 mai. 2019.

Stocco (2009) ressalta antes de tudo a importância da colocação prévia de números nos painéis ao início do processo de montagem do sistema em EPS, a fim de facilitar a organização e ordem de aplicação.

O sistema começa a ser executado através da fixação dos arranques de aço (Figura 22). Os mesmos variam de 3,4 a 5 mm, com um comprimento de aproximadamente 50 cm. São alinhados e aplicados a cerca de 30 cm de altura do piso e 20 cm de distância entre si. Alinhamento efetuado, os arranques são fixados aos painéis (LUEBLE, 2004).

Figura 22 - Arranques para fixação dos painéis



Fonte: Oliveira e Alves (2015, p. 15).

Arranques fixados conforme a Figura 23, deve ser feita a introdução dos painéis sobre os arranques com a ajuda de grameador de aço (Figura 24), semelhante ao material empregado para fixar as malhas de aço dos painéis (OLIVEIRA; ALVES, 2015).

Figura 23 - Detalhe dos arranques para montagem dos painéis em obra



Fonte: Oliveira e Alves (2015, p. 16).

Figura 24 - Grampeador com grampos de aço para amarração dos painéis nos arranques



Fonte: Oliveira e Alves (2015, p. 16).

O painel pode ser instalado por um funcionário apenas como podemos ver na Figura 25, detalhe que facilita e acelera o processo de montagem, além de evitar a contratação de mão de obra especializada e a formação de grupos para a realização destes trabalhos específicos. Além disso, os painéis de vão prontos para a obra e o operário simplesmente faz o encaixe (LUEBLE, 2004).

Figura 25 - Facilidade de transporte dos painéis



Fonte: ISOER.

https://iosep.webnode.com/_files/20000025965e0a66db7/Placas%20de%20isopor%20para%20Oparedede.jpg

Acesso em: 12 mai. 2019.

Lueble (2004) enfatiza que o processo é rápido porém deve-se ter atenção com o alinhamento e o prumo dos painéis. Com intuito de obtê-los são utilizadas réguas fixas na horizontal a cerca de dois metros do piso (Figura 26).

Figura 26 - Detalhe das réguas e escoras que garantem a verticalidade dos painéis



Fonte: Medeiros (2017, p.32).

Complementa Lueble (2004) afirmando que as escoras ajustáveis na diagonal perpendicular em relação as réguas são reguladas a fim de obter a verticalidade necessária para os painéis. São geralmente utilizadas réguas de alumínio, que eventualmente permitem sua substituição sem maiores danos por materiais de madeira. Em caso de aplicação no segundo pavimento, o procedimento é o mesmo, não sendo necessário o uso de arranques, pois a tela do próprio painel é capaz de realizar esta função.

Na Figura 27, apresenta-se uma obra de paredes de EPS na etapa de escoramento.

Figura 27 - Réguas e escoras diagonais



Fonte: Paredes Betel.

<http://www.paredesbetel.com.br/img/obras/incra/big/7.jpg>

Acesso em: 12 mai. 2019.

São aplicadas cantoneiras em tela de aço em cada um dos ângulos retos. Essa aplicação é realizada interna e externamente aos painéis (SILVA, 2018).

2.3.10 Instalações complementares

A instalação dos sistemas hidráulico (Figura 28) e elétrico (Figura 29) acabam tendo seus processos simplificados nos modelos de construção de EPS, pois os desperdícios com quebra de material para efetuar as passagens no modelo tradicional são descartados (TREVEJO, 2018).

Figura 28 - Instalações hidráulicas



Fonte: Paredes Betel.

[http://www.paredesbetel.com.br/img/obras/construtora%20abecer%20\(%20josafa%20\)/big/6.jpg](http://www.paredesbetel.com.br/img/obras/construtora%20abecer%20(%20josafa%20)/big/6.jpg)

Acesso em: 12 mai. 2019.

Figura 29 – Detalhe das instalações elétricas



Fonte: Paredes Betel.

[http://www.paredesbetel.com.br/img/obras/construtora%20abecer%20\(%20josafa%20\)/big/5.jpg](http://www.paredesbetel.com.br/img/obras/construtora%20abecer%20(%20josafa%20)/big/5.jpg)

Acesso em: 12 mai. 2019.

Dos Reis (2017) salienta que na aplicação do sistema elétrico e hidráulico deve-se prever em projeto a localização das passagens. O trajeto da tubulação deve ser sinalizado com spray nos painéis. Para isto, utiliza-se uma pistola de ar quente, nos moldes da Figura 30, onde devem ser abertos sulcos para a colocação dos tubos, orientando-se através da sinalização anteriormente. No processo, o ar em alta temperatura tem facilidade para fundir a espuma.

Figura 30 - Pistola de ar quente



Fonte: Obras 360.

<https://www.obras360.pt/resources/medias/shop/products/thumbnails/shop-image-large/Shop-0230180014-1.jpg>

Acesso em: 12 mai. 2019.

De Oliveira (2016) destaca que a tubulação precisa ser fixada abaixo da tela de aço, fazendo a montagem de todo o sistema antes da aplicação do revestimento. Para tubulações semi-rígidas e rígidas, se for preciso, se deve fazer o corte da tela de metal por meio de um alicate, e para finalizar, fecha-se a tela mais uma vez para suportar os tubos.

Outro detalhe fundamental de acabamento é a fixação junto a malha do aço das saídas e das caixas de instalação dos sistemas elétrico e hidráulicos. Deve atentar-se da mesma forma a regulagem com a ideia de garantir que fique no mesmo plano da superfície finalizada do revestimento (FERREIRA, 2013).

2.3.11 Revestimento

Assim que concluídos todos os processos anteriores é efetuada a colocação das esquadrias que finaliza a etapa estrutural. Logo após inicia-se a etapa de acabamento externo (Figura 31) e interno (Figura 32) com o revestimento (FERREIRA, 2013).

Figura 31 - Acabamento externo da edificação de 3 pavimentos feita em painéis de EPS



Fonte: Oliveira e Alves (2015, p. 20).

Figura 32 - Acabamento interno da edificação de 3 pavimentos feita em painéis de EPS



Fonte: Oliveira e Alves (2015, p. 20).

Esta etapa pouco difere do revestimento na alvenaria convencional. A principal diferença está no traço e composição da massa, que na realidade trata-se de argamassa estrutural ou microconcreto. Os componentes do microconcreto são: areia média e cimento com a inclusão de fibras plásticas e aditivos, para dar maior consistência e impedir a retração excessiva do concreto (SOUZA, 2009).

O autor aponta ainda que a argamassa utilizada pode ser simples e lançadas de forma manual, ou projetada através de rebocadoras pneumáticas - tipo caneca, conforme demonstrada na Figura 33, e ambas devem passar pelo desempenho até alcançar a espessura estipulada em projeto.

Figura 33 – Rebocadora pneumática tipo caneca



Fonte: Fridulsa – Sistema Constructivo Integral.

http://www.fridulsa.com.uy/img/Revocadoras_muros.jpg

Acesso em: 30 mai. 2019.

Para Ferreira (2013) a etapa de revestimento precisa ser executada com argamassa prevista em projeto e deve ser aplicada em duas camadas. O período entre a primeira e a segunda camada de argamassa é de 24 a 72 horas, variando conforme as condições do clima da localidade. A primeira camada deve preencher a região de superfície até o contato com a tela de aço, nos dois lados do painel. Este detalhe é extremamente relevante pois garante que a parede não sofra retração diferencial nas superfícies revestidas. Depois da cura completa, dá-se início a aplicação dos batentes e caixilhos das esquadrias, que após serem fixos e terem o prumo e o nível ajustados, necessitam de proteção para que não tenham problemas com os respingos da argamassa da segunda fase de aplicação.

A Figura 34 traz uma aplicação de argamassa por equipamento de projeção em uma obra de paredes de EPS. Enquanto a Figura 35 demonstra o mesmo processo de aplicação de argamassa, porém através do método manual.

Figura 34 - Aplicação de argamassa por equipamento de projeção



Fonte: Arquitetas Nômades.

<https://www.arquitetasnomades.com.br/wp-content/uploads/2017/01/EPS-1.jpg>

Acesso em: 12 mai. 2019.

Figura 35 - Aplicação de argamassa simples



Fonte: Isomaf.

<https://www.isomaf.com.br/blog/5/Parede-de-EPS-recoberta-por-argamassa-armada>

Acesso em: 12 mai. 2019.

Após aplicação da argamassa, o frágil EPS adquire uma característica sólida em função da junção dos elementos isopor, grelhas e argamassa, com uma resistência a compressão de aproximadamente 30% acima que a dos tradicionais blocos utilizados na alvenaria estrutural (BARRETO, 2017).

2.3.12 Critérios de uso

Gonzaga (2018) lembra que até muito pouco tempo atrás as paredes de EPS serviam apenas para construção de galpões, câmaras frigoríficas e pequenas obras. Atualmente, inclusive no Brasil é possível encontrá-las em diversos modelos de casas, edifícios multipavimentos e até mansões de luxo, conforme pode-se visualizar na Figura 36.

Figura 36 - Casa de alto padrão com paredes de EPS



Fonte: Arquitetura Flávia Medina.

<https://www.flaviamedina.com.br/sistema-construt/>

Acesso em: 14 mai. 2019.

O emprego do sistema em EPS é extremamente sugerido para áreas com incidência de furações e terremotos, pois seu formato e processo de montagem ajuda a proteger a estrutura contra os danos causados por estes fenômenos naturais (SILVA 2010).

Os painéis compostos de EPS conquistaram um vasto nicho de utilização, sendo indicado tanto para pequenas, quanto grandes edificações como destaca a Figura 37 (SANTOS, 2013).

Figura 37 - Edificação de grande porte com paredes em EPS



Fonte: Tem Sustentável.

<https://www.temsustentavel.com.br/wp-content/uploads/2017/02/06-Sistema-Monoforte-%C3%A9-dividido-em-dois-modelos-com-Pain%C3%A9is-Estruturais-e-Pain%C3%A9is-de-Fechamento.jpg>

Acesso em: 15 mai. 2019.

Destina-se também à construção de edificações de usos industriais, escolares, comerciais e hospitalares (SOTOMAYOR, 2017).

2.3.13 Vantagens e desvantagens

Já no método que utiliza o EPS, Schuh (2017) considera que umas das principais vantagens na utilização deste modelo construtivo é a quantia de operários que geralmente é bem reduzida, a facilidade de instalação independente do porte da edificação, reduzindo o tempo de execução, a redução de resíduos, e ao peso do material, que é infinitamente inferior aos demais componentes (cerca de 80% mais leve que o tijolo) auxiliando o deslocamento do produto.

O material não sofre com agentes biológicos e tem excelentes propriedades de isolamento térmico e acústico. Em função de suas características, em junção com os elementos que compõem os painéis de EPS, agrega resistência e solidez a estrutura (DE OLIVEIRA, 2016).

Além disso, De Oliveira (2016), salienta que o EPS não apresenta porosidade, logo é capaz de agir contra a umidade, uma vez que parede não é capaz de sugar a umidade do solo. Com isso a edificação permanece impermeável, prolongando a durabilidade da estrutura.

E no âmbito ecológico, é 100% reciclável, apesar de ser um material oriundo do petróleo, o EPS aplicado em obras não está sujeito a combustão, aumentando a segurança para os operários, e reduzindo a emissão de CO₂, que chega a incríveis 40% de ganhos, na comparação com um sistema convencional. Sustentável, certificado em diversos países, além da redução de resíduos e emissão de gases poluentes, já citados, contribuem com a diminuição dos gastos com energia (DE OLIVEIRA, 2016).

Em contrapartida, todo sistema construtivo também possui suas desvantagens. Em primeiro lugar deve-se atentar ao custo final do sistema que se mostrou mais alto que o esperado e apontado por diversos autores. Além da falta de mão de obra devidamente qualificadas, com treinamento teórico e prático (SOUZA, 2009).

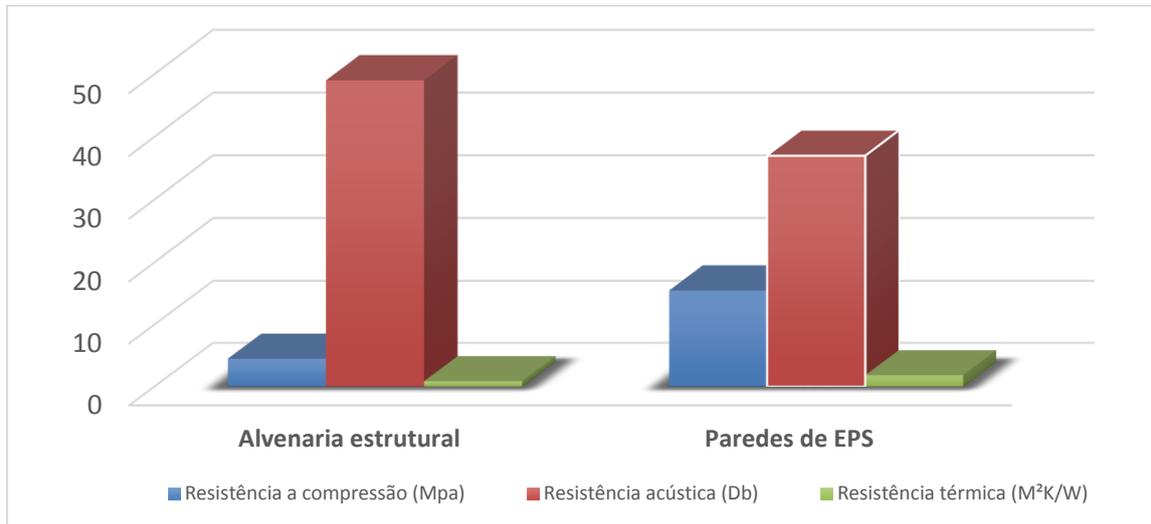
Katsuragawa e Rachid (2016) atentam à característica autoportante das paredes, detalhe que acaba sendo um fator contra, projetando futuras alterações, uma vez que desempenhando a função de sustentação da estrutura, modificações posteriores podem comprometer a estrutura.

Outro detalhe que merece atenção é a temperatura com a qual a estrutura é exposta. Uma condição acima de 80 graus, tende a degradar o material, e conseqüentemente influenciar a estabilidade da edificação (KATSURAGAWA; RACHID, 2016).

De acordo com Schuh (2017) outro fator que pode vir a gerar complicações, são as instalações elétricas, que necessitam estar devidamente protegidas e bem executadas.

No Gráfico 1 é apresentado um comparativo de desempenho técnico com as vantagens e desvantagens de cada sistema detalhadamente

Gráfico 1 - Comparativo de desempenho técnico entre sistemas



Fonte: Adaptado de Souza (2009, p. 148).

3 MÉTODO DE PESQUISA

Este trabalho monográfico de conclusão de curso possui como metodologia de pesquisa a revisão de literatura.

Definida por Mercadante (2011, p.77) a revisão de literatura é tida como: “Uma coletânea crítica das literaturas especializadas mais importantes publicadas a respeito de um tópico específico; uma avaliação crítica da literatura. Uma das etapas do processo de pesquisa”.

Já Jacobsen (2017, p.2), cita a revisão de literatura como:

Um método bastante utilizado para reunir as informações existentes sobre determinado tópico. Essa revisão pode ser estruturada de duas formas, a depender do seu objetivo, que são: (i) Revisão ad-hoc, são feitas de forma livre sem a utilização de nenhum guideline e (ii) Revisão sistemática, realizada de forma sistemática, respeitando um conjunto de passos que devem descrever desde a fase de coleta dos estudos até a análise dos mesmos (JACOBSEN 2017, p. 2).

No presente trabalho desenvolveu-se uma análise técnica e financeira, onde primeiramente definiu-se os métodos e detalhes construtivos de cada sistema, em seguida fez-se um comparativo econômico com o intuito de definir o sistema de construção mais adequado para uma edificação modelo desenvolvida pela Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) intitulada Casa 1.0 de 42,30 m². E por fim, elencou-se os prós e contras de cada sistema.

Como fontes desta pesquisa utilizou-se ferramentas como: artigos, trabalhos de conclusão de curso, teses, livros, manuais, normas, entre outros.

4 ANÁLISE ECONÔMICA

A seguir veremos os critérios e parâmetros considerados para o desenvolvimento de um orçamento. Além disso será efetuada uma análise financeira contemplando os dois sistemas construtivos abordados neste trabalho.

Para Mattos (2006, p. 22):

Um dos fatores primordiais para um resultado lucrativo e o sucesso do construtor é uma orçamentação eficiente. Quando o orçamento é malfeito, fatalmente ocorrem imperfeições e possíveis frustrações de custo e prazo. Aliás, geralmente erra-se para menos, mas errar para mais tampouco é bom (MATTOS, 2006, p 22)

4.1 ORÇAMENTO E ESTIMATIVA DE CUSTOS

4.1.1 Tipos de orçamentos

A partir de um ponto de vista mais abrangente, o orçamento de um determinado empreendimento representa uma estimativa de seu custo. O custo de uma obra é representado pela soma de todas as despesas exigidas para a sua execução e o seu preço final é obtido agregando a este custo os insumos sobre o exercício empresarial das empresas do ramo da construção civil, assim como o lucro do empreendedor (MATTOS, 2006).

Mattos (2006) também destaca que para se apropriar o custo de um empreendimento, acham-se disponíveis inúmeros formatos de orçamentos e a escolha de um deles possui relação estreita com os objetivos esperados com a estimativa e com a disponibilidade de dados sobre o empreendimento que se deseja orçar. De acordo com seu grau de detalhamento, é usual se estabelecer a seguinte divisão dos orçamentos de um empreendimento.

- Orçamento paramétrico:

Consiste em um tipo de orçamento de caráter diligente com base em custos históricos e análises comparativas com projetos de natureza semelhante. Estabelece apenas uma ordem de grandeza do custo do empreendimento, mas configura-se em uma ferramenta essencial para verificações iniciais, como por exemplo, estudos preliminares de viabilidade. Se os respectivos projetos não estiverem disponíveis, o custo do empreendimento é realizado por área ou volume construído utilizando-se como fonte de preços, entre outros, geralmente o Custo

Unitário Básico (CUB) definido pela NBR 12721 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006).

- Orçamento preliminar:

Trata-se de um orçamento com maior nível de detalhamento do que o paramétrico e exige um levantamento de quantitativos e uma pesquisa de custos dos serviços mais essenciais e em função disto demonstra um nível de incerteza menor. Seu uso presume a disponibilidade de projetos que consintam a adequada apropriação dos inúmeros itens de serviços que farão parte do empreendimento (TISAKA, 2006).

- Orçamento discriminado:

Definido com um modelo de orçamento também com um nível de detalhamento apurado, que é caracterizado por um grau de precisão maior que os anteriores, formado uma vasta gama de serviços que necessitam ser efetuadas no empreendimento. Sugere uma extensa pesquisa de preços de materiais e mão de obra, a fim de obter um valor que seja capaz de representar a situação mais próxima da “real” para executar a obra. Os valores unitários dos serviços são estabelecidos a partir de quantitativos já levantados em projetos anteriores. Entretanto, este formato de orçamento pode ser efetuado apenas após o término de todos os projetos, como arquitetônico, estrutural, instalações hidráulicas, entre outros, juntamente com suas anotações e especificações devidamente detalhadas (GONZÁLEZ, 2008).

4.1.2 Critérios de quantificação e estimativa de custos em orçamentos

Quando se inicia um procedimento de orçamentação de algum projeto é fundamental o conhecimento dos inúmeros serviços e fases que o compõem. Todavia, não basta apenas a identificação dos serviços, é imprescindível efetuar um quantitativo de cada um. Esta etapa chama-se “levantamento de quantidades” (insumos envolvidos), e é considerada uma das mais importantes do processo, pois demanda capacidade intelectual do orçamentista (MATTOS, 2006).

O autor conclui abaixo elencando as principais fases na realização de um orçamento:

- Recebimento de documentos (prazo, medição, pagamento, execução);
- Verificação dos documentos e elucidação das dúvidas se necessário;

- Identificação dos itens e detalhamento de orçamento previamente a prestação dos serviços;
- Medição;
- Composições
- Relação de insumos cotados;
- Lançamento de custos
- Análise do BDI (Benefícios e Despesas Indiretas);
- Finalização do orçamento com as condições de proposta;

No levantamento das quantidades de cada material é necessária uma memória de cálculo, garantindo a conferência por terceiros, onde caso necessário qualquer modificação em projeto não gere retrabalho com um novo levantamento. Para se certificar, geralmente as empresas utilizam formulários padrão (DIAS, 2001).

Souza (2009, p. 41) relaciona abaixo alguns elementos de natureza variada efetuadas na realização de um levantamento quantitativo:

- Linear: cerca, tubulação, meio-fio, sinalização horizontal de estrada, rodapé, etc;
- Superfície(área): limpeza e desmatamento, forma, alvenaria, revestimento, esquadria metálica, forro, esquadria, pintura, impermeabilização, plantio de grama, etc;
- Volumétrica: escavação, aterro, dragagem, bombeamento, concreto;
- Peso: estrutura metálica, armação;
- Adimensionais: serviços que não se incluem nos itens acima, e sim por contagem, como por exemplo: postes, portões, placas de sinalização, entre outros (SOUZA, 2009, p. 41).

4.1.3 Critérios de medição e pagamento

É de fundamental importância no levantamento de quantidades, a verificação das especificações e os parâmetros de medição e pagamento de todos os projetos, definidos pelo cliente. Afinal um equívoco nesta fase acarretará em um imenso prejuízo ao final do trabalho. Outro detalhe essencial que se deve atentar são as perdas em meio a realização dos serviços (TISAKA, 2006).

No Quadro 4, Mattos (2006) apresenta uma estimativa do índice de perdas de alguns insumos:

Quadro 4 - Índices de perdas de alguns insumos para alvenaria estrutural

Insumo	Perda	Motivo
Aço	15%	Desbitolamento das barras e pontas que sobram
Azulejo	10%	Transporte, manuseio e cortes para arremates
Cimento	5%	Preparo de concreto e argamassa com betoneira
Cimento	10%	Preparo de concreto e argamassa sem betoneira
Blocos de concreto	4%	Transporte, manuseio e arremates
Blocos cerâmicos	8%	Transporte, manuseio e cortes

Fonte: Mattos (2006, p. 59).

4.1.4 Composição de custos unitários

Dá-se o nome de composição de custos ao processo em que se estabelece o cálculo dos custos unitários nos orçamentos discriminados para a execução de um serviço ou atividade. A composição lista todos os insumos (material, mão-de-obra e equipamentos) que entram execução de uma unidade de serviço, com suas respectivas quantidades, e seus custos unitários e totais (MATTOS, 2006).

Na sequência demonstra-se os dados utilizados na composição de custo de um produto (SOUZA, 2009, p. 42):

- Insumo: refere-se a cada um dos itens que entram na execução dos serviços, seja de ordem material, mão-de-obra e, ou equipamentos.
- Unidade: é a unidade de medida do insumo.
- Índice: é o quanto cada insumo incide na execução de uma unidade do serviço.
- Custo unitário: é o custo da aquisição ou emprego de uma unidade do insumo.
- Custo total: é o custo total do insumo para execução de uma unidade do serviço, obtido através da multiplicação do índice pelo custo unitário. O custo total da unidade de serviço é o somatório do custo total dos insumos (SOUZA, 2009, p. 42).

Caso a idealização do orçamento tenha uma proposta mais abrangente e vise a análise do processo construtivo e não apenas de um projeto em específico, De Mendonça (2012) aponta a utilização de indicadores de composição de preços e fontes orçamentárias baseadas em informações levantadas e apresentadas por sindicatos e órgãos do setor, bem como entidades normativas, como por exemplo a Associação Brasileira de Normas Técnicas.

Entre os indicadores mais difundidos pode-se citar o CUB (Custo Unitário Básico) do Sindicato da Indústria da Construção Civil, a TCPO (Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos) da Editora PINI e a SICRO (Sistema de Custos Referenciais de Obra), do DNIT. Tais indicadores consideram e definem o custo médio de todos os insumos de materiais,

mão de obra e equipamentos a serem utilizados na composição de um orçamento (DE MENDONÇA, 2012).

Para Taves (2014) é válido o destaque para o CUB, considerado um dos principais parâmetros utilizados na composição orçamentária de projetos-padrão, uma vez que os custos e remunerações relacionados são estipulados por norma, a NBR 12721 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2006).

Os itens que compõem o CUB (Custo Unitário Básico), definidos na norma citada acima são estabelecidos por meio de critérios básicos de insumos envolvidos no processo, que permitem a projeção do cálculo do metro quadrado de construção em uma edificação. Componentes como elevadores, tributos, lucro, fundações e instalações especiais não são considerados neste cálculo (TAVES, 2014).

Segundo De Mendonça (2012) os insumos do ramo da construção civil que servem de base o desenvolvimento do CUB são divulgados todo mês através do SINDUCON (Sindicato da Indústria da Construção Civil) em suas devidas regiões, seguindo a Lei 4.591/1964, artigo 54 da Legislação Federal.

Conforme o autor, desde de meados de 1992 a base de dados do SINDUSCONs, associados a CBIC (Câmara Brasileira da Indústria da Construção) fornece o CUB médio brasileiro, que representa uma média ponderada dos CUB's de cada estado da federação.

4.2 ALVENARIA ESTRUTURAL

4.2.1 Pontos positivos

Ramalho e Corrêa (2003) apresentam a seguir as características econômicas que representam as principais vantagens da alvenaria estrutural em relação ao convencional sistema em concreto armado:

- Economia de formas: formas são empregadas apenas para lajes;
- Redução nos revestimento: a maior possibilidade de controle na execução da alvenaria
- Redução expressiva nos revestimentos: a qualidade do bloco estrutural e o controle maior na execução da alvenaria permitem, por exemplo no caso azulejos, ser aplicados diretamente sobre os blocos. Além disso é possível

aplicar internamente o revestimento a uma parede com uma fina camada de gesso também direto sobre os blocos.

- Redução nos desperdícios de material e mão de obra: por serem contraindicadas intervenções relevante posteriores, como aberturas de passagem para instalações elétricas e hidráulicas, se estabelece uma redução significativa de desperdícios.
- Redução do número de especialidades: dispensam a utilização de carpinteiros e armadores
- Flexibilidade no ritmo de execução da obra: caso as lajes utilizadas forem pré-moldadas, o andamento da obra passa a não depender do tempo de cura.

4.2.2 Análise de viabilidade financeira

Usualmente a utilização da alvenaria estrutural está atrelada à padronização dimensional e à ausência de flexibilidade para modificações posteriores, pelo fato de a estrutura estar incorporada às paredes. Detalhe que acaba fazendo com que o modelo encontre uma área de atuação importante em empreendimentos residenciais de padrão econômico baixo, conforme mostra-se na Figura 38 (MACHADO, 2014).

Figura 38 – Condomínio Minha Casa Minha Vida



Fonte: Hopfengartner.

<http://hopfengartner.com.br/projetos/alvenaria-estrutural/#>

Acesso em: 13 mai. 2019.

Em empreendimentos de padrão econômico baixo, a redução nos custos utilizando a alvenaria estrutural em relação a outros modelos construtivos costuma ser grande. Mas o sistema não está limitado a esses tipos de edificações. Em construções com vãos maiores, quantidade inferior de paredes que compõem a estrutura e com paredes de vedação que podem ser removidas, pode haver também aplicabilidade do sistema, com menor redução no custo, explicam Parsekian e Soares (2010).

A viabilidade financeira e a competitividade de um projeto em alvenaria estrutural dependem de se ter um arranjo fixo e constante nos pavimentos, de forma que as paredes obtenham um efeito de sobreposição, tornando mais simples a transferência dos carregamentos verticais. Além disso, as dimensões horizontais e verticais devem atender ao módulo mínimo da família de blocos, comenta Freire (2007).

Segundo Puga, Wendler e Franco (2012) a alvenaria estrutural é extremamente competitiva em edificações residenciais e comerciais com vãos de laje que variam entre sete ou oito metros. Mas existe um excelente ponto de aproveitamento em construções com vãos de laje até cinco metros, espessura de laje de dez a onze centímetros e preferencialmente com unidades no térreo. Essas condições abrangem uma gama de prédios acima do que é designado como econômico, chegando a um padrão de médio porte. Mas é possível ir além. Se tivermos uma transição bem estudada, com pilares nos pontos certos, conseguimos viabilizar edifícios bastante altos, com cerca de vinte a vinte e dois pavimentos-tipo, térreo e subsolos em concreto armado. Isto permite atingir faixas de alto padrão com custo inferior aos que utilizam estruturas alternativas.

De modo geral, a alvenaria estrutural mostra-se pouco indicada economicamente em empreendimentos nos quais há predominância de paredes em uma única direção. Essa situação é usualmente encontrada quando existem várias opções de planta. Projetos de grandes balanços também não contribuem para o sistema. Balanços médios apoiados em vigas são possíveis, mas encarecem a obra. (PARSEKIAN; SOARES, 2010).

4.2.3 Compatibilização crítica

O resultado técnico e principalmente o financeiro do uso da alvenaria estrutural está intimamente atrelado à atenção com alguns detalhes cruciais durante as fases de projeto e execução. A elaboração, por exemplo, deve levar em conta a viabilidade da estrutura, bem como a associação entre os subsistemas, arquitetônico, estrutural e de instalações. Se o projeto não

for pensado como um todo, compatibilizando arquitetura com a coordenação modular oferecida pelos blocos, se as instalações não estiverem previamente resolvidas e detalhadas no projeto, o sistema construtivo não irá funcionar (NASCIMENTO, 2013).

Para Puga, Wendler e Franco (2012) o mais importante na fase de projetos é a compatibilização entre todas as suas modalidades e também entre o projeto total, a construtora e o empreendedor. O projeto deve representar a viabilidade financeira do empreendedor, a viabilidade executiva da construtora e atender a todos os aspectos normativos do sistema, principalmente a norma de desempenho NBR 15575 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2013).

4.3 PAREDES DE EPS

Um importante ponto a ser considerado quando se introduz novos produtos ou sistemas construtivos na indústria da construção civil, e que substituem outros com uso já consolidado, está relacionado com as vantagens econômicas que os mesmos podem trazer, e hoje em dia felizmente, existe uma série de alternativas interessantes e impressionantes (SIQUEIRA, 2017).

Seguindo o raciocínio do autor, graças à tecnologia e estudos apurados da engenharia, arquitetura e outras áreas, temos a disposição variados materiais, como o isopor, constituindo posteriormente as paredes de EPS. Se antes era difícil pensar nessa peça em qualquer projeto construtivo, atualmente já podemos vê-lo em inúmeros escopos.

4.3.1 Benefícios

A utilização de placas de EPS para a construção de paredes internas é uma solução acessível não apenas tecnicamente, mas também economicamente, visto que há rapidez e contenção de gastos propiciados durante a construção da obra. Desse modo, conclui-se que quanto maior o porte da obra, mais vantajoso esse sistema se torna (TREVEJO, 2018).

Silva (2010) afirma que o sistema acaba se tornando economicamente viável para a construção de habitações de interesse popular, pois gera benefícios térmicos, acústicos e sustentáveis característicos do método. Benefícios que levam a um ganho econômico considerável. É possível que habitações populares utilizem este método em suas edificações desde que haja investimentos suficientes para que isso aconteça.

Segundo o EPS Brasil (2014) página virtual idealizada por diversos profissionais que compõem uma comissão setorial do segmento no Brasil criada em 2007:

“A aplicação do EPS em projetos construtivos permite uma economia de energia que pode chegar a 30%. O EPS é também um material de fácil manuseio, o que garante uma economia de cerca de 20% no prazo de construção, além de apresentar uma redução de 6% a 8% no custo global da obra, dependendo do projeto”.

4.3.2 Custo médio

Na definição do custo global da edificação deve-se considerar o custo de produção e os custos de manutenção. É comum a inclusão na lista das exigências de economia os custos de operação do edifício os custos relativos ao consumo de água, de energia elétrica, etc. Nesse sentido, além da acessibilidade ao custo inicial, ressalta-se que os custos de manutenção e reposição devem ser pouco onerosos e convenientemente espaçados no tempo, assim como os custos de operação devem ser os menores possíveis, obviamente estando garantida a satisfação das demais exigências do usuário (SILVA; ABIKO, 1996).

O custo da parede de EPS está diretamente vinculado as medidas e a quantidade, além de ser extremamente variável de acordo com fabricante (SCHUH, 2017).

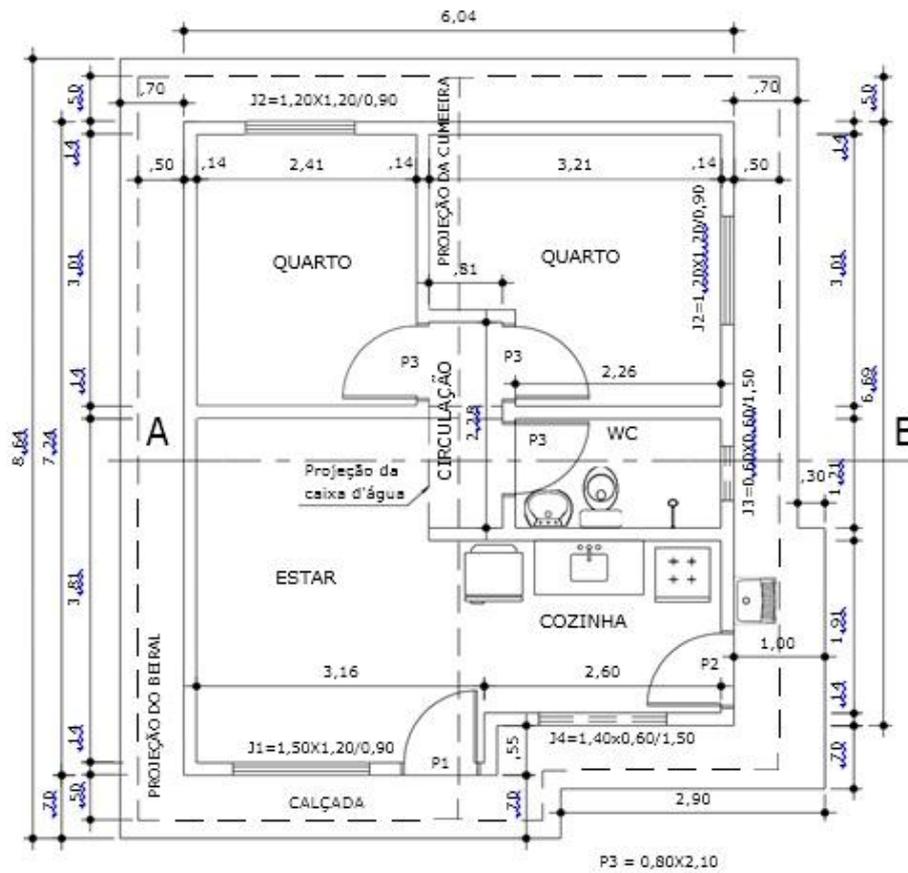
Para a análise dos custos envolvidos na idealização de um projeto de qualquer sistema construtivo existem inúmeros indicadores orçamentários para a composição dos preços, entretanto a base de dados referentes ao modelo construtivo a partir de paredes de EPS é extremamente insuficiente (SOUZA, 2009).

4.4 COMPARATIVO FINANCEIRO

4.4.1 Edificação modelo

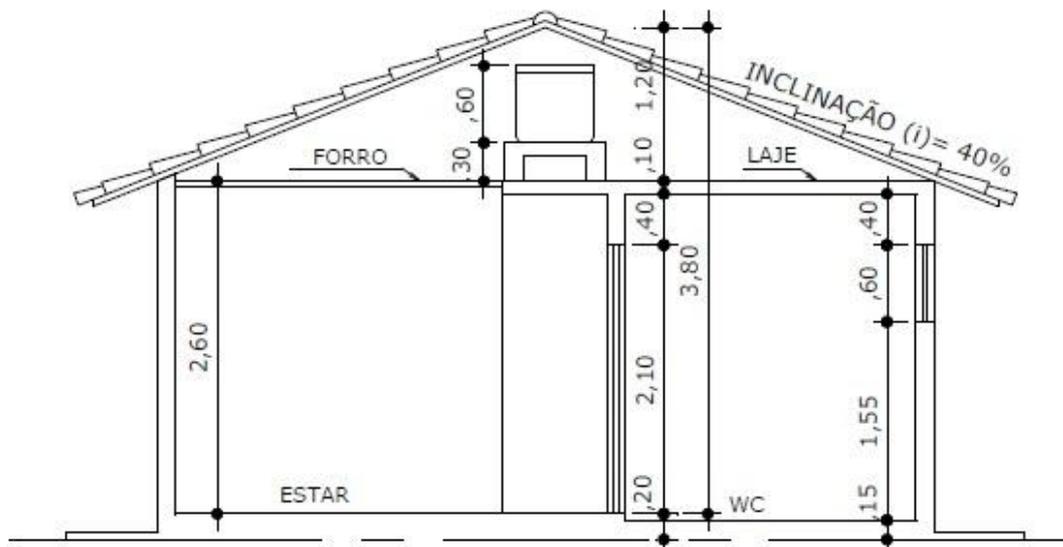
O comparativo financeiro a seguir utilizou como base a edificação modelo Casa 1.0 da ABCP (Associação Brasileira de Cimento Portland), cuja planta baixa, corte e fachada estão demonstradas respectivamente nas Figuras 39, 40 e 41. Edificação a partir da alvenaria estrutural de blocos de concreto, relacionando com um modelo hipotético de painéis de EPS de mesmas dimensões, desenvolvido por Souza (2009).

Figura 39 - Planta baixa do protótipo Casa 1.0 da ABCP



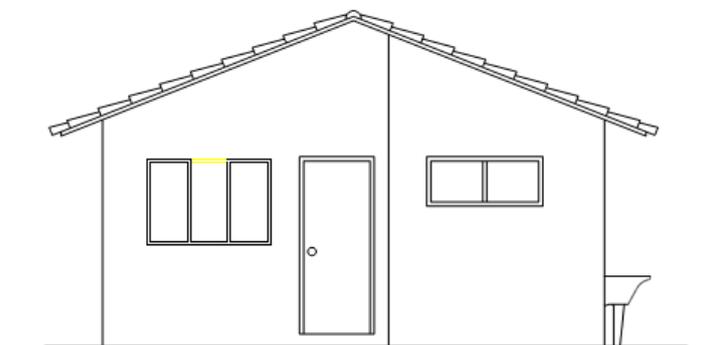
Fonte: Souza (2009, p. 119).

Figura 40 - Corte AB do protótipo Casa 1.0 da ABCP



Fonte: Souza (2009, p. 119).

Figura 41 - Fachada principal do protótipo Casa 1.0 da ABCP



Fonte: Souza (2009, p. 120).

O projeto da edificação modelo Casa 1.0 foi desenvolvido em 2001 e segue até hoje sendo multiplicado no combate do déficit habitacional no País. Consiste em um conceito de construção racional, caracterizada pela coordenação modular e pela utilização da alvenaria de blocos estruturais de concreto, nosso objeto de estudo ou o concreto celular, como principais elementos construtivos das paredes (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND).

Conforme a ABCP, trata-se de uma unidade habitacional unifamiliar térrea com dois quartos, uma cozinha, uma sala de estar e um banheiro. No total o imóvel conta com uma área construída de 42,30 m². A Tabela 1 apresenta o detalhamento da área construída do protótipo estudado.

Tabela 1 - Detalhamento das áreas do protótipo estudado

DISCRIMINAÇÃO	ÁREA (m²)
Quarto I	8,52
Quarto II	7,25
Sala	12,67
Cozinha	4,96
Banheiro	2,73
Circulação	1,95
Subtotal (Área útil)	38,08
Total (Área construída)	42,30

Fonte: Souza (2009, p. 118).

4.4.2 Materiais e processos

A estrutura conforme o estudo de Souza (2009) é executada em alvenaria com blocos de concreto estrutural de 4,5 Mpa, com as dimensões de 14 cm x 19 cm x 39 cm, com peso de aproximadamente 12 kgf, de acordo com as seguintes normas:

- NBR 6136/2016: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Requisitos;
- NBR 12118/2014: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria – Métodos de ensaio. Normativa esta que reúne os procedimentos para determinação da resistência à compressão, absorção de água, retração por secagem e análise dimensional dos blocos.

Os blocos são assentados com argamassa industrial. São executadas vergas e contra-vergas nas aberturas das esquadrias com concreto armado de 15 MPa (fck), utilizando-se o bloco tipo canaleta, conforme o projeto de estruturas. As lajes são pré-moldadas no padrão treliçado em concreto armado também de 15 MPa (fck). Os baldrames recebem a impermeabilização em 2 demãos de tinta asfáltica para concreto e papelão alcatroado.

Em relação a argamassa de assentamento, a ABCP recomenda a preferência por argamassas industrializadas, mas caso a opção seja pela utilização de argamassa produzida na obra, a mesma deverá ser mista, cimento, cal e areia, com resistência característica à compressão igual a 4,0 MPa.

Junto aos vãos das janelas deverá ser executada contra-verga com blocos de concreto tipo calha (14x19x19cm), cheios de concreto estrutural e duas barras metálicas com $\Phi=5.0\text{mm}$. Para os vãos das portas deverá ser executado verga nas mesmas especificações. Os vãos das janelas deverão ser executados conforme projeto e foram programados para estarem com o vão superior junto à viga de travamento (respaldo), economizando a colocação da verga. Os blocos utilizados deverão apresentar boa qualidade, arestas vivas, sem trincas. As juntas deverão ter no máximo 12 mm, rebaixadas a ponta de colher, permanecendo perfeitamente colocados em linhas horizontais contínuas e verticais descontínuas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND).

Uma vez que o revestimento no sistema em EPS é obrigatório, pois não há hipótese de sua execução sem o mesmo, opta-se por utilizar o revestimento na alvenaria para tornar o comparativo mais justo (SOUZA, 2009).

Sobre o revestimento a Revista Construção Mercado da Editora PINI (2009) detalha os procedimentos. As paredes do banheiro levarão azulejo esmaltado liso nas dimensões 150 x 150 mm do tipo “A” até altura de 1,50 m, após aplicação de chapisco com argamassa de cimento e areia sem peneirar traço 1:3, espessura de 5 mm e emboço para parede interna com argamassa mista de cimento, cal hidratada e areia sem peneirar traço 1:2:9, espessura 20 mm.

As paredes acima da pia da cozinha e do tanque levarão azulejo até altura de 0,60 m de iguais especificações na extensão dos mesmos. A colocação do azulejo será feita com juntas verticais a prumo e fixada com argamassa pré-fabricada de cimento colante para assentamento de peças cerâmicas e rejuntado com cimento branco. As demais paredes nas situações em que se considerou a existência de revestimento tiveram o mesmo chapisco e emboço descrito acima (PINI, 2009).

No modelo em EPS de Souza (2009) os painéis foram desenvolvidos utilizando os seguintes materiais e seguidos os procedimentos abaixo:

- Núcleo de EPS com dimensões de 5x100 centímetros, por 260 centímetros e densidade de 13 quilogramas por metro cúbico;
- Telas de aço fio 3,4 milímetros com malha de 7,5x15 centímetros;
- Conectores de aço de 3,4 milímetros, sendo 4 unidades por metro quadrado;

Para o revestimento de argamassa o autor considerou a execução de duas camadas, sendo a primeira composta por:

- 50 quilos de Cimento Portland CPV – ARI;
- 100 quilos de areia média;
- 75 quilos de brita zero (pedrisco);
- 250 gramas de fibras de polipropileno;
- 50 mililitros de aditivo plastificante;
- 17,5 litros de água;
- Relação água cimento 0,35.

Já a segunda camada basicamente conta-se com os mesmos componentes e quantidades, com exceção da areia média que passou para 175 quilos e a brita que é descartada.

Souza (2009, p. 139) ainda salienta:

A quantidade de brita, areia, fibra e aditivo foi calculada através do traço acima descrito. A argamassa utilizada para revestimento não deve conter cal. É conveniente adicionar à mistura, aditivos colantes e plastificantes, e fibras de polipropileno. Para execução do revestimento pode-se utilizar um projetor de argamassa, o que dará maior velocidade ao processo ou ainda, valer-se do processo manual tradicional de chapisco e reboco (SOUZA, 2009, p. 139).

Compondo o sistema, consideram-se pontaletes de 3” x 3” sendo utilizados em média 0,64 metros a cada m² e sarrafos de 1” x 4” com 0,77 metros a cada m², para evitar o tombamento do painel no momento do seu revestimento. Além de arame recozido nº 18, com aproximadamente 0,14 kg por m², para a necessidade de emendas entre painéis e escoramentos (SOUZA, 2009).

4.4.3 Abordagem e resultados

Para o processo de análise do modelo em alvenaria estrutural a abordagem adotada por Souza (2009) foi o desenvolvimento de uma composição de preços, com base em dados obtidos através de informações contidas na montagem analítica de serviços da TCPO - Tabela de Composições de Preços Para Orçamento, da PINI (2009).

A Classificação utilizada nas Tabelas da PINI é inspirada na estrutura das divisões do *Master Format*, uma lista padrão mestra americana-canadense de códigos e nomes de serviços utilizados em projetos comerciais e industriais nos Estados Unidos e Canadá. Trata-se de uma lista amplamente divulgada e utilizada no mercado mundial da Construção Civil utilizada para elaboração de orçamentos dos mais variados empreendimentos deste setor produtivo (MARCHIORI, 2009).

Em relação a mão de obra foram considerados apenas os custos da mão de obra de pedreiro e servente, em função de ser a parte essencial na diferenciação de cada sistema. Foram desconsiderados os custos de mão de obra das atividades repetitivas de ambos sistemas construtivos (infraestrutura, cobertura, esquadrias, instalações, etc.), que pouco influem no custo final para efeitos de comparação (SOUZA, 2009).

O autor ainda enfatiza no quesito produtividade, que no modelo em alvenaria estrutural considerou-se uma equipe composta por um pedreiro e um servente e foi obtido um nível de produtividade de 16,86 horas para um metro quadrado. No Quadro 5 podemos ver o detalhamento.

Quadro 5 - Consumo de mão de obra em horas trabalhadas na alvenaria estrutural com blocos de concreto

Profissional	Alvenaria (h)
Pedreiro	257,89
Servente	455,29
Total	713,18
h/m ²	16,86

Fonte: Adaptado de Souza (2009, p. 143).

Os custos finais do sistema em alvenaria estrutural estão no Quadro 6, destacando o custo total, bem como o gerado em função do metro quadrado.

Quadro 6 - Custos diretos do sistema para alvenaria estrutural com blocos de concreto

Sistema construtivo	Alvenaria
Material (R\$)	18.572,16
Mão de obra (R\$)	9.808,25
Custo total (R\$)	28.380,41
Custo (R\$/m ²)	670,93

Fonte: Adaptado de Souza (2009, p. 145).

Já para o modelo em EPS, em função da escassez de conteúdo e ausência de indicadores de formação de preço, utilizou-se uma composição própria realizada por Souza (2009). Os resultados são apresentados no Quadro 7. Pode-se observar a relação de produtividade da mão de obra com indicadores de produtividade dados em h/m² (hora por metro quadrado). Este indicador é correspondente ao total da mão de obra utilizada para a execução, dividido pela área total de construção da edificação de 42,30 m², utilizada como base.

No Quadro 8 são apontados os custos finais da obra, onde foi considerada uma área de painéis de EPS de 104,64 m², valor um pouco superior à área calculada a partir das dimensões do protótipo modelo, de 98,31 m². Acréscimo estipulado em função da adequação de confecção do fornecedor em questão (SOUZA, 2009).

Quadro 7 - Consumo de mão de obra em horas trabalhadas no sistema em EPS

Profissional	EPS (h)
Pedreiro	203,04
Servente	361,20
Total	564,24
h/m ²	13,34

Fonte: Adaptado de Souza (2009, p. 143).

Quadro 8 - Custos diretos do sistema para o EPS

Sistema construtivo	EPS
Material (R\$)	19.918,40
Mão de obra (R\$)	8.933,15
Custo total (R\$)	28.851,55
Custo (R\$/m ²)	682,07

Fonte: Adaptado de Souza (2009, p. 145).

Ao final se pôde verificar que ambos os sistemas possuem suas vantagens, o modelo em EPS necessita de um tempo de obra inferior, enquanto a alvenaria estrutural apresenta um custo final por metro quadrado mais viável, contrariando alguns autores.

No Quadro 9 é apresentado e detalhado um resumo comparativo do desempenho de cada um dos sistemas (SOUZA, 2009).

Quadro 9 - Comparativo de desempenho econômico

Item	Sistema	
	Alvenaria	EPS
Custos diretos (em 1.000 R\$)	28,38	28,85
Custos por m ² (R\$/m ²)	670,93	682,07
Consumo de mão de obra (horas)	713,18	564,24
Prazo de construção de uma unidade (dias)	15	11

Fonte: Adaptado de Souza (2009, p. 148).

No intuito de tornar o comparativo mais fiel a realidade dos dias de hoje, realizou-se uma atualização nos valores de cada sistema.

Para a alvenaria estrutural utilizou-se uma composição de preço baseada no CUB/m² de Maio/2019 para Florianópolis, utilizando o projeto padrão baixo de residência R1-B, modelo de dimensões próximas, mesmo número de cômodos e que melhor se enquadra ao sistema Casa 1.0 da ABCP apresentado no estudo, segundo os indicadores. Os resultados são apresentados no Quadro 10.

Quadro 10 - Custo unitário básico por metro quadrado

Projetos-Padrão Residenciais - Baixo

Item	R1-B
Materiais	R\$ 605,51
Mão de Obra	R\$ 851,04
Total	R\$ 1456,55

Fonte: SINDUSCON Florianópolis.

<http://sinduscon-fpolis.org.br>

Acesso em: 30 mai. 2019.

- R1-B: Residência unifamiliar padrão baixo: 1 pavimento, com 2 dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área para tanque de 51,94 m² (CBIC).

Para o sistema de paredes em EPS foi efetuada uma pesquisa orçamentária no estado de Santa Catarina, com base em fornecedores locais e com o auxílio de uma consultora da região, a engenheira civil Bartira Silva.

Pôde-se notar algumas pequenas mudanças no processo de composição do sistema de EPS na região, quando comparado ao modelo de Souza (2009). As alterações são citadas a seguir.

O núcleo de EPS já vem envolto pela malha de aço, ou seja o valor final já é fixado com painel e tela embutidos. Processo este que descarta o uso dos conectores. A argamassa dispensa o emprego de brita e da fibra de polipropileno, utilizando-se apenas o cimento CP V ARI, areia média e um aditivo plastificante (AC1). Na aplicação da argamassa, para o cálculo do projetor considera-se o valor de R\$ 150,00 da rebocadora pneumática tipo caneca e uma

média de R\$ 200,00 ao mês pela utilização do compressor responsável pela operação. Para a mão de obra foram considerados 5 profissionais para a execução do sistema.

Elenca-se no Quadro 11 os insumos orçados com seus respectivos custos:

Quadro 11 – Insumos atuais do modelo em EPS

Insumos	Valor unitário	Valor Total
Núcleo de EPS com tela de aço embutida	R\$ 100,00/m ² (1)	R\$ 9.831,00
Projeto de argamassa	R\$ 200,00/mês (2)	R\$ 223,33*
Cimento CP V ARI	R\$ 30,90/saco 50 kg (3)	R\$ 6.087,30
Areia lavada média	R\$ 4,69/saco 20 kg (4)	R\$ 6.430,88
Aditivo plastificante AC1	R\$ 184,90/unidade 18 L (5)	R\$ 184,90
Sarrafo de 1” x 4 “ de Pinus	R\$ 16,21/unidade 3 m (6)	R\$ 421,46
Pontaleta de 3” x 3” de Eucalipto	R\$ 55,90/unidade 3 m (7)	R\$ 1173,90
Arame recozido nº 10	R\$ 10,00/kg (8)	R\$ 137,60
Custo total material	-	R\$ 24.490,37
Custo mão de obra - 5 pessoas	R\$ 400,00/m ² (9)	R\$ 39.324,00
Custo total	-	R\$ 63.814,37
Custo p/ m²	-	R\$ 1508,61

* Custo da rebocadora pneumática embutido

(1) Eng. Bartira Silva, 2019.

(2) Eng. Bartira Silva, 2019.

(3) Leroy Merlin SC - https://www.leroymerlin.com.br/cimento-cp-v-ari-rs-50kg_cimpor_89062491
(Acesso em: 30 mai. 2019).

(4) Leroy Merlin SC - https://www.leroymerlin.com.br/areia-media-saco-de-20kg-cibloco_89274423
(Acesso em: 30 mai. 2019).

(5) Cassol - <https://www.cassol.com.br/p/adesevo-para-argamassa-e-chapisco-chapix-18l-quartzolit>
(Acesso em: 30 mai. 2019).

(6) Léo Madeiras - https://www.leomadeiras.com.br/product/prod-3-Sarrafo_Pinus_Ap_1X4_3000_Madeiras_Nedri
(Acesso em: 30 mai. 2019).

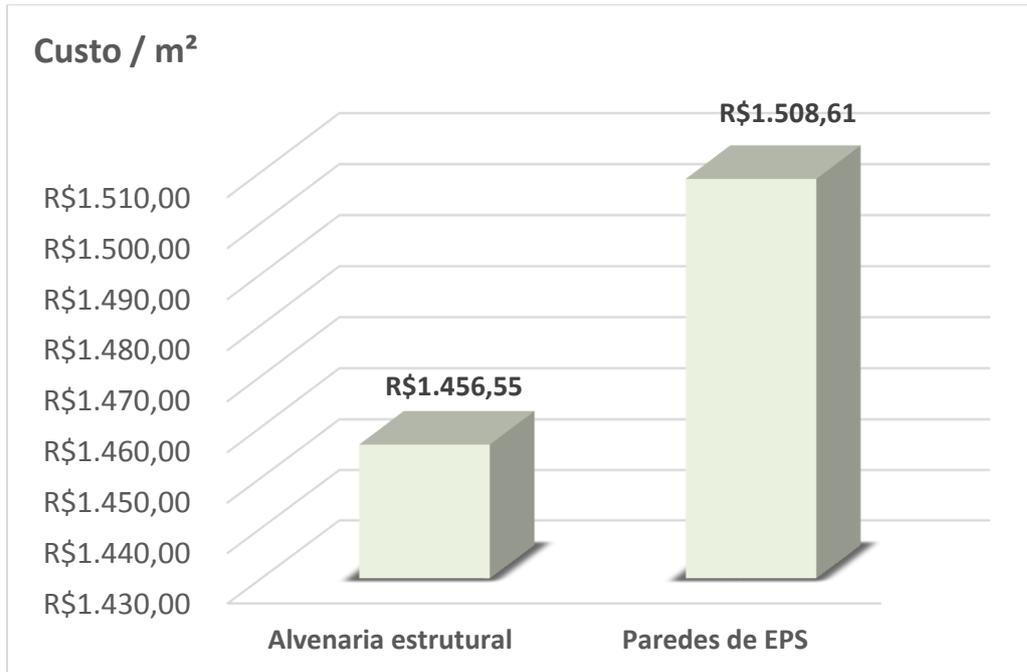
(7) Leroy Merlin SC - https://www.leroymerlin.com.br/caibro-8-saligna-7,5x7,5cmx3m-madvei_89377792
(Acesso em: 30 mai. 2019).

(8) Eng. Bartira Silva, 2019.

(9) Eng. Bartira Silva, 2019.

Ao final pôde-se constatar que para o padrão de edificação estudado, atualizando ambos os sistemas, o custo final da construção em alvenaria estrutural segue levando vantagem sobre o modelo em EPS, conforme apresenta o Gráfico 2.

Gráfico 2 - Comparativo financeiro atualizado entre os sistemas



Fonte: Do Autor, 2019.

5 CONCLUSÕES

O estudo demonstrou que o conveniente emprego da alvenaria estrutural pode trazer vantagens e desvantagens técnicas e econômicas. Constatou-se que a utilização do sistema parte de uma concepção bastante interessante que é a transformação da alvenaria, originalmente com função exclusiva de vedação, na própria estrutura. Dessa forma, pode-se evitar a necessidade de existência dos pilares e vigas que dão suporte a uma estrutura convencional.

O principal inconveniente do sistema em alvenaria estrutural é a limitação do projeto arquitetônico pela concepção estrutural, impedindo a execução de grandes vãos e balanços, dificultando a construção de obras ousadas. Outra desvantagem é a impossibilidade de adaptação da arquitetura para uma nova utilização.

Além disso, a alvenaria estrutural quando comparada a sistemas alternativos como o método estudado, que faz uso das paredes de EPS, leva desvantagem em alguns quesitos essenciais, como o consumo de mão de obra e conseqüentemente o tempo de obra, bem como níveis de resistência térmica e resistência a compressão.

Em função da constante exigência por prazo, eficiência, e otimização dos processos que o mercado nos impõe, devemos estar à procura de novos e práticos métodos construtivos.

A técnica que utiliza o insumo EPS atende todos os requisitos arquitetônicos, possibilita ganhos ambientais, otimização no processo de execução, flexibilidade de projeto, conforto, e fundamentalmente no seu não descarte (reciclagem), permitindo que o mesmo recurso seja aplicado em novos setores.

No entanto o sistema em EPS também apresentou algumas desvantagens técnicas e econômicas, como o nível de resistência acústica que se mostrou inferior, assim como o custo direto por metro quadrado, constataadamente superior ao modelo em alvenaria estrutural.

A partir disso conclui-se que não existe um sistema construtivo ideal e sim uma necessidade de adequação as demandas do contratante. Um sistema será mais indicado que o outro à medida que para determinadas condições existentes estiver mais adequado, ou seja, apresentar um melhor desempenho.

Com este estudo pôde-se identificar uma predominância do modelo de construção mais tradicional. Entretanto, é possível concluir que ainda existe bastante campo para ser conquistado pelos novos sistemas, portanto, compreende-se a importância do objeto de estudo deste trabalho, que salienta e chama a atenção para uma solução tecnológica alternativa da construção civil.

Constatadas as vantagens e desvantagens que o sistema de paredes em EPS apresenta, é necessário investir na implementação do mesmo, a fim de tornar o sistema construtivo uma opção a ser considerada na definição do método mais adequado. Possivelmente leve algum tempo para que esse método construtivo seja difundido. Espera-se que o presente trabalho guie os futuros trabalhos com assuntos afins, no intuito de romper a barreira cultural que impede o avanço tecnológico das edificações no Brasil.

5.1 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- * Análise de viabilidade do sistema de paredes de EPS em diversos estados do país. Verificação em edificações de baixo, médio e alto padrão.
- * Cotação no âmbito nacional dos insumos do método em EPS em diversas indústrias.
- * Ensaio de laboratório com EPS, a fim de verificar os índices de resistências ao impacto, ao fogo, à cargas concentradas, à flexão, entre outros.

REFERÊNCIAS

ABCP, Portal. Associação Brasileira de Cimentos Portland. Disponível em: <https://www.abcp.org.br>. Acesso em: 17 mai. 2019.

ACCETTI, Kristiane Mattar. Contribuições ao projeto estrutural de edifícios em alvenaria. **São Carlos**, 1998.

AGOPYAN, Vahan et al. Alternativas para a redução do desperdício de materiais nos canteiros de obras. **São Paulo**, 1998.

AMBROSI, Tuilara Vanzo. Logística reversa de embalagens de isopor. 2009.

ANDRADE, Lucimara Aparecida Schambeck et al. Uma proposta metodológica para a inspeção da qualidade em blocos cerâmicos para alvenaria em canteiros de obras. 2002.

ANTUNES, Juliana da Silva. Estudo da Construção de Edifício em Alvenaria Estrutural com Blocos Sílico-Calcário numa construtora São Carlense. 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6136: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria - Requisitos: Referências**. Rio de Janeiro, 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11752: Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial - Especificação: Referências**. Rio de Janeiro, p. 4. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118: Blocos vazados de concreto simples para alvenaria — Métodos de ensaio: Referências**. Rio de Janeiro, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961-1: Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 1: Projeto: Referências**. Rio de Janeiro, p. 3; 9. 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575:1: Edificações Habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos Gerais Referências**. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15961-1: Alvenaria estrutural – Blocos de concreto – Parte 1: Projeto: Referências**. Rio de Janeiro, p. 3; 9. 2011.

BANOW, M. C.; LOVATTO, C. G.; TEIXEIRA, O. S. ANÁLISE DA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE EPS NA CONSTRUÇÃO CIVIL-ALVENARIA DE PAINÉIS COM PLACAS DE ISOPOR, 2012.

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

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

CAPUZZO NETO, Valentim. **Interação de paredes em alvenaria estrutural cerâmica sob ações verticais**. 2005. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

CAVALHEIRO, Odilon Pancaro. ALVENARIA ESTRUTURAL Tão antiga e tão atual. **Santa Maria**, 2013.

CORRÊA, Cássia Villani; ANDERY, Paulo RP. Dificuldades para a implementação de projetos para a produção de alvenaria: um estudo de caso. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, v. 1, n. 1, p. 104-125, 2006.

CORRÊA, Lásaro Roberto. Sustentabilidade na construção civil. **Monografia (Curso de Especialização em Construção Civil) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais**, 2009.

CBIC - Câmara brasileira da indústria e da construção. **Custo unitário básico estadual**. (CUB).Disponível em: <http://www.cub.org.br/cub-m2-estadual/SC>. Acesso em: 17 mai. 2019.

DA COSTA, Ramsés Yuri. Dimensionamento da mão de obra na execução de edifícios em alvenaria estrutural, 2011.

DE CARVALHO, Ernani Pinheiro. **Uso do Persulfato de amônio para estabilização da polimerização em suspensão do estireno**. 2011. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

DE FREITAS, Ana Paula Meneghetti; DE FREITAS, Silviane Meneghetti. Aspectos legais referentes ao conforto acústico nas edificações urbanas. **Revista Eletrônica do Curso de Direito da UFSM**, v. 1, n. 3, 2006.

DE MENDONÇA, Emílio Cesar Gonçalves. Emprego dos custos unitários de projetos padrões na avaliação de imóveis: comparativo entre o CUB e o SINAPI. **Especialize IPOG-Revista online**, p. 22, 2012.

DE OLIVEIRA, Daniel Ribeiro; SILVA, Rafaela Caroline S.; BIANCHI, Gislaine. Análise de usabilidade de diferentes usos de EPS. 2016.

DIAS, Paulo Roberto Vilela. Engenharia de custos. **Estimativa de Custo de Obras**, 2001.

DOS REIS, Paola Medeiros et al. A CONSTRUÇÃO MODULAR COM UTILIZAÇÃO DE PAINÉIS EPS. **Episteme Transversallis**, v. 8, n. 1, 2017.

DUARTE, R. B. **Recomendações para o Projeto e Execução de Edifícios de Alvenaria Estrutural**. Associação Nacional da Indústria Cerâmica. Porto Alegre, p.79, 1999.

EPS, Brasil. **Construções sustentáveis continuam crescendo no Brasil**. Disponível em:<http://www.epsbrasil.eco.br/noticia/view/30/construcoes-sustentaveis-continuam-crescendo-no-brasil.html>. Acesso em: 14 mai. 2019

FERREIRA, Diego de Vasconcelos Gonçalves. **Edifícios com lajes maciças e paredes portantes pré-moldadas de concreto leve com pérolas de EPS**. 2013. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

FRANCO, Luiz Sérgio. Alvenaria estrutural. A Pesquisa na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1999.

FREIRE, Ailton Soares et al. Indicadores de projeto para edifícios em alvenaria estrutural. 2007.

FORMOSO, Carlos Torres; OLIVEIRA, Mírian; LANTELME, Elvira. Sistema de indicadores de qualidade e produtividade para a construção civil. **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído**, p. 01-22, 2000.

GONÇALVES, Orestes M. et al. Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações. **Coletânea habitare**, v. 3, p. 42-53, 2003.

GONZAGA, Giordano Bruno Medeiros. A UTILIZAÇÃO DO EPS COMO ATERRO ULTRALEVE-TÉCNICA APLICADA À OBRAS DE ATERROS SOBRE SOLOS MOLES. **Caderno de Graduação-Ciências Exatas e Tecnológicas-UNIT-ALAGOAS**, v. 5, n. 1, p. 197, 2018.

GONZÁLEZ, Marco Aurélio Stumpf. Noções de orçamento e planejamento de obras. **São Leopoldo: UNISINOS**, 2008.

GOUVEIA, João P.; LOURENÇO, Paulo B.; VASCONCELOS, Graça. Soluções construtivas em alvenaria. 2007.

HENDRY, Arnold W. **Structural masonry**. Scholium International, 1990.

HENDRY, A.W. **Engineered design of masonry buildings: fifty years development in Europe**. Prog. Struct. Eng. Mater. 2002; 4:291-300. University of Edinburgh, Scotland.
RAMALHO, M.A.; CORRÊA.M.R.S. **Projetos de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo, Pini. 2002.

JACOBSEN, Priscila. Como escolher o método de pesquisa mais adequado para sua monografia. 2017.

KAGEYAMA, Tacao; KISHI, Sunao; MEIRELLES, Célia Moretti Regina. As interferências do processo construtivo da alvenaria estrutural na redução dos custos na construção arquitetônica. **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, v. 6, n. 6-10, 2011.

KATSURAGAWA, CLARA MARIANA; RACHID, LÍGIA ELEODORA FRANCOVIG. ESTUDO DA APLICAÇÃO DE MOLDURAS PRÉ FABRICADAS EM EPS PARA FACHADAS DECORATIVAS NA CIDADE DE CASCAVEL-PR, 2016.

LANTELME, E. M. V.; FORMOSO, C. T.; TZORZOPOULOS, P. Gestão da Qualidade na Construção Civil: Estratégias e Melhorias de Processos em Empresas de Pequeno Porte. **Sistema de indicadores de e produtividade para construção civil**, v. 2, 2001,

LEOPOLDO, João Victor Charles. Estudo dos processos produtivos na construção civil objetivando ganhos de produtividade e qualidade. **Projeto de Graduação, UFRJ, Escola Politécnica, Curso de Engenharia Civil, Rio de Janeiro, 2015.**

LESLIE, Thomas. History, Theory & Criticism: The Monadnock Building, Technically Reconsidered. **CTBUH Journal**, p. 26-31, 2013.

LOURENÇO, Paulo B.; SOUSA, H. Conceção e projecto para alvenaria. **Eds. PB Lourenço e H. Sousa, Universidade do Minho, Guimarães, p. 77-110, 2002.**

LOURENÇO, Paulo B. Possibilidades actuais na utilização da alvenaria estrutural. 2007.

LUEBLE, Ana Regina Ceratti Pinto. Construção de habitações com painéis de EPS e argamassa armada. In: **I Conferência Latino-Americana de Construção Sustentável X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, São Paulo, SP. 2004.**

MACHADO, Julia Favretto. DIRETRIZES PARA PROJETOS EM ALVENARIA ESTRUTURAL–MODULAÇÃO E DETALHAMENTOS. 2014.

MARCHIORI, Fernanda Fernandes. Desenvolvimento de um método para elaboração de redes de composições de custo para orçamentação de obras de edificações. **São Paulo, 2009.**

MARTINS, José Carlos. Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013. **Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.**

MASTELLA, Deise Viana et al. Comparação entre os processos de produção de blocos cerâmicos e de concreto para alvenaria estrutural, através da análise do ciclo de vida. 2002.

MATTOS, A. D. Como Preparar Orçamentos de Obras. São Paulo: Pini, 2006.

MEDEIROS, Guilherme Álef Nóbrega. **Avaliação de paredes sanduíche em argamassa armada com núcleo de EPS.** João Pessoa, 2017.

MENDES, Pedro Filipe Sousa. **Isolamentos térmicos em edifícios e seu contributo para a eficiência energética.** 2012. Tese de Doutorado. [sn].

MERCADANTE, Marcelo Tomanik. Revisão de literatura. **TRABALHO CIENTÍFICO**, p. 77, 2011.

MOLITERNO, Antonio. Caderno de Estruturas em Alvenaria Estruturais e Concreto Simples. 1995.

NASCIMENTO, José Marcos. A importância da compatibilização de projetos como fator de redução de custos na construção civil. **Revista OnLine IPOG**, v. 11, 2013.

NONATO, Luiz Fernando Costa. **Alvenaria estrutural em suas implicações. Departamento de Engenharia de Materiais e Construção.** Curso de Especialização em Construção Civil. Belo Horizonte, 2013.

OLIVEIRA, Cunha. ALVES, João Paulo de Oliveira. 2015. Tese de Doutorado. Universidade Católica de Brasília.

PARSEKIAN, Guilherme Aris; SOARES, Márcia Melo. Alvenaria estrutural em blocos cerâmicos: projeto, execução e controle. São Paulo: O Nome da Rosa, v. 1, 2010.

PAYAO, J. C.; SCHMIDT, W.; SCHROEDER, G. Fundamentos de ensaio de vazamento e estanqueidade. **Forschungszentrum Juelich GmbH, Jülich**, 2000.

PEREIRA, José Cláudio da Silva. **Coordenação de projetos em edifícios de alvenaria estrutural**. 2012. Tese de Doutorado.

PINI. **Tabelas de Composições de Preços Para Orçamento - TCPO**, Editora PINI, 13º ed São Paulo. 2009.

PRUSNEI, Marli et al. As vantagens da aplicação do EPS na construção civil e como essa tecnologia pode ser um diferencial competitivo para as empresas do segmento. 2016.

PUGA, Claudio Creazzo; WENDLER, Arnoldo; FRANCO, Luiz Sérgio. Carreira: projetista de alvenaria.[Depoimento a Ana Paula Rocha]. **Téchne**, v. 20, n. 179, p. 14-15, 2012.

RAMALHO, Márcio A.; CORRÊA, Marcio RS. **Projeto de edifícios de alvenaria estrutural**. São Paulo: Pini, 2003.

SABBATINI, Fernando Henrique. Desenvolvimento de métodos, processos e sistemas construtivos: formulação e aplicação de uma metodologia. 1989. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

SABBATINI, F. H.; **Alvenaria Estrutural: Materiais, execução da estrutura e controle tecnológico**. Requisitos e Critérios Mínimos a serem Atendidos para Solicitação de Financiamento de Edifícios em Alvenaria Estrutural junto à Caixa Econômica Federal. Brasília, 2003.

SANTOS, E. V. Alvenaria Estrutural: Características e especificações, instruções de transporte, estocagem e utilização. **Ijuí – RS: Cisbra Blocos**, 2012.

SANTOS, Claudio Gouvêa dos et al. Poliestireno expandido na construção civil. Pós em Revista, v. 8, 2013.

SANTOS, Altair. Portal Itambé. Norma define altura de prédio em alvenaria estrutural, 2016. Disponível em: < <https://www.cimentoitambe.com.br/norma-alvenaria-estrutural/>>. Acesso em: 15 de mai. 2019.

SANT'HELENA, Maiko. Estudo para aplicação de poliestireno expandido (EPS) em concretos e argamassas. 87f. **Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso)- Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, Santa Catarina**, 2009.

SCHUH, Patrick Diogo Mariano. O uso do EPS na construção civil: estudo comparativo entre concreto leve com EPS e o concreto convencional. 2017.

SILVA, Maria Angélica Covelo; ABIKO, Alex Kenya. Metodologia de seleção tecnológica na produção de edificações com o emprego do conceito de custos ao longo da vida útil. **Ambiente Construído**, v. 1, n. 1, p. 45-60, 1996.

SILVA, Sandra Monteiro. **A Sustentabilidade e o Conforto das Construções**. 2009. Tese de Doutorado

SILVA, George da Cruz. **Painéis-sanduíche com núcleo de EPS reciclado: metodologia de execução e determinação de propriedades termofísicas**. 2010. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SILVA, Danilo Alves da et al. **SUBSTITUIÇÃO DE AGREGADOS POR POLIESTIRENO EXPANDIDO–EPS NO CONCRETO LEVE**. 2017.

SILVA, Fernando Henrique da. **Demonstração do sistema construtivo em painéis monolíticos De eps**. 2018.

SIQUEIRA, Thais Elenize de. **Análise de desempenho e custos de sistema de vedação em EPS**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

SORGATO, Márcio José; MELO, Ana Paula; LAMBERTS, Roberto. **Análise do método de simulação de desempenho térmico da norma NBR 15.575. Paranoá: cadernos de arquitetura e urbanismo**, n. 12, 2014.

SOUZA, U. E. L.; ALMEIDA, F. M.; SILVA, LLR. **O conceito de produtividade variável aplicado aos manuais de orçamentação. III SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO**, 2003.

SOUSA, Luís Filipe Tavares Teixeira de et al. **Durabilidade da construção: estimativa da vida útil-ETICS**. 2010.

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

SOTOMAYOR, Camila Ribeiro Gomes. **GERENCIAMENTO E GESTÃO DA IMPLANTAÇÃO E MANUTENÇÃO DE UMA CENTRAL DE PRÉ-MOLDADOS EM OBRA DE EDIFICAÇÕES: ESTUDO DAS VANTAGENS E DESVANTAGENS**. 2017. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.

STOCCO, Wagner; RODRIGUES, David; CASTRO, AP de AS. **Concreto leve com uso de EPS**. In: **Congresso Brasileiro de Educação (COBENGE)**. 2009.

TAUIL, Carlos Alberto; NESE, Flávio José Martins. **Alvenaria estrutural. São Paulo: PINI**, 2010.

TAVES, Guilherme Gazzoni. **Engenharia de custos aplicada à construção civil. Monografia) Universidade Federal do Rio de Janeiro**, 2014.

TCPO, **Tabelas de Composição de Preços para Orçamentos** - 2008.

TESSARI, Janaina et al. **Utilização de Poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil**. 2006.

TISAKA, Maçahiko. **Orçamento na construção civil. São Paulo: Pini**, 2006.

TREVEJO, Hiago Henrique. Análise comparativa entre sistemas construtivos convencional e monolítico em painéis eps para residencias unifamiliares. 2018.

XAVIER, Beatriz Correa; BASSANI, Fabrício; MENDES, André Soares. Avaliação do Concreto Leve Estrutural com EPS Reciclado. Periódico Eletrônico Fórum Ambiental da Alta Paulista, v. 12, n. 3, 2016.