



CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA DE MINAS GERAIS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM PAINÉIS
MONOLÍTICOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO E ALVENARIA DE VEDAÇÃO
EM OBRAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO

ANA FLÁVIA LIMA REIS

VARGINHA

2022

ANA FLÁVIA LIMA REIS

COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM PAINÉIS
MONOLÍTICOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO E ALVENARIA DE VEDAÇÃO
EM OBRAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Centro Federal de Educação Tecnológica
de Minas Gerais como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Orientadora: Prof.^a Me. Mag Geisielly Alves Guimarães

VARGINHA

2022

ANA FLÁVIA LIMA REIS

COMPARAÇÃO ENTRE OS SISTEMAS CONSTRUTIVOS EM PAINÉIS
MONOLÍTICOS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO E ALVENARIA DE VEDAÇÃO
EM OBRAS RESIDENCIAIS: ESTUDO DE CASO

Trabalho de conclusão de curso apresentado
ao Centro Federal de Educação Tecnológica
de Minas Gerais como requisito parcial para
obtenção do título de Engenheiro Civil.

Data de aprovação: 09/12/2022

Banca examinadora:



Profª. Me. Mag Geisielly Alves Guimarães
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) - Unidade
Varginha



Profª. Drª. Denise de Carvalho Urashima
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) - Unidade
Varginha



Profª. Me. Lorena Cristine Soares
Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET-MG) - Unidade
Varginha

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por me manter forte e persistente na busca do meu objetivo.

Aos meus pais, Neide e Vitor, agradeço por todo amor, confiança e incentivo durante essa jornada, sempre apoiando todos os meus sonhos e lutando comigo para que fossem possíveis realizá-los. Agradeço também ao meu irmão, João Vitor, pelo companheirismo e paciência nos momentos difíceis.

Ao Thalles por todo amor, carinho e por estar do meu lado em todos os momentos, apoiando e acreditando no meu potencial.

A minha orientadora e professora Mag Guimarães, pelo apoio, paciência, confiança e orientação, sendo essencial para a conclusão deste trabalho.

A empresa Minas EPS e ao Grupo Isorecort pela oportunidade de aprendizado e por autorizar o uso de informações técnicas, que foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço também a Arquiteta Samanta Maduro, por autorizar o uso do projeto e detalhes da obra, sendo possível o desenvolvimento do estudo de caso.

À instituição CEFET/MG que, desde 2011, proporcionou uma formação acadêmica de alto nível e um desenvolvimento pessoal enorme.

RESUMO

Com a evolução do mundo em ritmo acelerado, o uso de tecnologias passou a ser essencial nesse novo cenário de desenvolvimento da sociedade e do mercado, inclusive na indústria da construção civil. As construções com painel monolítico de poliestireno expandido (EPS) surgiram como uma solução sustentável, rápida e econômica para atender as novas demandas. Composto por placas poliestireno expandido revestidas em argamassa e com malhas de aço, agregou na possibilidade de industrialização da construção civil brasileira, na padronização das construções e no aumento da qualidade. O presente trabalho tem como objetivo discorrer sobre o sistema construtivo com painéis monolíticos de EPS aplicado a obras residenciais, a partir de uma análise comparativa desta modalidade de construção ao sistema de vedação em alvenaria e concreto armado. O objeto de estudo foi uma obra na cidade de Soledade de Minas, em Minas Gerais, a partir da qual foram estruturadas composições de custos de serviços de superestrutura e sua classificação ABC. As composições de custos para obra em alvenaria de vedação e estrutura de concreto armado foram obtidas a partir de tabelas base do Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil (SINAPI) fornecidas pela Caixa Econômica Federal. Para o painel monolítico, os custos foram fornecidos pela empresa que atendeu a obra estudada. Este trabalho também analisou as características dos painéis monolíticos em relação aos requisitos da norma de desempenho, pela sumarização de resultados obtidos por ensaios laboratoriais terceirizados. Os resultados alcançados foram satisfatórios em relação ao objetivo inicial, que indicou ser um método vantajoso em comparação a obras prediais convencionais. Mesmo com custos orçamentários superiores, foram destacados critérios econômicos indiretos que podem ser obtidos pela adoção de painéis monolíticos, como a redução do tempo de obra, menores desperdícios de materiais, obtenção de ambientes construídos com confortos térmicos e acústicos e possíveis reduções no dimensionamento de fundações por serem sistemas construtivos mais leves.

PALAVRAS-CHAVE: painéis monolíticos em EPS; industrialização da construção civil; norma de desempenho; classificação ABC.

ABSTRACT

With the evolution of the world at an accelerated pace, the use of technologies has become essential in this new scenario of development of society and the market, including in the civil construction industry. Buildings with monolithic expanded polyethylene (EPS) panel contributed as a sustainable, fast and economical solution to meet new demands. Composed of expanded polyethylene plates covered in mortar and with steel mesh, it added to the possibility of industrialization of Brazilian civil construction, the standardization of constructions and increased quality. The present work aims to discuss the constructive system with monolithic EPS panels applied to residential works, from a comparative analysis of this construction modality to the masonry and reinforced concrete sealing system. The object of study was a work in the city of Soledade de Minas, in Minas Gerais, from which compositions of costs of superstructure services and its ABC classification were structured. The composition of costs for work in masonry fencing and reinforced concrete structure were suspended from base tables of the National System of Cost Research and Civil Construction Indexes (SINAPI) provided by Caixa Econômica Federal. For the monolithic panel, the costs were provided by the company that provided the work studied. This work also analyzed the characteristics of monolithic panels in relation to the requirements of the performance standard, by summarizing the results obtained by outsourced laboratory tests. The results achieved were high in relation to the initial objective, which indicated that it was a comparable method compared to conventional building works. Even with higher budget costs, indirect psychological criteria that can be obtained by adopting monolithic panels were highlighted, such as reducing work time, less waste of materials, obtaining built environments with thermal and acoustic comfort and possible reductions in the dimensioning of foundations because they are lighter building systems.

KEYWORDS: monolithic EPS panels; industrialization of civil construction; performance standard; ABC rating

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Configurações de paredes de acordo com a Diretriz SINAT nº11.	9
Figura 2: Exemplo curva ABC.	10
Figura 3: Painéis monolíticos autoportante em 3D.....	15
Figura 4: Painéis monolíticos para fechamento.....	16
Figura 5: Aplicação do painel de fechamento.....	16
Figura 6: Divisão dos requisitos de sistemas prediais pela ABNT NBR 15575 (2013).	17
Figura 7: Instalação das armaduras de arranques.	20
Figura 8: Painel de canto.	21
Figura 9: Instalação e alinhamento dos painéis.	21
Figura 10: Grampeador pneumático e torquês.....	22
Figura 11: Dimensão perfil "U" de reforço.	22
Figura 12: Instalação do perfil "U" como elemento de reforço de vãos.	23
Figura 13: Reforço em janelas e portas.	23
Figura 14: Dimensão perfil "L" de reforço.....	24
Figura 15: Reforços nos cantos em "T" e em "cruz".	24
Figura 16: Abertura do EPS com soprador térmico.....	24
Figura 17: Instalações elétricas e hidráulicas.....	25
Figura 18: Aplicação da primeira camada de revestimento.....	26
Figura 19: Planta baixa do estudo de caso.	28
Figura 20: Corte do projeto residencial.	29
Figura 21: Projeto da edificação em 3D.	29
Figura 22: Início das instalações do painel monolítico na obra de estudo de caso. ...	29
Figura 23: Paginação dos painéis monolíticos.	30
Figura 24: Localização de pilares e vigas.....	32
Figura 25: Distribuição percentual orçamentária em painéis de EPS.....	38
Figura 26: Distribuições percentuais orçamentárias para obras em alvenaria de vedação com revestimentos em argamassa	42
Figura 27: Distribuições percentuais orçamentárias para obras em alvenaria de vedação com revestimentos em pasta de gesso.....	46
Figura 28: Construção civil predial em painéis monolíticos de EPS.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Característica exigíveis para o poliestireno expandido.....	11
Tabela 2: Quantitativo de materiais para a execução com painel monolítico de EPS	31
Tabela 3: Quantitativo de materiais e serviços para a edificação em alvenaria de vedação.....	32
Tabela 4: Orçamento para construção com painel monolítico de EPS.	37
Tabela 5: Orçamento para construção em alvenaria de vedação: superestrutura e contrapiso.....	39
Tabela 6: Orçamento para construção em alvenaria de vedação: bloco de concreto e revestimentos em argamassa.	40
Tabela 7: Orçamento para construção em alvenaria de vedação: bloco cerâmico e revestimentos em argamassa.	41
Tabela 8: Orçamento para construção em alvenaria de vedação: bloco de concreto e revestimento em gesso.	43
Tabela 9: Orçamento para construção em alvenaria de vedação: bloco cerâmico e revestimento em gesso.	44
Tabela 10: Classificação ABC para construção em painéis monolíticos em EPS.	47
Tabela 11: Classificação ABC para construção em alvenaria de vedação: estrutura e contrapiso.....	49
Tabela 12: Classificação ABC para construção em alvenaria de vedação: bloco de concreto e revestimento em argamassa.	50
Tabela 13: Classificação ABC para construção em alvenaria de vedação: bloco cerâmico e revestimento em argamassa.....	51
Tabela 14: Classificação ABC para construção em alvenaria de vedação: bloco de concreto e revestimento em gesso.....	52
Tabela 15: Classificação ABC para construção em alvenaria de vedação: bloco cerâmico e revestimento em gesso.....	53
Tabela 16: Classificação ABC do orçamento global em painel monolítico de EPS. ...	54
Tabela 17: Classificação ABC do orçamento global em alvenaria com bloco cerâmico e revestimento de argamassa.	54
Tabela 18: Classificação ABC do orçamento global em alvenaria com bloco de concreto e revestimento de argamassa	55

Tabela 19: Orçamento resumo de alvenaria de bloco cerâmico e revestimento de gesso.....	55
Tabela 20: Orçamento resumo de alvenaria de bloco de concreto e revestimento de gesso.....	55
Tabela 21: Resultados dos ensaios em comparação a norma ABNT NBR 15575-4 (2013).....	57

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1. Considerações iniciais.....	1
1.2. Objetivo da pesquisa.....	2
1.2.1. Objetivo geral.....	2
1.2.2. Objetivos específicos.....	2
1.3. Justificativa.....	3
1.4. Delimitações da pesquisa.....	4
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
2.1. Industrialização na construção civil.....	6
2.2. Avaliação de sistemas construtivos não convencionais.....	8
2.3. Classificação ABC.....	9
2.4. Sistema construtivo por painéis monolíticos em EPS.....	11
2.4.1. Poliestireno expandido.....	11
2.4.2. Sistema construtivo.....	13
2.4.3. Tipos de painéis monolíticos.....	15
2.4.4. Critérios normativos pela Norma de Desempenho	17
2.4.5. Processo construtivo.....	19
2.4.5.1. Preparação do terreno.....	19
2.4.5.2. Instalação dos painéis.....	20
2.4.5.3. Reforços.....	22
2.4.5.4. Instalação de sistemas prediais.....	24
2.4.5.5. Execução de revestimentos.....	25
2.4.5.6. Execução de laje e sistemas de coberturas.....	26
3. ESTUDO DE CASO.....	28
3.1. Apresentação da obra.....	28
3.2. Especificações técnicas.....	30
3.2.1. Projeto em painel monolítico.....	30
3.2.1. Projeto em alvenaria de vedação.....	31
3.3. Análise de custos e classificação ABC.....	34
3.4. Critérios normativos.....	34
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	36
4.1. Custos orçamentários.....	36

4.1.1. Painéis monolíticos em EPS.....	36
4.1.2. Alvenaria de vedação.....	38
4.2. Classificação ABC.....	46
4.2.1. Painéis monolíticos em EPS.....	46
4.2.2. Alvenaria de vedação.....	48
4.2.3. Comparação entre os sistemas construtivos.....	54
4.3. Análise de critérios normativos.....	56
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS...	59
5.1. Considerações finais.....	59
5.2. Sugestão de trabalhos futuros.....	60
REFERÊNCIAS.....	61

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Nos últimos anos, a evolução do mundo e da sociedade aumentou em ritmo acelerado e a tecnologia é a peça primordial desse novo cenário que surgiu com o objetivo de ser uma ferramenta útil para todos os setores do mercado, inclusive na construção civil. Assim, ao longo dos anos, nota-se a procura para adquirir novas soluções industriais para acompanhar o processo e atender às novas necessidades, demandas e características, como a diminuição do desperdício, aumento de produtividade, flexibilidade e redução do tempo de execução (TREVEJO, 2018).

De acordo com dados divulgados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2021, o Produto Interno Bruto (PIB) da construção civil cresceu 9,7%, considerado no Brasil um segmento responsável por impulsionar a economia de forma direta ou indireta ao longo dos anos (OLIVEIRA, 2022). Esse crescimento acelerado, ressalta a discussão sobre os impactos socioambientais, o que obrigou as organizações a repensarem suas práticas de produção e a formularem políticas de gestão ambiental, de modo a evoluir.

No ano de 2016, os países integrantes da Organização das Nações Unidas (ONU) reuniram-se na conferência da Agenda 2030, no qual foram apresentados 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) com 169 metas, com mudanças na área social, ambiental e econômico. Embora os ODS sejam indissociáveis, destaca-se a importância da ODS 9.1 para a construção civil, que indica o compromisso de promover a industrialização de forma sustentável e inovadora:

“9.1 desenvolver infraestrutura de qualidade, confiável, sustentável e resiliente, incluindo infraestrutura regional e transfronteiriça, para apoiar o desenvolvimento econômico e o bem-estar humano, com foco no acesso equitativo e a preços acessíveis para todos”

(TRANSFORMANDO NOSSO MUNDO, 2016, p. 30)

Como medidas de ajuste para alcançar essas metas, o governo federal desenvolveu um plano de ação pelo Ministério da Economia, titulado como “Planejamento estratégico institucional do segmento de construção industrializada”, que visa modernizar a construção civil e assim reduzir os prazos de execução,

aumentar a eficiência dos processos, melhorar as condições de trabalho e controlar a qualidade e o custo total da obra (BRASIL, 2022). Nele é apresentada propostas para enfrentar algumas barreiras e metas referentes a tributação, licitação e financiamento para incentivar avanços nessa área.

Conectado a ideia de tecnologia e sustentabilidade, no ano 1985 uma empresa italiana desenvolveu o método *Monolite*, que são as construções com painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS). Seu principal objetivo foi solucionar os problemas causados pelas elevadas propensões de abalos sísmicos e que apresentassem isolamento termoacústico e agilidade. Com o passar dos anos, tornou-se um método muito utilizado em países como Alemanha, Japão, Dinamarca e Estados Unidos (TREVEJO, 2018).

De acordo com Bertoldi (2007), depois que o método chegou no Brasil por volta de 1990, têm ganhado mercado por abrir possibilidade de aumentar a industrialização do setor, produção em grande escala e com qualidade. O sistema ficou conhecido por apresentar obras mais limpas, com menor geração de resíduos e reduzido tempo de execução, vantagens atreladas ao aumento da produtividade e redução da mão de obra. Além disso, a sua industrialização possibilita o controle da produção quanto a qualidade das obras e rapidez, o que tem sido muito valorizado, já que tempo é um recurso escasso e que acrescenta em custos de execução (CORREA, 2020).

Quando se analisa o sistema de construção convencional usado no Brasil, nota-se um alto índice de desperdício de materiais e elevados tempos de obra. Neste sentido, esse trabalho busca discorrer sobre as características do método construtivo com painéis monolíticos em EPS a partir de um estudo comparativo entre ambos, por meio de um estudo de caso em uma obra residencial unifamiliar.

1.2. OBJETIVO DA PESQUISA

1.2.1. Objetivo geral

Discorrer sobre o sistema construtivo com painéis monolíticos de poliestireno expandido aplicado a obras residenciais, a partir de uma análise comparativa desta modalidade de construção ao sistema de vedação em alvenaria.

1.2.2. Objetivos específicos

O presente trabalho apresenta como objetivos específicos:

- discorrer sobre as vantagens e desvantagens de painéis monolíticos em EPS;
- analisar as características dos materiais, custos, aspecto sustentável, qualidade de um sistema industrializado e a aceitação do sistema entre os profissionais e usuários;
- estruturar um estudo de caso de obra residencial unifamiliar, de modo a discorrer a tecnologia construtiva em comparação a construções em alvenaria de vedação.
- avaliar as características do material em atendimento aos requisitos da norma de desempenho (ABNT NBR 15575, 2013)

1.3. JUSTIFICATIVA

A indústria da construção civil (ICC) é um setor de suma importância no mercado brasileiro, por exemplo, na geração de milhões de empregos, avanços de infraestrutura, moradia, saneamento básico, bem como em transformações do modo tradicional de construir e gerir obras (SEBRAE, 2016).

Conforme abordado anteriormente, a tecnologia construtiva em painéis monolíticos em EPS está a pouco tempo no mercado brasileiro e isso traz certa insegurança em relação a técnica e qualidade ao se escolher uma alternativa construtiva não convencional. Com isso, pesquisas nesta temática têm demonstrado suas adequações técnicas a norma de desempenho de edificações habitacionais (ABNT NBR 15575, 2013) e, assim, auxiliar na sua divulgação acadêmica e no mercado de trabalho. Contudo, ainda há necessidade de quebras de paradigmas junto aos profissionais da indústria da construção civil na adoção de tais tecnologias construtivas e a sua difusão no mercado, na medida que a construção civil habitacional brasileira é historicamente estruturada por sistemas de alvenaria de vedação e, nas últimas décadas, ganhos de mercado por alvenaria estrutural e paredes estruturais de concreto.

De acordo com Fuhr (2017), o sistema propõe colaborar com o meio ambiente por obras mais limpas, assim como aumentar a qualidade e a produtividade de uma edificação, já que seu processo, em partes, é industrializado, juntamente aos confortos térmico e acústico como requisitos da norma de desempenho, atrelado à redução do custo e mão de obra especializada. Além disso, a referida metodologia construtiva caracteriza-se por estrutura autoportante e pode ser mais resistente do

que a alvenaria convencional, uma vez que são paredes estruturais de argamassa armada (BERTOLDI, 2007).

Ao se analisar o peso próprio da estrutura, um painel possui em média 120kg/m^3 , o que reflete uma redução de carga de 50% em comparação a alvenaria convencional. Essa leveza impacta diretamente no dimensionamento da estrutura e das fundações, além de auxiliar no manuseio do material em obra (FUHR, 2017). Além disso, os sistemas construtivos em EPS podem apresentar até 30% de redução de custos em comparação a construções convencionais e de cronograma físico de execução (GRUPO ISORECORT, 2022a).

É considerado um sistema sustentável por apresentar obras limpas, baixa produção de resíduos e contaminação de solo, água e ar. Após concluída a execução, o EPS proporciona aos ambientes internos uma diferença de temperatura de até 30% comparado ao ambiente externo, o que possibilita uma economia futura em energia elétrica. (BARRETO, 2017).

Portanto, a abordagem de alternativas construtivas não convencionais que visam a mitigação de impactos ambientais por reduções na geração de resíduos da construção civil, atrelados a critérios técnicos, como confortos termoacústicos e requisitos de qualidade, fatores econômicos, por possibilitar a execução de obras com cronogramas físico-financeiros executáveis, e o atual déficit habitacional brasileiro justifica-se a realização deste trabalho.

1.4. DELIMITAÇÕES DA PESQUISA

Este trabalho se restringiu a apresentar uma discussão da aplicabilidade da técnica construtiva em painel monolítico de EPS em obras residenciais unifamiliares. Existem diversas obras prediais que podem ser executadas com a referida tecnologia construtiva, porém não foi abordado neste trabalho.

Optou-se por apresentar essa discussão com a intenção de quebrar paradigmas do mercado da construção civil habitacional sobre o emprego de sistemas não convencionais e de caráter industrial, cuja demanda tem aumentado nos últimos anos. Ao analisar a situação do setor na cidade de Varginha, é possível verificar que a Prefeitura registrou 6.660 alvarás de construção habitacionais, nos últimos cinco anos, com média anual de 1.332 solicitações, que indica o aumento pela demanda em obras residenciais, assim a necessidade de construções de qualidade e construídas em menor tempo (SILVA, 2022).

A comparação entre os métodos construtivos limitou-se na execução da superestrutura, sem considerar o tipo de fundação e os custos envolvidos nessa etapa, assim como os demais serviços preliminares.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. INDUSTRIALIZAÇÃO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Durante a pré-história, o domínio de ferramentas manuais e de materiais disponíveis na natureza apresentava como objetivo proteger o homem de ataque de animais e, com o passar dos anos, as necessidades da sociedade possibilitaram o avanço de novas tecnologias e viabilizou estruturas grandiosas, como a Pirâmides do Egito e a Muralha da China. Atualmente, 7% das empresas mundiais são do segmento da construção, o que geram uma renda de US\$ 10 trilhões ao ano, equivalente a 13% do PIB global (BRASIL VIÁVEL, 2022).

No Brasil, a presença da engenharia civil pode ser notada no período colonial e teve seu auge durante o governo de Getúlio Vargas na década de 40. A partir da década de 50, com a implementação do Plano de Metas do governo Juscelino Kubitschek, o setor passou a ser de suma relevância para o país, do ponto de vista econômico e social (CUNHA, 2012). Com o crescimento acelerado das construções, foi possível notar algumas práticas ineficientes dos processos de qualidade, os quais resultam em maiores gastos de renda e recursos (OLIVEIRA, 2022).

Para atender a estas demandas, é necessário encontrar métodos construtivos que entreguem um produto com padrões de qualidade requeridos, menores tempos, recursos físicos e financeiros, bem como ganhos socioambientais. Por isso, são estudadas as possibilidades da industrialização do setor, por meio de tecnologias que agregam ferramentas e máquinas juntamente ao trabalho manual. Oliveira (2022) afirma que a adoção deste processo pode reduzir o tempo de execução, elevar a produtividade e agregar valor econômico e sustentável ao processo.

Nos últimos anos, tornou-se necessário aplicar o estilo de construção *off-site*, no qual parte do processo de construção é realizado dentro de fábricas ou de uma instalação temporária, de modo a tornar o processo rápido e eficiente. Para a sua implantação, Ribeiro (2010) reforça ser indispensável a racionalização do processo de produção, o que requer o estudo dos métodos para reduzir o tempo de trabalho e melhorar a produtividade e rentabilidade.

Ribeiro (2019) acrescenta que, pelo fato de todos os processos de fabricação dos componentes são feitos fora do canteiro de obras, em um ambiente adequado é possível um alto controle de qualidade do produto final, bem como baixa variabilidade.

No processo industrial são realizadas todas as etapas de produção, com análises e minimização de falhas e inconformidades, o que possibilita a sua otimização. Para isso, é necessário abrir espaço para as novas tecnologias disponíveis no mercado, que são capazes de atender as demandas e solucionar os problemas em relação a sustentabilidade, conforto, economia e qualidade. (BARDUCCO, 2019).

A ideia de industrialização na construção civil iniciou-se na metade do século XX, com a Terceira Revolução Industrial. Esse período determinou a incorporação de tecnologias e sistemas de informação na produção industrial pelo advento da computação e da robótica, assim como o aumento da utilização de fontes de energia variadas e menos poluente. (RIBEIRO, 2019).

Com o objetivo de potencializar esse conceito, em 2011 surgiu na Alemanha a Quarta Revolução, conhecida como Indústria 4.0. O conceito principal dessa etapa é a digitalização e automação dos processos de fabricação, o que resulta na fusão do físico com o virtual, conceitos muito utilizados nos setores automobilísticos e aeronáutico. (RIBEIRO, 2019). Entre as principais propostas do movimento, destaca-se o projeto para o aumento da produtividade, qualidade e competitividade, que gera a redução de custos e amplia os investimentos (SIMÃO, 2019).

Na construção civil, essa revolução foi determinada como Construção 4.0 e possibilitou o início de mudanças significativas, e a substituição gradual de atividades manuais por informatização em seus inúmeros processos. Nos últimos anos, com a alta no custo da mão de obra, a geração de resíduos e a qualidade do material, é possível notar a procura de inovação para atender as demandas de produção, qualidade e mitigação de impactos sociais, econômicos e ambientais. (SIMÃO, 2019).

Queiroz (2017) descreve aplicações dessa metodologia na questão ambiental, que, ao optar por construções em fábricas e, portanto, externas ao canteiro de obras, é possível reduzir a geração de resíduos da construção civil (RCC) durante a execução. A gestão do processo de forma organizada impacta no consumo de material e energia, em que há possibilidade de reciclar e reutilizar, de maneira racional, as matérias primas (SAFE, 2020). Menciona-se que uma barreira encontrada pelos investidores são as estruturas tributárias do país, a falta de normalização técnica para as novas tecnologias, limitações apresentadas nos códigos de obras dos municípios e a carência de políticas de incentivo à inovação (BRASIL VIÁVEL, 2021).

2.2. AVALIAÇÃO DE SISTEMAS CONSTRUTIVOS NÃO CONVENCIONAIS

O Governo Federal publicou em 1998 o Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) com o objetivo de garantir qualidade, segurança e durabilidade das habitações de interesse social, de modo a proporcionar a modernização dos serviços e ganho de produtividade para o setor da construção civil. De acordo com a Portaria nº134/1998 (BRASIL, 2014), o programa é um apoio a introdução de inovações tecnológicas, no qual auxilia o desenvolvimento de novos projetos, obras, materiais, componentes e sistemas construtivos e com a garantia da qualidade.

A partir do Ministério do Desenvolvimento Regional, com o aumento da competitividade e as exigências do mercado, tornou-se necessário a implantação de normas de qualidades no setor da construção civil. Com isso, o PBQP-H (1998) possui três maneiras de avaliação:

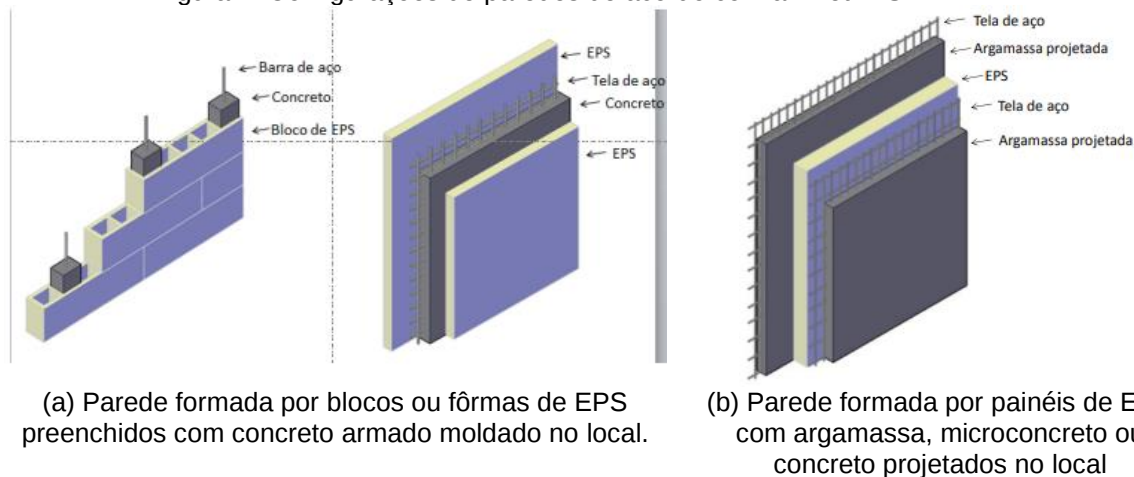
- **SiAc:** Sistema de Avaliação de Conformidade de Serviços e Obras;
- **SiMaC:** Sistema de Qualidade de Empresas de Materiais, Componentes e Sistemas Construtivos;
- **SINAT:** Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais.

O SINAT é responsável por avaliar produtos inovadores utilizados nos processos de construção civil que ainda não possuem normas técnicas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Por meio das Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos Inovadores (SINAT), se avaliam as condições técnicas e de execução, uso e operação do produto com o objetivo de atender a ABNT NBR 15.575 (2013), conhecida como Norma de Desempenho. Amâncio *et al.* (2012) descreve que esse processo é dividido em seis partes, como introdução, caracterização do produto, requisitos e critérios de desempenho, métodos de avaliação, análise global do desempenho do produto, controle da qualidade no recebimento e montagem.

A Diretriz SINAT N°11 “Paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (EPS), aço e argamassa, microconcreto ou concreto” descreve dois tipos de configurações de paredes: paredes formadas por blocos ou formas e que são preenchidas com concreto; paredes formadas por painéis de EPS, com argamassa, microconcreto ou concreto projetado (Figura 1). Todos os

critérios citados são referentes a paredes com função estrutural, sendo elas internas ou externas, designados a casas térreas e sobrados, com lajes convencionais (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2014). Este trabalho aborda obras estruturadas por paredes formadas por painéis em EPS (Figura 1b).

Figura 1: Configurações de paredes de acordo com a Diretriz SINAT nº11.



Fonte: MINISTÉRIO DAS CIDADES (2004).

2.3. CLASSIFICAÇÃO ABC

Em 1897, o economista italiano Vilfredo Pareto realizou um estudo no século XIX, conhecido como o Método de Pareto, com o objetivo de avaliar a distribuição de renda e riqueza, conhecida como a regra 80/20. Este estudo indicou que “80% dos efeitos vêm de 20% das causas”, ou seja, para o estudo feito, evidenciou que 20% da população detinha 80% da riqueza (CERVEIRA, 2018).

A curva ABC é um método que separa o gráfico de Pareto em partes, no qual busca ordenar as informações pelo grau de importância de modo a facilitar a sua análise, processamento das informações e tomadas de decisões (CERVEIRA, 2018).

Na indústria da construção civil (ICC), a curva ABC é considerada uma ferramenta de gestão de obras, como auxílio na administração de custos e, assim, a viabilidade orçamentária. Ao classificar estatisticamente os itens e sua representatividade de custos em faixas (A, B e C), atua diretamente na gestão de custos baseado no grau de importância e os seus possíveis impactos orçamentários (MATTOS, 2006).

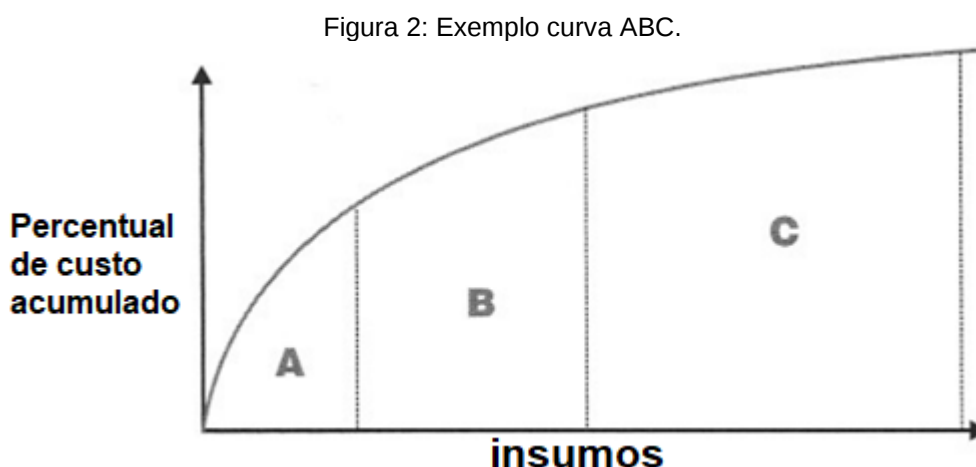
Mattos (2006) descreve os itens da curva ABC da seguinte maneira:

- **Faixa A:** engloba os insumos que representam 50% do custo total, isto é, aqueles que se encontram acima desse percentual;

- **Faixa B:** são os insumos entre os percentuais acumulados de 50% a 80% do custo total;
- **Faixa C:** todos os insumos restantes.

De acordo com Cerveira (2018), a curva ABC indica os itens que necessitam de maior atenção por parte da gestão orçamentária, de modo a ser uma ferramenta importante para a otimização e economia de processos. O planejamento financeiro adequado aos itens listados da classe A conduz a uma redução de custos. Contudo, ao priorizar a classe C, podem ocorrer desperdícios de recursos financeiros e de tempo.

Mattos (2006) destaca que é comum apresentá-la de forma tabular, com a descrição das quantidades, custo unitário, custo total e os percentuais acumulados de cada insumo. Com os dados obtidos, é possível elaborar a curva ABC, representado na Figura 2, para facilitar a análise.



Fonte: MATTOS (2006)

Com a elaboração da curva, é possível avaliar o impacto que as variações de preço têm sobre o resultado da obra. Nesse trabalho, a curva ABC será abordada durante o estudo de caso com objetivo de verificar os itens que estão na faixa A dos métodos considerados e, assim, balizar nas discussões apresentadas.

2.4. SISTEMA CONSTRUTIVO POR PAINÉIS MONOLÍTICOS EM EPS

2.4.1. Poliestireno expandido

O poliestireno expandido (EPS) é um material plástico celular rígido derivado do petróleo no qual sua fabricação é feita pela expansão de grânulos de poliestireno, preenchido com 98% de ar e apenas 2% de matéria prima (ABNT NBR 11752, 2016). Possui algumas características como tensão mínima de compressão e absorção de água, que variam de acordo com a densidade produzida.

Este material é classificado como retardante a chama de Classe F, com variação de propriedades conforme os números apresentados na Tabela 1, pois quando em contato com o fogo, torna-se autoextinguíveis, ou seja, se dissolve quando exposto a altas temperaturas, sem gerar resíduos (VELOSO, 2022). No mercado brasileiro, encontra-se o EPS classificado como P, que é produzido com 30% a 40% de material reciclado, porém não possui certificado de resistência ao fogo (MUNDO DO ISOPOR, 2017).

Tabela 1: Característica exigíveis para o poliestireno expandido.

Propriedade	Unidade	EPS							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Densidade mínima	kg/m ³	10	12	15	18	22	29	38	48
Condutividade térmica aparente máxima (24°C)	W/(m.K)	0,046	0,046	0,04	0,038	0,036	0,034	0,034	0,033
Tensão mínima por compressão com deformação de 10%	kPa	35	35	69	90	104	173	276	414
Resistência mínima à flexão	kPa	50	70	173	208	240	345	414	517
Absorção máxima de água	% em volume	6	4	4	3	3	2	2	2
Permeância máxima ao vapor de água em 25,4mm	ng / Pa.s.m ²	345	287	287	201	201	143	143	143
Estabilidade dimensional	%	2	2	2	2	2	2	2	2
Ignitabilidade	Fs ≤ 150mm em 20s								

Fonte: ABNT NBR 11752 (2016). Adaptada pela autora.

Suas características de peso leve, isolamento térmico e acústico, durabilidade e resistência, o tornaram o EPS um material de alto desempenho e muito versátil utilizado no Brasil (SANTANA *et al.*, 2020). Carvalho (2017) descreve que a principal

propriedade do EPS é a sua baixa condutibilidade térmica, ou seja, possui a capacidade de resistir a passagem do calor devido a sua composição de milhares de células fechadas. A absorção de água é baixa e, mesmo sob a ação da umidade, mantém suas características térmicas e mecânicas. Também, a sua baixa densidade, conforme representado na Tabela 1, reduz o peso do material, o que facilita o seu manuseio em obra, seja em movimentação ou instalação do material.

O isolamento térmico é considerado sua principal característica, pois tem a capacidade de dissipação de calor e manutenção da temperatura ambiente, o que agrega em economia energética do ambiente construído. A norma ABNT NBR 11752 (2016) descreve essa propriedade como condutividade térmica ($W/(m.k)$) e, para determinar a melhor opção de uso, analisam-se os valores informados na Tabela 1 e os comparam com objetivo do uso do material (MUNDO DO ISOPOR, 2016). Com as propriedades apresentadas, tornou-se um material versátil e com aplicações em diversos setores, desde agricultura, artesanato, refrigeração e indústrias de embalagens, eletroeletrônicos, alimentos, colchão, entre outros (CARVALHO, 2017).

Na construção civil, a sua aplicação é abrangente (GRUPO ISORECORT, 2022a):

- lajes, usado como enchimento e forma;
- blocos estruturais empregados na geotecnia para aterros e contenção;
- canaletas empregadas como formas para vigas baldrame;
- núcleos de telhas termoacústicas;
- placas para juntas de dilatação, impermeabilização e isolamentos térmico e acústico;
- molduras internas e externas para uso arquitetônico;
- aditivo para produção de concreto leve.

Seus benefícios iniciam-se durante a sua fabricação, pois o consumo de água é baixo e podem ser reutilizadas (SANTANA *et al.*, 2020). Apesar do bloco pronto não ser classificado como biodegradável, pode ser um produto reutilizável. Carvalho (2017) complementa que, quando o material é descartado corretamente, pode ser utilizado em qualquer parte da construção que não exija alta resistência, o que reduz o custo da construção e a contaminação do solo e dos mananciais hídricos.

Porém, o sistema EPS traz um uso racional e planejado de materiais, que visam o seu uso sem a geração de maiores desperdícios e os materiais que não foram

usados em obras podem ser destinados a outros fins de uso. As empresas fabricantes aplicam a logística reversa, pela entrega do material novo e fazem a coleta dos resíduos. Esse material é reutilizado junto a peças mal-acabadas, produtos quebrados ou que não passaram no controle de qualidade da indústria, o que diminui a necessidade de utilizar novas matéria-prima (MUNDO DO ISOPOR, 2022).

De acordo com a fabricante Knauf, que detém a patente do Isopor, cerca de 34,5% de todo o EPS produzido pela empresa é recolhido e reciclado, para ser utilizado na fabricação de novas peças (KNAUF, 2022). Esse material precisa ser separado em obras e, assim, recolhido pela fábrica, com posterior inspeção para analisar se o material está contaminado ou não por outras substâncias. O material passa por processo de retirada do seu ar, o qual reduz em 90% seu volume, triturado e processado novamente. O EPS reciclado pode ser utilizado na construção civil, na indústria de mobiliário, na confecção de itens domésticos, materiais escolares, entre outras utilizações (MUNDO DO ISOPOR, 2022).

O Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA), mediante a Resolução nº 307 (2002) estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos na construção civil e a sua classificação em quatro classes (A, B, C e D). A Classe C refere-se aos resíduos que não foram desenvolvidos tecnologias ou aplicações economicamente viáveis para a reciclagem ou recuperação, como o material EPS (BRASIL, 2002). De acordo com essa Resolução, esses materiais precisam ser encaminhados para aterros preparados para o seu recebimento.

2.4.2. Sistema Construtivo

O sistema é conhecido na Europa, desde 1985, como “*Monolite*” e chegou ao Brasil pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) de São Paulo em 1990, no qual submeteu o material a ensaios estruturais, térmicos e acústicos. Ganhou espaço no mercado por apresentar elevada capacidade estrutural, ser sismo-resistente, apresentar altos desempenhos térmico e acústico, agilidade de montagem e sustentabilidade, em comparação a construções com alvenaria convencional (BERTOLDI, 2007).

De acordo com Bernardes (2018), este método é uma garantia de execução mais rápida que a alvenaria convencional, pois os painéis chegam na obra prontos e são montados com equipamentos simples. A obra com painel monolítico de EPS tem o objetivo de ser mais limpa, seca e racionalizada, com o emprego de conceitos de

construção industrializada. Com a sua industrialização na fabricação, os painéis chegam na obra no tamanho exato conforme a paginação, o que diminui a geração de resíduos gerados por recortes.

Devido a sua composição de baixa densidade, proporcionam fácil manuseio durante o deslocamento e na sua utilização no canteiro de obras. Além disso, se comparado a outros materiais, obras em EPS apresentam menor peso próprio da estrutura, o que faz com que as cargas atuantes na fundação sejam menores e, assim, reduz as dimensões e custos nesse processo (REIS, 2015).

Ngugi *et al.* (2017) estudou o emprego deste sistema construtivo na cidade de Nairobi, no Quênia, onde 60% das residências são consideradas inadequadas para moradia e precisam de um sistema construtivo rápido e de baixo custo. Com isso, determinou que o uso do painel monolítico em EPS possibilitou a redução dos custos e o tempo de construção, além de ser um sistema sustentável, com a redução da taxa de extração de recursos com a reciclagem do material.

A construção monolítica tem comportamento similar ao de uma alvenaria estrutural, visto que é um sistema construtivo autoportante em que as paredes atuam em conjunto, o que a torna a própria estrutura. Assim, para o seu dimensionamento é considerado o efeito de cargas linearmente distribuídas provenientes das lajes, que sobre elas são apoiadas, e do seu peso próprio (GRUPO ISORECORT, 2022b).

Bertoldi (2007) descreve que é possível construir até quatro pavimentos com esse tipo de modulação. Porém, é importante analisar a distribuição das paredes e a quantidade pois são elas que sustentam a estrutura e transmitem o carregamento para a fundação.

A Diretriz SINAT N°11 (MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2014) descreve requisitos de projeto e atendimento as normas de desempenho para a referida tecnologia construtiva. Este documento reforça que, para cada tipo de unidade habitacional, é essencial a elaboração do projeto estrutural com o detalhamento do memorial de cálculo, considerações, limitações e dimensionamento dos elementos, cujo campo de aplicação é:

“Paredes estruturais para construção de unidades habitacionais unifamiliares (casas térreas e sobrados) isoladas e geminadas, casas sobrepostas e unidades habitacionais multifamiliares (edificações de dois pavimentos - térreo mais um pavimento superior), desde que as lajes entre pavimentos sejam convencionais e atendam às normas brasileiras vigentes”.

(MINISTÉRIO DAS CIDADES, 2014, p. 4)

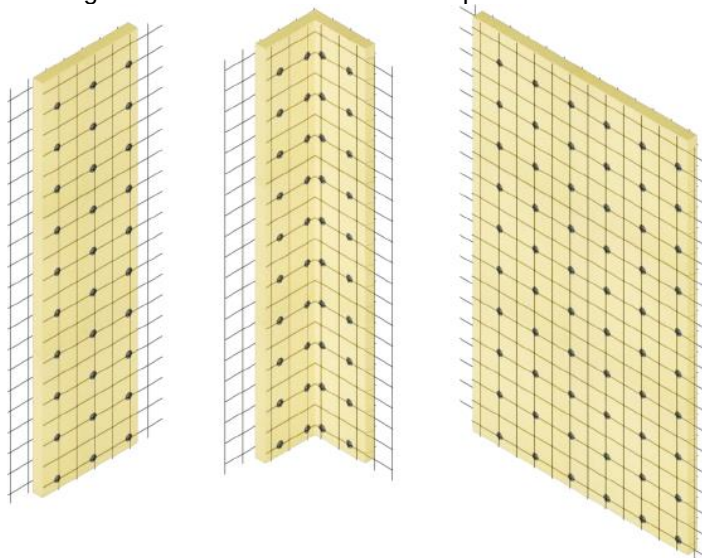
2.4.3. Tipos de painéis monolíticos

O painel monolítico é composto por uma placa de EPS de densidade de 12 kg/m³, denominado de classe 2F (ABNT NBR 11752, 2016). Para manter a placa rígida, o conjunto é revestido, em ambas as faces, por telas metálicas eletrossoldadas tipo Q-61 (CA-60 150 mm x 150 mm x 3,4 mm) travadas entre si com arame galvanizado e posicionadas com distanciadores plásticos que garantem o espaçamento exato de 10mm do núcleo em EPS (GRUPO ISORECORT, 2022a). Além disso, as malhas auxiliam para minimizar a formação de fissuras ocasionadas por movimentações térmicas e mecânicas (BERTOLDI, 2007).

A espessura dos painéis varia de 80mm, 130mm e 160mm, em função do projeto arquitetônico e das características térmicas e mecânicas necessárias, aplicados em todos os tipos de painéis. Para alturas entre $4,2 \text{ m} \leq h < 5,7 \text{ m}$, recomenda-se utilizar a espessura de 130mm e $5,7 \text{ m} \leq h \leq 6,6 \text{ m}$ espessuras de 160mm, este necessário para auxiliar na execução e ação contra o vento (GRUPO ISORECORT, 2022b).

Atualmente, são produzidos dois tipos principais de painéis, denominados de estruturas autoportantes e estruturas para fechamento. O painel utilizado em estruturas autoportante dispensa o uso de pilares e vigas, são produzidos com telas 15 cm x 15 cm e espaçadores a cada 1 cm (Figura 3). De acordo com Bertoldi (2007), com essa modulação, o sistema possui elevada capacidade de carga e o torna uma única estrutura, mais resistência a possíveis movimentações térmicas e mecânicas.

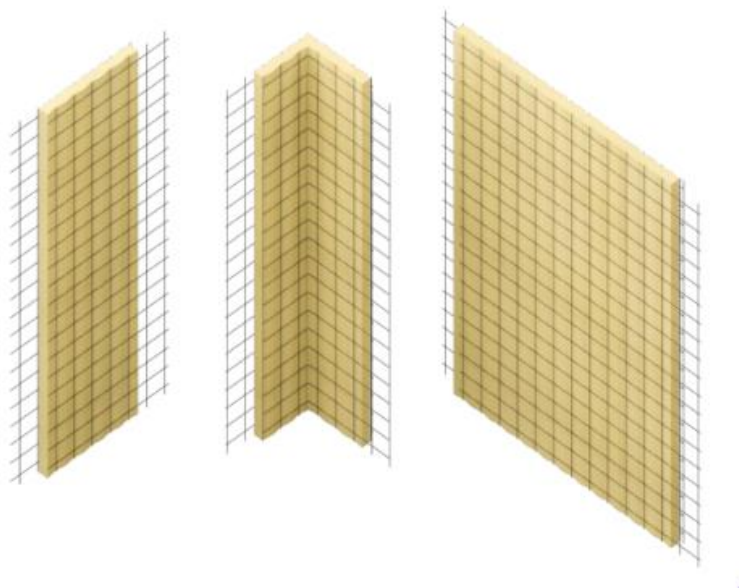
Figura 3: Painéis monolíticos autoportante em 3D.



Fonte: GRUPO ISORECORT (2022a).

Os painéis de fechamento vertical são encontrados no mercado aliados a outros sistemas construtivos, com uso exclusivamente para vedação. Em relação a sua composição, esses são produzidos com telas de 20 cm x 20 cm sem os espaçadores, conforme representado Figura 4, e a espessura final da argamassa é de 20 mm em cada face, com dosagem de 1:2 (GRUPO ISORECORT, 2022b).

Figura 4: Painéis monolíticos para fechamento.



Fonte: GRUPO ISORECORT (2022a)

De acordo com Rodrigues (2022), esse tipo de painel é o adequado para fechamento de estruturas de galpão e edifícios (Figura 5). Por ser um material muito leve, dispensa a utilização de equipamentos mecânicos e pode ser instalado manualmente, com o aumento da produtividade, redução de custos e peso da estrutura, além de proporcionar ao empreendimento confortos térmico e acústico.

Figura 5: Aplicação do painel de fechamento.



Fonte: GRUPO ISORECORT (2022a).

2.4.4. Critérios normativos pela Norma de Desempenho

Em 2013, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) publicou a Norma de Desempenho (ABNT NBR 15.575, 2013), com o objetivo de determinar os requisitos e critérios de desempenho de edifícios habitacionais. Sua preocupação é entregar ao usuário um empreendimento de qualidade, garantindo a vida útil, a eficiência, a sustentabilidade e manutenção.

A norma de desempenho estabelece 161 critérios mínimos que um produto deve apresentar, independente dos materiais constituintes, quando submetido a determinadas condições de exposição e uso (AMÂNCIO *et al.*, 2012). A referida norma é dividida em 6 partes que tratam dos requisitos de desempenho, cujos conceitos iniciais são abordados na Parte 1 e demais requisitos aos sistemas prediais divididos conforme Figura 6.

Figura 6: Divisão dos requisitos de sistemas prediais pela ABNT NBR 15575 (2013).



Fonte: SIENGE (2022)

Em detrimento desta norma possuir diretrizes no comportamento em uso dos elementos e sistemas de edifício, para o atendimento dos requisitos dos usuários, sua estruturação considera as condições de implantação e as exigências das características qualitativas e como se pretende atendê-las (MEREB, 2015). Assim, a norma descreve os desempenhos de cada etapa de modo a promover a segurança, habitabilidade e sustentabilidade do usuário, conforme sumarizado (BARROS *et al.*, 2019):

- Segurança:
 - segurança estrutural;
 - segurança contra o fogo;
 - segurança no uso e na operação.
- Habitabilidade:
 - estanqueidade;
 - desempenho térmico;
 - desempenho acústico;
 - desempenho luminico;
 - saúde, higiene e qualidade do ar;
 - funcionalidade e acessibilidade;
 - conforto tátil e antropodinâmico.
- Sustentabilidade:
 - durabilidade;
 - manutenibilidade;
 - impacto ambiental.

A norma estabelece, por meio da definição de requisitos qualitativos, critérios quantitativos e o método de avaliação de cada etapa. Entre as suas descrições, determina-se que os critérios não se aplicam a obras em andamento ou concluídas, assim como reformas (SIENGE, 2022). Além disso, pode ser utilizada como procedimento de avaliação do desempenho de novos modelos de organização e inovações tecnológicas. Assim, permitiu-se um nível mínimo de desempenho dos elementos construídos, com soluções tecnicamente adequadas e econômicas (SILVA *et al.*, 2018).

Para as construções de painel monolítico de EPS, as exigências descritas são em relação a Diretriz SINAT Nº 11 (2014) em concordância com a ABNT NBR 15.575-4 (2013), ou seja, a parte 4 da norma supracitada. São descritos os requisitos e critérios de desempenho recomendados para os sistemas de vedação vertical interna e externa a partir de ensaios normativos, listados a seguir:

- Desempenho estrutural:
 - resistências a impactos de corpo mole;
 - resistência a impactos de corpo duro;
 - comportamento a solicitação por cargas suspensas;
 - ensaio de compressão centrada.

- Segurança contra incêndio:
 - reação ao fogo das faces das paredes;
 - resistência ao fogo.
- Estanqueidade à água:
 - água de chuva em paredes de fachadas;
 - paredes internas em contato com áreas molháveis e molhadas;
 - permeabilidade de paredes com incidência direta de água em áreas molhadas.
- Desempenhos térmico e acústico.

2.4.5. Processo construtivo

2.4.5.1. Preparação do terreno

A fundação de um empreendimento é determinada de acordo com as características geotécnicas do solo, a topografia do terreno e os resultados dos cálculos estruturais, que variam de acordo com o projeto. A partir da análise estrutural, determina-se o quanto de carga será transmitido para cada ponto da fundação. Essa carga é constituída do peso próprio, das cargas permanentes e acidentais. Como o sistema construtivo com painéis monolíticos de EPS são estruturas leves, observa-se uma considerável redução do peso e, por consequência, economia de aço e concreto na fundação (GOMES *et al.*, 2021).

Dentre os tipos de fundações, é comum encontrar nesse tipo de construção a execução do radier, fundação rasa e direta que consiste em distribuir toda a carga de maneira uniforme no terreno e que atua como laje monolítica. É recomendado em terrenos nivelados e com capacidade de carga favorável, pois sua viabilidade técnica depende das características do solo e de sua interação com o peso da estrutura. São implantados em construções mais leves e caracteriza-se por ser um sistema econômico e de rápida execução (CAMPOS, 2015). Embora a fundação em radier ser comum em estruturas de painel monolítico de EPS, vale lembrar que o sistema é compatível com todos os tipos de fundações.

Após a escolha do tipo de fundação, inicia-se a locação da obra, que consiste em transferir para o terreno os principais elementos do projeto. Essa etapa é importante para garantir a qualidade final da estrutura, pois pode interferir na montagem estrutural, no dimensionamento dos cômodos e instalações prediais. O

método de locação varia de acordo com a complexidade da edificação, que pode ser realizado com ou sem instrumentos topográficos (BOURSCHEID, 2018). O procedimento consiste em fazer, na primeira etapa, a locação dos gabaritos, que são estruturas que circundam todo o perímetro da obra com afastamento de 1,2m, para delimitar a edificação. Em seguida, com um fio de nylon ou arame recozido nº18, realiza-se o esquadro correto do alinhamento dos eixos perpendiculares e demarcação das paredes (BOURSCHEID, 2018).

Finalizada a marcação das paredes, são instaladas duas linhas compostas por armaduras de arranques, que tem como objetivo servir como pontes estruturais entre a fundação e o painel, de modo a auxiliar na monoliticidade do conjunto. As armaduras de arranque são compostas por barras de aço CA-50 com diâmetros de $\varnothing 8,0$ mm (5/16") ou $\varnothing 10,0$ mm (3/8") e de comprimento total de 55cm, conforme Figura 7. As barras serão instaladas com profundidade de aproximadamente 8cm, com espaçamentos de 50cm e a distância entre as duas linhas conforme espessura do núcleo do painel (GRUPO ISORECORT, 2022b).

Figura 7: Instalação das armaduras de arranques.



Fonte: Da autora.

2.4.5.2. Instalação dos painéis

Com os arranques instalados, é possível começar o encaixe dos painéis. Inicia-se a montagem pelas extremidades, com o uso de painéis em ângulo de 90° conforme Figura 8. Assim, os arranques ficam posicionados entre as placas de EPS e a tela elotrossoldada, procedimento importante para se manter o alinhamento e travamento destas.

Figura 8: Painel de canto.



Fonte: Da autora.

Devido a leveza dos painéis de vedação e autoportantes, é recomendado a execução de sistemas de contraventamentos (Figura 9), compostos por escoras nas laterais, com objetivo de oferecer sustentação às paredes até a aplicação da argamassa (SANTANA, 2022).

Figura 9: Instalação e alinhamento dos painéis.



Fonte: GRUPO ISORECORT (2022a).

Durante a montagem, são encaixados os transpasses de tela do painel entre si e realizado a amarração com arame recozido torcido. Para agilizar o processo, recomenda-se a utilização de um grampeador pneumático ou torquês (Figura 10) (GRUPO ISORECORT, 2022b).

Figura 10: Grampeador pneumático e torquês.



(a) grampeador pneumático

(b) torquês

Fonte: Da autora.

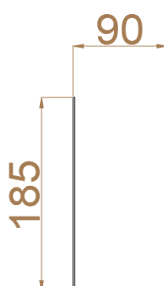
Após a instalação dos painéis, são realizadas as marcações e cortes dos vãos para instalação de portas e janelas, procedimento realizado de maneira simples *in loco* com o uso de serra de mão ou estilete (RODRIGUES *et al.*, 2022). O material retirado dessa etapa pode ser utilizado na execução de platibandas e bancadas pela manutenção de suas propriedades (GRUPO ISORECORT, 2022b).

2.4.5.3. Reforços

Após o alinhamento das paredes e a fixação dos painéis, inicia-se a instalação dos reforços para unificar a estrutura e, assim, interligar todos os componentes e fortalecer os pontos críticos. Esses reforços são fabricados com o mesmo material das malhas, telas metálicas eletrossoldadas tipo Q-61 e amarrados com o mesmo procedimento do painel.

O primeiro reforço a ser instalado é o perfil em “U” no perímetro dos cortes, com o objetivo de fortalecer os cantos para receber as esquadrias (GRUPO ISORECORT, 2022b). O perfil é fabricado com 3000mm de comprimento e suas dimensões são demonstradas na Figura 11. A Figura 12 exemplifica a sua aplicação no painel.

Figura 11: Dimensão perfil “U” de reforço.



VISTA FRONTAL

Fonte: Da autora.

Figura 12: Instalação do perfil "U" como elemento de reforço de vãos.



Fonte: Da autora.

O segundo reforço tem a função de vergas e contravergas, similar a executada na alvenaria convencional. Com dimensão de 450mmx150mm, são instalados nos cantos de aberturas de portas e janelas, dos lados internos e externos (Figura 13). Essa etapa tem a função de distribuir as cargas e tensões, de modo a evitar o surgimento de trincas e fissuras (COSTA, 2019).

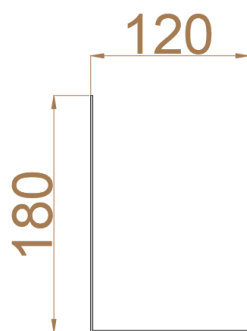
Figura 13: Reforço em janelas e portas.



Fonte: Da autora.

O reforço em formato de "L" possui dimensões conforme demonstrado na Figura 14, com comprimento total de 3000mm, e são instalados nos encontrados dos painéis em "T" e em "cruz" (Figura 15) (GRUPO ISORECORT, 2022b).

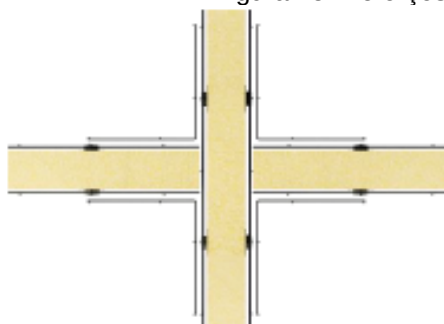
Figura 14: Dimensão perfil "L" de reforço.



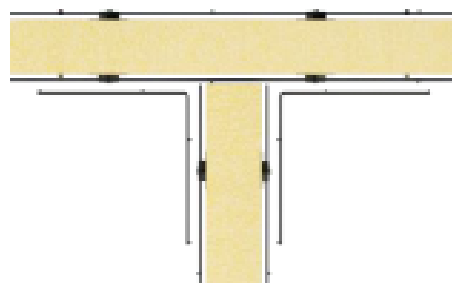
VISTA FRONTAL

Fonte: Da autora.

Figura 15: Reforços nos cantos em "T" e em "cruz".



(a) paredes de encontro em "cruz"



(b) paredes de encontro em "T"

Fonte: GRUPO ISORECORT (2022b).

2.4.5.4. Instalação de sistemas prediais

Para as instalações elétricas e hidráulicas, realizam-se a marcação nas paredes para a passagem das tubulações. Os cortes são realizados com soprador de ar quente ou estilete, de forma simples, rápido e sem a geração de resíduos, pois não são necessárias quebras de materiais, como no processo convencional, conforme demonstrado na Figura 16 (BARRETO, 2017).

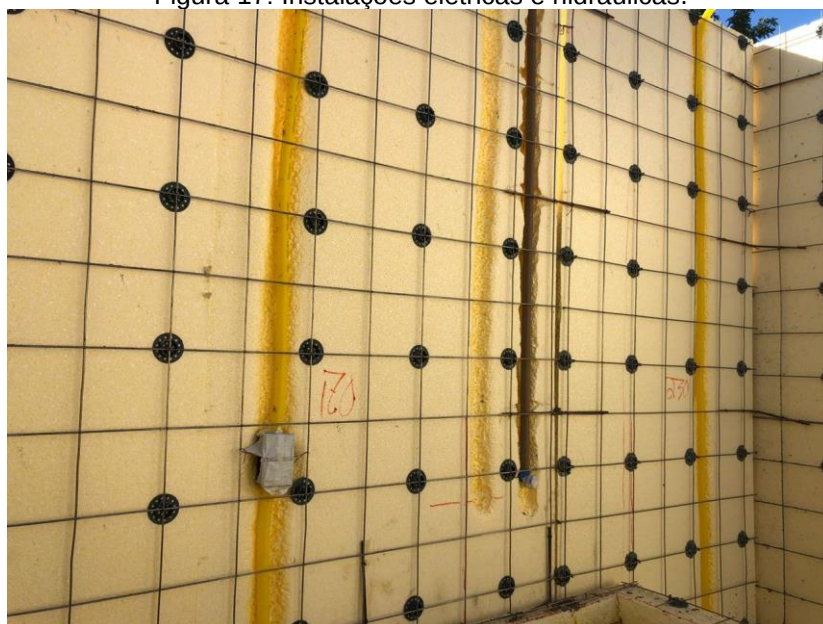
Figura 16: Abertura do EPS com soprador térmico



Fonte: BARRETO (2017)

Os sistemas prediais são fixados, entre a placa de EPS e as telas metálicas, antes da aplicação do revestimento, conforme apresentado na Figura 17. Em casos de corte da tela, deve-se aplicar uma sobretela de reforço com transpasse mínimo 15 cm de cada lado do corte (GASPATINI *et al.*, 2021).

Figura 17: Instalações elétricas e hidráulicas.



Fonte: Da autora.

Durante a instalação, devem ser fixadas as saídas de forma a garantir o alinhamento das mesmas com a face acabada da parede (GRUPO ISORECORT, 2022b). Os cortes realizados nessa etapa não influenciam na eficácia da estrutura autoportante por ser uma área pequena e, se necessária manutenção, esta será realizada da mesma forma que a alvenaria convencional, ou seja, acrescenta-se a malha de aço e o revestimento (BARRETO, 2017)

2.4.5.5. Execução de revestimentos

Esse sistema construtivo requer o acabamento dos painéis EPS com revestimento argamassado, para a composição estrutural da técnica construtiva. O traço do revestimento argamassado é de 1:3 (cimento e areia), no qual são incorporados 200 mL de aditivo plastificante e 200 g de microfibras de polipropileno (6 mm) para cada saco de cimento. Essa composição auxilia na aderência da argamassa ao EPS, retarda o tempo de pega e aumenta a trabalhabilidade da argamassa, sem acrescentar na relação água/cimento, o que mitiga a ocorrência de possíveis

manifestações patológicas (FUHR, 2017). Bertoldi (2007) complementa que é necessário aplicar o revestimento sequencialmente em faces opostas, de modo a evitar a deformação do painel provocada por um carregamento diferencial.

Recomenda-se a aplicação mecânica do revestimento argamassado, com o uso de um projetor pneumático, tipo caneca ou uma bomba de projeção de argamassa, pois aumenta a produtividade e reduz a falta de continuidade (ISORECORT, 2021). Fuhr (2017) destaca a melhoria da qualidade final do revestimento com o processo, além da mínima geração de resíduos, o que contribui na limpeza e organização da obra.

O primeiro passo para iniciar o acabamento é a instalação das taliscas de madeira, que tem como objetivo definir os panos de revestimento pela limitação das espessuras entre camadas. Assim, o revestimento é dividido em duas camadas: a primeira camada entre 10 mm a 15 mm de cada lado do painel. A segunda camada é executada entre 15 mm a 20 mm, de modo a garantir o cobrimento da tela, com a totalização de 30 mm do revestimento argamassado, usada como acabamento final da parede, com função de emboço e reboco (Figura 18). Destaca-se o intervalo de até 48 horas entre as duas projeções (primeira e segunda camadas), a fim de garantir a aderência com o painel EPS e entre as camadas de revestimentos (FUHR, 2017).

Figura 18: Aplicação da primeira camada de revestimento.



Fonte: Da autora.

2.4.5.6. Execução de laje e sistemas de coberturas

A instalação da laje é feita de modo convencional, com o uso de peças pré-fabricadas treliçada e preenchimento com placas de EPS. A execução da laje é feita

de acordo com o projeto estrutural da edificação, dimensionada obrigatoriamente apenas do tipo apoiada e nunca engastada na parede, pois não pode transmitir momentos de torção aos painéis (FUHR, 2017). Destaca-se que para a execução da laje, os painéis monolíticos devem estar revestidos com as duas camadas de argamassa. Sem a aplicação do revestimento, os painéis não oferecem a resistência estrutural necessária e não suporta o carregamento da laje (BERTOLDI, 2007).

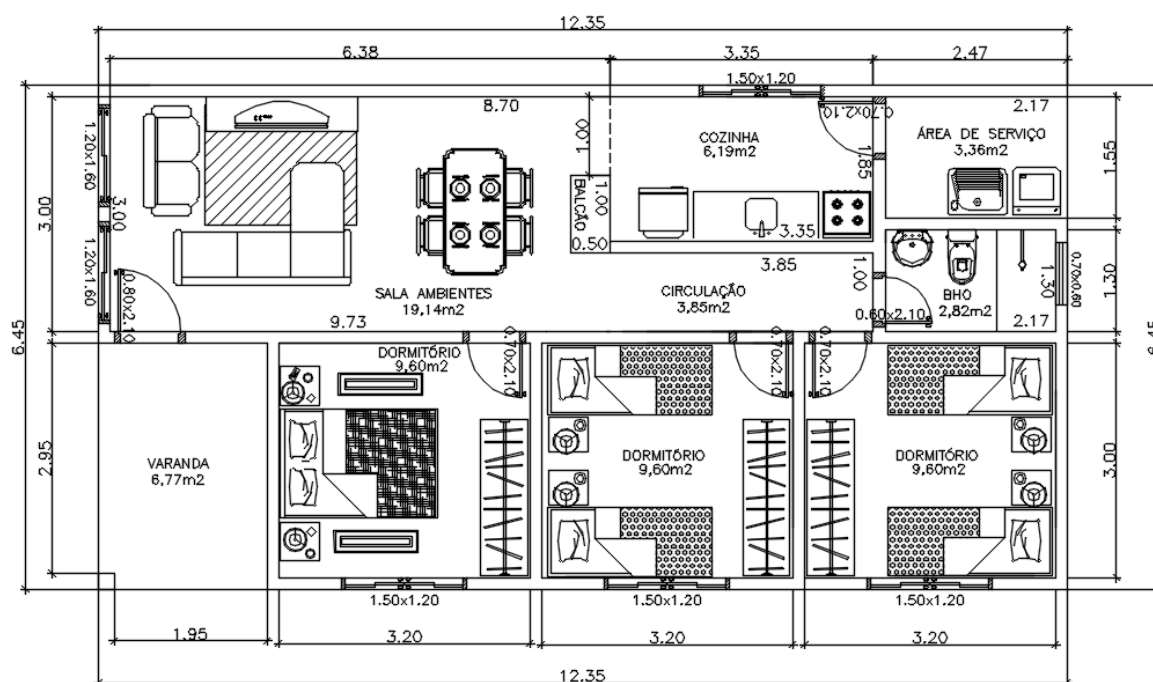
A execução da cobertura é semelhante ao método convencional, com a possibilidade de aprimorar o processo com a utilização de telhados leves e que agregam para o conforto da edificação (COSTA, 2020). Por exemplo, as telhas conhecidas como sistema sanduiche podem ser produzidas com EPS ou poliisocianurato (PIR), as quais são recomendadas por seu desempenho termoacústico, leveza e agilidade na execução (BAADE, 2021).

3. ESTUDO DE CASO

3.1. APRESENTAÇÃO DA OBRA

O objeto de estudo de caso é uma obra residencial na zona rural da cidade de Soledade de Minas, Minas Gerais. A residência em análise possui 79,85m² de área construída e 59,87m de parede, distribuídas em três quartos, um banheiro, lavanderia e sala com cozinha conjugada, conforme representado na planta baixa da Figura 19.

Figura 19: Planta baixa do estudo de caso.

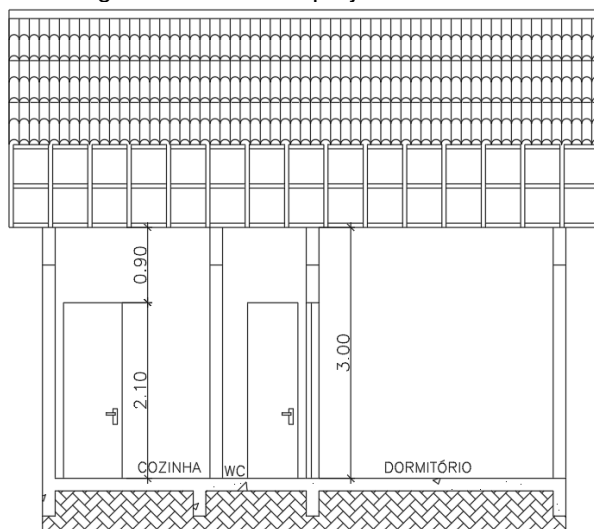


Fonte: MADURO (2022).

Conforme representado na Figura 19, o projeto contém 7 janelas e 6 portas, que são importantes para determinar a quantidade de reforços. A planta de corte (Figura 20), indica o pé direito da edificação igual a 3 metros, aplicável as dimensões padrão comercializadas do painel monolítico. A Figura 21 representa o projeto em 3D, que indica o desnível do terreno, o tipo de telhado e a necessidade de execução de subsolo, onde está localizada a garagem da edificação. Na Figura 22, tem-se o registro fotográfico de etapa inicial da referida obra.

O projeto em 3D no *Sketchup* indica a construção de uma garagem no subsolo, porém optou-se por construir essa etapa em alvenaria convencional. Com isso, essa não foi considerado na base de cálculo desse estudo de caso.

Figura 20: Corte do projeto residencial.



Fonte: MADURO (2022).

Figura 21: Projeto da edificação em 3D.



Fonte: MADURO (2022).

Figura 22: Início das instalações do painel monolítico na obra de estudo de caso.



Fonte: Da autora.

A comparação entre os métodos construtivos de painéis monolíticos em EPS e alvenaria de vedação foi restrita a execução de elementos da superestrutura, como sistemas de vedação, estrutura e revestimentos em paredes e pisos, sem considerar o tipo de fundação e os custos envolvidos nessa etapa, assim como os demais serviços preliminares, instalações prediais, esquadrias e sistemas de coberturas.

3.2. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

3.2.1. Projeto em painel monolítico

Para a execução com painel monolítico, foi elaborado um projeto de modulação das placas para definições técnicas dos detalhes construtivos. De acordo com a Figura 23, as paredes representadas em preto são os painéis na dimensão de 3000mm x 1800mm x 80mm, e os com hachura são as placas que requerem a execução de cortes, no qual são instalados vãos com dimensão menor que a largura de 1800mm. Os detalhes em rosa correspondem a painéis de cantos externos, ângulo de 90°, de dimensão 3000mm x 500mm x 500mm x 80mm. Nas junções das paredes adicionou-se cantoneiras de reforços, representadas na cor verde.

Figura 23: Paginação dos painéis monolíticos.



Fonte: Da autora

Com a planta baixa e os cortes da edificação, calculou-se o quantitativo de materiais necessários para a execução das paredes em painel monolítico de EPS. A Tabela 2 descreve os materiais e os respectivos quantitativos.

Tabela 2: Quantitativo de materiais para a execução com painel monolítico de EPS

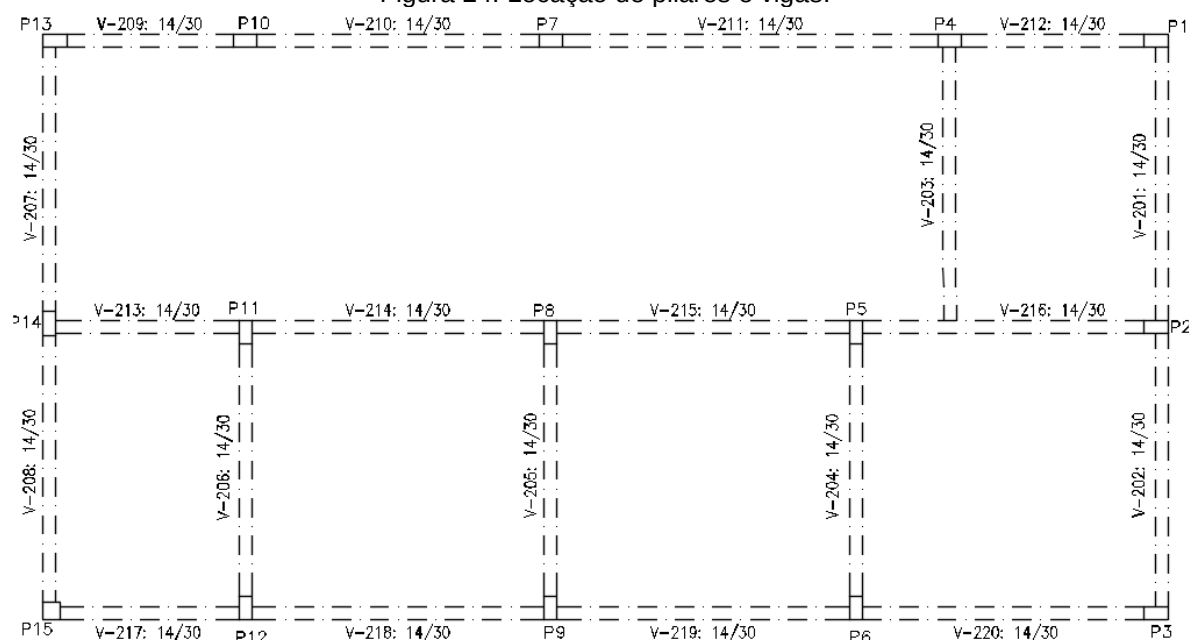
Vedações e estruturas		
Serviço	Quantidade	Unidade
Painel monolítico de EPS - dimensão 3000mm x 1800mm - espessura de 80mm	32,00	uni.
Painel monolítico de EPS - painel em "L" - dimensão 3000mm x 500mm x 500mm - espessura de 80mm	5,00	uni.
Perfil em "U" - dimensão 3000mm x 185mm x 90mm x 185mm - espessura de 3,4mm	51,00	uni.
Tela de travamento - dimensão 3000mm x 300mm - espessura de 3,4mm	74,00	uni.
Arranques - Aço CA-50 com diâmetro 8,0mm - Barras de 12metros	14,00	uni.
Cantoneira em "L" - dimensão 3000mm x 180mm x 120mm - espessura de 3,4mm	20,00	uni.
Tela de reforço para portas e janelas - dimensão de 450mm x 150mm - espessura de 3,4mm	72,00	uni.
Revestimento paredes		
Serviço	Quantidade	Unidade
Revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada extra de dimensão 20x20 cm aplicadas em ambientes de área menor que 5m ² na altura inteira das paredes	65,04	m ²
Aplicação manual de pintura com tinta acrílica em paredes internas e externas	308,25	m ²
Cimento CP III ou CP IV - 50kg	57,00	sc
Aditivo plastificante	36,00	l
Microfibra de polipropileno	20,00	kg
Areia fina	3,00	m ³
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes internas	181,98	m ²
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes externas	126,27	m ²
Revestimento piso		
Serviço	Quantidade	Unidade
Contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400L, aplicado em áreas secas sobre laje, aderido, acabamento não reforçado, espessura 2cm.	79,85	M ²
Mão de Obra		
Serviço	Quantidade	Unidade
Mão de Obra	79,85	m ²

Fonte: Da autora.

3.2.1. Projeto em alvenaria de vedação

Para elaborar o quantitativo de material com o projeto da mesma edificação residencial em alvenaria de vedação, utilizou-se o *software AutoCAD* para simular a locação dos pilares e vigas, com a aproximação dos parâmetros construtivos reais da superestrutura. A Figura 24 representa a locação e a dimensão de cada elemento. Como o estudo de caso visa discorrer sobre os elementos construtivos da superestrutura, foram obtidos os quantitativos de aço, concreto e blocos a partir da planta baixa arquitetônica e estrutural.

Figura 24: Locação de pilares e vigas.



Fonte: Da autora.

O quantitativo de material para a execução em alvenaria convencional baseou-se nas tabelas do Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil (SINAPI) referente ao mês julho do ano corrente para o estado de Minas Gerais, versão disponível no intervalo de desenvolvimento deste trabalho, com a determinação dos quantitativos de acordo com os projetos arquitetônicos e estrutural. Os serviços descritos consideram, na sua composição, os valores completos com equipamentos, materiais e mão de obra. A Tabela 3 descreve os serviços necessários para a execução da superestrutura e revestimentos.

Tabela 3: Quantitativo de materiais e serviços para a edificação em alvenaria de vedação

Estruturas			
Código SINAPI	Serviço	Quantidade	Unidade
103669	Concretagem de pilares, fck = 25MPa, com uso de baldes - Lançamento, adensamento e acabamento	1,80	M³
92762	Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 10,0mm - Montagem	149,47	KG
92413	Montagem e desmontagem de fôrmas de pilares retangulares e estruturas similares, pé direito simples em madeira serrada	39,47	M²
103674	Concretagem de vigas e lajes, fck = 20MPa, para lajes pré-moldadas com uso de bomba em edificação com área média de lajes menor ou igual a 20m² - Lançamento, adensamento e acabamento	2,84	M³
92448	Montagem e desmontagem de fôrmas de vigas retangulares e estruturas similares, pé direito simples em madeira serrada	59,51	M²

Fonte: Da autora.

Tabela 3: Quantitativo de materiais e serviços para a edificação em alvenaria de vedação (continuação).

Alvenaria			
Código SINAPI	Serviço	Quantidade	Unidade
93192	Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela maior que 1,5m vão	4,20	M
93198	Contraverga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para vãos de até 1,5m	9,10	M
93201	Fixação (encunhamento) de alvenaria de vedação com argamassa aplicada com colher	59,87	M
93190	Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela com até 1,5m vão	9,10	M
103343	Alvenaria de vedação de blocos vazados de concreto de 14x19x39 cm e argamassa com preparo manual*	187,80	M²
103333	Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos de 9x14x19cm e argamassa com preparo manual*	187,80	M²
Revestimento paredes			
Código SINAPI	Serviço	Quantidade	Unidade
87879	Chapisco aplicado em alvenarias e estruturas de concreto, com colher pedreiro. Argamassa traço 1:3	373,29	M²
87527	Emboço, para recebimento de cerâmica, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400L, aplicado manualmente em faces internas de paredes, para ambiente com área menor que 5m², espessura de 10mm, com taliscas.	191,31	M²
87547	Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400L, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 10mm, com execução de taliscas.	181,98	M²
87264	Revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada extra de dimensão 20x20 cm aplicadas em ambientes de área menor que 5m² na altura inteira das paredes	65,04	M²
87425	Aplicação manual de gesso sarrafeado (com talisca) em paredes de ambiente de área menor que 5m², espessura de 1,0cm*	39,39	M²
87423	Aplicação manual de gesso sarrafeado (com talisca) em paredes de ambientes de área maior que 10m², espessura de 1,0cm*	45,78	M²
87424	Aplicação manual de gesso sarrafeado (com talisca) em paredes de ambientes de área entre 5m² e 10m², espessura de 1,0cm*	163,35	M²
88489	Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em paredes internas e externas	308,25	M²
88485	Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes internas	181,98	M²
88415	Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes externas	126,27	M²
Revestimento piso			
Código SINAPI	Serviço	Quantidade	Unidade
87620	Contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400L, aplicado em áreas secas sobre laje, aderido, acabamento não reforçado, espessura 2cm.	79,85	M²

OBSERVAÇÃO: *Inclusão de blocos cerâmicos, bloco de concreto, revestimento com argamassa e gesso para comparação orçamentária entre estes dois tipos de blocos para alvenaria de vedação.

Fonte: Da autora.

Na alvenaria de vedação optou-se por fazer a comparação orçamentária com o uso de blocos cerâmicos furado na horizontal (item 103333) e o bloco de concreto (item 103343), com o emprego da mesma metragem quadrada determinada para as paredes de painel monolítico.

Acrescentou-se dois tipos de revestimentos para efeito de comparação, tais como revestimento argamassado (áreas molháveis internas e paredes externas) e pasta de gesso (áreas secas internas). Para as áreas molháveis internas, a mesma metragem quadrada de chapisco e emboço também corresponde a aplicação de revestimento cerâmico. No caso das paredes externas, os revestimentos argamassados correspondem a aplicação de chapisco e massa única. Para o fechamento das composições de custos de revestimentos, realizou-se a inclusão de serviços de pintura em paredes externas e internas sobre revestimentos argamassados e pastas de gesso.

3.3. ANÁLISE DE CUSTOS E CLASSIFICAÇÃO ABC

As análises de custos entre os sistemas construtivos, para serviços de superestrutura, foram feitas baseados nos quantitativos indicados na Tabela 2 e Tabela 3, assim como os custos orçamentários obtidos no SINAPI (julho/2022)¹ para a alvenaria de vedação convencional. Referente ao sistema monolítico, os custos orçamentários referem-se à aprovação do projeto em estudo de caso pela empresa fornecedora. A obtenção da classificação ABC para ambas as técnicas construtivas agrega nas comparações orçamentárias, com a indicação de itens com maiores impactos nos custos finais.

3.4. CRITÉRIOS NORMATIVOS

Além da comparação de orçamento entre os métodos construtivos, foram analisados os critérios normativos do painel monolítico em EPS com os parâmetros indicativos da parte 4 da Norma de Desempenho (ABNT NBR 15.575-4, 2013) e exigidos pela Diretriz SINAT N°11. Os resultados laboratoriais para os critérios normativos abordados neste trabalho foram considerados a partir de laudos emitidos pelo laboratório Lactec contratado pela empresa fabricante, Grupo Isorecort, que

¹ Referente as tabelas SINAPI, no dia 21 de novembro de 2022 foram publicadas atualizações de outubro/2022. Contudo, foi considerada a versão julho/2022 vigente na estruturação deste trabalho.

apresentaram pareceres aos painéis monolíticos em EPS (LACTEC, 2019). Foram analisados sete parâmetros exigidos pela norma para os sistemas de vedação vertical internos e externos, listados a seguir:

- **resistência à impactos de corpo duro:** a norma descreve que, durante o ensaio, não pode ocorrer fissuras, escamações, delaminações ou qualquer tipo de dano (impacto de utilização), com aceitação de apenas mossas (ou entalhes) localizadas. Não pode apresentar ruptura ou traspassamento sob ação dos impactos;
- **resistência à impactos de corpo mole:** o corpo de prova não pode apresentar rupturas ou instabilidades (impactos de segurança). Além disso, não pode apresentar fissuras, escamações, delaminações ou qualquer outro tipo de falha que provoque danos aos componentes, instalações ou aos acabamentos acoplados;
- **comportamento à solicitação por cargas suspensas:** não são permitidas fissuras, deslocamentos horizontais instantâneos ou deslocamentos horizontais residuais, lascamentos, rupturas e arranchamento dos dispositivos de fixação;
- **estanqueidade à água em vedação vertical externa:** a norma exige que, quando em contato com água, não ocorrendo infiltração através de suas faces;
- **comportamento ao ser exposto à ação de calor e choque térmico:** as paredes são submetidas a dez ciclos sucessivos de exposição ao calor e resfriamento por meio de jatos de água, assim não podem apresentar deslocamento horizontal instantâneo superior a $H/300$ (altura dividido por 300) e falhas como fissuras, destacamentos, empolamentos e descoloramentos;
- **ações transmitidas por portas:** esse ensaio é dividido em duas etapas:
 - fechamento brusco: as portas são submetidas a dez operações de fechamento brusco e não podem apresentar falhas como ruptura, fissurações, destacamento no encontro com o marco, cisalhamento nas regiões de solicitações e destacamentos em juntas;
 - resistência à impacto de corpo mole nas portas: como resultados, as portas não podem apresentar deslocamento ou arranchamento do marco, ruptura, perda de estabilidade, fissuração e estilhaçamentos.
- **compressão centrada em painéis:** os painéis não podem indicar falhas e possuem limitação de deslocamentos horizontais, cujos resultados devem ser:
 - Deslocamento horizontal instantâneo: menor ou igual a altura dividida por 500;
 - Descolamento horizontal residual: menor ou igual a altura dividida por 2500.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. CUSTOS ORÇAMENTÁRIOS

4.1.1. Painéis monolíticos em EPS

A partir da Tabela 2 e de custos orçamentários aprovados pela empresa executora da obra em estudo de caso, a Tabela 4 apresenta a composição de orçamento para a construção com painel monolítico de EPS.

A composição do custo da mão de obra determinou, por meio de pesquisa entre três profissionais da região do sul de Minas Gerais, o valor médio utilizado no mercado (R\$ 350,00/m²). Assim, foi considerado neste custo unitário:

- locação da obra e instalação dos arranques;
- instalação dos painéis;
- abertura de vão para portas e janelas;
- execução de reforços;
- passagem de instalações elétricas e hidrossanitárias;
- aplicação do revestimento argamassado do tipo projetado nas partes internas e externas;
- montagem e concretagem da laje.

Os custos apresentados para os arranques, cimento Portland e areia fina foram determinados por pesquisas de campo na cidade de Varginha (novembro/2022). Assim, foram realizadas cotações em três fornecedores e obtenção de custos unitários médios, apresentados na Tabela 4. Conforme explicado no tópico 2.3.9, os revestimentos internos e externos em painéis de EPS possuem a mesma composição, com uso de cimento Portland, areia fina natural, aditivo plastificante e microfibra de polipropileno. Deste modo, a etapa de revestimentos de paredes apresentada na Tabela 4 considerou a quantidade total de material em ambas as faces interna e externa da edificação.

Como apresentado, o custo global da obra em painéis de EPS é estimada em R\$77.626,57, o que corresponde a um custo médio de R\$ 972,57 por metro quadrado de área construída. A estrutura corresponde a 43% do orçamento total, seguido pela mão-de-obra (36%), revestimento das paredes (18%) e menor custo para revestimento do piso (3%), como visualizado na Figura 25. Conforme será

apresentado na classificação ABC (item 4.2), o maior impacto orçamentário da superestrutura é referente ao custo dos painéis em EPS de 3000mm x 1800mm, que compõem a estrutura principal deste sistema construtivo.

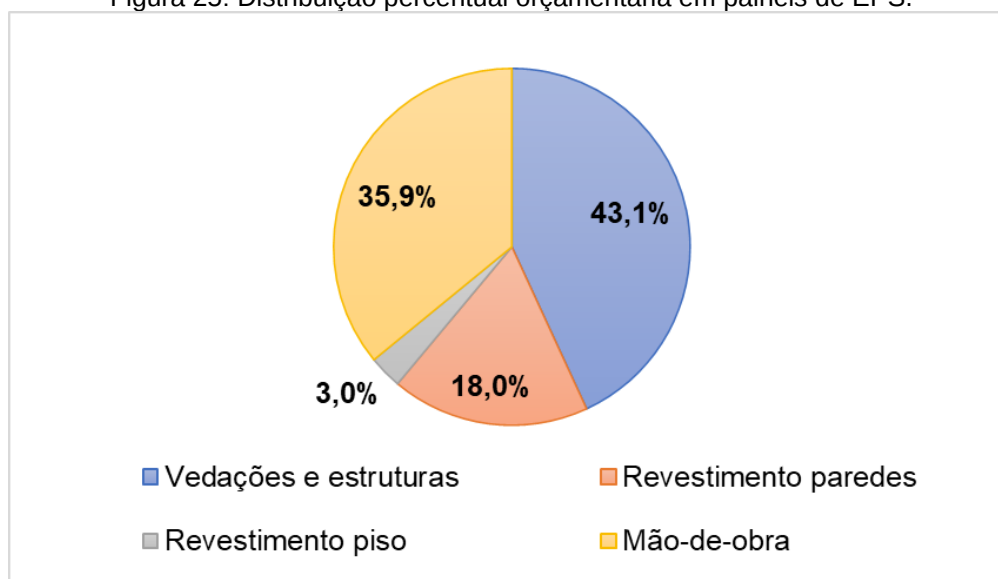
Tabela 4: Orçamento para construção com painel monolítico de EPS.

Vedações e estruturas				
Serviço	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Custo Total
Painel monolítico de EPS - dimensão 3000mm x 1800mm - espessura de 80mm	32,00	uni.	R\$ 816,91	R\$ 26.141,12
Painel monolítico de EPS - painel em "L" - dimensão 3000m x 500mm x 500mm - espessura de 80mm	5,00	uni.	R\$ 534,36	R\$ 2.671,80
Perfil em "U" - dimensão 3000mm x 185mm x 90mm x 185mm - espessura de 3,4mm	51,00	uni.	R\$ 31,84	R\$ 1.623,84
Tela de travamento - dimensão 3000mm x 300mm - espessura de 3,4mm	74,00	uni.	R\$ 21,34	R\$ 1.579,16
Arranques - Aço CA-50 com diâmetro 8,0mm - Barras de 12metros	14,00	uni.	R\$ 54,00	R\$ 756,00
Cantoneira em "L" - dimensão 3000mm x 180mm x 120mm - espessura de 3,4mm	20,00	uni.	R\$ 25,34	R\$ 506,80
Tela de reforço para portas e janelas - dimensão de 450mm x 150mm - espessura de 3,4mm	72,00	uni.	R\$ 3,71	R\$ 267,12
Revestimento paredes				
Serviço	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Custo Total
Revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada extra de dimensão 20x20 cm aplicadas em ambientes de área menor que 5m² na altura inteira das paredes	65,04	M²	R\$ 64,86	R\$ 4.218,49
Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em paredes internas e externas	308,25	M²	R\$ 13,41	R\$ 4.133,63
Cimento CPIII ou CPIV - 50kg	57,00	sc	R\$ 32,50	R\$ 1.852,50
Aditivo plastificante	36,00	l	R\$ 32,43	R\$ 1.167,48
Microfibra de polipropileno	20,00	kg	R\$ 39,68	R\$ 793,60
Areia fina	3,00	m³	R\$ 230,00	R\$ 690,00
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes internas	181,98	M²	R\$ 2,87	R\$ 522,28
Aplicação manual de fundo selados acrílicos em paredes externas	126,27	M²	R\$ 3,26	R\$ 411,64
Revestimento piso				
Serviço	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Custo Total
Contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400L, aplicado em áreas secas sobre laje, aderido, acabamento não reforçado, espessura 2cm.	79,85	M²	R\$ 29,35	R\$ 2.343,60
Mão de obra				
Serviço	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Custo Total
Mão de Obra *	79,85	m²	R\$ 350,00	R\$ 27.947,50

OBSERVAÇÃO: *Considerado a mão de obra para a construção completa da parede, inclusive da aplicação da argamassa sobre os painéis.

Fonte: Da autora

Figura 25: Distribuição percentual orçamentária em painéis de EPS.



Fonte: Da autora

4.1.2. Alvenaria de vedação

As Tabelas 5, 6 e 7 a seguir descrevem os custos unitários para a execução em alvenaria convencional, com os valores de cada etapa separadamente a partir de quantitativos apresentados na Tabela 3. A composição de custo do SINAPI (07/2022) considera a execução completa, do material ao custo da mão de obra, de acordo com as unidades indicadas. Conforme descrito, as etapas de alvenaria e revestimento das paredes foram orçadas com 4 composições, com a diferença para a alvenaria (blocos cerâmico e de concreto) e revestimentos (argamassa e pasta de gesso).

Tabela 5 descreve as etapas de superestrutura e revestimento de piso com contrapiso, cujas composições de custos são iguais dentre as comparações com alvenarias e revestimentos. Por meio desta, obteve-se a composição orçamentária de R\$23.653,07 para a execução da estrutura e de R\$2.343,60 referente ao contrapiso interno.

Tabela 6 e Tabela 7 apresentam os orçamentos das etapas de alvenaria em blocos de concreto e cerâmicos, respectivamente, e todas as paredes com revestimentos argamassados. Nesta comparação direta, os custos para o revestimento em argamassas nas paredes internas e externas é de R\$22.186,56. A execução da alvenaria em blocos de concreto foi orçada em R\$19.420,08 e para blocos cerâmicos em R\$22.203,28. Ou seja, diferença estimada dentre os dois tipos de blocos de vedação em R\$2.783,20.

Ressalta-se que as composições de custos empregadas neste trabalho baseou-se na tabela SINAPI (07/2022) para o Estado de Minas Gerais. Então, foi realizada uma pesquisa de mercado na cidade de Varginha, em Minas Gerais, no mês de novembro/2022 entre os principais fornecedores de blocos cerâmicos e de concreto da região e comparar os valores fornecidos pelo SINAPI. Assim, o valor médio encontrado por unidade para o bloco cerâmico na dimensão de 9x14x19cm foi de R\$ 1,89 e, para o bloco de concreto de 14x19x39cm foi de R\$ 2,97. Ou seja, os blocos cerâmicos de vedação apresentam custo médio menor em torno de 36,4%. Essa observação considera apenas o custo dos blocos e as composições SINAPI agregam custos de mão de obra e argamassa de assentamento.

Tabela 5: Orçamento para construção em alvenaria de vedação: superestrutura e contrapiso.

Estruturas				
Serviço	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Custo Total
Concretagem de pilares, fck = 25MPa, com uso de baldes - Lançamento, adensamento e acabamento	1,80	M³	R\$ 972,42	R\$ 1.750,36
Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 10,0mm - Montagem	149,47	KG	R\$ 13,60	R\$ 2.032,79
Montagem e desmontagem de fôrmas de pilares retangulares e estruturas similares, pé direito simples em madeira	39,47	M²	R\$ 154,90	R\$ 6.113,90
Concretagem de vigas e lajes, fck = 20MPa, para lajes pré-moldadas com uso de bomba em edificação com área média de lajes menor ou igual a 20m² - Lançamento, adensamento e acabamento	2,84	M³	R\$ 727,84	R\$ 2.067,07
Montagem e desmontagem de fôrmas de vigas retangulares e estruturas similares, pé direito simples em madeira serrada	59,51	M²	R\$ 196,42	R\$ 11.688,95
Revestimento piso				
Serviço	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Custo Total
Contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400L, aplicado em áreas secas sobre laje, aderido, acabamento não reforçado, espessura 2cm.	79,85	M²	R\$ 29,35	R\$ 2.343,60

Fonte: Da autora

Tabela 6: Orçamento para construção em alvenaria de vedação: bloco de concreto e revestimentos em argamassa.

Alvenaria				
Serviço	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Custo Total
Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela maior que 1,5m vão	4,20	M	R\$ 52,28	R\$ 219,58
Contraverga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para vãos de até 1,5m de comprimento	9,10	M	R\$ 39,68	R\$ 361,09
Fixação (encunhamento) de alvenaria de vedação com argamassa aplicada com colher	59,87	M	R\$ 6,07	R\$ 363,41
Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela com até 1,5m vão	9,10	M	R\$ 47,08	R\$ 428,43
Alvenaria de vedação de blocos vazados de concreto de 14x19x39 cm (espessura 14cm) e argamassa com preparo manual	187,80	M²	R\$ 96,10	R\$ 18.047,58
Revestimento paredes				
Serviço	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Custo Total
Chapisco aplicado em alvenarias e estruturas de concreto, com colher pedreiro. Argamassa traço 1:3 com preparo em betoneira	373,29	M²	R\$ 4,03	R\$ 1.504,36
Emboço, para recebimento de cerâmica, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400L, aplicado manualmente em faces internas de paredes, para ambiente com área menor que 5m², espessura de 10mm, com execução de taliscas.	191,31	M²	R\$ 38,29	R\$ 7.325,26
Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400L, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 10mm, com execução de taliscas.	181,98	M²	R\$ 22,37	R\$ 4.070,89
Revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada extra de dimensão 20x20 cm aplicadas em ambientes de área menor que 5m² na altura inteira das paredes	65,04	M²	R\$ 64,86	R\$ 4.218,49
Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em paredes	308,25	M²	13,41	R\$ 4.133,63
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes internas	181,98	M²	2,87	R\$ 522,28
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes externas	126,27	M²	3,26	R\$ 411,64

Fonte: Da autora

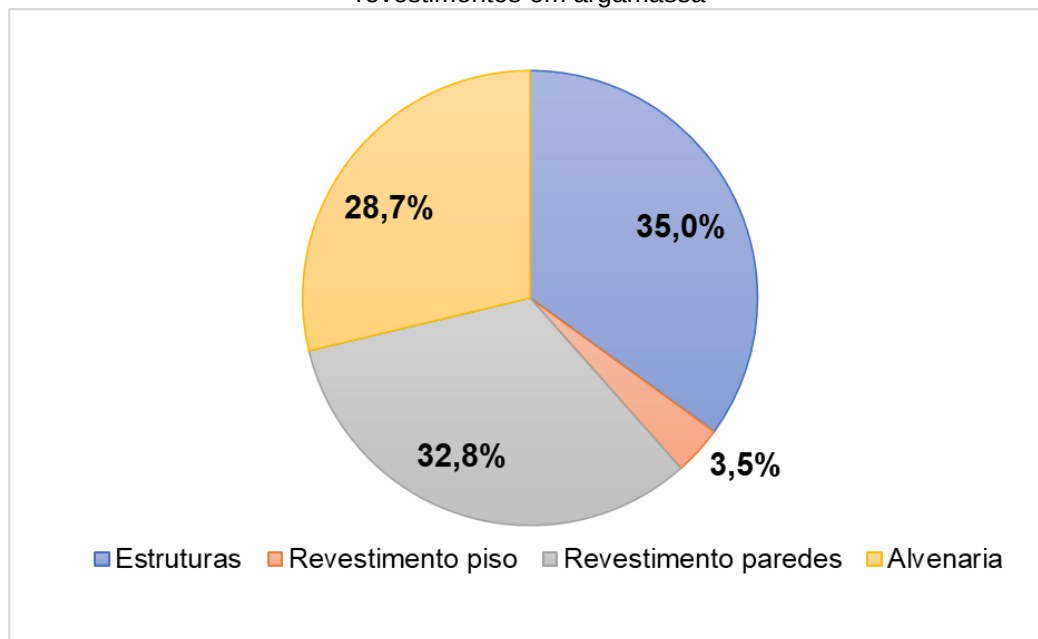
Tabela 7: Orçamento para construção em alvenaria de vedação: bloco cerâmico e revestimentos em argamassa.

Alvenaria				
Serviço	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Custo Total
Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela maior que 1,5m vão	4,20	M	R\$ 52,28	R\$ 219,58
Contraverga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para vãos de até 1,5m de comprimento	9,10	M	R\$ 39,68	R\$ 361,09
Fixação (encunhamento) de alvenaria de vedação com argamassa aplicada com colher	59,87	M	R\$ 6,07	R\$ 363,41
Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela com até 1,5m vão	9,10	M	R\$ 47,08	R\$ 428,43
Alvenaria de vedação de blocos cerâmico furados na horizontal de 9x14x19cm e argamassa de assentamento com preparo manual	187,80	M²	R\$ 110,92	R\$ 20.830,78
Revestimento paredes				
Serviço	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Custo Total
Chapisco aplicado em alvenarias e estruturas de concreto, com colher pedreiro. Argamassa traço 1:3 com preparo em betoneira	373,29	M²	R\$ 4,03	R\$ 1.504,36
Emboço, para recebimento de cerâmica, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400L, aplicado manualmente em faces internas de paredes, para ambiente com área menor que 5m², espessura de 10mm, com execução de taliscas.	191,31	M²	R\$ 38,29	R\$ 7.325,26
Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400L, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 10mm, com execução de taliscas.	181,98	M²	R\$ 22,37	R\$ 4.070,89
Revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada extra de dimensão 20x20 cm aplicadas em ambientes de área menor que 5m² na altura inteira das paredes	65,04	M²	R\$ 64,86	R\$ 4.218,49
Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em paredes	308,25	M²	13,41	R\$ 4.133,63
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes internas	181,98	M²	2,87	R\$ 522,28
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes externas	126,27	M²	3,26	R\$ 411,64

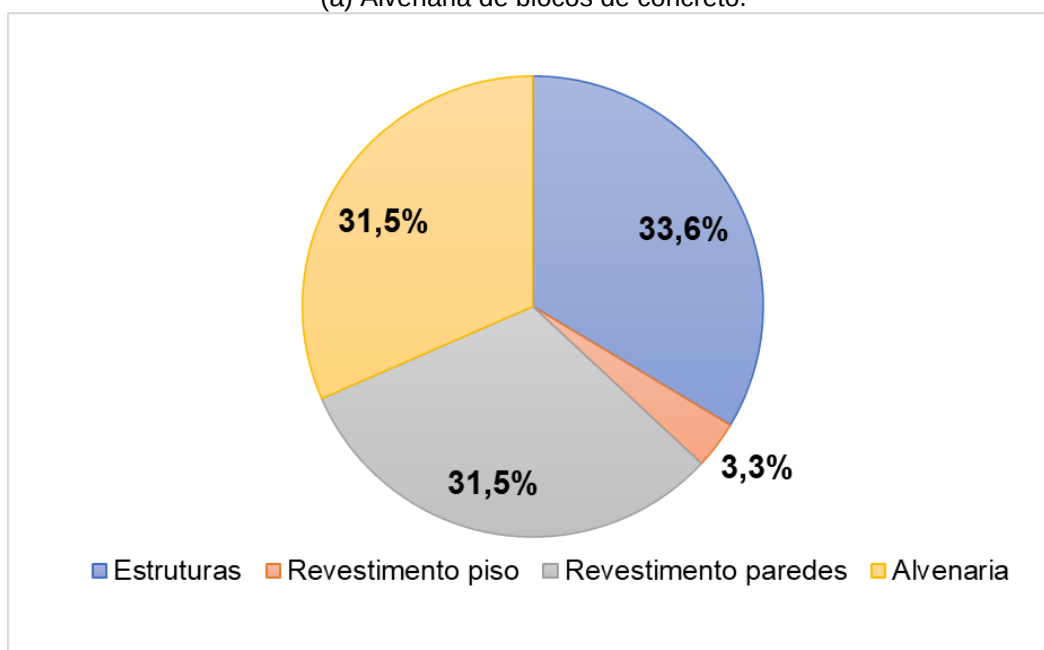
Fonte: Da autora

A Figura 26 apresenta as distribuições percentuais de custos orçamentários para a execução da obra em estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação, em comparação ao custo total. Como discutido anteriormente, a única diferença verificada refere-se a escolha por blocos de vedação em concreto ou cerâmico.

Figura 26: Distribuições percentuais orçamentárias para obras em alvenaria de vedação com revestimentos em argamassa



(a) Alvenaria de blocos de concreto.



(b) Alvenaria de blocos cerâmico.

Fonte: Da autora

O custo orçamentário total para as obras em alvenaria de vedação com blocos de concreto é de R\$67.603,31 e para blocos cerâmicos de R\$70.386,51. Estes remetem a custos médios por metro quadrado de área construída de R\$846,63 para blocos de concreto e de R\$881,48 aos blocos cerâmicos. Em ambos os casos, 34% são de estrutura, 32% destinados a revestimentos de paredes e 3% de revestimento de piso interno (contrapiso).

A escolha pela adoção entre blocos de concreto e cerâmico para fins de vedação considera os principais fatores, tais como: qualidade dos blocos da região, mão de obra que prefere um tipo de bloco em relação ao outro, conforto térmico, facilidade de embutimento das instalações prediais (elétrica e hidráulica), características de aderência de revestimentos argamassados sobre os blocos, dentre outros.

Tabela 8 e Tabela 9 apresentam os orçamentos das etapas de alvenaria em blocos de concreto e cerâmicos, respectivamente, porém com revestimento em pasta de gesso destinado a paredes internas e em áreas secas. Nesta comparação, os custos para revestimentos com uso de pastas de gesso são de R\$20.858,21 para ambas as alvenarias (blocos de concreto e cerâmico). Ou seja, ao se empregar pasta de gesso, para paredes internas de áreas secas, em substituição ao revestimento argamassado (R\$22.186,56), obtém-se uma economia estimada de R\$1.328,35, o qual corresponde a redução de 6,00%.

Tabela 8: Orçamento para construção em alvenaria de vedação: bloco de concreto e revestimento em gesso.

Alvenaria				
Serviço	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Custo Total
Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela maior que 1,5m vão	4,20	M	R\$ 52,28	R\$ 219,58
Contraverga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para vãos de até 1,5m de comprimento	9,10	M	R\$ 39,68	R\$ 361,09
Fixação (encunhamento) de alvenaria de vedação com argamassa aplicada com colher	59,87	M	R\$ 6,07	R\$ 363,41
Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela com até 1,5m vão	9,10	M	R\$ 47,08	R\$ 428,43
Alvenaria de vedação de blocos vazados de concreto de 14x19x39 cm (espessura 14cm) e argamassa com preparo manual	187,80	M²	R\$ 96,10	R\$ 18.047,58

Fonte: Da autora

Tabela 8: Orçamento para construção em alvenaria de vedação: bloco de concreto e revestimento em gesso (continuação).

Revestimento paredes				
Serviço	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Custo Total
Aplicação manual de gesso sarrafeado (com talisca) em paredes de ambiente de área menor que 5m ² , espessura de 1,0cm	39,39	M ²	R\$ 36,35	R\$ 1.431,83
Aplicação manual de gesso sarrafeado (com talisca) em paredes de ambientes de área entre 5m ² e 10m ² , espessura de 1,0cm	163,35	M ²	R\$ 35,15	R\$ 5.741,75
Aplicação manual de gesso sarrafeado (com talisca) em paredes de ambientes de área maior que 10m ² , espessura de 1,0cm	45,78	M ²	R\$ 34,38	R\$ 1.573,92
Revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada extra de dimensão 20x20 cm aplicadas em ambientes de área menor que 5m ² na altura inteira das paredes	65,04	M ²	R\$ 64,86	R\$ 4.218,49
Massa única para recebimento de pintura em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400L, aplicada manualmente, espessura de 100mm com execução de talisca	126,27	M ²	22,37	R\$ 2.824,66
Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em paredes	308,25	M ²	13,41	R\$ 4.133,63
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes internas	181,98	M ²	2,87	R\$ 522,28
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes externas	126,27	M ²	3,26	R\$ 411,64

Fonte: Da autora

Tabela 9: Orçamento para construção em alvenaria de vedação: bloco cerâmico e revestimento em gesso.

Alvenaria				
Serviço	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Custo Total
Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela maior que 1,5m vão	4,20	M	R\$ 52,28	R\$ 219,58
Contraverga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para vãos de até 1,5m de comprimento	9,10	M	R\$ 39,68	R\$ 361,09
Fixação (encunhamento) de alvenaria de vedação com argamassa aplicada com colher	59,87	M	R\$ 6,07	R\$ 363,41
Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela com até 1,5m vão	9,10	M	R\$ 47,08	R\$ 428,43
Alvenaria de vedação de blocos cerâmico furados na horizontal de 9x14x19cm e argamassa de assentamento com preparo manual	187,80	M ²	R\$ 110,92	R\$ 20.830,78

Fonte: Da autora

Tabela 9: Orçamento para construção em alvenaria de vedação: bloco cerâmico e revestimento em gesso (continuação).

Revestimento paredes				
Serviço	Quantidade	Unidade	Valor Unitário	Custo Total
Aplicação manual de gesso sarrafeado (com talisca) em paredes de ambiente de área menor que 5m ² , espessura de 1,0cm	39,39	M ²	R\$ 36,35	R\$ 1.431,83
Aplicação manual de gesso sarrafeado (com talisca) em paredes de ambientes de área entre 5m ² e 10m ² , espessura de 1,0cm	163,35	M ²	R\$ 35,15	R\$ 5.741,75
Aplicação manual de gesso sarrafeado (com talisca) em paredes de ambientes de área maior que 10m ² , espessura de 1,0cm	45,78	M ²	R\$ 34,38	R\$ 1.573,92
Revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada extra de dimensão 20x20 cm aplicadas em ambientes de área menor que 5m ² na altura inteira das paredes	65,04	M ²	R\$ 64,86	R\$ 4.218,49
Massa única para recebimento de pintura em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400L, aplicada manualmente, espessura de 100mm com execução de talisca	126,27	M ²	22,37	R\$ 2.824,66
Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em paredes	308,25	M ²	13,41	R\$ 4.133,63
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes internas	181,98	M ²	2,87	R\$ 522,28
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes externas	126,27	M ²	3,26	R\$ 411,64

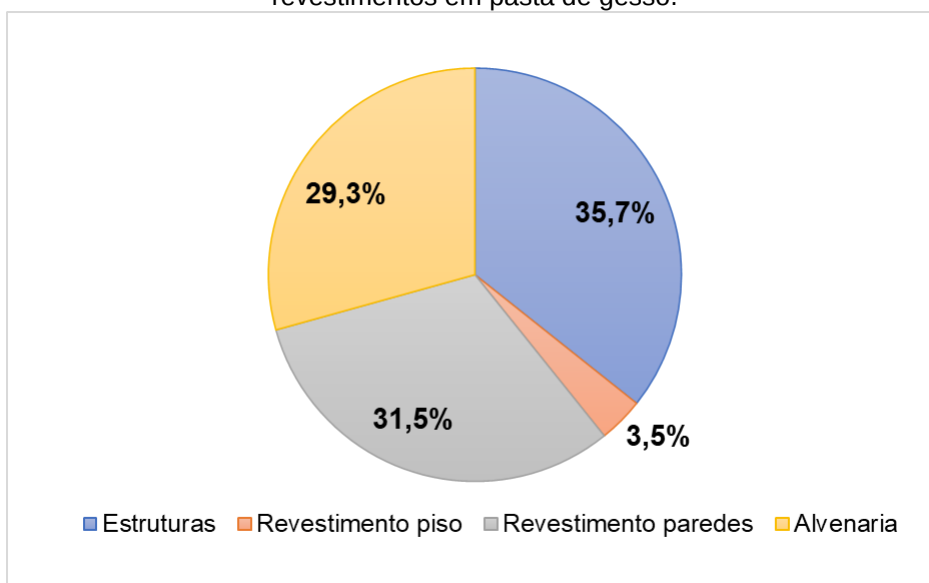
Fonte: Da autora

A Figura 27 apresenta as distribuições percentuais de custos orçamentários para a execução da obra em estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação, em comparação ao custo total, com a adoção de pastas de gesso conjuntamente aos revestimentos argamassados. Como discorrido anteriormente, a única diferença verificada refere-se a escolha por blocos de vedação em concreto ou cerâmico.

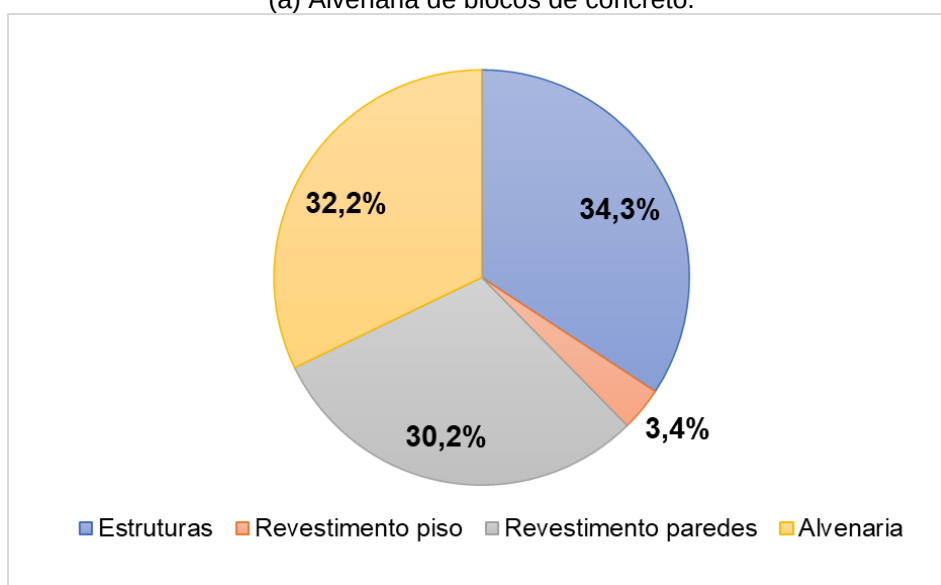
Em termos de custo global, obteve-se R\$66.274,96 para blocos de concreto e pasta de gesso e de R\$69.058,17 ao se empregar blocos cerâmicos. Na situação com bloco de concreto, a execução da estrutura em concreto armado corresponde a 34% do custo total seguido de 30% para a alvenaria. Com o bloco cerâmico, 36% dos custos correspondem a estrutura e 29% para a alvenaria.

A partir do valor global apresentado, estimam-se os custos médios por metro quadrado da edificação de R\$829,99 para blocos em concreto e pasta de gesso. Para o uso de blocos cerâmicos, o custo por metro quadrado é de R\$864,85.

Figura 27: Distribuições percentuais orçamentárias para obras em alvenaria de vedação com revestimentos em pasta de gesso.



(a) Alvenaria de blocos de concreto.



(b) Alvenaria de blocos cerâmico.

Fonte: Da autora

4.2. CLASSIFICAÇÃO ABC

4.2.1. Painéis monolíticos em EPS

Como descrito anteriormente, o objetivo deste trabalho é fazer comparação entre as construções de painéis monolíticos de EPS e alvenaria convencional, direcionado a elementos de superestrutura (vedações, revestimentos de paredes e piso). Assim, a Tabela 10 apresenta a classificação ABC para os custos orçamentários listados na Tabela 4. Optou-se por abordar as classificações ABC dentre as

separações macro na planilha orçamentária, como análise complementar a apresentada na Figura 25.

Tabela 10: Classificação ABC para construção em painéis monolíticos em EPS.

Vedações e estruturas				
Serviço	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Painel monolítico de EPS - dimensão 3000mm x 1800mm - espessura 80mm	R\$ 26.141,12	78%	78%	A
Painel monolítico de EPS - painel em "L" - dimensão 3000mm x 500mm x 500mm - espessura de 80mm	R\$ 2.671,80	8%	86%	C
Perfil em "U" - dimensão 3000mm x 185mm x 90mm x 185mm - espessura de 3,4mm	R\$ 1.623,84	5%	91%	C
Tela de travamento - dimensão 3000mm x 300mm - espessura de 3,4mm	R\$ 1.579,16	5%	95%	C
Arranques - Aço CA-50 com diâmetro 8,0mm - Barras de 12metros	R\$ 756,00	2%	98%	C
Cantoneira em "L" - dimensão 3000mm x 180mm x 120mm - espessura de 3,4mm	R\$ 506,80	2%	99%	C
Tela de reforço para portas e janelas - dimensão de 450mm x 150mm - espessura de 3,4mm	R\$ 267,12	1%	100%	C
Revestimento paredes				
Serviço	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada extra de dimensão 20x20 cm aplicadas em ambientes de área menor que 5m ² na altura inteira das paredes	R\$ 4.218,49	31%	31%	A
Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em paredes internas e externas	R\$ 4.133,63	30%	61%	B
Cimento CPIII ou CPIV - 50kg	R\$ 1.852,50	13%	74%	B
Aditivo plastificante	R\$ 1.167,48	8%	82%	C
Microfibra de polipropileno	R\$ 793,60	6%	88%	C
Areia fina	R\$ 690,00	5%	93%	C
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes internas	R\$ 522,28	4%	97%	C
Aplicação manual de fundo selador acrílico em parede externo	R\$ 411,64	3%	100%	C
Revestimento piso				
Serviço	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400L, aplicado em áreas secas sobre laje, aderido, acabamento não reforçado, espessura 2cm.	R\$ 2.343,60	100%	100%	A
Mão de Obra				
Serviço	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Mão de Obra	R\$ 27.947,50	100%	100%	A

Fonte: Da autora

Pela análise macro pela classificação ABC, indica-se maior investimento inicial aos painéis monolíticos de dimensões 3000mm x 1800mm como elemento de superestrutura, que correspondem aos maiores quantitativos de insumos. Estes materiais são demandados após a instalação das armaduras de arranque. Ou seja, obras em painéis monolíticos em EPS requerem 78% do investimento pela superestrutura nestes painéis após a finalização do contrapiso e instalação das armaduras de arranque, cujo insumo demanda 33,6% do custo global orçamentário (Figura 25).

Importante mencionar os custos orçamentários de mão de obra como 36% dos custos totais avaliados (Figura 25). Ou seja, como investimentos iniciais estimam-se custos de R\$56.760,42 com a aquisição dos painéis e contratação de mão de obra especializada. Dentre as características desta tipologia construtiva ter menores tempos de execução de obra, infere-se que tais demandas orçamentárias são em menores intervalos de tempo pela comparação macro a obras de alvenaria de vedação.

4.2.2. Alvenaria de vedação

A Tabela 11 apresenta a análise de custos por classificação ABC para a obra por alvenaria de vedação para os serviços de superestrutura em concreto armado, execução do contrapiso e revestimentos, a partir dos custos abordados na Tabela 5. Sobre este último supracitado, destaca-se o mesmo custo em comparação ao sistema monolítico em EPS pela área de contrapiso ser igual (R\$ 2.343,60).

Referente aos custos de superestrutura, verifica-se o investimento orçamentário de 49% a montagem e desmontagem de fôrmas de vigas e, em seguida, 26% destinados a fôrmas de pilares, cujo somatório correspondem a 75% dos custos da estrutura (R\$17.802,85). Esta análise remete-se a necessidade da aquisição de fôrmas preliminares aos serviços da concretagem (estruturas), este com custo de 9% para resistência característica de projeto de 20 MPa.

Tabela 11: Classificação ABC para construção em alvenaria de vedação: estrutura e contrapiso.

Estruturas				
Serviço	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Montagem e desmontagem de fôrmas de vigas retangulares e estruturas similares, pé direito simples em madeira serrada	R\$ 11.688,95	49%	49%	A
Montagem e desmontagem de fôrmas de pilares retangulares e estruturas similares, pé direito simples em madeira serrada	R\$ 6.113,90	26%	75%	B
Concretagem de vigas e lajes, fck= 20MPa, para lajes pré-moldadas com uso de bomba em edificação com área média de lajes menor ou igual a 20m ² - Lançamento, adensamento e acabamento	R\$ 2.067,07	9%	84%	C
Armação de pilar ou viga de uma estrutura convencional de concreto armado em uma edificação térrea ou sobrado utilizando aço CA-50 de 10,0mm - Montagem	R\$ 2.032,79	9%	93%	C
Concretagem de pilares, fck = 25MPa, com uso de baldes - Lançamento, adensamento e acabamento	R\$ 1.750,36	7%	100%	C
Revestimento piso				
Serviço	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Contrapiso em argamassa traço 1:4 (cimento e areia), preparo mecânico com betoneira 400L, aplicado em áreas secas sobre laje, aderido, acabamento não reforçado, espessura 2cm.	R\$ 2.343,60	100%	100%	A

Fonte: Da autora

A Tabela 12 aborda os custos pela classificação ABC referentes a execução de alvenaria com blocos de concreto e revestimento em argamassa. Na Tabela 13, tem-se a análise orçamentária pelo emprego de blocos cerâmicos.

Como comparação macro, ambas as propostas apresentadas demandam investimentos entre 93% e 94% para custos de blocos destinados a alvenaria de vedação. A diferença percentual de 1% pela classificação ABC entre os blocos de concreto e cerâmico dependem diretamente da disponibilidade de fornecedores locais. Neste contexto, ambos são classificados na faixa “A”, da mesma forma que os painéis monolíticos em EPS nas dimensões 3000mm x 1800mm (Tabela 10).

Referente aos custos de revestimentos em argamassa, a camada de emboço corresponde a 33% dos custos nesta etapa construtiva (R\$ 7.325,26).

Tabela 12: Classificação ABC para construção em alvenaria de vedação: bloco de concreto e revestimento em argamassa.

Alvenaria				
Serviço	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Alvenaria de vedação de blocos vazados de concreto de 14x19x39 cm (espessura 14cm) e argamassa com preparo manual	R\$ 18.047,58	93%	93%	A
Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela com até 1,5m vão	R\$ 428,43	2%	95%	C
Fixação (encunhamento) de alvenaria de vedação com argamassa aplicada com colher	R\$ 363,41	2%	97%	C
Contraverga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para vãos de até 1,5m de comprimento	R\$ 361,09	2%	99%	C
Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela maior que 1,5m vão	R\$ 219,58	1%	100%	C
Revestimento paredes				
Serviço	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Emboço, para recebimento de cerâmica, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400L, aplicado manualmente em faces internas de paredes, para ambiente com área menor que 5m², espessura de 10mm, com execução de taliscas.	R\$ 7.325,26	33%	33%	A
Revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada extra de dimensão 20x20 cm aplicadas em ambientes de área menor que 5m² na altura inteira das paredes	R\$ 4.218,49	19%	52%	B
Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em paredes internas e externas	R\$ 4.133,63	19%	71%	B
Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400L, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 10mm, com execução de taliscas.	R\$ 4.070,89	18%	89%	C
Chapisco aplicado em alvenarias e estruturas de concreto, com colher pedreiro. Argamassa traço 1:3 com preparo em betoneira	R\$ 1.504,36	7%	96%	C
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes internas	R\$ 522,28	2%	98%	C
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes externas	R\$ 411,64	2%	100%	C

Fonte: Da autora

Tabela 13: Classificação ABC para construção em alvenaria de vedação: bloco cerâmico e revestimento em argamassa.

Alvenaria				
Serviço	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x14x19cm (espessura 9cm) e argamassa de assentamento com preparo manual.	R\$ 20.830,78	94%	94%	A
Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela com até 1,5m vão	R\$ 428,43	2%	96%	C
Fixação (encunhamento) de alvenaria de vedação com argamassa aplicada com colher	R\$ 363,41	2%	98%	C
Contraverga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para vãos de até 1,5m de comprimento	R\$ 361,09	2%	99%	C
Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela maior que 1,5m vão	R\$ 219,58	1%	100%	C
Revestimento paredes				
Serviço	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Emboço, para recebimento de cerâmica, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400L, aplicado manualmente em faces internas de paredes, para ambiente com área menor que 5m², espessura de 10mm, com execução de taliscas	R\$ 7.325,26	33%	33%	A
Revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada extra de dimensão 20x20 cm aplicadas em ambientes de área menor que 5m² na altura inteira das paredes	R\$ 4.218,49	19%	71%	B
Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em paredes internas e externas	R\$ 4.133,63	19%	52%	B
Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400L, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 10mm, com execução de taliscas	R\$ 4.070,89	18%	89%	C
Chapisco aplicado em alvenarias e estruturas de concreto, com colher pedreiro. Argamassa traço 1:3 com preparo em betoneira 400L	R\$ 1.504,36	7%	96%	C
Aplicação manual de fundo acrílica em paredes internas	R\$ 522,28	2%	98%	C
Aplicação manual de fundo acrílica em paredes internas	R\$ 411,64	2%	100%	C

Fonte: Da autora

A Tabela 14 aborda os custos pela classificação ABC referentes a execução de alvenaria com blocos de concreto e revestimentos mistos em argamassa e pasta de gesso. A Tabela 15 trata desta análise orçamentária com o uso de blocos cerâmicos.

Tabela 14: Classificação ABC para construção em alvenaria de vedação: bloco de concreto e revestimento em gesso.

Alvenaria				
Serviço	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Alvenaria de vedação de blocos vazados de concreto de 14x19x39 cm (espessura 14cm) e argamassa com preparo manual	R\$ 18.047,58	93%	93%	A
Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela com até 1,5m vão	R\$ 428,43	2%	95%	C
Fixação (encunhamento) de alvenaria de vedação com argamassa aplicada com colher	R\$ 363,41	2%	97%	C
Contraverga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para vãos de até 1,5m de comprimento	R\$ 361,09	2%	99%	C
Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela maior que 1,5m vão	R\$ 219,58	1%	100%	C
Revestimento paredes				
Serviço	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Aplicação manual de gesso sarrafeado (com talisca) em paredes de ambientes de área entre 5m² e 10m², espessura de 1,0cm	R\$ 5.741,75	28%	28%	A
Revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada extra de dimensão 20x20 cm aplicadas em ambientes de área menor que 5m² na altura inteira das paredes	R\$ 4.218,49	20%	48%	A
Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em paredes internas e externas	R\$ 4.133,63	20%	68%	B
Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400L, aplicada manualmente, espessura de 10mm, com execução talisca	R\$ 2.824,66	14%	81%	C
Aplicação manual de gesso sarrafeado (com talisca) em paredes de ambientes de área maior que 10m², espessura de 1,0cm	R\$ 1.573,92	8%	89%	C
Aplicação manual de gesso sarrafeado (com talisca) em paredes de ambiente de área menor que 5m², espessura de 1,0cm	R\$ 1.431,83	7%	96%	C
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes internas	R\$ 522,28	3%	98%	C
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes externas	R\$ 411,64	2%	100%	C

Fonte: Da autora

Tabela 15: Classificação ABC para construção em alvenaria de vedação: bloco cerâmico e revestimento em gesso.

Alvenaria				
Serviço	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Alvenaria de vedação de blocos cerâmicos furados na horizontal de 9x14x19cm (espessura 9cm) e argamassa de assentamento com preparo manual.	R\$ 20.830,78	94%	94%	A
Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela com até 1,5m vão	R\$ 428,43	2%	96%	C
Fixação (encunhamento) de alvenaria de vedação com argamassa aplicada com colher	R\$ 363,41	2%	98%	C
Contraverga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para vãos de até 1,5m de comprimento	R\$ 361,09	2%	99%	C
Verga moldada in loco com utilização de blocos canaleta para janela maior que 1,5m vão	R\$ 219,58	1%	100%	C
Revestimento paredes				
Serviço	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Aplicação manual de gesso sarrafeado (com talisca) em paredes de ambientes de área entre 5m² e 10m², espessura de 1,0cm	R\$ 5.741,75	28%	28%	A
Revestimento cerâmico para paredes internas com placas tipo esmaltada extra de dimensão 20x20 cm aplicadas em ambientes de área menor que 5m² na altura inteira das paredes	R\$ 4.218,49	20%	48%	A
Aplicação manual de pintura com tinta látex acrílica em paredes	R\$ 4.133,63	20%	68%	B
Massa único, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo mecânico com betoneira 400L, aplicada manualmente, espessura de 10mm, com execução de taliscas.	R\$ 2.824,66	14%	81%	C
Aplicação manual de gesso sarrafeado (com talisca) em paredes de ambientes de área maior que 10m², espessura de 1,0cm	R\$ 1.573,92	8%	89%	C
Aplicação manual de gesso sarrafeado (com talisca) em paredes de ambiente de área menor que 5m², espessura de 1,0cm	R\$ 1.431,83	7%	96%	C
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes internas	R\$ 522,28	3%	98%	C
Aplicação manual de fundo selador acrílico em paredes externas	R\$ 411,64	2%	100%	C

Fonte: Da autora

A partir da classificação ABC para revestimentos em paredes, bem como as análises gráficas por distribuições percentuais de custos totais (Figura 27), infere-se a economia construtiva ao se associar o uso misto de revestimentos argamassados e pastas de gesso. Diferem-se apenas as classificações orçamentárias para a aplicação

de gesso em relação a metragens quadradas de aplicação (menor que 5m², entre 5m² a 10m² e maiores que 10m²). Estes custos somam 43% dos investimentos na etapa de revestimentos (Tabela 14 e Tabela 15), em comparação aos custos de 58% de revestimento em argamassa na proposição de acabamento sem o uso de pastas de gesso (Tabela 12 e Tabela 13). Como apresentado na Figura 27, os custos para revestimentos em parede correspondem a 31% da composição orçamentária total, em comparação a 33% para bloco de concreto e 32% para blocos cerâmicos, obtidos apenas com o uso de revestimento argamassado (Figura 26).

A referida comparação apenas é possível de ser feita entre as propostas de composições em alvenaria de vedação, visto que os sistemas construtivos em painéis de EPS não realizam a aplicação de pasta de gesso. Como apresentado na descrição desta tipologia construtiva, a mesma requer a aplicação de revestimento argamassado com reforço metálico para a composição da estrutura em painéis monolíticos.

4.2.3. Comparação entre os sistemas construtivos

A Tabela 16 sumariza a classificação ABC em relação ao custo global do sistema construtivo com painéis monolítico de EPS. Tabela 17 e Tabela 18 apresentam, respectivamente, a classificação ABC para a proposta de obra em alvenaria de vedação com blocos cerâmico e de concreto e revestimentos apenas de argamassa.

Tabela 16: Classificação ABC do orçamento global em painel monolítico de EPS.

Descrição	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Vedações e estruturas	R\$ 33.545,84	43%	43%	A
Mão de Obra	R\$ 27.947,50	36%	79%	B
Revestimento Parede	R\$ 13.984,21	18%	97%	C
Revestimento Piso	R\$ 2.343,60	3%	100%	C
Total	R\$ 77.626,57			

Fonte: Da autora

Tabela 17: Classificação ABC do orçamento global em alvenaria com bloco cerâmico e revestimento de argamassa.

Descrição	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Estruturas	R\$ 23.653,07	34%	34%	A
Revestimento Paredes	R\$ 22.186,56	32%	66%	B
Alvenaria	R\$ 22.203,28	32%	98%	C
Revestimento Piso	R\$ 2.343,60	3%	100%	C
Total	R\$ 70.386,51			

Fonte: Da autora

Tabela 18: Classificação ABC do orçamento global em alvenaria com bloco de concreto e revestimento de argamassa

Descrição	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Estruturas	R\$ 23.653,07	35%	35%	A
Revestimento Paredes	R\$ 22.186,56	33%	68%	B
Alvenaria	R\$ 19.420,08	29%	97%	C
Revestimento Piso	R\$ 2.343,60	3%	100%	C
Total	R\$ 67.603,31			

Fonte: Da autora

Em seguida, elaborou-se as Tabelas 19 e 20 resumos para os revestimentos de gesso. Tabela 19 aplicado no bloco cerâmico e Tabela 20 aplicada no bloco de cimento.

Tabela 19: Orçamento resumo de alvenaria de bloco cerâmico e revestimento de gesso

Descrição	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Estruturas	R\$ 23.653,07	34%	34%	A
Alvenaria	R\$ 22.203,28	32%	66%	B
Revestimento Paredes	R\$ 20.858,21	30%	97%	C
Revestimento Piso	R\$ 2.343,60	3%	100%	C
Total	R\$ 69.058,15			

Fonte: Da autora

Tabela 20: Orçamento resumo de alvenaria de bloco de concreto e revestimento de gesso

Descrição	Custo Total	%	% Acumulado	Classificação ABC
Estruturas	R\$ 23.653,07	36%	36%	A
Revestimento Paredes	R\$ 20.858,21	31%	67%	B
Alvenaria	R\$ 19.420,08	29%	96%	C
Revestimento Piso	R\$ 2.343,60	4%	100%	C
Total	R\$ 66.274,96			

Fonte: Da autora

Conforme representado nas Tabelas 19 e 20 anteriores, os valores encontrados nos orçamentos foram muito próximos quando comparamos a execução das paredes. Porém, quando há o uso misto de revestimentos, ou seja, revestimentos argamassados e de gesso, observa-se uma maior diferença no valor final, isso se explica pois, nesse processo não há necessidade de aplicação de chapisco, emboço e reboco nas paredes internas, sendo substituído por uma única aplicação de gesso.

Conforme citado anteriormente, o sistema construtivo com painel monolítico é conhecido por sua agilidade durante a execução. Como não foi possível analisar o tempo de execução da obra por completo, acredita-se que seria o diferencial para o orçamento final, pois há economia no custo final da mão de obra. Além da possível

economia com o tempo de obra, é possível prever uma redução do dimensionamento da fundação, devido à redução no peso da estrutura acabada e, conseqüentemente, economias quanto aos custos de armaduras e demais serviços.

Pela análise das classificações ABC reportadas, observa-se que nas construções de alvenaria com revestimento argamassado o maior custo é para a execução da estrutura. Por outro lado, com o revestimento de gesso há uma redução macro no custo da obra.

Quando se analisa as construções com painel monolítico de EPS o maior custo ainda está em relação à estrutura. Como não foi possível inserir o custo da mão de obra nas composições individuais dos serviços, mas sim separadamente, observou-se que o mesmo apresenta custo macro considerável, com a sua classificação ABC no intervalo “B” orçamentário global.

4.3. ANÁLISE DE CRITÉRIOS NORMATIVOS

Conforme descrito anteriormente, foram realizados ensaios nos painéis monolíticos em EPS destinados aos sistemas de vedação vertical interno e externo conforme exigências da norma de desempenho (ABNT NBR 15575-4, 2013). Os resultados dos ensaios devem apresentar nível mínimo de aceitação, classificado como M (mínimo), ou seja, apresentar as premissas descritas na referida norma. A Tabela 21 apresenta os resultados dos ensaios comparados com as exigências da norma, sumarizados a partir de Lactec (2019).

A partir dos resultados, verifica-se o atendimento aos critérios estabelecidos, cuja importância remete-se a obras com qualidade, segurança e durabilidade especificados em norma para obras de habitação. Além disso, o atendimento aos critérios normativos agrega na sua aceitação técnica e difusão na engenharia civil como uma tecnologia construtiva predial do tipo industrializada e que seja competitiva as demais técnicas construtivas classificadas como convencionais.

Tabela 21: Resultados dos ensaios em comparação a norma ABNT NBR 15575-4 (2013).

Descrição		Requisitos norma		Resultados dos Ensaio
Resistência a impactos de corpo duro		Nível para aceitação (desempenho mínimo)	é o M	Nível de desempenho superior (S)
Resistência a impactos de corpo mole		Nível para aceitação (desempenho mínimo)	é o M	Nível de desempenho mínimo (M)
Comportamento à solicitação por cargas suspensas		Nível para aceitação (desempenho mínimo)	é o M	Nível de desempenho mínimo (M) - suportou carga de 0,8kN e permanência de 24h
Estanqueidade à água em vedação vertical externa		Nível para aceitação (desempenho mínimo)	é o M	Nível de desempenho mínimo (M)
Comportamento exposto à ação de calor e choque térmico		Nível para aceitação (desempenho mínimo)	é o M	Nível de desempenho mínimo (M) - as fissuras verificadas durante os ciclos foram capilares, com desaparecimento após o resfriamento sem comprometer a utilização
Ações transmitidas por portas	Fechamento brusco	Nível para aceitação (desempenho mínimo)	é o M	Nível de desempenho mínimo (M)
	Resistência à impacto de corpo mole	Nível para aceitação (desempenho mínimo)	é o M	Nível de desempenho mínimo (M)
Ensaio de compressão em painéis		Nível para aceitação (desempenho mínimo)	é o M	Nível de desempenho mínimo (M) - carregamentos máximos obtidos: 32900 kgf, 21200 kgf e 22800 kgf

Fonte: Da autora

Neste contexto, importante mencionar que a tecnologia construtiva em painéis monolíticos de EPS tem sido empregada em demais obras prediais em configurações mistas. Como o estudo de caso apresentado, cujo subsolo da obra residencial foi projetado em alvenaria de vedação, demais obras tem apresentado essa configuração.

Deste modo, o atendimento aos requisitos normativos, exemplificado na Tabela 21, e a adoção desta técnica em obras mistas são indicativos a uma tendência crescente de seu uso na engenharia civil. Como exemplos, a Figura 28 apresentam obras mistas residencial de alto padrão, comercial e industrial, e o uso de painéis de EPS para a estruturação de muros de divisa.

Figura 28: Construção civil predial em painéis monolíticos de EPS.



(a) Obra residencial.



(b) Obra comercial.



(c) Obra industrial.



(d) Muro de divisa.

Fonte: Da autora.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

5.1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o trabalho de conclusão de curso desenvolvido foi possível compreender o passo a passo para as construções com painel monolítico em poliestireno expandido, assim como sua contribuição para o processo de industrialização da construção civil no país. O método traz para o mercado um tipo de construção com viés mais sustentável em comparação a técnicas construtivas convencionais, com obras limpas por menores gerações de resíduos da construção civil e habitações com desempenhos térmico e acústico.

O estudo de caso abordou um projeto de residência unifamiliar, a partir do qual foi possível elaborar uma estimativa de custo para a execução da superestrutura em ambos os sistemas comparativos, ou seja, painéis monolíticos com funções estruturais e obras em alvenaria de vedação convencional, por blocos cerâmico e de concreto. Por meio dos resultados percorridos, é possível observar que, ao se analisar apenas o custo dos materiais e mão de obra, os métodos convencionais têm um custo final competitivo. Além disso, os painéis monolíticos necessitam de um alto investimento inicial dos consumidos, tanto devido a serem obras executadas em menores prazos de execução, quanto pela ausência de financiamentos bancários oferecidos para a tecnologia construtiva.

É importante ressaltar que os custos para a execução de obras por alvenaria de vedação podem variar de acordo com cada região e composição. Também, por envolver um trabalho artesanal é complexo mensurar os quantitativos exatos de materiais requeridos, em que podem ocorrer imprevistos durante a execução que influenciam diretamente no custo final. Outro ponto importante é a falta de padronização e a adoção de projetos de paginação de alvenarias em obras prediais, principalmente do tipo unifamiliares, o que pode afetar a qualidade e desempenhos dos sistemas construtivos convencionais. Devido aos painéis monolíticos apresentarem funções estruturais, ensaios de controle tecnológico dos materiais, como exemplificado neste trabalho, e a existência de projetos construtivos conjuntamente às instalações de sistemas prediais são vantagens a serem

consideradas pela sua adoção como tecnologia construtiva predial e as tendências eminentes por obras prediais industrializadas.

Ao se analisar a contextualização da literatura, é possível concluir que o tempo total de obra é um fator importante para o orçamento. Por ter um processo executivo mais simples, com materiais mais leves, o método monolítico possui vantagens em relação à alvenaria de vedação e concreto armado. Conforme descrito, não foi possível realizar essa comparação direta, porém é possível estimar uma redução de, no mínimo, um terço no cronograma físico de execução.

Em termos de características dos painéis monolíticos de EPS por critérios da norma de desempenho, foi possível concluir que, entre os ensaios apresentados, o material atende as determinações mínimas exigidas que visam obras com qualidade, durabilidade e segurança estrutural. Com isso, é possível observar que, mesmo com o custo orçamentário estimado total ter sido superior ao método convencional analisado, as construções com painéis monolíticos apresentam inúmeras vantagens que são essenciais na escolha de um usuário.

Com o estudo de caso realizado, foi possível discorrer sobre a tecnologia construtiva em painéis monolíticos em EPS, suas principais vantagens e aplicabilidades, as buscas emergenciais por tecnologias industrializadas e com vieses sustentáveis em termos de menores gerações de resíduos da construção civil, retrabalhos, demandas energéticas por sistemas de climatização de ambientes e por obras mais rápidas. Portanto, a quebra de paradigmas aos atuais e futuros profissionais da engenharia civil pelo emprego de tecnologias construtivas não convencionais, sejam de forma isolada ou conjuntamente em projetos com sistemas híbridos.

5.2. SUGESTÃO DE TRABALHOS FUTUROS

Como sugestão de trabalho futuros, propõe-se:

- avaliação de viabilidade econômica em projetos prediais mistos, ou seja, o emprego de métodos convencionais e painéis monolíticos de EPS, como em obras residenciais unifamiliares e multifamiliares, obras prediais comerciais e industriais;
- estudo de cronogramas físicos de execução e a incorporação destes custos no planejamento e orçamento de obras.

REFERÊNCIAS

AMANCIO, Rosa Carolina Abrahão; FABRICIO, Márcio Minto; MITIDIERI FILHO, C. V. Avaliações técnicas de produtos de construção inovadores no Brasil. **Jornadas Engenharia Para a Sociedade**, Lisboa, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15575**: edificações habitacionais: desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

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

ARAÚJO JUNIOR, Laerth Nascimento; DE ARAÚJO NETO, Cláudio Luis. Viabilidade da aplicação do poliestireno expandido na construção civil. **IV Encontro Regional dos Estudantes de Engenharia Civil**. 2017

BAADE, Janaina Regina. Telhas Sanduíche: Desvantagens, vantagens, tipos e inspirações. Homify. 2021. Disponível em: <
https://www.homify.com.br/livros_de_ideias/8001515/tudo-o-que-voce-precisa-saber-sobre-telha-sanduiche-telha-sanduiche-desvantagens-vantagens-tipos-e-inspiracoes> Acesso em: 10 out. 2022.

BARROS, Raquel Regina Martini Paula et al. Desempenho e inovação na habitação: referenciais para o projeto e a avaliação em uso. Performance and innovation in housing: references for design and building-in-use evaluations. **Revista Intellectus**, nº52, 2019.

BERTOLDI, Renato Hercílio. **Caracterização de Sistema Construtivo com Vedações Constituídas por Argamassa Projetada Revestindo Núcleo Composto de Poliestireno Expandido e Telas de Aço: Dois Estudos de Caso em Florianópolis**. Trabalho de conclusão de curso (Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

BERNARDES, Tiago da Silva. **Proposta de manual de uso, operação e manutenção para habitação popular com sistema monolítico em EPS**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina, Florianópolis. 2019.

BICHINSKI, Wyllian Ferreira. **Vantagens e benefícios da industrialização dos processos na construção de edificações**. 2017.

BOURSCHEID, J.A. **Introdução à tecnologia das edificações**. Rio de Janeiro: LTC, 2018.

BRASIL VIÁVEL. **Construção Industrializada**. Disponível em: <<https://brasilviavel.com.br/>>. Acesos em 31 ago. 2022

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Resolução nº. 307, de 05 de julho de 2002. 2002.

CAMPOS, J.C. **Elementos de fundações em concreto**. São Paulo: Oficina de Textos, 2015.

CERVEIRA, Carlos Estefano. **Proposta de ações proativas para a área de compras por meio da utilização da Curva ABC e da Matriz de Kraljic: estudo de caso no setor da construção civil**. Monografia (Especialização em Gestão de Suprimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

CORREA, I. C. **Estudo comparativo entre sistemas monolíticos em painéis EPS e sistema construtivo convencional para residências unifamiliares**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) - Universidade do Sul de Santa Catarina, Tubarão, 2020.

COSTA, Thalles Esmeraldo da. **Estudo analítico de custo e prazo de execução de uma casa de médio porte em dois métodos construtivos: fechamento em alvenaria convencional de bloco cerâmico e painéis monolíticos auto portantes de EPS**. Trabalho de conclusão de curso – Centro Universitário do Sul de Minas (UNI), Varginha, Minas Geras. 2020.

CARVALHO, Carlos Henrique Rezende et al. **Estudo de concreto com poliestireno expandido reciclado**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, 2017.

CAIXA. **Sistema Nacional de Pesquisa de Custo e Índices da Construção Civil - SINAPI**. Julho. 2022. Disponível em: <<https://www.caixa.gov.br/poder-publico/modernizacao-gestao/sinapi/Paginas/default.aspx>> Acesso em: 20 set. 2022.

FÜHR, Andréia Grasiela. **Análise estrutural e de custos de estruturas de concreto armado com vedações verticais com painéis monolíticos em eps e com blocos**

cerâmicos. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, São Leopoldo, 2017.

GASPARINI, Beatriz et al. Análise comparativa do sistema construtivo de painéis monolíticos de EPS em relação à alvenaria convencional: estudo de caso. In: WORKSHOP DE TECNOLOGIA DE PROCESSOS E SISTEMAS CONSTRUTIVOS. **Anais** [...]. 2021. p. 1-6.

GOMES, João Batista Maia; OLIVEIRA, Luis Guilherme de Paula; GOMES, Ohanna Dhara Barbosa. **Sistema Construtivo em Painel Monolítico em EPS: Estudo do Processo Executivo**. 2021.

GRUPO FETZ. **Padrão de qualidade na construção civil**. Disponível em: < <https://fetz.com.br/padrao-de-qualidade-na-construcao-civil/> > Acesso em: 30 ago. 2022.

GRUPO ISORECORT. **Segmentos de atuação**. Disponível em: <<https://www.isorecort.com.br/segmentos-de-atuacao/construcao-civil/>>. Acesso em: 28 jun. 2022. 2022a.

GRUPO ISORECORT. **Manual Técnico para Monopainel**, IsoRecort. Extrema, 2022b.

KNAUF. **Sustentabilidade**. Disponível em: < <https://www.knauf-isopor.com.br/corporativo/sustentabilidade/> >. Acesso em: 28 jun. 2022.

MATTOS, A.D. **Como preparar orçamentos de obras: dicas para orçamentistas, estudos de caso, exemplos**. São Paulo: PINI, 2006.

MEREB, Márcia Pellegrini et al. Guia para arquitetos na aplicação da Norma de Desempenho ABNT NBR 15575. **São Paulo: ASBEA**, p. 56, 2015.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. **Meta Incentivo à Construção Industrializada**. Brasil. Disponível em: < <https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/ambiente-de-negocios/competitividade-industrial/construa-brasil/metas/incentivo-a-construcao-industrializada> >. Acesso em: 23 mai. 2022.

MINISTÉRIO DA CIDADE. **Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat**. Brasil. Disponível em: < <https://pbqp-h.mdr.gov.br/o-pbqp-h/apresentacao/> >. Acesso em: 20 jun. 2022.

TRANSFORMANDO NOSSO MUNDO. A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável. **A/RES/70/1**, p. 30, 2016.

MUNDO DO ISOPOR. **Logística reversa: O que é e seus benefícios**. 2022. Disponível em: <<https://www.mundoisopor.com.br/sustentabilidade/logistica-reversa>>. Acesso em: 28 jun. 2022.

MUNDO DO ISOPOR. **Tipos de EPS Isopor: diferenças que você precisa conhecer**. 2017. Disponível em: <<https://www.mundoisopor.com.br/curiosidades/tipos-de-eps-isopor-diferencas-que-voce-precisa-conhecer>>. Acesso em: 28 jun. 2022.

MUNDO DO ISOPOR. **EPS como isolante térmico**. Disponível em: <[https://www.mundoisopor.com.br/inovacao/isopor-como-isolante-termico#:~:text=EPS%20Isopor%C2%AE%20como%20Isolante%20T%C3%A9rmico&text=Como%20o%20EPS%20%C3%A9%20um,de%20condutividade%20t%C3%A9rmica%20\(CTT\)](https://www.mundoisopor.com.br/inovacao/isopor-como-isolante-termico#:~:text=EPS%20Isopor%C2%AE%20como%20Isolante%20T%C3%A9rmico&text=Como%20o%20EPS%20%C3%A9%20um,de%20condutividade%20t%C3%A9rmica%20(CTT))>. Acesso em: 28 jun. 2022.

NGUGI, Hannah Nyambara; KALULI, James Wambua; ABIERO-GARIY, Zachary. Use of expanded polystyrene technology and materials recycling for building construction in Kenya. **American Journal of Engineering and Technology Management**, v. 2, n. 5, p. 64-71, 2017.

OLIVEIRA, Paulo. **Panorama de Ações para Industrialização**. Seminário Industrializar da construção de edifícios residenciais. Sinduscon/SP. 2022.

PIB DA CONSTRUÇÃO. **Agência CBIC**, Brasília, 04 de março de 2022. Disponível em: < [QUEIROZ, Maria Cidália. Precarização do emprego e integração profissional numa região de industrialização difusa: o caso dos operários da construção civil do Noroeste de Portugal. Sociologia: **Revista da Faculdade de Letras da Universidade do Porto**, v. 13, 2017.](https://cbic.org.br/pib-da-construcao-fecha-o-ano-com-crescimento-de-97-a-maior-alta-em-11-anos/#:~:text=04%2F03%2F2022,PIB%20da%20constru%C3%A7%C3%A3o%20fecha%20o%20ano%20com%20crescimento%20de%209,sexta%2Dfeira%20(4)> . Acesso em: 06 mai. 2022.</p>
</div>
<div data-bbox=)

REIS, C. Painel Monolítico em EPS (Poliestireno Expandido). 2015. Disponível em: <<http://www.guiadaobra.net/painel-monolitico-eps-poliestireno-expandido-718/>>.

Acesso em: 06 jul. 2022.

RIBEIRO, Marcellus Serejo; MICHALKA JR, Camilo. A Contribuição dos Processos Industriais de Construção para Adoção de Novas Tecnologias na Construção Civil no Brasil. **Vértices**, v. 5, n. 3, p. 89-108, 2010.

RIBEIRO, Douglas Arthur Coutinho. **Tecnologias advindas da Indústria 4.0 aplicada na construção civil: efeitos e desafios da implantação no Brasil**. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto, 2019.

RODRIGUES, Denilson. Galpão industrial é fechado com miz de pré-moldado e Monopainel®. Disponível em: <<https://www.aecweb.com.br/empresa/grupoisorecort/materia/galpao-industrial-e-fechado-com-mix-de-pre-moldado-e-monopainel%C2%AE/19901>> Acesso em: 29 ago. 2022.

SIMÃO, Alessandra dos Santos et al. Impactos da indústria 4.0 na construção civil brasileira. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 20130-20145, 2019.

SILVA, Maria Rafaela. **Processo de legalização de obras residenciais unifamiliares na cidade de Varginha-MG: Estudo de caso**. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Civil – Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET). Varginha, 2022.

SANTANA, Murillo Rodrigues Cappelle et al. Estudo de paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (EPS), aço e argamassa. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 3, p. 16568-16586, 2020.

SAFE, Soluções em saúde, segurança do trabalho e meio ambiente. **Qual a relação entre a indústria 4.0 e o meio ambiente?** Disponível em: <https://blog.safesst.com.br/industria-4-0-e-meio-ambiente/>>. Acesso 28 de junho de 2022.

SEBRAE. **Cenários e projeções estratégicas. Construção Civil**. Sistema de Inteligência de Mercado. 2016. 30p. Disponível em: <

[http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/06c6fd6c070c9fc2128072f868de06cb/\\$File/7531.pdf](http://www.bibliotecas.sebrae.com.br/chronus/ARQUIVOS_CHRONUS/bds/bds.nsf/06c6fd6c070c9fc2128072f868de06cb/$File/7531.pdf) >. Acesso em: 16 out. 2022.

SIENGE. Tudo sobre a norma de desempenho. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/norma-de-desempenho/>. Acesso em: 02 out. 2022.

SILVA, Alice Duarte; SANTOS SIMÃO, Alessandra; MENEZES, Carlos Augusto Gabriel. **Impactos da Indústria 4.0 na Construção Civil brasileira**. 2018.

SISTEMA NACIONAL DE AVALIAÇÃO TÉCNICA DE PRODUTOS INOVADORES E SISTEMAS CONVENCIONAIS (SINAT). Disponível em: < <https://pbqp-h.mdr.gov.br/biblioteca/diretriz-sinat-n-011/> >. Acesso em: 20 jun. 2022.

SISTEMA NACIONAL DE PESQUISA DE CUSTO E ÍNDICES DA CONSTRUÇÃO CIVIL - SINAPI. CAIXA. JULHO, 2022. Disponível em: < https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_648 > Acesso em: 20 set. 2022.

TREVEJO, H. H. **Análise comparativa entre os sistemas construtivos convencional e monolíticos em painéis EPS para residências unifamiliares**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) – UNICESUMAR, Maringá, 2018.

VELOSO, Vinícius. FANNY, Solange. **Conheça 5 propriedades técnicas do Poliestireno Expandido**. Comissão Setorial de EPS da Abiquim. AECWEB. Disponível em: < <https://www.aecweb.com.br/especiais/grupoisorecort/materia/conheca-5-propriedades-tecnicas-do-poliestireno-expandido/17648> >. Acesso em: 28 jun. 2022.

VIANA, J. J. **Administração de Materiais: um enfoque prático**. 1ª Edição – São Paulo: Atlas, 2006.