



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

THIAGO QUEIROZ VILAR OLIVEIRA

**ESTUDO DE CASO: UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE PAINÉIS MONOLÍTICOS EM
EPS COMO ALTERNATIVA AO SISTEMA TRADICIONAL DE CONSTRUÇÃO EM
CONCRETO ARMADO E ALVENARIA.**

JOÃO PESSOA
2025

THIAGO QUEIROZ VILAR OLIVEIRA

**ESTUDO DE CASO: UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE PAINÉIS MONOLÍTICOS EM
EPS COMO ALTERNATIVA AO SISTEMA TRADICIONAL DE CONSTRUÇÃO EM
CONCRETO ARMADO E ALVENARIA.**

Monografia de graduação apresentada ao
Centro de Tecnologia, da Universidade Federal
da Paraíba, como requisito parcial para a
obtenção do título de Bacharel em Engenharia
Civil.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Cibelle Guimarães Silva
Severo

JOÃO PESSOA
2025

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

048e Oliveira, Thiago Queiroz Vilar.
Estudo de caso: utilização do sistema de painéis
monolíticos em eps como alternativa ao sistema
tradicional de construção em concreto armado e
alvenaria. / Thiago Queiroz Vilar Oliveira. - João
Pessoa, 2025.
119 f. : il.

Orientação: Cibelle Guimarães Silva Severo.
TCC (Graduação) - UFPB/CT.

1. Sistema construtivo. 2. Painéis monolíticos em
EPS. 3. Estudo de caso. 4. Construção Civil. I. Severo,
Cibelle Guimarães Silva. II. Título.

UFPB/BSCT CDU 624(043.2)

FOLHA DE APROVAÇÃO

THIAGO QUEIROZ VILAR OLIVEIRA

**ESTUDO DE CASO: UTILIZAÇÃO DO SISTEMA DE PAINÉIS MONOLÍTICOS EM
EPS COMO ALTERNATIVA AO SISTEMA TRADICIONAL DE CONSTRUÇÃO EM
CONCRETO ARMADO E ALVENARIA.**

Trabalho de Conclusão de Curso em 02/10/2025 perante a seguinte Comissão Julgadora:

Cibelle Guimarães Silva Severo
Prof. Dra. Cibelle Guimarães Silva Severo.
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

Isabelle Yruska De Lucena Gomes Braga
Prof. Dra. Isabelle Yruska De Lucena Gomes Braga.
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

Aline Flávia Nunes Remígio Antunes
Prof. Dra. Aline Flávia Nunes Remígio Antunes.
Departamento de Engenharia Civil e Ambiental do CT/UFPB

APROVADO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, que foi meu guia durante todo o processo de graduação, me dando força para enfrentar todos os obstáculos.

Aos meus pais Ceci e Jurandir, que abriram mão de muitos sonhos para que o meu fosse possível. A minha irmã Thais, e aos meus sobrinhos Jonathas, Marcelo e Guilherme, que são meu combustível pra querer ser alguém melhor todos os dias.

Ao meu avô José Queiroz Vilar, que sempre quis me ver com o diploma de “Doutor” na mão e sempre me incentivou a estudar. Você foi referência de pai, homem e amigo.

Aos meus familiares Queiroz, Zacarias Vilar, Henrique Vilar, Diego Medeiros, Denise Pastora, entre outros, que me ajudaram em diversos aspectos durante a jornada.

Aos meus amigos Andressa Ferreira, Philipe Melquiades, Luanna Bernardo, Alan Dantas, Diego Lucena, Valter filho, Tallyson, Ana Luisa, Rafael Melo, Allany Andrade, Beatriz, Lucas Magalhães, Ianca, Lucas Vilar, Mariana, Larissa Cristine, Diomedes Delano, Igor Vieira e Kalina Melo por serem uma rede de apoio muito importante pra mim.

A Celina Neves, pelo apoio incondicional durante o processo de elaboração deste trabalho.

Aos meus amigos Tiago Feitosa e Lucas Werton, por me mostrarem o valor da boa influência, me mostrando um novo caminho na vida, me incentivando a acreditar no meu potencial.

Aos meus amigos João Marcos, Lucas Lucena, Lucas Figueiredo e Alan Hiores, pelo convívio diário em João Pessoa. Foi uma honra morar com vocês.

Aos meus amigos de curso e estágios, que levo pra vida: Pedro, Daniel, João Luiz, Iury, Matheus Balbino, Joseane, Welligton, Malu, Thayanna, Victor, Matheus Bezerra, João Victor, Rayanne Maia, Breno Lopes, Jardielson, Victor Barros, Diego, entre outros. Vocês me mostraram o verdadeiro valor da amizade e a força do trabalho coletivo, contem comigo eternamente.

Aos profissionais que pude conhecer durante a jornada de trabalho, que dedicaram um pouco do seu tempo pra humildemente me ensinar tudo o que sei sobre o universo prático da engenharia civil.

As minhas psicólogas Mayara Martins e Gefani Coeli, por me apresentarem as ferramentas necessárias pra que eu tivesse a força necessária pra superar esse último desafio da graduação.

A instituição UFPB e todos os seus colaboradores. Em especial, aos orientadores que passei durante o processo Enildo, Aline e Cibelle; e a Daniel, que não desistiu de mim e sempre me deu todo o suporte necessário junto a coordenação de Engenharia Civil.

EPÍGRAFE

**“Deus marcou o tempo certo para cada coisa.”
Eclesiastes 3:11**

RESUMO

Este trabalho apresenta um estudo de caso sobre a utilização do sistema de painéis monolíticos em poliestireno expandido (EPS) como alternativa ao sistema construtivo tradicional em concreto armado e alvenaria de vedação. O objetivo principal foi analisar qualitativamente o sistema, identificando as etapas do processo construtivo mais suscetíveis a falhas que possam comprometer o desempenho estrutural e funcional da edificação, bem como avaliar suas vantagens e desvantagens em termos de desempenho e sustentabilidade. A metodologia adotada consistiu no acompanhamento direto da execução de uma residência unifamiliar de alto padrão. Foram coletados registros fotográficos, diários de campo e observações sistemáticas das etapas construtivas, permitindo a caracterização técnica do sistema, a análise das condições de execução e a comparação com práticas usuais do sistema convencional. Os resultados apontaram limitações significativas na etapa de fundação, instalações, argamassa e lajes protendidas, com complexidade elevada. Em contrapartida, a montagem dos painéis de EPS evidenciou vantagens relevantes, como rapidez, leveza, redução de resíduos e baixo consumo de recursos, além de rápida adaptação da mão de obra. As fases de instalações demonstraram facilidade de execução. Por fim, as lajes protendidas representaram ganhos de cronograma, além de outros aspectos que serão citados ao longo do trabalho. Conclui-se que o sistema monolítico em EPS apresenta potencial competitivo como alternativa sustentável e eficiente, mas sua aplicação prática depende diretamente de planejamento adequado, mão de obra qualificada e uso de equipamentos apropriados. A ausência desses fatores comprometeu a qualidade e a produtividade observadas no estudo. Recomenda-se, para futuras pesquisas, a análise de patologias em edificações concluídas com o sistema, estudos de viabilidade financeira em obras de alto padrão e investigações sobre o desempenho termoacústico, a fim de ampliar o entendimento sobre sua aplicabilidade no contexto da construção civil brasileira.

Palavras-chave: Sistema construtivo, Painéis monolíticos em EPS, estudo de caso, construção civil.

ABSTRACT

This article presents a case study on the use of monolithic expanded polystyrene (EPS) panels as an alternative to traditional reinforced concrete and masonry construction systems. The main objective was to qualitatively analyze the system, identifying the stages of the construction process most susceptible to failures that could compromise the structural and functional performance of the building, as well as to evaluate its advantages and disadvantages in terms of performance and sustainability. The methodology adopted consisted of directly monitoring the construction of a high-end single-family residence. Photographic records, field diaries, and systematic observations of the construction stages were collected, allowing for the technical characterization of the system, the analysis of the execution conditions, and the comparison with the usual practices of the conventional system. The results pointed to significant limitations in the foundation, installation, mortar, and prestressed slab stages, which were highly complex. On the other hand, the assembly of EPS panels presented relevant advantages, such as speed, lightness, waste reduction, and low resource consumption, in addition to the rapid adaptation of the workforce. The installation phases demonstrated ease of execution. Finally, prestressed slabs represented schedule gains, in addition to other aspects that will be mentioned throughout the study. It is concluded that the monolithic EPS system has competitive potential as a sustainable and efficient alternative, but its practical application depends directly on adequate planning, skilled labor, and the use of appropriate equipment. The absence of these factors compromised the quality and productivity observed in the study. For future research, we recommend analyzing pathologies in buildings completed with the system, conducting financial feasibility studies in high-end construction projects, and investigating thermoacoustic performance in order to broaden the understanding of its applicability in the context of Brazilian civil construction.

Keywords: Construction system, Monolithic EPS panels, case study, civil construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Disposição dos furos nos blocos cerâmicos de vedação.	26
Figura 2: ASSENTAMENTO DE BLOCO CERÂMICO.....	28
Figura 3: ETAPAS DO REVESTIMENTO DAS PAREDES EM ALVENARIA DE VEDAÇÃO.....	29
Figura 4: Composição do painel monolítico de eps.....	39
Figura 5 - Locação e alinhamento de obra.....	45
Figura 6: Gabarito da obra.....	46
Figura 7: Fixação das barras de ancoragem.....	47
Figura 8: Fixação das barras de ancoragem.....	47
Figura 9: Fixação das barras de ancoragem.....	48
Figura 10: Painéis monolíticos recebidos na obra.....	49
Figura 11: Fixação dos painéis nas barras de ancoragem.....	49
Figura 12: Fixação dos painéis nas barras de ancoragem.....	50
Figura 13: Painéis locados com fixação inferior executada.....	50
Figura 14: FIXAÇÃO SUPERIOR E PRUMO.....	51
Figura 15: FIXAÇÃO SUPERIOR E PRUMO.....	51
Figura 16: Detalhe de reforço em L aplicado no encontro de painéis perpendiculares.....	52
Figura 17: Detalhe de reforço em encontro de painéis em "T".	52
Figura 18: Detalhe de reforço em encontro de painéis consecutivos.....	53
Figura 19: Detalhe de reforço liso de canto, e reforço em U em aberturas de porta.	54
Figura 20: Detalhe de reforço liso de canto em abertura de janela.....	54
Figura 21 - Instalações elétricas e hidráulicas em EPS.....	55
Figura 22 - Painéis monolíticos de EPS executados.....	57
Figura 23: Fluxograma das etapas metodológicas do estudo.....	59
Figura 24: Planta baixa do térreo.....	62
Figura 25: PLANTA BAIXA DO 1º PAVIMENTO.....	62
Figura 26: PLANTA BAIXA DA COBERTURA.....	63
Figura 27: Viga de transição Pilar P09-1 e P09-2.....	66
Figura 28: Resistência das vigotas antes e depois da cura do concreto de capeamento.....	68
Figura 29: Condições de escoramento das lajes protendidas.....	68
Figura 30: Disposição das lajes do Térreo.....	69
Figura 31: Disposição das lajes do primeiro pavimento.....	70
Figura 32: Projeto estrutural dos painéis monolíticos em EPS.....	71
Figura 33: Projeto estrutural dos painéis monolíticos em EPS.....	72
Figura 34: Disposição das barras de fixação.....	72
Figura 35: Detalhe de reforço nos encontros de pilares e painéis.....	73
Figura 36: Reforços de abertura de portas e janelas.....	73
Figura 37: Detalhe dos reforços de encontro de painéis perpendiculares.....	74
Figura 38: Reforço no topo do painel.....	74
Figura 39: Execução de gabarito e compactação do melhoramento de solo.....	75
Figura 40: Aço das fundações cortado e dobrado in loco.....	76
Figura 41: Concretagem das sapatas.....	77
Figura 42: Concretagem dos arranques dos pilares.....	77
Figura 43: Concretagem das vigas baldrame.....	78
Figura 44: Execução das estacas de melhoramento de solo.....	78
Figura 45: Disposição do material durante o processo de escavação.....	79

Figura 46: Execução da forma do radier.	79
Figura 47: Execução do radier.	80
Figura 48: Instalações hidrossanitárias sob o Radier.	80
Figura 49: Lastro drenante de brita	80
Figura 50: Concretagem do radier.	81
Figura 51: Fixação dos painéis nas barras de ancoragem.	82
Figura 52: Locação dos painéis e alinhamento.	83
Figura 53: Conferência do prumo do painel.	83
Figura 54: Parede locada e aprumada.	83
Figura 55: Reforço em U de abertura, tela de canto e verga de porta.	84
Figura 56: Locação dos pilares e painéis monolíticos em Eps.	84
Figura 57: instalações elétricas e hidráulicas embutidas.	86
Figura 58: Abertura feita no painel com soprador térmico.	87
Figura 59: Execução de Chapisco.	89
Figura 60: Chapisco executado e escoramento removido	89
Figura 61: Execução de formas dos pilares	89
Figura 62: Pilares executados e chapisco concluído.	90
Figura 63: Processo de cura úmida do reboco estrutural.	91
Figura 64: Etapa de chapisco do corredor concluída	91
Figura 65: Reboco do corredor concluído e curado.	92
Figura 66: Detalhe das vigas da garagem.	94
Figura 67: Vigas que interligam os pilares sobre a área do terraço gourmet.	94
Figura 68: Corredor sem necessidade de escoramento.	95
Figura 69: Quarto com 1 faixa de escoramento.	95
Figura 70: Terraço gourmet com 2 faixas de escoramento.	96
Figura 71: Laje da garagem com vigamento semi-invertido.	96
Figura 72: Laje montada com trilho protendido e lajota em eps, com esperas das paredes do primeiro pavimento já demarcadas.	97
Figura 73: Laje do térreo pronta pra concretagem.	97
Figura 74: Concretagem da Laje do primeiro térreo.	98
Figura 75: Locação dos painéis do primeiro pavimento.	99
Figura 76: Execução de chapisco e reboco das paredes de pé direito duplo do primeiro pavimento.	99
Figura 77: Escoramento da laje de pé direito duplo.	100
Figura 78: Forma das vigas da fachada norte e oeste.	100
Figura 79: Formas das vigas do escritório e da fachada norte e oeste	100
Figura 80: Vigas das fachadas norte e oeste concluídas.	101
Figura 81: Quarto da filha no térreo.	102
Figura 82: Corredor principal.	102
Figura 83: Wc suíte do filho.	103
Figura 84: Ajustes na fachada feitos com alvenaria.	104
Figura 85: Platibanda executada em Painéis Monolíticos em Eps.	104
Figura 86: Telhado e sistema de captação de energia solar.	104
Figura 87: Fachada pronta para receber o acabamento final.	105
Figura 88: Fachada em fase de acabamento.	105
Figura 89: Fachada concluída.	106

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1:CTT (w/m°C) x Massa Volúmica (kg/m³).....	42
Gráfico 2: CTT para EPS de Densidade 20 kg/m³.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1:Características exigíveis para o EPS – NBR 11752.....	40
Tabela 2:- Densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) de materiais.....	41
Tabela 3: Traço da argamassa estrutural.....	70

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

EPS	Poliestireno Expandido
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
SINAT	Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
2	OBJETIVO GERAL.....	17
3	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	17
4	JUSTIFICATIVA.....	18
5	REFERENCIAL TEÓRICO.....	19
5.1	RESÍDUOS SÓLIDOS.....	19
5.2	CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC).....	20
5.3	SISTEMA CONSTRUTIVO.....	21
5.4	RACIONALIZAÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL.....	23
5.5	SISTEMA CONSTRUTIVO TRADICIONAL NO BRASIL.....	24
5.5.1	MATERIAIS UTILIZADOS	26
5.5.2	ETAPAS PRINCIPAIS DE EXECUÇÃO	30
5.5.3	ASPECTOS DE DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO DO SISTEMA CONVENCIONAL	33
5.5.4	VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA TRADICIONAL.....	34
5.6	SISTEMA CONSTRUTIVO PAINÉIS MONOLÍTICOS EM EPS	37
5.6.1	CONTEXTO HISTÓRICO	37
5.6.2	CARACTERÍSTICAS DOS PAINÉIS	39
5.6.3	PROCESSO CONSTRUTIVO	44
6	METODOLOGIA	58
6.1	COLETA DE DADOS	59
6.2	ESTRUTURA DE ANÁLISE.....	60
6.3	ANÁLISE COMPARATIVA	61
7	ESTUDO DE CASO	61
7.1	PROJETO ARQUITETÔNICO.....	61
7.1.1	ESPECIFICIDADES ARQUITETÔNICAS E CONDICIONANTES ESTRUTURAIS.....	64
7.1.2	CONDIÇÕES DO TERRENO E FUNDAÇÕES.....	64
7.2	PROJETO ESTRUTURAL.....	65
7.2.1	PROJETO DE FUNDAÇÃO E ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO..	65
7.2.2	PROJETO DE PAINÉIS MONOLÍTICOS EM EPS	70
7.3	O PROCESSO CONSTRUTIVO	75
7.3.1	LIMPEZA DO TERRENO E FUNDAÇÃO.....	75
7.3.2	MONTAGEM DO SISTEMA DE PAINÉIS MONOLÍTICOS EM EPS NO TÉRREO	81
7.3.3	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS NAS PAREDES.....	85

7.3.4	EXECUÇÃO DA ARGAMASSA ESTRUTURAL	88
7.3.5	Execução da Laje do térreo.....	93
7.3.6	Execução da Laje do primeiro pavimento.....	98
7.3.7	Acabamento e detalhes executivos.....	101
8	RESULTADOS.....	106
9	CONCLUSÃO	109
10	REFERÊNCIAS.....	109

1 INTRODUÇÃO

A construção civil apresenta papel de destaque na economia brasileira, tanto pelo impacto no Produto Interno Bruto (PIB) quanto pela sua capacidade de movimentar um grande volume financeiro e empregar milhões de trabalhadores. Em 2020, segundo a Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC) do IBGE, o setor movimentou R\$ 325,1 bilhões, com 131,8 mil empresas ativas, empregando cerca de 2 milhões de pessoas e destinando R\$ 58,7 bilhões ao pagamento de salários. Dentro desse montante, destacam-se a Construção de Edifícios (R\$ 147,3 bilhões), Obras de Infraestrutura (R\$ 106,4 bilhões) e Serviços Especializados de Construção (R\$ 71,4 bilhões). A relevância do setor fica evidente também em sua participação no PIB brasileiro, que alcançou 5,8% (IBGE, 2020).

Nos anos seguintes, o setor continuou desempenhando papel estratégico, especialmente na geração de empregos formais. Em 2023, a construção civil foi responsável por 14,23% do total de novas vagas com carteira assinada registradas no país. Apenas nos oito primeiros meses do ano, foram 222.925 novos postos de trabalho, representando um crescimento de 1,08% no número de trabalhadores formais. Esses dados evidenciam a importância do setor não apenas como motor econômico, mas também como elemento fundamental para a estabilidade social, por meio da geração de renda e ocupação em larga escala (IBGE, 2023).

A cadeia produtiva da construção civil, desde a extração massiva de recursos naturais para a fabricação dos insumos, até a sua aplicação final nas construções, é uma das principais responsáveis pela geração de resíduos sólidos para o meio ambiente. Índices atuais indicam a geração de aproximadamente 3 bilhões de toneladas de resíduos provenientes da construção civil em todo o mundo. (AKHTAR e SARMAH, 2018).

Por sua vez, no Brasil, o volume total desse mesmo material, aproxima-se de 44,45 milhões de toneladas (ABRELPE, 2020). Esse valor evidencia o crescimento da quantidade de Resíduos Sólidos da Construção (RCC), uma vez que esse dado foi 74,5% maior que no índice exposto 10 anos antes desses últimos dados (ABRELPE, 2010).

Em um contexto empresarial competitivo, com clientes cada vez mais exigentes, as empresas do setor da construção civil buscam diferenciar-se por aspectos como: preço competitivo, cumprimento de prazos e orçamentos, qualidade e experiência entregues ao cliente, preocupação com a sustentabilidade e responsabilidade social. Nesse sentido, a busca por inovações nos processos construtivos que associem resultado satisfatório do ponto de vista técnico e financeiro, com o uso racional dos recursos naturais, tem sido pauta constante nos estudos voltados para a construção civil.

O sistema construtivo convencional, amplamente difundido no mercado brasileiro, utiliza o concreto armado como principal elemento estrutural, associado a vedações em blocos cerâmicos ou de concreto. Trata-se de uma técnica consolidada, que oferece robustez e flexibilidade arquitetônica, mas que também apresenta desvantagens significativas, como alto consumo de materiais, longo tempo de execução e elevada geração de resíduos. (Camargo, 2018). Essas limitações impulsionam a necessidade de investigar alternativas construtivas, como o sistema monolítico em painéis de EPS, que se destacam pela promessa de maior racionalização, eficiência energética e sustentabilidade.

2 OBJETIVO GERAL

Analisar qualitativamente o sistema construtivo monolítico em EPS, a partir de um estudo de caso, identificando as etapas mais suscetíveis a falhas que comprometam o desempenho estrutural e funcional, bem como avaliando suas vantagens e desvantagens em termos de desempenho e sustentabilidade no contexto da construção civil.

3 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar o sistema construtivo tradicional, descrevendo as técnicas construtivas as vantagens e desvantagens associados ao seu processo construtivo.
- Caracterizar o sistema construtivo monolítico em EPS, descrevendo as técnicas construtivas as vantagens e desvantagens associados ao seu processo construtivo.
- Descrever e discutir as etapas da execução de uma residência de alto padrão, destacando as vantagens e limitações observadas na utilização de painéis monolíticos em EPS em relação ao desempenho técnico e à sustentabilidade.
- Identificar se o emprego do sistema de Painéis monolíticos em EPS teve resultado condizente com a expectativa.

4 JUSTIFICATIVA

A construção civil no Brasil historicamente baseia-se em sistemas tradicionais, compostos pela combinação de estruturas em concreto armado e alvenarias de vedação. Esse modelo, apesar de consolidado, apresenta desafios significativos: elevado consumo de insumos como cimento, areia e blocos cerâmicos, grandes volumes de resíduos sólidos, alto custo de mão de obra e prazos de execução mais longos. Além disso, problemas recorrentes de compatibilização entre projetos, desperdício de materiais e baixo desempenho térmico e acústico têm se mostrado entraves para a melhoria da produtividade e da sustentabilidade no setor.

Nesse cenário, a utilização de painéis monolíticos em poliestireno expandido (EPS) surge como alternativa inovadora e alinhada às necessidades atuais da construção. O sistema se destaca pela leveza, rapidez construtiva, racionalização no consumo de materiais e potencial de isolamento térmico e acústico. Sua relevância é crescente, pois responde a demandas contemporâneas por obras mais rápidas, sustentáveis e competitivas, ao mesmo tempo em que busca superar as limitações impostas pelos métodos convencionais.

Apesar de suas vantagens potenciais, ainda existe uma lacuna importante no meio acadêmico e profissional: a ausência de estudos que descrevam de forma sistemática as fases críticas da execução com EPS, bem como as vantagens e desvantagens práticas observadas em campo. A carência de registros detalhados sobre gargalos de obra, compatibilização de projetos e adaptação da mão de obra dificulta a difusão segura do sistema e restringe sua adoção em larga escala.

Do ponto de vista acadêmico, aprofundar o conhecimento sobre esse sistema contribui para o desenvolvimento científico e tecnológico da engenharia civil, oferecendo subsídios para pesquisas futuras e para a melhoria das práticas profissionais. Para o setor produtivo, tais análises fornecem informações essenciais que auxiliam engenheiros, arquitetos e gestores na tomada de decisão sobre a viabilidade técnica e econômica do uso do EPS.

Os benefícios sociais, econômicos e ambientais decorrentes da aplicação de sistemas em EPS tem potencial expressivo. Socialmente, podem ampliar o acesso à habitação com custos mais competitivos. Economicamente, podem reduzir desperdícios e prazos, melhorando a eficiência do setor. Ambientalmente, alinham-se às diretrizes de sustentabilidade, ao propor menor quantidade de resíduos e reduzir o consumo de recursos naturais. Assim, a análise crítica de seu processo construtivo torna-se indispensável para compreender o potencial de inovação e transformação desse sistema no contexto da construção civil brasileira.

5 REFERENCIAL TEÓRICO

5.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei nº 12.305/2010, define resíduos sólidos no artigo 3º, inciso XVI, da seguinte forma:

"Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, cuja destinação final se procede, se propõe a se proceder ou se está obrigado a se proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água" (BRASIL, 2010, Art. 3º, XVI).

Pode-se definir os resíduos sólidos como materiais heterogêneos produzidos pelas inúmeras atividades humanas e da natureza, considerados inúteis indesejáveis ou descartáveis que constituem em problemas econômico, estético e sanitário. Contudo, podem ser parcialmente utilizados como matéria prima para confecção de um novo produto ou processo (Monteiro et al., 2001).

Sabe-se que o setor da construção civil é uma das atividades humanas que mais consome recursos naturais. De acordo com Mattes (2019) só no Brasil, a construção gera 25% do total de resíduos sólidos.

Os Resíduos da Construção Civil (RCC), segundo a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei nº 12.305/2010, são: “os gerados nas construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, incluídos os resultantes da preparação e escavação de terrenos para obras civis” (Brasil, 2010).

De acordo com o artigo 2º da Resolução Nº 307/2002 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA):

“Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha.”

Segundo esta mesma resolução, os responsáveis pela geração desse resíduo devem ter como principal objetivo abolir a geração desses resíduos, buscando reduzir, reutilizar, reciclar e cuidar para que a destinação final seja correta, uma vez que não é possível a disposição dos mesmos em áreas como aterros domiciliares, encostas, corpos d’água, lotes vagos e em áreas protegidas por lei.

5.2 CLASSIFICAÇÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL (RCC).

O artigo 3º da Resolução 307/2002 do CONAMA remete a classificação dos resíduos da construção civil de acordo com o exposto na tabela 1. A resolução não menciona o poliestireno expandido (EPS) em uma classe específica. Porém, dentro do escopo do grupo dos plásticos recicláveis, o EPS pode ser considerado um resíduo de Classe B.

Quadro 1: Classificação dos resíduos da construção civil.

I	Classe A	São os resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados, tais como: a) de construção, demolição, reformas e reparos de pavimentação e de outras obras de infraestrutura, inclusive solos provenientes de terraplanagem; b) de construção, demolição, reformas e reparos de edificações: componentes cerâmicos (tijolos, blocos, telhas, placas de revestimento etc.), argamassa e concreto; c) de processo de fabricação e/ou demolição de peças pré-moldadas em concreto (blocos, tubos, meios-fios etc.) produzidas nos canteiros de obras;
II	Classe B	São os resíduos recicláveis para outras destinações, tais como: plásticos, papel/papelão, metais, vidros, madeiras e outros;
III	Classe C	São os resíduos para os quais não foram desenvolvidas tecnologias ou aplicações economicamente viáveis que permitam a sua reciclagem/recuperação, tais como os produtos oriundos do gesso;
IV	Classe D	São os resíduos perigosos oriundos do processo de construção, tais como: tintas, solventes, óleos e outros, ou aqueles contaminados oriundos de demolições, reformas e reparos de clínicas radiológicas, instalações industriais e outros.

Fonte: Resolução 307 CONAMA 2002.

5.3 SISTEMA CONSTRUTIVO

Para entender o conceito de sistema construtivo, é necessário introduzir os conceitos de técnica construtiva, método construtivo e processo construtivo. Para isso, serão utilizadas as definições de Sabbatini (1978), que evidenciam suas principais diferenças e esclarecem possíveis confusões entre a interpretação desses termos. Segundo o autor, “técnica construtiva é um conjunto de operações empregadas por um particular ofício para produzir parte de uma construção”. Nesse sentido, elevar uma parede de alvenaria, assentar um revestimento no piso, executar a forma de um pilar, seriam alguns exemplos de técnicas construtivas empregadas na construção civil.

O conjunto de todas as técnicas que são necessárias para a execução de um determinado tipo de obra específica como todos esses processos serão executados, porém esse conceito não deixa explícito a sequência, precedência e organização dessas técnicas no canteiro de obras. Nesse contexto, é inserido o conceito de método construtivo.

Para Sabbatini (1978), “método construtivo é o conjunto de técnicas construtivas, interdependentes e adequadamente organizadas, empregado na construção de uma parte (subsistema ou elemento) de uma edificação”. Para exemplificar essa definição, podemos dizer que o método construtivo utilizado para fabricação de uma estrutura de um pilar de concreto armado é composto por diversas técnicas construtivas, dentre elas: execução da forma de madeira, armação das peças estruturais, entre outras.

Um determinado tipo de serviço pode ter métodos construtivos distintos, ao utilizar técnicas construtivas diferentes para uma mesma finalidade. Por exemplo, a execução de um escoramento em madeira utiliza um método diferente de um escoramento feito com peças de aço, sendo ambas empregadas para a mesma finalidade.

Entende-se como processo construtivo, como sendo “um organizado e bem definido modo de se construir um edifício. Um específico processo construtivo caracteriza-se pelo seu particular conjunto de métodos utilizados na construção da estrutura e das vedações do edifício” Sabbatini (1978). Aplicado especificamente para a área de edificações, esse conceito insere a ideia de subsistemas que se correlacionam entre si, que compõem sistemas que juntos resultam na obra finalizada.

Na execução do processo construtivo escolhido para executar o sistema estrutural de uma edificação em concreto armado, por exemplo, existem diversas técnicas construtivas diferentes que podem ser utilizadas, essas técnicas compõem métodos construtivos, se relacionam entre si e juntos entregam a estrutura pronta.

Por fim, o Sabbatini (1978) descreve sistema construtivo como sendo “um processo construtivo de elevados níveis de industrialização e de organização, constituído por um conjunto de elementos e componentes inter-relacionados e completamente integrados pelo processo”. Esse conceito idealiza o cenário almejado pela construção civil, onde todos os recursos são utilizados com eficiência máxima.

Além disso, engloba outras esferas que vão além do canteiro de obras, como a parte contábil, financeira, stakeholders, entre outros.

Essa divergência entre o conceito ideal de sistema construtivo e o que de fato é executado nos canteiros de obra é fonte constante de estudos e investimentos no mercado da construção civil. O processo de criar uma linha de produção semelhante ao que vemos em outros setores da indústria passa pela aplicação e validação de novas técnicas construtivas, pelo desenvolvimento de novos materiais e pela sua viabilidade frente aos sistemas já consagrados pelo mercado.

O sistema construtivo executa a obra por meio de junção de materiais, equipamentos e componentes construtivos. Cada sistema construtivo possui um método e um processo distinto e necessita de técnica construtiva adequada. O sistema pode ser artesanal, utilizando métodos, processos e técnicas intuitivas; tradicional, utilizando a construção civil normalizada; tradicional racionalizada, onde utiliza de construção normalizada e aprimorada, com padronização e normalização e a industrializada, que utiliza montagens pré-fabricadas (Bastos, 2019).

O setor tradicional da construção civil com sistemas construtivos de técnicas normalizadas nas edificações contém vícios que, em aspectos gerais, possui atraso tecnológico quando comparado a outros setores da indústria, sendo algumas dessas evidências: uso intenso da mão de obra com pouca qualificação, baixa produtividade, grande desperdício de materiais, alto nível de retrabalho e condições de trabalho de baixo nível (Bastos, 2019).

5.4 RACIONALIZAÇÃO E INDUSTRIALIZAÇÃO DA CONSTRUÇÃO CIVIL

Com o aumento da força da sustentabilidade, os diversos setores vêm aderindo à diminuição de desperdício de recursos e impactos ambientais, além de otimizar a produtividade e redução de custos.

A construção civil também segue esta tendência, adotando materiais controlados, com sistemas pré-fabricados, métodos baseados em montagem e

capacitação da mão de obra, sendo esta otimização possível pelo desenvolvimento da tecnologia.

Durante o estudo de viabilidade e planejamento do projeto, decisões tomadas consideram diversos aspectos, tais como: o processo produtivo, contratações, compras, e outros que caminham no sentido da industrialização da construção. O processo construtivo deve ser bem definido, para que sua execução seja compatível com a realidade construtiva e seu custo e tempo seja aprimorado. Para tanto, o setor da construção tende a eliminar a etapa de produção, para abrir espaço para montagem de unidades pré-fabricadas (Pacheco, 2018).

A racionalização torna os processos mais eficientes e diminui o desperdício de tempo, energia e material. Para alcançar essa otimização, utiliza-se de um processo dinâmico, intervindo em todas as fases da obra, sem que haja necessidade de substituir o sistema construtivo, mantendo a base produtiva. A racionalização deve ser implantada no planejamento e produção da obra, facilitando sua aplicação, minimizando o investimento e adequando o processo ao recurso disponível (Bastos, 2019).

Segundo Amaral (2013), a busca por formas mais racionalizadas de organização do processo produtivo representa uma das principais estratégias adotadas pelas empresas da construção civil. Esse movimento visa não apenas a redução de custos, mas também a melhoria da produtividade das equipes e o aumento da qualidade dos processos e produtos resultantes, reforçando a importância da gestão eficiente da produção no setor.

5.5 SISTEMA CONSTRUTIVO TRADICIONAL NO BRASIL

Segundo Dias e Cardoso (2023), as técnicas construtivas tradicionais estão relacionadas ao uso de materiais locais e ao saber fazer transmitido tradicionalmente. Desde a chegada dos portugueses, os modos de construir no Brasil passaram por

transformações, incorporando influências diversas e adaptando-se às condições do meio, o que resultou na formação de novas culturas construtivas.

Para suprir a demanda da época por construções, era necessária uma produção industrializada de tijolos, que de acordo com Vargas (1994), foi um dos primeiros materiais de construção industrializados, mesmo que precariamente, vindo a substituir o processo artesanal da taipa nas edificações. Nesse caso, a alvenaria tinha função estrutural, pois tinha função de suportar as cargas das edificações e transmiti-las para o solo.

As alvenarias podem desempenhar diferentes funções e, conforme a NBR 15270-1 (ABNT, 2017), são classificadas em estruturais e de vedação. As alvenarias estruturais são projetadas para suportar cargas verticais, provenientes tanto do seu próprio peso quanto dos elementos estruturais nela apoiados, como as lajes. Já as alvenarias de vedação não possuem função estrutural, sendo dimensionadas apenas para resistir ao peso próprio, tendo como finalidade principal a compartimentação e divisão de ambientes.

Para Camargo (2018), o sistema construtivo tradicional mais utilizado no Brasil para a construção de edifícios residenciais é o sistema de alvenaria convencional, composto por uma estrutura reticulada em concreto armado e vedação externa de blocos cerâmicos ou de cimento não natural. Em sua maioria, as técnicas empregadas nesse sistema utilizam ferramentas simples e mão de obra pouco especializada, sendo caracterizada por uma execução artesanal, com um baixo nível de industrialização.

Segundo Azevedo (1997), a alvenaria convencional caracteriza-se por edificações executadas a partir de estruturas compostas por fundações, vigas e pilares em concreto armado, moldados in loco com o auxílio de fôrmas de madeira. A vedação, por sua vez, é realizada com blocos cerâmicos assentados por meio de argamassa, compondo o fechamento das paredes.

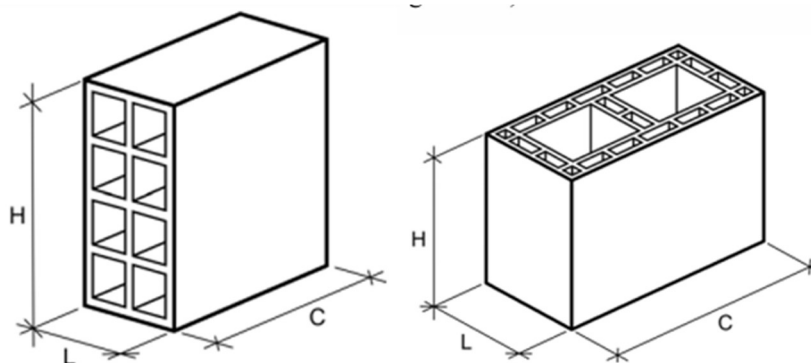
A estrutura em concreto armado é responsável pela sustentação da edificação, enquanto as paredes em alvenaria atuam predominantemente como elementos de vedação, sem função estrutural direta. Complementam o sistema o uso de argamassas, reboco, revestimentos convencionais e materiais de acabamento.

5.5.1 MATERIAIS UTILIZADOS

5.5.1.1 Blocos cerâmicos

A NBR 15280-1:2005 define o bloco cerâmico de vedação como componente da alvenaria destinado ao fechamento, caracterizado pela presença de furos prismáticos perpendiculares às faces que os contêm. A norma ressalta que esses blocos podem ser fabricados para utilização com furos na horizontal, aplicação mais comum, ou ainda na vertical (Figura 1), de acordo com a finalidade prevista em projeto (ABNT, 2005).

Figura 1: Disposição dos furos nos blocos cerâmicos de vedação.



Fonte: NBR 15270 – 1, (2017).

De acordo com a NBR 15270-1 (ABNT, 2017), o bloco cerâmico deve ser produzido por conformação plástica de matéria-prima argilosa, podendo conter ou não aditivos, e submetido à queima em temperaturas elevadas. Cada bloco deve apresentar, em uma de suas faces externas, identificação em baixo-relevo ou reentrância, com caracteres de no mínimo 5 mm de altura, sem comprometer seu uso.

Essa marcação deve incluir, obrigatoriamente, o nome da empresa fabricante e as dimensões nominais do bloco, expressas em centímetros, na sequência largura (L), altura (H) e comprimento (C), no formato (L × H × C).

O bloco cerâmico de vedação não pode apresentar defeitos, como quebras, superfícies irregulares ou deformações que inviabilizem sua utilização para a função especificada. A determinação das características geométricas dos blocos e tijolos deve ser realizada conforme os ensaios prescritos na NBR 15270-2 (ABNT, 2017).

A NBR 15270-1 (ABNT, 2017), descreve os requisitos específicos para utilização dos blocos cerâmicos de vedação. Dentre eles, estão:

- Forma: Prisma reto
- Tolerância dimensional individual relacionada à dimensão efetiva: ± 5 mm (largura, altura ou comprimento)
- Tolerância dimensional relacionada à média das dimensões efetivas: ± 3 mm (largura, altura ou comprimento)
- Espessura das paredes internas dos blocos: ≥ 6 mm
- Espessura das paredes externas dos blocos: ≥ 7 mm
- Desvio em relação ao esquadro: ≤ 3 mm
- Planeza das faces: Flecha ≤ 3 mm
- Resistência à compressão (Áreas bruta):
 $\geq 1,5$ Mpa (para furos na horizontal)
 $\geq 3,0$ Mpa (para furos na vertical)
- Índice de absorção de água (AA): $8\% \leq AA \leq 22\%$

5.5.1.2 ARGAMASSA DE ASSENTAMENTO E DE REVESTIMENTO (CHAPISCO, EMBOÇO E REBOCO)

A NBR 13281:2001 conceitua argamassa como uma mistura homogênea composta por agregado(s) miúdo(s), aglomerante(s) inorgânico(s) e água, podendo conter ou não aditivos ou adições. Essa mistura apresenta propriedades de aderência e endurecimento e pode ser preparada diretamente em obra ou em instalações industriais, no caso das argamassas industrializadas (ABNT, 2001).

Segundo Lima (2012), na alvenaria utilizam-se comumente argamassas mistas para assentamento, compostas por areia, cimento, cal e água, na proporção 1:2:8. O autor destaca que, no estado plástico, essas argamassas apresentam como principais características a plasticidade, a trabalhabilidade, a retenção de água e o tempo de

endurecimento. Já no estado endurecido, os aspectos mais relevantes a serem observados são a aderência e a resistência à compressão.

Argamassas de assentamento são constituídas de cimento, cal, areia, água, podendo conter aditivos e outras adições. Para melhor desempenho, as argamassas devem apresentar boas características de trabalhabilidade, resistência, plasticidade, durabilidade e capacidade de retenção de água. (Bastos, 2021).

Conforme Almeida (2012), a argamassa destinada ao assentamento dos blocos, Figura 2, pode ser preparada diretamente em obra ou fornecida de forma industrializada, devendo, em ambos os casos, atender aos requisitos estabelecidos pelas normas técnicas vigentes.

Figura 2: Assentamento de bloco cerâmico



Fonte: Total Construção (2025).

Segundo Azevedo (2004), existem tipos distintos de argamassa, utilizadas com funções específicas: Argamassa de aderência, utilizadas para chapisco; argamassa de regularização, utilizada no emboço; e argamassa de acabamento, utilizada no reboco.

O chapisco tem o objetivo de promover aderência na superfície, podendo sendo aplicada diretamente no bloco cerâmico ou em peças estruturais de concreto, proporcionando condições de aspereza em superfícies muito lisas e com baixa porosidade. O chapisco é utilizado para preparar tais superfícies, criando aderência suficiente para receber as demais camadas de revestimento (Azevedo, 2004).

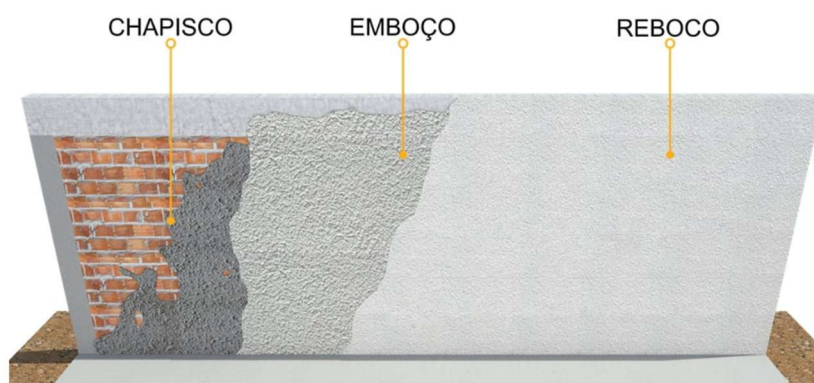
O emboço tem a finalidade de regularizar a superfície, dada a natureza irregular da parede de alvenaria, assim como atuar como camada protetora contra a umidade, por exemplo (Azevedo, 2004). Ainda segundo Azevedo (2004), o reboco e o emboço

são, usualmente, aplicados como uma única camada, o emboço paulista. O emboço paulista serve como camada de acabamento para receber pintura ou a argamassa colante, para receber o revestimento cerâmico. A Figura 3 evidencia as etapas de execução dos revestimentos de uma parede em alvenaria.

Fiorito (2009) sugere proporções de traço que podem ser utilizadas para argamassa convencional para revestimento. São eles:

- Chapisco - 1:3 (cimento: areia grossa)
- Emboço de regularização com 2 cm de espessura - 1:2:9 (cimento: cal: areia)
- Argamassa de assentamento com 1 cm de espessura - 1: 0,5: 5 (cimento: cal: areia)

Figura 3: Etapas do revestimento das paredes em alvenaria de vedação.



Fonte: Construindo Casas (2025).

5.5.1.3 CONCRETO ARMADO

O concreto é um material composto obtido por um cuidadoso proporcionalmente de cimento, água, agregado miúdo e agregado graúdo, além de adição de aditivos químicos para atingir determinadas propriedades. (Bastos, 2019).

Na construção de elementos estruturais em concreto armado, as armaduras de aço são posicionadas dentro das formas e posteriormente o concreto fresco é lançado para preenchimento e envolvimento das armaduras. Após endurecimento e retirada das formas, obtém-se a peça em concreto armado. (Bastos, 2019).

Segundo Bastos (2019), o concreto é um material composto, constituído pela mistura de cimento, agregado miúdo (areia), agregado graúdo (pedra ou brita) e água, podendo conter aditivos e pigmentações para melhoria e alteração de suas propriedades.

O aço é um material metálico produzido em usinas siderúrgicas, formado por ferro com uma composição de carbono na ordem de 2%. O material utilizado em estruturas de concreto armado possui teores de carbono na faixa de 0,4 a 0,6%. Os vergalhões aplicados nas estruturas de concreto armado no Brasil são regidos pela norma técnica NBR 7480. (Bastos, 2019)

Conforme já mencionado, a estrutura de concreto armado é composta por um conjunto reticulado de pilares, vigas e lajes.

Segundo Pinheiro (2010), pilares são elementos de barras verticais que recebem as ações das vigas ou das lajes e dos pavimentos superiores, transmitindo-as para os elementos inferiores ou de fundação.

A função básica das vigas é vencer vãos e transmitir cargas para os apoios. Os carregamentos são provenientes de lajes, outras vigas, paredes, pilares, etc. As vigas, em conjunto com os pilares e lajes, compõem a estrutura de contraventamento responsável por proporcionar a estabilidade global de estruturas às ações verticais e horizontais. (Bastos, 2019).

As lajes consistem em elementos planos, bidimensionais, com função principal de servir como piso ou cobertura nas construções. O elemento destina-se a receber ações verticais aplicadas provenientes da finalidade arquitetônica, como de pessoas, móveis, pisos, paredes etc. (Bastos, 2019).

5.5.2 ETAPAS PRINCIPAIS DE EXECUÇÃO

Segundo Scariot (2024), essas etapas representam as 16 etapas mais comuns em uma obra. A autora aponta que esses valores e etapas variam muito de um projeto para outro, e o que é apresentado é apenas uma estimativa. Na Figura 4, está descrito o fluxograma da sequência dessas etapas.

Figura 4: Etapas do sistema construtivo tradicional



Fonte: Scariot (2024)

As 3 primeiras etapas do sequenciamento apresentado, podem ser consideradas como fases pré-obra. Após essas etapas, encontra-se os serviços preliminares, que segundo Scariot (2024), está relacionada com a fase inicial de preparação do terreno para a construção.

Logo após, temos a etapa de Fundações, como diz Scariot (2024), nessa fase são definidas as soluções de fundação adequadas às condições do solo e à carga do projeto. Esta etapa pode incluir a implementação de diversos tipos de fundações,

como sapatas e estacas. Imediatamente após, inicia-se a construção da estrutura do edifício, utilizando-se materiais específicos conforme o design e as exigências estruturais (SCARIOT, 2024).

Em seguida, se tratando de uma estrutura em concreto armado, tem-se as vedações externas e internas. Esta etapa envolve a construção de paredes internas e externas, fundamentais para a definição dos espaços dentro da edificação e para proteção contra elementos externos. (SCARIOT, 2024).

Em relação a escolha dos materiais para as vedações pode variar, incluindo alguns tipos de blocos, entre outros materiais alternativos, dependendo da tipologia do projeto e dos requisitos de desempenho (SCARIOT, 2024).

Posteriormente são executadas a impermeabilização, as instalações da edificação e construção de telhado. De acordo Scariot (2024), a impermeabilização dos pisos e paredes protege a estrutura contra infiltrações e umidade, garantindo uma durabilidade e conforto de ambientes. Em relação ao telhado, a montagem da estrutura, calhas e rufos que protegerão a construção contra intempéries.

Já em relação as instalações, as instalações hidráulicas por exemplo, são responsáveis pelo abastecimento de água e pelo sistema de esgoto e compreendem a execução de tubulações, conexões e demais componentes indispensáveis ao funcionamento do sistema (SCARIOT, 2024).

As instalações elétricas e complementares, elas englobam a passagem de fios, cabos, disjuntores, tomadas, interruptores e outros elementos necessários para garantir o fornecimento de energia aos diferentes ambientes. As instalações complementares abrangem os sistemas adicionais que garantem a funcionalidade e o conforto da edificação, como climatização, alarmes de incêndio e automação predial (SCARIOT, 2024).

Ao final das etapas de instalações, iniciam-se os serviços de acabamentos como revestimentos, pinturas, esquadrias e louças e metais. A fase final do processo de construção é a limpeza e entrega da obra. Este período envolve uma limpeza fina de todos os espaços, removendo resíduos de construção e preparando a edificação para ocupação (SCARIOT, 2024).

5.5.3 ASPECTOS DE DESEMPENHO TÉRMICO E ACÚSTICO DO SISTEMA CONVENCIONAL

Em um estudo conduzido por Alves (2015), feito com base no método simplificado descrito na NBR 15575-4 (ABNT, 2013), ele avaliou o desempenho acústico e térmico de blocos cerâmicos 14 x 19 x 29 cm e 19 x 19 x 29 cm, com ambos os lados revestidos com 2,5 cm de argamassa na face externa e 1,5 cm de argamassa na área interna.

5.5.3.1 Desempenho acústico

A NBR 15575-4 estabelece requisitos mínimos de isolamento acústico entre unidades habitacionais. Para paredes externas e de separação entre ambientes, os valores de redução sonora devem variar conforme o tipo de edificação, mas em geral o desempenho mínimo situa-se em torno de 30 dB (mínimo), 35 dB (intermediário) e 40 dB (superior).

No estudo, os blocos cerâmicos ensaiados atingiram até 45 dB, ou seja, superaram o nível superior da norma, evidenciando que o sistema é tecnicamente adequado para controle acústico em edificações residenciais.

5.5.3.2 Desempenho térmico

A NBR 15575-1 define critérios de transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT) para paredes externas, com base no zoneamento bioclimático brasileiro (Norma NBR 15220).

Para transmitância (U), valores menores representam melhor desempenho. Dependendo da zona climática, os limites variam, mas em geral ficam entre 2,5 W/m²K (máximo aceitável) e 3,7 W/m²K. Assim, os blocos avaliados (2,1 W/m²K e 1,7 W/m²K) atendem plenamente aos requisitos normativos, situando-se dentro da faixa recomendada.

Quanto à capacidade térmica (CT), valores próximos ou acima de 130 kJ/m²K são considerados adequados para garantir conforto térmico, especialmente em climas quentes. Os blocos ensaiados (156 kJ/m²K e 157 kJ/m²K) estão acima desse parâmetro, confirmando desempenho satisfatório.

Dessa forma, os resultados de Silva (2015) confirmam que os blocos cerâmicos avaliados atendem e, em alguns aspectos, superam os requisitos mínimos da NBR 15575 tanto em termos acústicos quanto térmicos. Isso demonstra que, quando devidamente especificados e revestidos, os blocos cerâmicos podem contribuir para edificações com conforto ambiental adequado, reforçando a viabilidade técnica de seu uso em sistemas.

5.5.4 VANTAGENS E DESVANTAGENS DO SISTEMA TRADICIONAL

Segundo Alves (2015), o sistema construtivo convencional apresenta uma série de atributos que justificam sua ampla utilização no Brasil. Entre as vantagens, destacam-se a possibilidade de utilização em projetos com grandes vãos e edificações de maior porte, uma vez que a estrutura é composta por concreto armado; a boa resistência ao fogo; a elevada durabilidade, que pode superar cem anos mesmo sem manutenção frequente; a flexibilidade para atender diferentes soluções arquitetônicas; e a facilidade de obtenção de materiais no mercado.

Em contrapartida, o autor aponta desvantagens relevantes, como a recorrente baixa qualidade dos materiais empregados e a execução deficiente, o elevado consumo de água, o tempo prolongado de execução — que pode ocasionar atrasos no cronograma —, além da significativa geração de resíduos e entulho no canteiro. Outro fator limitante é a falta de mão de obra qualificada, que compromete a produtividade e a qualidade final do sistema.

Complementando essa análise, Cassar (2018) descreve as vantagens e desvantagens do sistema convencional a partir de sete critérios: qualidade, desempenho, manutenção, durabilidade, aspectos ambientais, prazo e custo.

No que se refere à qualidade, o sistema possui boa aceitação entre os usuários e elevada flexibilidade para reformas e alterações arquitetônicas, embora o controle de qualidade seja dificultado por processos de caráter artesanal e pela presença de retrabalhos.

Em termos de desempenho, apresenta excelente comportamento estrutural e permite grandes vãos, mas tende a desenvolver patologias e possui elevado peso próprio.

Quanto à manutenção, apesar do custo baixo em geral, sua execução pode ser trabalhosa, com desperdício de materiais e demanda de mão de obra. No critério durabilidade, o sistema mostra elevado potencial, com componentes que resistem por longos períodos sem grandes necessidades de reparo.

Do ponto de vista ambiental, o sistema possibilita a reciclagem de parte dos resíduos e apresenta vida útil longa, embora ainda seja marcado pela elevada geração de entulho. Em relação ao prazo, o método mostra baixa produtividade, com prazos prolongados e dificuldades logísticas no manuseio de materiais.

Finalmente, no critério custo, Cassar (2018) observa que os insumos, ferramentas e mão de obra são relativamente baratos, mas a elevada quantidade de trabalhadores necessária e o desperdício de materiais acabam impactando negativamente a eficiência econômica. O Quadro 2 a seguir resume os pontos abordados pelos dois autores.

Quadro 2: Vantagens e desvantagens do sistema construtivo tradicional.

Critério	Vantagens	Desvantagens
QUALIDADE	- Ótima aceitação por parte dos usuários (Cassar, 2018). - Flexibilidade em reformar e alterar edificações (Cassar, 2018). - Flexibilidade no projeto arquitetônico (Cassar, 2018). - Facilidade de encontrar materiais (Alves, 2015).	- Controle de qualidade dificultado (Cassar, 2018). - Processos com característica artesanal (Cassar, 2018). - Muito retrabalho (Cassar, 2018). - Matéria-prima de baixa qualidade (Cassar, 2018). - Execução deficiente e falta de qualidade (Alves, 2015).
DESEMPENHO	- Excelente desempenho em geral (Cassar, 2018). - Estrutura tem elevada resistência e permite grandes vãos (Cassar, 2018). - Pode ser utilizada em obras com vãos grandes (Alves, 2015). - Boa resistência ao fogo (Alves, 2015).	- Costuma apresentar patologias (Cassar, 2018). - Estrutura possui elevado peso próprio (Cassar, 2018).
MANUTENÇÃO	- Custo de manutenção baixo em geral (Cassar, 2018).	- Manutenção difícil, com grande desperdício de materiais e mão de obra (Cassar, 2018).
DURABILIDADE	- Componentes têm alta durabilidade (Cassar, 2018). - Edificações duram muito tempo sem necessidade de manutenção (Cassar, 2018). - Durabilidade superior a cem anos sem proteção e sem manutenção (Alves, 2015).	
AMBIENTAIS	- Resíduos podem ser reciclados (Cassar, 2018). - Vida útil longa (Cassar, 2018).	- Elevada geração de entulho (Cassar, 2018). - Alto índice de desperdício de água (Alves, 2015). - Acumula muita sujeira e entulho na obra (Alves, 2015).
PRAZO		- Baixa produtividade (Cassar, 2018). - Prazos mais longos devido a limitações do método (Cassar, 2018). - Dificil manuseio e transporte dos materiais (Cassar, 2018). - Tempo de execução mais longo, causando atrasos (Alves, 2015).
CUSTO	- Materiais e insumos baratos (Cassar, 2018). - Mão de obra barata (Cassar, 2018). - Equipamentos e ferramentas baratos (Cassar, 2018).	- Necessidade de grande quantidade de mão de obra (Cassar, 2018). - Materiais muito desperdiçados (Cassar, 2018).

Fonte: Adaptado de Alves (2015) e Cassar (2018)

De acordo com Junior e Neves (2009), as paredes de alvenaria figuram como os elementos mais utilizados no processo construtivo tradicional brasileiro. Entretanto, esse protagonismo também está associado a elevados índices de desperdício durante a execução de obras, já que as perdas de tijolos e blocos comumente alcançam valores entre 15% e 20%, representando uma parcela expressiva do total de resíduos gerados na construção de edifícios.

Tais características evidenciam a importância de se estudar novas técnicas construtivas, como é o caso do sistema construtivo painéis monolíticos em EPS.

5.6 SISTEMA CONSTRUTIVO PAINÉIS MONOLÍTICOS EM EPS

5.6.1 CONTEXTO HISTÓRICO

O sistema construtivo Monolite originou-se na Itália, na década de 80, sendo fruto de um projeto destinado à industrialização da construção em regiões sujeitas a terremotos. O objetivo principal era criar uma estrutura monolítica resistente ao colapso, oferecendo simultaneamente isolamento térmico e acústico e completa estanqueidade às intempéries. De acordo com Trevejo (2022), esse sistema buscou atender às exigentes condições sísmicas italianas, agregando requisitos de conforto e durabilidade em uma única solução.

Além disso, conforme Silva (2023), o desenvolvimento inicial do sistema incluiu a homologação técnica, tendo recebido o Certificato d'Idoneità Técnica em 1985 pelo Instituto Giordano, o que conferiu uma base formal de confiabilidade técnica e qualidade ao método construtivo Monolite.

No Brasil, o sistema chegou na década de 90, ao ser analisado pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica de São Paulo (IPT-SP), onde os mesmos foram testados perante as normas brasileiras e obtiveram resultados satisfatórios. Apesar de ter bastante tempo no mercado, o sistema não se difundiu pelo país, pois o seu conhecimento ficou restrito as pessoas que tiveram acesso na época das pesquisas,

perdendo espaço para sistemas construtivos que utilizavam materiais e técnicas construtivas mais acessíveis a população (Bertoldi, 2007).

Apesar de não existir, até o momento, uma norma técnica brasileira específica que regulamente integralmente o sistema construtivo em estudo, sua aplicação não ocorre de forma desvinculada dos referenciais normativos já consolidados no setor da construção civil. Em um contexto no qual a inovação tecnológica desafia a padronização dos processos, a observância a normas e diretrizes reconhecidas torna-se fundamental para garantir a segurança, a qualidade e a confiabilidade do desempenho das edificações. Assim, os projetistas e construtores recorrem a normativas correlatas, que, embora não tenham sido elaboradas exclusivamente para esse método construtivo, oferecem parâmetros técnicos indispensáveis à sua concepção e execução.

Nesse sentido, destacam-se três referenciais amplamente utilizados como suporte normativo.

O primeiro é a NBR 7480 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 2007) – “Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado de acordo com a tela de aço soldada”, que regulamenta o emprego do aço em armaduras estruturais.

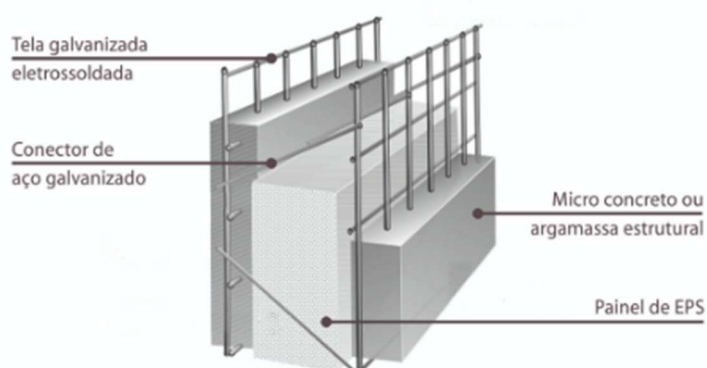
Soma-se a ela a diretriz estabelecida pelo Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais (SINAT), nº 011, intitulada “Diretriz para Avaliação Técnica de Paredes moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido, aço e argamassa, microconcreto ou concreto”, que fornece orientações específicas para sistemas que utilizam o EPS em conjunto com concreto e aço.

Complementarmente, tem-se a NBR 11173 (ABNT, 1990) – “Projeto e Execução de argamassa armada”, cuja aplicação contribui para disciplinar aspectos relacionados às camadas de revestimento estrutural que integram o sistema.

5.6.2 CARACTERÍSTICAS DOS PAINÉIS

A tecnologia construtiva empregada nos painéis é constituída por 3 componentes básicos: placas de poliestireno expandido (EPS) em seu núcleo, associadas a telas de aço galvanizado eletrossoldadas de alta resistência em ambas as faces, unidas por um conector, e com uma argamassa estrutural, podendo desempenhar tanto a função estrutural quanto a de vedação. Os componentes estão descritos na Figura 5.

Figura 5: Composição do painel monolítico de EPS.



Fonte: BRUMAN Engenharia (2025)

5.6.2.1 POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

O EPS (Poliestireno Expandido), conforme definido pela norma DIN ISO 1043/78, é um plástico celular rígido amplamente utilizado em diferentes setores da construção civil. Sua descoberta ocorreu em 1949, nos laboratórios da BASF, na Alemanha, pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz. No Brasil, o material se tornou popularmente conhecido como “Isopor®”, denominação comercial registrada pela empresa Knauf. (ABRAPEX, 2000).

O processo de produção do EPS tem origem na polimerização do estireno em água, sem a utilização de CFC ou de seus substitutos em qualquer etapa. O agente expensor empregado é o pentano, hidrocarboneto que se degrada rapidamente por reação fotoquímica sob ação da radiação solar, sem gerar impactos ambientais significativos. Inicialmente, o material é obtido em pequenas pérolas com até 3 mm de diâmetro, que podem expandir até 50 vezes o seu tamanho original por meio da aplicação de vapor, fundindo-se e moldando-se em diferentes formatos. (ABRAPEX, 2000).

O produto final apresenta composição com cerca de 98% de ar e apenas 2% de poliestireno. Em um metro cúbico de EPS expandido, existem entre 3 e 6 bilhões de células fechadas, preenchidas por ar. Essa característica confere ao material leveza e desempenho específico para aplicações diversas no setor da construção. (ABRAPEX, 2000).

Segundo a ABRAPEX (2000), os produtos em EPS são inodoros, recicláveis e 100% reaproveitáveis, podendo inclusive retornar ao estado de matéria-prima. Além disso, não contaminam solo, água ou ar, o que reforça o caráter sustentável e ambientalmente seguro do material para uso em edificações.

Grote e Silveira (2001) destacam que o poliestireno expandido (EPS) descartado pode ser reprocessado e transformado em novas peças, especialmente para embalagens, além de ser aproveitado como substrato para melhoria do solo ou reutilizado em aplicações na construção civil. Dessa forma, o material se apresenta como uma alternativa sustentável, contribuindo para práticas construtivas que aliam eficiência e respeito ao meio ambiente.

A Tabela 1, podem ser observadas as características exigíveis para o EPS, conforme apresentado na norma NBR 11752 – Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e em câmaras frigoríficas.

Conforme estabelece a Diretriz do SINAT nº 11 (2014), o Poliestireno Expandido (EPS) empregado na construção civil deve ser do tipo denominado “Classe F”, caracterizado por apresentar resistência à chama. Além disso, o material é classificado em grupos de densidade, que variam entre 9 kg/m³ e 32,5 kg/m³. Para aplicação em sistemas construtivos com painéis autoportantes, recomenda-se a utilização a partir do “Tipo 5”, cuja densidade média é de 22,5 kg/m³.

A capacidade de isolamento térmico de um material se dá pelo coeficiente de condutibilidade térmica (CTT), que fornece o fluxo de calor por metro quadrado do material, quando o mesmo tem espessura de um metro.

Tabela 1: Características exigíveis para o EPS – NBR 11752.

PROPRIEDADES	NORMA Método Ensaio	Unid.	TIPOS EPS						
			TIPO 1	TIPO 2	TIPO 3	TIPO 4	TIPO 5	TIPO 6	TIPO 7
Densidade Aparente Nominal	NBR 11949	kg/m³	10,0	12,0	14,0	18,0	22,5	27,5	32,5
Densidade aparente Mínima	NBR 11949	kg/m³	9,0	11,0	13,0	16,0	20,0	25,0	30,0
Condutividade Térmica Máxima (23°C)	NBR 12094	W/m.K	–	–	0,042	0,039	0,037	0,035	0,035
Tensão por Compressão com deformação de 10%	NBR 8082	KPa	≥ 33	≥ 42	≥ 65	≥ 80	≥ 110	≥ 145	≥ 165
Resistência mínima à flexão	ASTM C-203	KPa	≥ 50	≥ 60	≥ 120	≥ 160	≥ 220	≥ 275	≥ 340
Resistência mínima ao cisalhamento	EN-12090	KPa	≥ 25	≥ 30	≥ 60	≥ 80	≥ 110	≥ 135	≥ 170
Flamabilidade (se Material Classe F)	NBR 11948		Material Retardante à Chama						

Fonte: ABRAPEX (2000)

O projeto da Norma da ABNT 02:135.07-002 (2004), apresenta a condutividade térmica (λ) e o calor específico (c) para diversos materiais de construção em função de sua densidade de massa aparente (ρ). Na tabela a seguir estão alguns coeficientes de insumos mencionados no presente trabalho.

Tabela 2:- Densidade de massa aparente (ρ), condutividade térmica (λ) e calor específico (c) de materiais

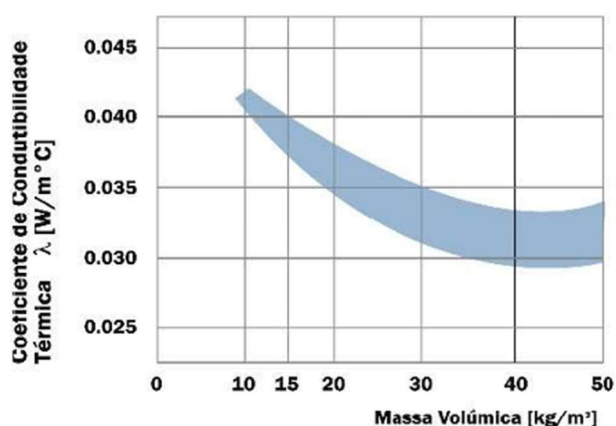
Material	ρ (kg/m ³)	λ (W/(m.K))	c (kJ/(kg.K))
argamassa comum	1800-2100	1,15	1,00
concreto normal	2200-2400	1,75	1,00
tijolos e telhas de barro 1	1000-1300	0,70	0,92
	1300-1600	0,90	0,92
	1600-1800	1,00	0,92
	1800-2000	1,05	0,92
poliestireno expandido moldado	15-35	0,040	1,42

Fonte: Adaptado de Projeto da Norma da ABNT 02:135.07-002 (2004)

Nela, é possível identificar que a condutividade térmica do EPS é mais de 17 vezes menor que o dá um tijolo convencional, o que evidencia sua performance superior como um isolante térmico.

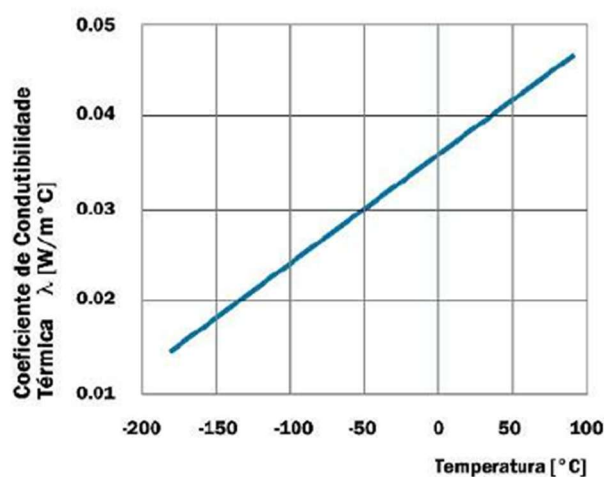
No Gráfico 1, é demonstrado o diagrama de CTT em função da densidade do EPS, já no Gráfico 2 demonstra a variação deste coeficiente em função da temperatura, para o EPS com densidade de 20 kg/m³.

Gráfico 1: CTT (w/m°C) x Massa Volúmica (kg/m³)



Fonte: ABRAPEX (2006)

Gráfico 2: CTT para EPS de Densidade 20 kg/m³



Fonte: ABRAPEX (2006)

5.6.2.2 TELA DE AÇO GALVANIZADO

As malhas utilizadas no sistema construtivo são confeccionadas com aço de alta resistência, cuja tensão última é superior a 600 MPa. Esse material apresenta

desempenho adequado para atender às exigências de resistência estrutural impostas pelo sistema.

Em relação ao limite de escoamento, o valor característico adotado é $f_{yk} > 600 \text{ N/mm}^2$, enquanto o limite de ruptura é estabelecido como $f_{tk} > 680 \text{ N/mm}^2$. Esses parâmetros asseguram que as malhas mantenham desempenho satisfatório diante dos esforços atuantes.

O aço empregado pode ser do tipo comum, zincado, galvanizado a quente ou inoxidável. A escolha depende da aplicação específica, de modo a garantir estabilidade e integridade ao longo do tempo, preservando as propriedades mecânicas e a durabilidade do sistema. (Bertoldi, 2007).

5.6.2.3 ARGAMASSA ESTRUTURAL

De acordo com Bertoldi (2007), os revestimentos aplicados nos painéis do sistema construtivo precisam apresentar alta resistência, baixa retração e boa plasticidade, já que são executados em 1 ou mais camadas de 1,5 a 2 cm de espessura sem vibração dos elementos. Para atingir essas características, recomenda-se que a relação cimento/areia varie entre 1:3 e 1:4,5, de acordo com a granulometria dos agregados utilizados, que vão de 0 a 6,4 mm. A umidade da areia também deve ser controlada para garantir a proporção correta de água/cimento (A/C).

De com Costa (2020), a argamassa é composta por um traço de 1:3 (cimento e areia), sendo adicionado 200 ml de aditivo plastificante e 200 g de microfibra de polipropileno. O uso de plastificantes, melhora a trabalhabilidade da mistura e permite a redução da quantidade de água, enquanto as fibras funcionam como uma malha anti-retração, aumentando a tenacidade do revestimento. Para garantir uniformidade, essas fibras devem ser incorporadas ao traço no final do processo de mistura. (ISOALFA 2022)

Durante a preparação, é essencial realizar testes práticos na obra a fim de ajustar a quantidade de água necessária sem comprometer a consistência. A argamassa não deve escorrer no painel, mas precisa ser suficientemente fluida para a projeção. Por isso, os testes com os materiais disponíveis no local de execução são determinantes para alcançar o desempenho esperado.

A aplicação do revestimento deve ser feita por projeção pneumática, seguindo a sequência de execução em faces opostas do painel. Esse cuidado evita deformações decorrentes de carregamentos diferenciais durante a aplicação. Além disso, a projeção garante uma compactação constante da argamassa, aumentando a aderência e a densidade do revestimento.(ISOALFA 2022)

Outro aspecto fundamental é a cura do revestimento projetado. O processo deve manter a superfície constantemente umedecida por pelo menos 3 dias após a aplicação, permitindo a adequada hidratação do cimento e evitando a evaporação precoce da água livre. Esse cuidado minimiza fissuras de retração e assegura que o revestimento atinja a resistência à compressão em torno de 35 MPa, conforme os parâmetros do sistema.

5.6.3 PROCESSO CONSTRUTIVO

A seguir, serão descritas as etapas de execução de uma obra em painéis monolíticos em EPS

5.6.3.1 FUNDAÇÃO

A execução de edificações com painéis monolíticos, inicia-se pela fundação, que deve ser dimensionada conforme as condições de solo e as cargas da edificação, seguindo as diretrizes da NBR 6122:2019 – Projeto e execução de fundações. Primeiramente é feita a limpeza do terreno para começar a locação da obra, faz-se o nivelamento e as marcações dos níveis e eixos de locação no gabarito da obra, demonstrado nas Figura 6 e 7, para que o projeto seja executado fielmente, de forma que não haja consequência no decorrer da obra. Pode ser considerado a fase mais delicada da execução e deve ser fiscalizado por engenheiro e utilizar equipamentos adequados. A marcação é feita com piquetes e cavaletes, trazendo os alinhamentos. (Huller, 2017).

Em obras com a utilização de painéis monolíticos em EPS autoportantes, a distribuição uniforme do carregamento se dá através do sistema de micro colunas propiciadas pelas malhas de aço e, a leveza, está relacionada ao peso reduzido da

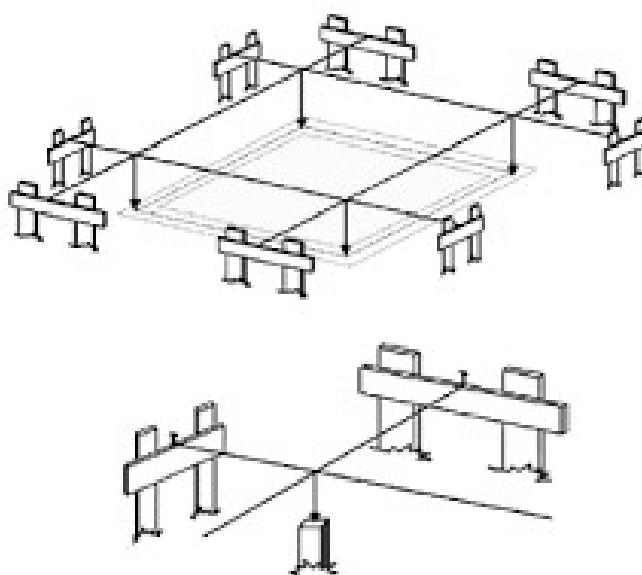
composição final (painel monolítico de EPS e revestimentos), de modo que, por estas características, a fundação geralmente utilizada é o radier.

Apesar da predominância do radier, é possível empregar outros tipos de fundações, como vigas de baldrame, desde que compatíveis com as características da obra e com as especificações do projetista estrutural. Em situações de reformas ou ampliações, os painéis monolíticos podem ser fixados sobre lajes já existentes, desde que estas apresentem capacidade de carga suficiente para suportar as solicitações do sistema. (KINGSPAN ISOESTE, 2021)

O tipo de concreto usualmente adotado, utiliza um f_{ck} maior ou igual a 20 Mpa e possui espessura média entre 12 e 15 cm. A fundação é concretada sobre uma camada constituída por um lastro drenante de brita e lona preta de 150 micras. (ISOALFA 2023).

Um outro cuidado que deve ser tomado nessa etapa é a passagem das instalações hidrossanitárias e elétricas que passarão por baixo do radier. Para isso, todos os projetos executivos de instalações devem estar compatibilizados, evitando futuros retrabalhos.

Figura 6 - Locação e alinhamento de obra



Fonte: MONTEIRO, sd.

Figura 7: Gabarito da obra



Fonte: Autoral (2022).

5.6.3.2 FIXAÇÃO DAS BARRAS DE ANCORAGEM.

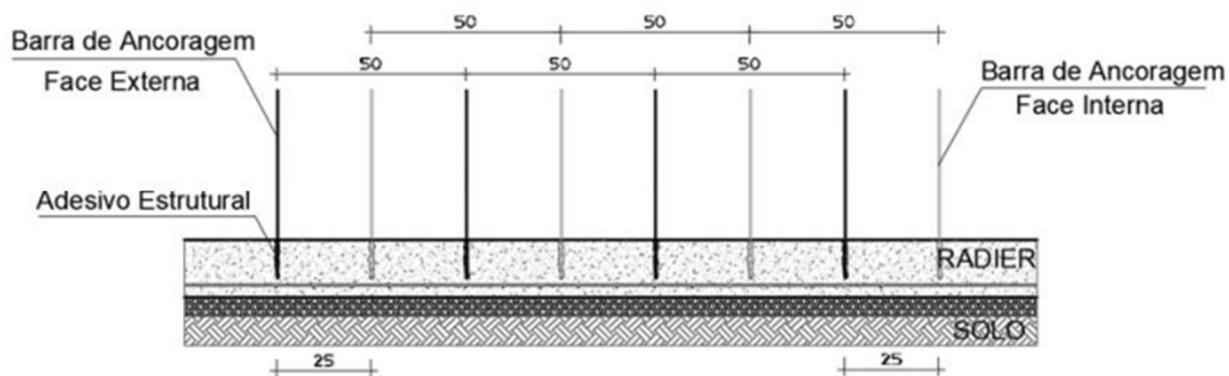
A etapa de fixação dos painéis monolíticos à fundação é determinante para assegurar a estabilidade estrutural e a correta transferência de cargas da edificação para o solo. Essa ligação garante que o conjunto funcione como um sistema integrado, evitando deslocamentos indesejados e proporcionando maior rigidez às paredes durante e após o processo de execução. Por isso, o posicionamento e o chumbamento dos arranques devem ser conduzidos com precisão, respeitando o projeto estrutural e as recomendações técnicas.

Entre um e três dias após a concretagem do radier, inicia-se a marcação dos arranques. A fixação dos painéis à fundação é realizada com barras de aço CA-50, de 8 mm de diâmetro e 50 cm de comprimento. O primeiro furo deve ser feito a 25 cm do início do painel, enquanto os demais são distribuídos a cada 50 cm em ambos os lados. Essas barras são engastadas na fundação por meio de perfurações de 10 mm de diâmetro e 10 cm de profundidade, fixadas com chumbadores químicos, como compound adesivo ou equivalente. (ISOALFA, 2021)

Os painéis de EPS, já produzidos em conformidade com o projeto e com malhas de aço incorporadas, chegam prontos ao canteiro, exigindo apenas cortes pontuais

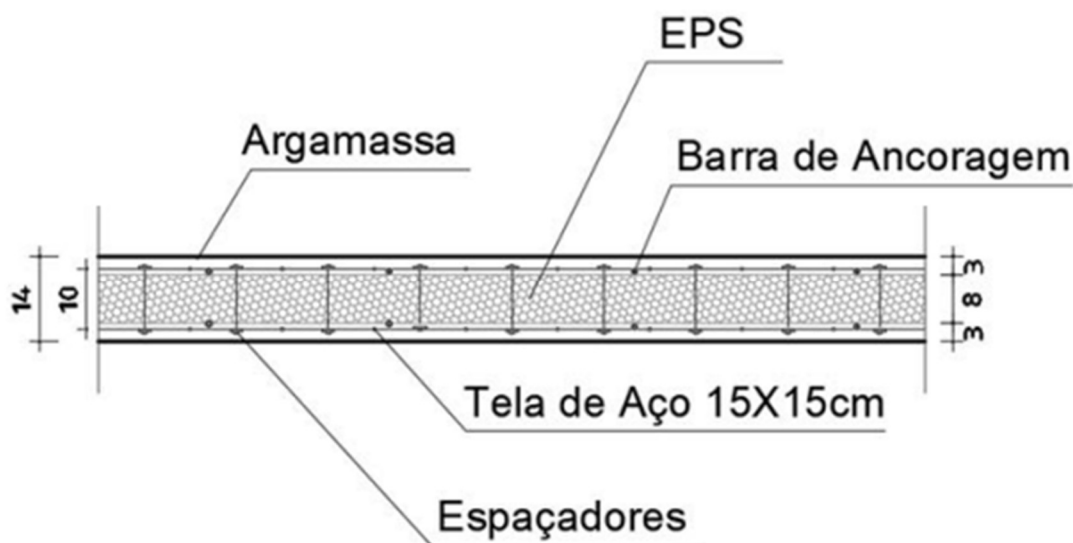
para portas e janelas, o que confere agilidade ao processo construtivo (ARAÚJO, 2019). As figuras 8, 9 e 10 demonstram em vista, planta e corte, respectivamente, a etapa de fixação das barras de ancoragem.

Figura 8: Fixação das barras de ancoragem.



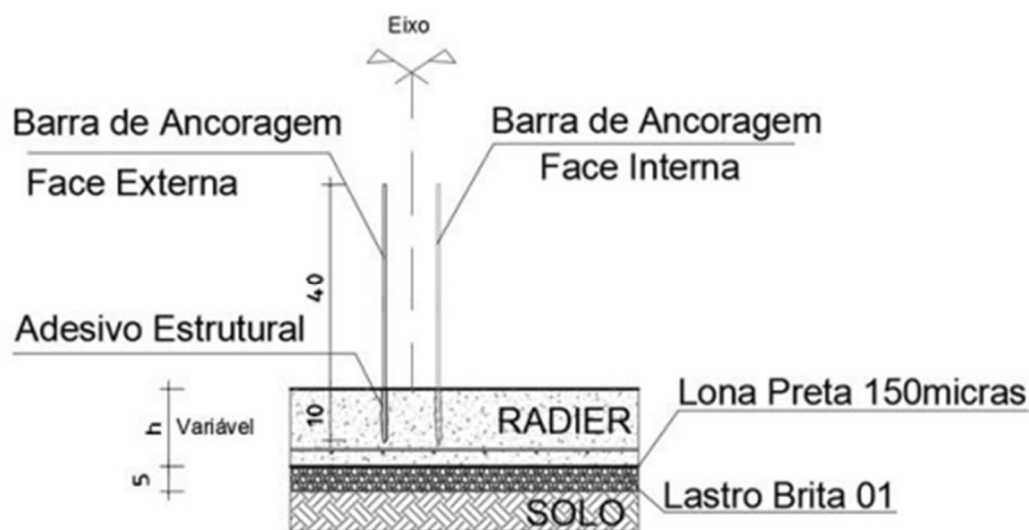
Fonte: O Manual Construtivo da EPS Brasil [s.d]

Figura 9: Fixação das barras de ancoragem.



Fonte: O Manual Construtivo da EPS Brasil [s.d]

Figura 10: Fixação das barras de ancoragem.



Fonte: O Manual Construtivo da EPS Brasil [s.d]

5.6.3.3 LOCAÇÃO, FIXAÇÃO INFERIOR DOS PAINÉIS MONOLÍTICOS EM EPS

O processo de montagem dos painéis pode ser otimizado a partir da numeração prévia de cada elemento, o que facilita sua identificação e posicionamento na obra. Após a instalação dos arranques, os painéis são posicionados e alinhados no centro das paredes, devendo ser escorados para garantir o prumo e a correta aplicação da argamassa. A Figura 11 mostra um conjunto de painéis recebidos em obra. O manuseio dos painéis é simples, podendo ser realizado por apenas um trabalhador, característica que contribui para a rapidez da montagem e reduz a necessidade de mão de obra altamente especializada. (KINGSPAN ISOESTE, 2021).

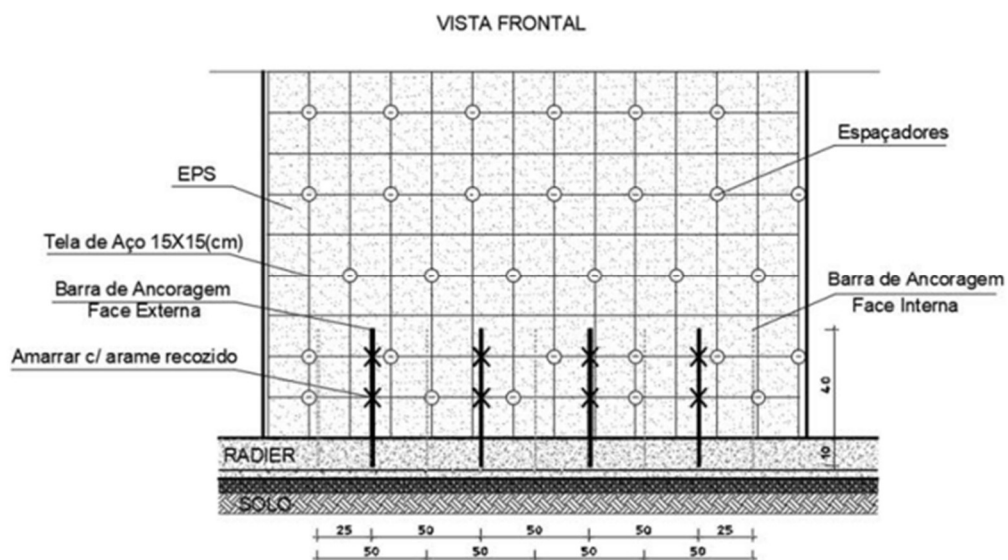
Os painéis são instalados entre os arranques da fundação, sendo fixados às barras de ancoragem, conforme ilustrado nas figuras 12 ,13 e 14. A montagem deve iniciar preferencialmente a partir de um canto da edificação, avançando em duas direções para o fechamento dos ambientes. A união entre os painéis é realizada por meio de peças de reforço em tela eletrossoldada, do tipo “I” ou “L”, fixadas com arame recozido nº 18, devidamente torcido, conforme as especificações do projeto. (ISOALFA, 2022). Tais reforços serão caracterizados mais à frente.

Figura 11: Painéis monolíticos recebidos na obra.



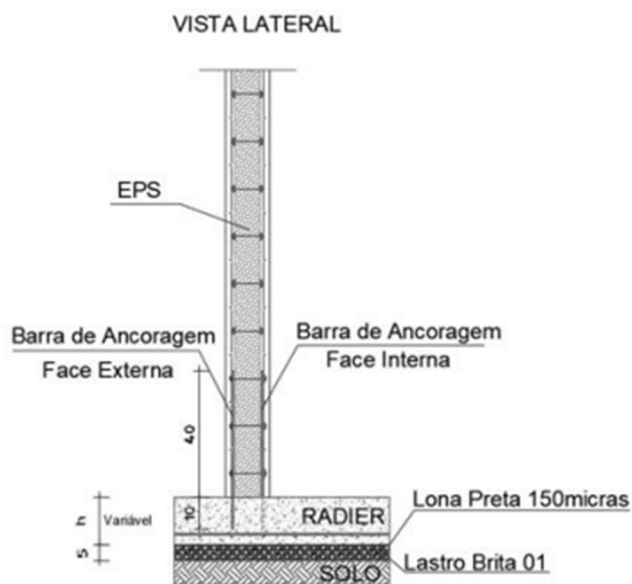
Fonte: Autoral (2022)

Figura 12: Fixação dos painéis nas barras de ancoragem.



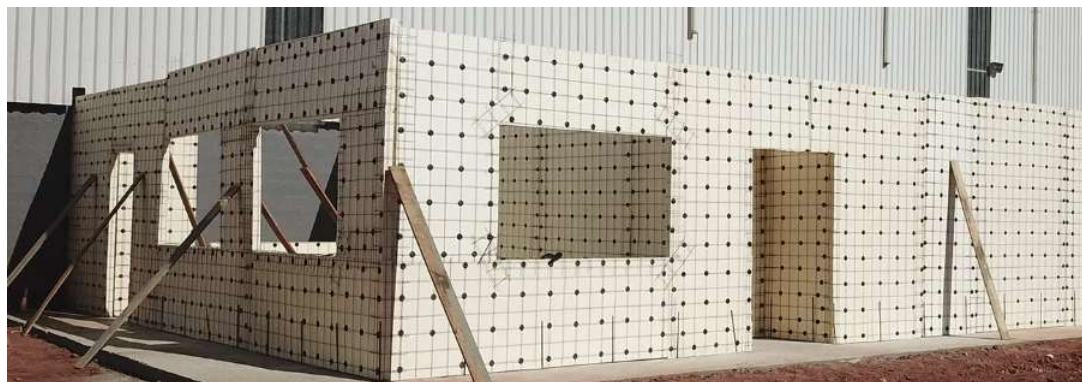
Fonte: O Manual Construtivo da EPS Brasil [s.d]

Figura 13: Fixação dos painéis nas barras de ancoragem.



Fonte: O Manual Construtivo da EPS Brasil [s.d]

Figura 14: Painéis locados com fixação inferior executada.



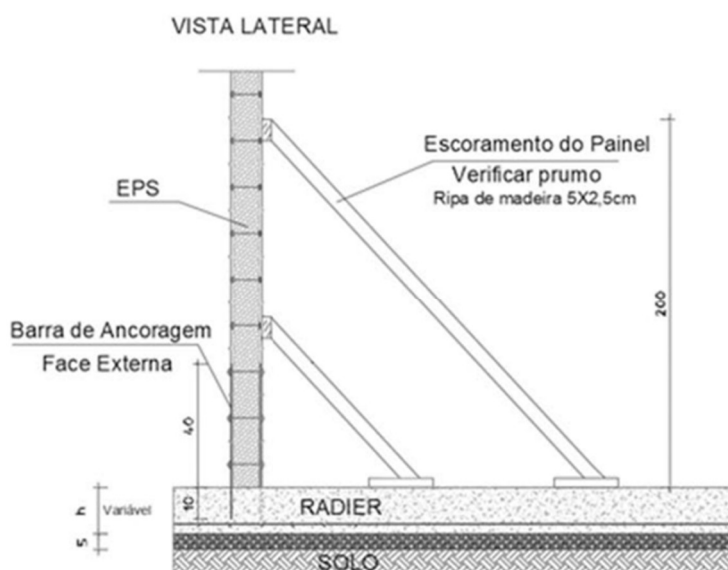
Fonte: Grupo Isorecort (2022)

5.6.3.4 ALINHAMENTO, PRUMO E FIXAÇÃO SUPERIOR

Um dos principais cuidados que a obra deve ter na execução de paredes com painéis monolíticos de EPS é a garantia do prumo das peças. Caso os painéis não forem devidamente alinhados, haverá maior consumo de argamassa, ocasionando desperdício de material e tempo, além de acrescentar peso desnecessário às paredes. Para alinhar os painéis são utilizadas réguas de alumínio (ou madeira aparelhada), formando duas linhas na horizontal: a primeira a 40/60 cm do piso e a segunda a 200 cm da primeira, conforme evidenciado nas figuras 15 e 16. (ISOALFA, 2022).

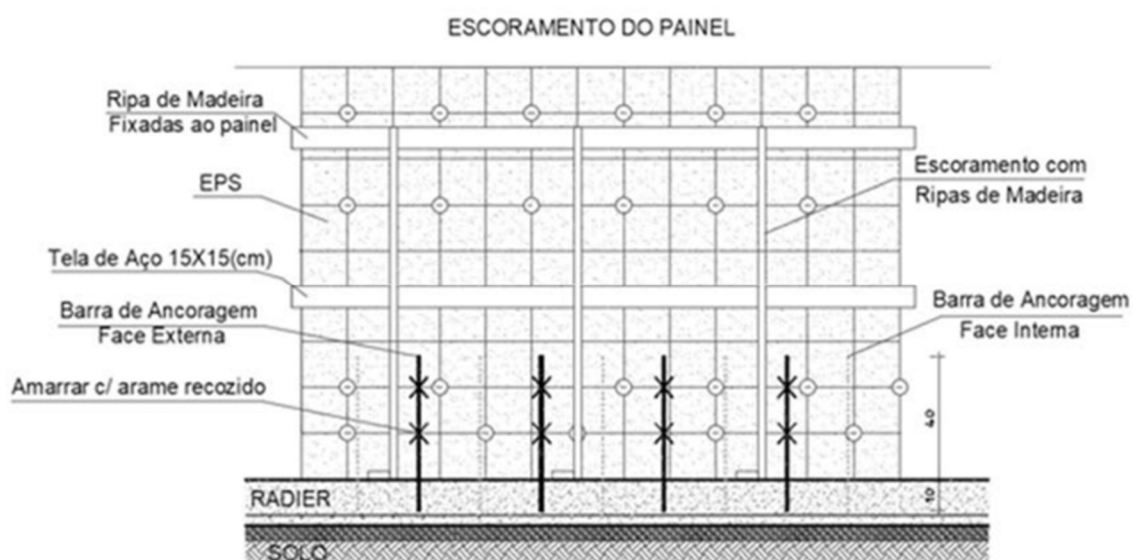
Essas régua serão posicionadas nas duas faces dos painéis, fixando-as umas às outras, por meio de arame recozido, transpassado pelo EPS. Para garantir o alinhamento e a estabilidade durante a execução, utilizam-se escoras reguláveis dispostas na diagonal em relação às régua de nivelamento. Estas, por sua vez, podem ser confeccionadas em alumínio ou, alternativamente, em sarrafos de madeira, sem comprometer a qualidade da execução (KINGSPAN ISOESTE, 2021).

Figura 15: Fixação superior e prumo



Fonte: O Manual Construtivo da EPS Brasil [s.d]

Figura 16: Fixação superior e prumo



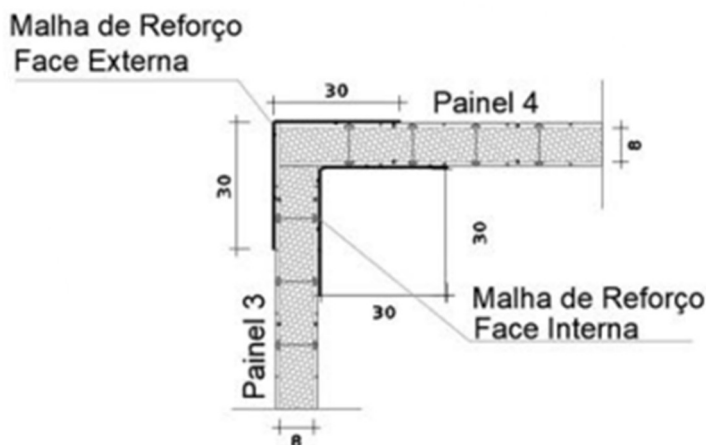
Fonte: O Manual Construtivo da EPS Brasil [s.d]

5.6.3.5 ABERTURAS DE ESQUADRIAS E REFORÇOS

O emprego de armaduras de reforço em painéis monolíticos de EPS ocorre em pontos estratégicos, com o objetivo de assegurar o desempenho estrutural do sistema.

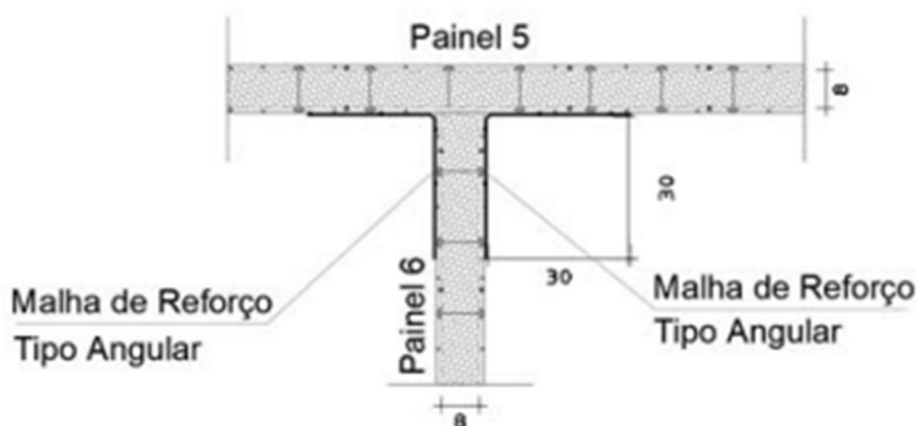
Conforme destaca Techne (2012), as armaduras em formato “L” devem ser aplicadas em todos os encontros de paredes perpendiculares, nos cantos e em interseções em “T”. Esses reforços, tanto do tipo “L” quanto lisos, são posicionados em ambas as faces do painel, percorrendo toda a altura do pé-direito, e são fixados por meio de arame recozido. Esses reforços podem ser observados nas figuras 17, 18 e 19.

Figura 17: Detalhe de reforço em L aplicado no encontro de painéis perpendiculares.



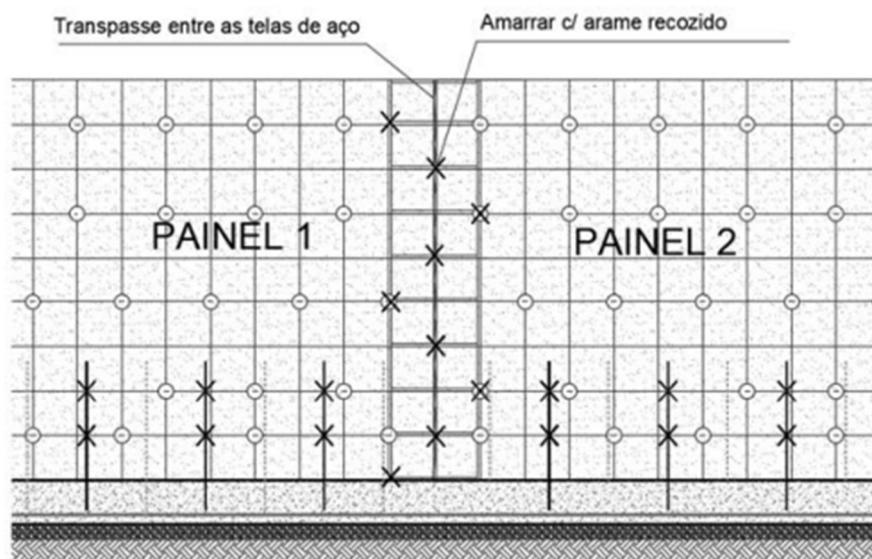
Fonte: O Manual Construtivo da EPS Brasil [s.d]

Figura 18: Detalhe de reforço em encontro de painéis em "T".



Fonte: O Manual Construtivo da EPS Brasil [s.d]

Figura 19: Detalhe de reforço em encontro de painéis consecutivos.

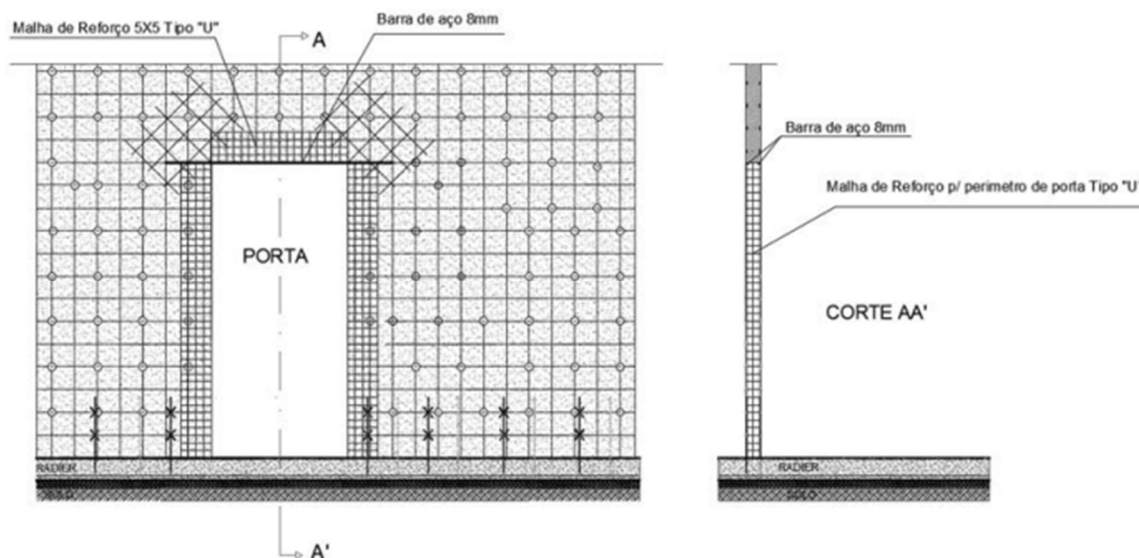


Fonte: O Manual Construtivo da EPS Brasil [s.d]

O reforço denominado “liso”, Figuras 20 e 21, é indicado principalmente em aberturas de portas e janelas, assim como nos cantos das paredes. Consiste em telas de aproximadamente 30 cm × 60 cm, aplicadas na diagonal a 45° em relação aos fios do painel e cobrindo suas duas faces. Essa solução estrutural atua absorvendo tensões concentradas e reduzindo a ocorrência de fissuras, comuns em regiões de maior solicitação. Além disso, o reforço liso é utilizado em situações de perda de transpasse entre painéis ou em locais que recebem recortes para a passagem de instalações elétricas e hidráulicas (TECHNE, 2012).

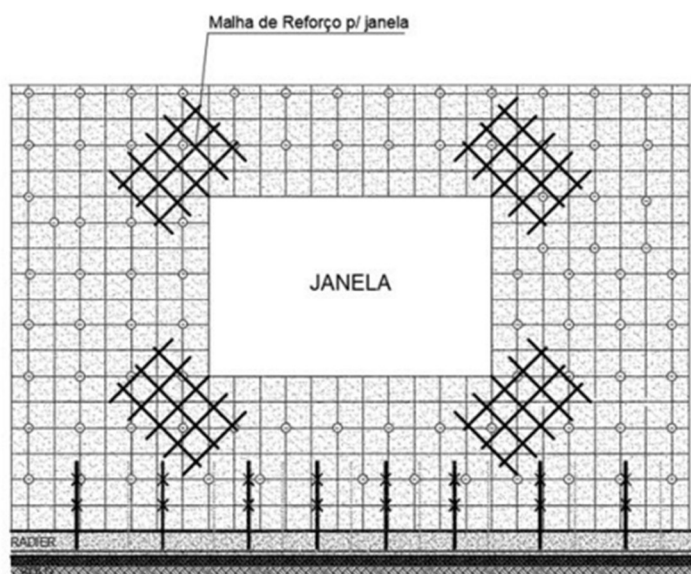
Já o reforço em formato “U” destina-se ao perímetro interno de vãos, como portas, janelas ou aberturas para climatização. Formado por telas conformadas em vergas e contravergas, fixadas com arame recozido, esse tipo de reforço evita que o revestimento estrutural seja aplicado diretamente sobre o núcleo de EPS, contribuindo para neutralizar esforços localizados de corte e esmagamento (TECHNE, 2012).

Figura 20: Detalhe de reforço liso de canto, e reforço em U em aberturas de porta.



Fonte: O Manual Construtivo da EPS Brasil [s.d]

Figura 21: Detalhe de reforço liso de canto em abertura de janela.



Fonte: O Manual Construtivo da EPS Brasil [s.d]

5.6.3.6 INSTALAÇÕES HIDROSSANITÁRIAS E ELÉTRICAS

Os traçados das redes de instalações devem ser previamente demarcados nos painéis com caneta ou tinta. Em seguida, os sulcos correspondentes são abertos no EPS utilizando soprador de ar quente, garantindo precisão na execução. Caso seja necessário cortar a tela metálica para a passagem das tubulações, deve-se aplicar

uma tela de reforço adicional no local, assegurando a continuidade estrutural do painel. (ISOALFA, 2022)

Durante as instalações hidráulicas e elétricas, deve haver atenção para que não corte a tela, já que os painéis tem função estrutural. Utiliza-se de um soprador térmico para produzir as cavidades para passagem dos eletrodutos e tubulações, esse procedimento deve ser acompanhado com auxílio de projeto, para observar onde estão as telas e não as danificar (PAULA et al, 2018). A Figura 22 demonstra uma parede com todas as pré-instalações elétricas e hidrossanitárias executadas.

Figura 22 - Instalações elétricas e hidráulicas em EPS



Fonte: Isoalfa (2022)

5.6.3.7 REVESTIMENTO DOS PAINÉIS

A superfície dos painéis deve ser previamente preparada, limpa e livre de materiais que possam comprometer a aderência da argamassa. O traço usual é de 1:3 (cimento e areia, em volume), com adição de 200 ml de aditivo plastificante e 50 g de microfibra de polipropileno por saco de cimento, podendo variar de acordo com as especificações do projeto estrutural. (ISOALFA, 2022).

Segundo Souza (2009), a composição desse traço faz com que a argamassa seja considerada estrutural ou até mesmo um microconcreto, dada sua função de solidarizarão do sistema. Esse traço pode variar conforme especificação do projetista estrutural.

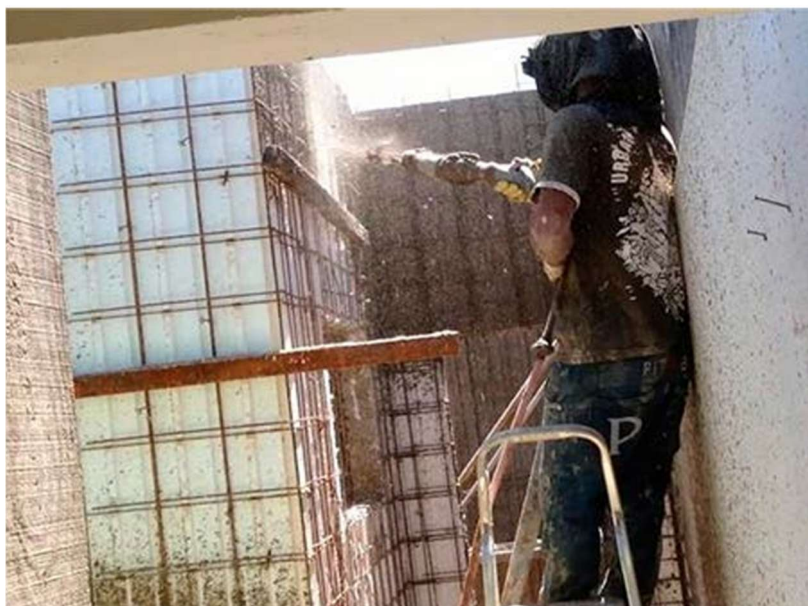
Conforme Alves (2015), o revestimento pode ser de caráter industrial e sua execução ocorre em duas camadas, aplicadas preferencialmente com projetores pneumáticos, embora também seja possível utilizar a colher de pedreiro. O autor destaca que a projeção mecanizada confere maior produtividade e qualidade ao processo, características desejáveis em sistemas que dependem do revestimento para o desempenho estrutural. A projeção deve sempre iniciar de baixo para cima, sendo que a espessura final de 3,5 cm é atingida em sucessivas camadas, cada uma com no mínimo 0,5 cm e no máximo 2,0 cm, evitando excessos e retrabalhos (TECHNE, 2012).

Segundo Duarte e Carneiro (2015), o chapisco, deve preencher a superfície do EPS até o nivelamento com a tela de aço. Alves (2015) reforça que esta aplicação deve ser feita em ambas as faces do painel, a fim de evitar retrações diferenciais que possam comprometer a integridade da parede. Lueble (2004) complementa que, após a secagem dessa primeira camada, os painéis passam a apresentar comportamento autoportante, permitindo a retirada das escoras.

Duarte e Carneiro (2015) complementam que, após o chapisco, aplica-se a segunda camada de argamassa, com aproximadamente 2,0 cm, garantindo o recobrimento integral da malha de aço. Para controle da espessura, utilizam-se mestras ou taliscamento, que delimitam as áreas de projeção e orientam o sarrafeamento com régua de alumínio. As mestras devem estar alinhadas e apuradas para assegurar acabamento uniforme e espessura mínima.

Após a aplicação, realiza-se o sarrafeamento no sentido vertical, de baixo para cima, com o objetivo de retirar excessos e promover a regularização inicial da superfície. Havendo falhas, a projeção deve ser refeita até atingir homogeneidade. A cura úmida é indispensável, devendo as paredes ser irrigadas por, no mínimo, três dias consecutivos, reduzindo o risco de fissuras por retração. (ISOALFA, 2022). A Figura 23 demonstra a aplicação da primeira camada com uso de projeção mecanizada.

Figura 23 - Painéis monolíticos de EPS executados



Fonte: Kingspan (2022)

5.6.3.8 LAJES

A laje recomendada para o sistema é a pré-fabricada treliçada com elementos de enchimento em EPS, podendo ser unidirecional ou bidirecional, conforme as necessidades do projeto. Esse tipo de solução permite a distribuição uniforme das cargas sobre todas as paredes, garantindo compatibilidade com o comportamento estrutural dos painéis. As especificações e os dimensionamentos devem obedecer rigorosamente ao projeto estrutural, sendo usualmente indicada a execução de, no máximo, duas lajes consecutivas, sem a necessidade de inserção de estruturas auxiliares adicionais, como vigas ou pilares intermediários. (ISOALFA, 2023)

5.6.3.9 ACABAMENTO

Os painéis monolíticos em EPS apresentam versatilidade quanto à aplicação de revestimentos, podendo receber acabamentos semelhantes aos empregados em sistemas construtivos convencionais. Sobre sua superfície, é possível aplicar diferentes tipos de texturas e molduras, garantindo liberdade arquitetônica e estética sem comprometer o desempenho estrutural do conjunto.

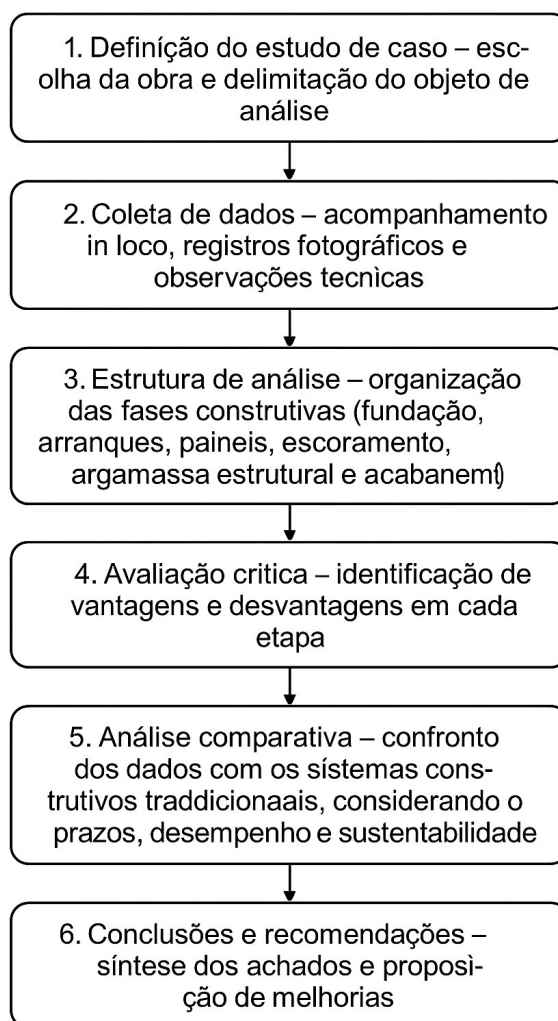
6 METODOLOGIA

O presente trabalho adota uma abordagem metodológica de estudo de caso, voltada à análise prática da aplicação do sistema construtivo com painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS) em uma residência unifamiliar de alto padrão, com área construída de 339,23 m², localizada no Condomínio Atlante Ville, em Intermares, município de Cabedelo-PB.

O estudo busca descrever de forma detalhada o processo construtivo, identificar vantagens e limitações observadas na execução e estabelecer comparações com métodos convencionais de construção em concreto armado e alvenaria de vedação, tradicionalmente empregados no contexto brasileiro.

A metodologia adotada neste trabalho foi estruturada de modo a garantir uma análise sistemática e organizada do processo construtivo com painéis monolíticos de poliestireno expandido (EPS). Para facilitar a compreensão do percurso metodológico, elaborou-se um fluxograma que sintetiza as etapas de desenvolvimento do estudo, desde a coleta de dados até a análise comparativa final (Figura 24). Esse recurso permite visualizar de forma clara a sequência lógica adotada na pesquisa.

Figura 24: Fluxograma das etapas metodológicas do estudo



Fonte: Autoral.

6.1 COLETA DE DADOS

A coleta de dados foi realizada por meio de acompanhamento direto da obra, com registros sistemáticos em diário de campo e documentação fotográfica de todas as etapas do processo construtivo. Foram observados aspectos técnicos e operacionais relacionados a:

- Posicionamento e fixação dos painéis;
- Sistemas de escoramento e amarração das telas de aço;

- Aplicação da argamassa estrutural;
- Etapas de acabamento.

Paralelamente, foram registradas informações referentes à mão de obra empregada, equipamentos utilizados, tempo de execução e dificuldades operacionais encontradas, possibilitando a identificação de impactos diretos sobre o andamento da obra.

6.2 ESTRUTURA DE ANÁLISE

Essa estrutura permite uma análise detalhada de cada fase do processo construtivo, destacando os pontos fortes do sistema monolítico em EPS, bem como aspectos que exigem atenção especial durante a execução.

O processo construtivo foi organizado em etapas sequenciais, contemplando:

1. Execução da fundação;
2. Arranques estruturais;
3. Posicionamento dos painéis;
4. Escoramento e amarração;
5. Aplicação da argamassa estrutural;
6. Execução dos acabamentos.

Para cada etapa, foram sistematicamente apresentadas:

- Descrição técnica do procedimento;
- Vantagens observadas na prática de execução;
- Desvantagens ou limitações identificadas no acompanhamento.

Essa estrutura possibilitou uma análise detalhada e comparativa das fases do processo construtivo, evidenciando os pontos fortes e as principais restrições do sistema monolítico em EPS.

6.3 ANÁLISE COMPARATIVA

As informações coletadas foram confrontadas com práticas usuais de sistemas construtivos convencionais em concreto armado e alvenaria, considerando parâmetros de desempenho como prazo, eficiência produtiva, sustentabilidade ambiental e qualidade final da obra.

Essa análise comparativa buscou não apenas avaliar a eficiência e aplicabilidade do sistema em EPS, mas também fornecer subsídios para a identificação de potenciais melhorias e para a formulação de recomendações práticas voltadas à sua adoção em empreendimentos similares.

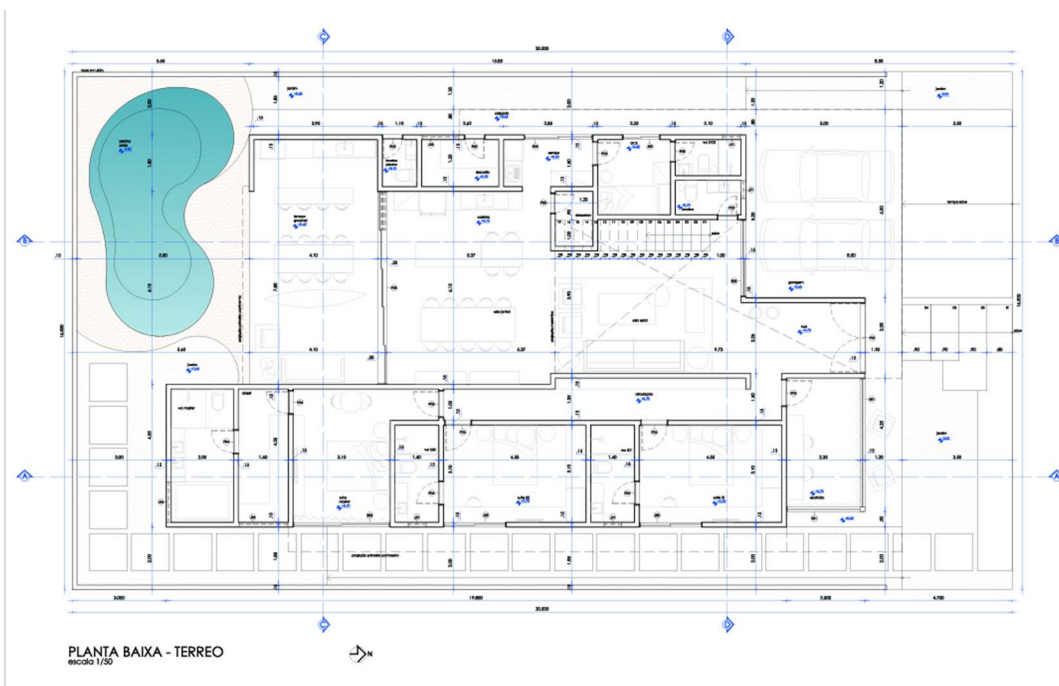
7 ESTUDO DE CASO

A seguir será descrito o estudo de caso fruto desse trabalho. Inicialmente serão abordadas as especificidades dos projetos arquitetônicos e estruturais da edificação estudada, em seguida será descrito o processo construtivo, apontando quais foram as principais vantagens e desvantagens no emprego da solução construtiva adotada.

7.1 PROJETO ARQUITETÔNICO

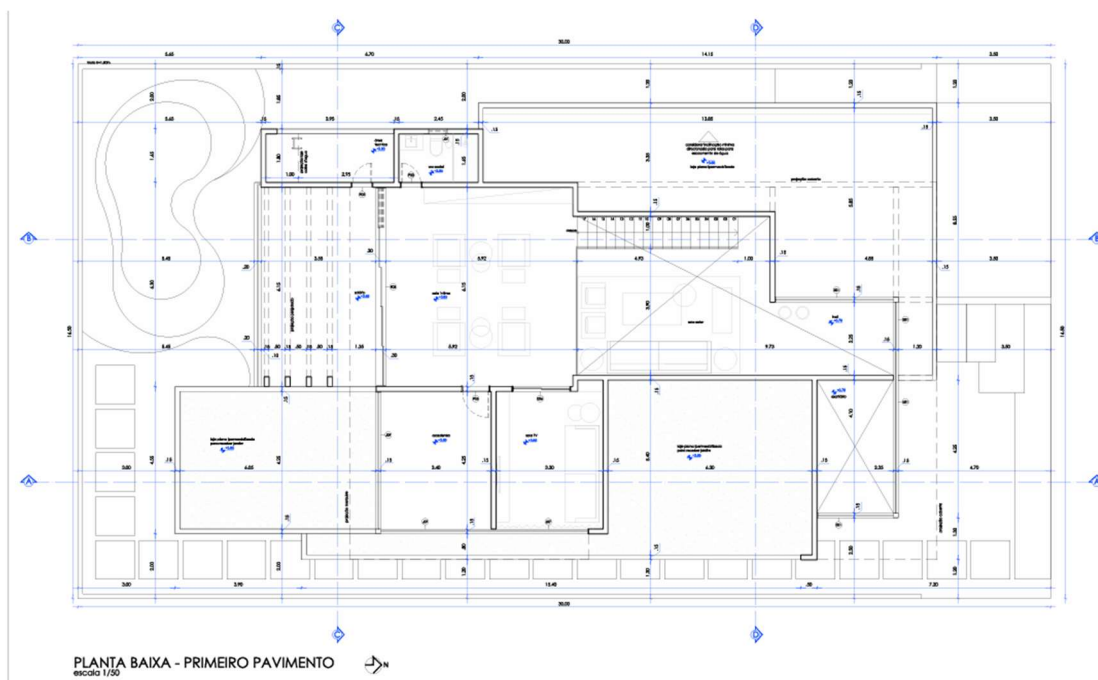
O projeto arquitetônico da residência estudada foi aprovado pela Prefeitura Municipal de Cabedelo/PB em 2022. A edificação está implantada em um lote de 495 m², no loteamento Atlante Ville, apresentando uma área construída total de 339,23 m², distribuída entre 262,67 m² no pavimento térreo (Figura 25) e 76,56 m² no pavimento superior (Figura 26). Além disso, o projeto contempla 277,94 m² de área de cobertura (Figura 27) e 68 m² de área permeável, resultando em um índice de aproveitamento de 0,68 e taxa de ocupação de 53,06%. Os projetos completos da residência seguem em anexo.

Figura 25: Planta baixa do térreo.



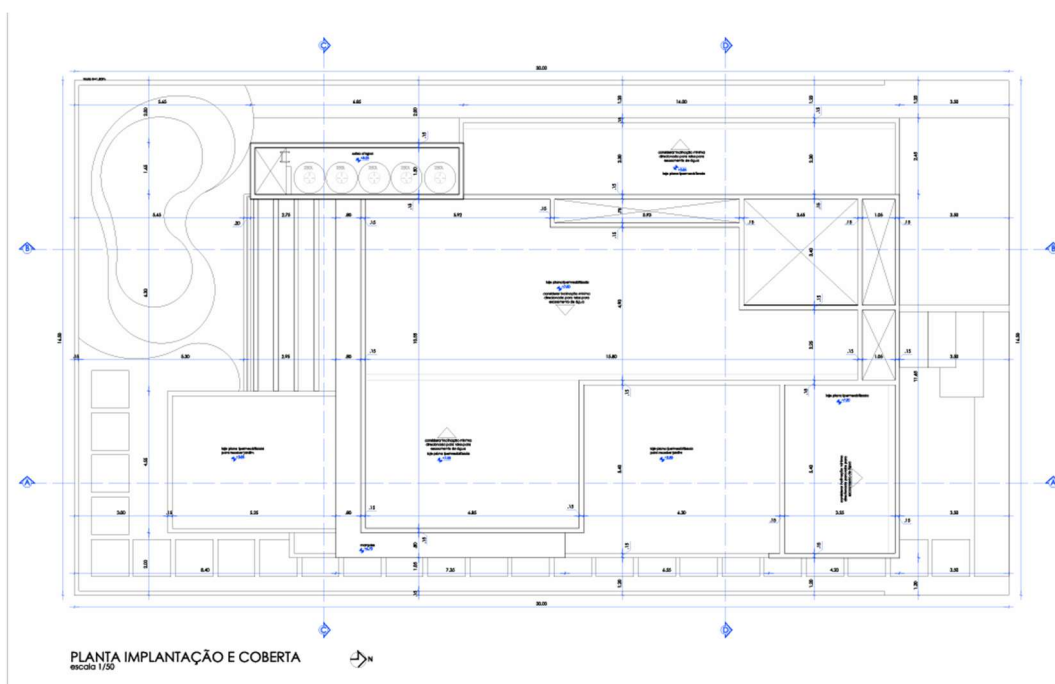
Fonte: Projeto arquitetônico.

Figura 26: Planta baixa do 1º pavimento



Fonte: Projeto arquitetônico.

Figura 27: Planta baixa da cobertura.



Fonte: Projeto arquitetônico.

O pavimento térreo concentra a maior parte dos ambientes da residência, organizando áreas sociais, de lazer, serviços e parte da área íntima. Entre os espaços sociais, destacam-se a sala de estar e o escritório, ambos projetados com pé-direito duplo de 6 metros, que proporcionam maior amplitude, favorecem a iluminação natural e conferem imponência ao projeto.

Além disso, encontram-se a sala de jantar, terraço gourmet, lavabo da piscina, depósito, área de serviço, despensa, dependência completa de empregada (DCE) com banheiro, lavabo, hall de entrada e circulação. Na área íntima do mesmo pavimento, estão dispostas três suítes: a suíte filha com banheiro, a suíte filho com banheiro e a suíte master, que também conta com banheiro privativo.

O pavimento superior foi concebido para ampliar os espaços de convivência e atividades de lazer e descanso. Nesse nível, estão localizados a sala íntima, a academia, a sala de TV e um solário, que se integra à área externa e permite maior aproveitamento de iluminação e ventilação naturais. Essa distribuição reforça a setorização do projeto, garantindo privacidade aos espaços íntimos do térreo e maior flexibilidade de uso nas áreas superiores.

Do ponto de vista arquitetônico, o projeto apresenta soluções que privilegiam tanto a funcionalidade quanto o conforto dos moradores. A setorização clara diferencia áreas sociais, de serviços e íntimas, ao mesmo tempo em que promove integração entre os ambientes de convivência. As aberturas amplas e a presença de varandas favorecem iluminação e ventilação naturais, enquanto os ambientes com pé-direito duplo de 6 metros conferem maior qualidade espacial e conforto ambiental.

7.1.1 ESPECIFICIDADES ARQUITETÔNICAS E CONDICIONANTES ESTRUTURAIS

A análise do estudo de caso considera algumas especificidades arquitetônicas que impactaram diretamente no processo construtivo. Entre elas, destacam-se a presença de um vão superior a 6,15 metros de comprimento na sala de jantar e 7,80 metros no terraço gourmet, o que impôs a necessidade de uma solução estrutural mista entre painéis monolíticos em poliestireno expandido (EPS) e estrutura de concreto armado convencional para garantir a estabilidade da edificação. Outro aspecto foi a descontinuidade de paredes entre o térreo e o primeiro pavimento, que gerou concentrações de esforços incompatíveis com a adoção exclusiva dos painéis monolíticos de EPS.

Adicionalmente, determinados elementos das fachadas norte e sul apresentaram particularidades construtivas que demandaram soluções mistas. Essas condições inviabilizaram a utilização integral do sistema monolítico, levando à adoção de uma estrutura mista, combinando painéis de EPS e elementos de concreto armado. Essa solução evidenciou a necessidade de compatibilização entre as demandas arquitetônicas e as capacidades técnicas do sistema construtivo.

7.1.2 CONDIÇÕES DO TERRENO E FUNDAÇÕES

Outro fator determinante foi o resultado do ensaio de sondagem do solo, que indicou a necessidade de melhoramento do terreno antes da execução das fundações. Essa etapa foi indispensável para garantir a capacidade de suporte adequada e evitar recalques diferenciais, que poderiam comprometer a estabilidade tanto das paredes executadas em EPS quanto dos elementos de concreto armado.

Embora o sistema monolítico geralmente apresente como uma vantagem ter um menor peso em relação aos métodos convencionais, sua estabilidade depende

diretamente de uma fundação corretamente dimensionada e de um solo devidamente preparado. Dessa forma, o desempenho final da edificação resulta da combinação entre o processo construtivo e as condições geotécnicas que o sustentam.

7.2 PROJETO ESTRUTURAL

Por se tratar de uma solução mista, a análise do projeto será dividida em duas etapas: Projeto de Fundação e estrutura de concreto armado; e projeto de painéis monolíticos em EPS.

7.2.1 PROJETO DE FUNDAÇÃO E ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO.

A fundação da residência foi concebida a partir de uma solução mista, integrando sapatas isoladas, estacas de melhoramento e radier, de modo a atender tanto às especificidades arquitetônicas quanto às exigências estruturais e geotécnicas da edificação. O sistema foi dimensionado considerando os resultados do ensaio de sondagem, que indicaram a necessidade de reforço do solo para garantir capacidade de suporte adequada e minimizar o risco de recalques diferenciais. O projeto das fundações está disponível no Anexo A.

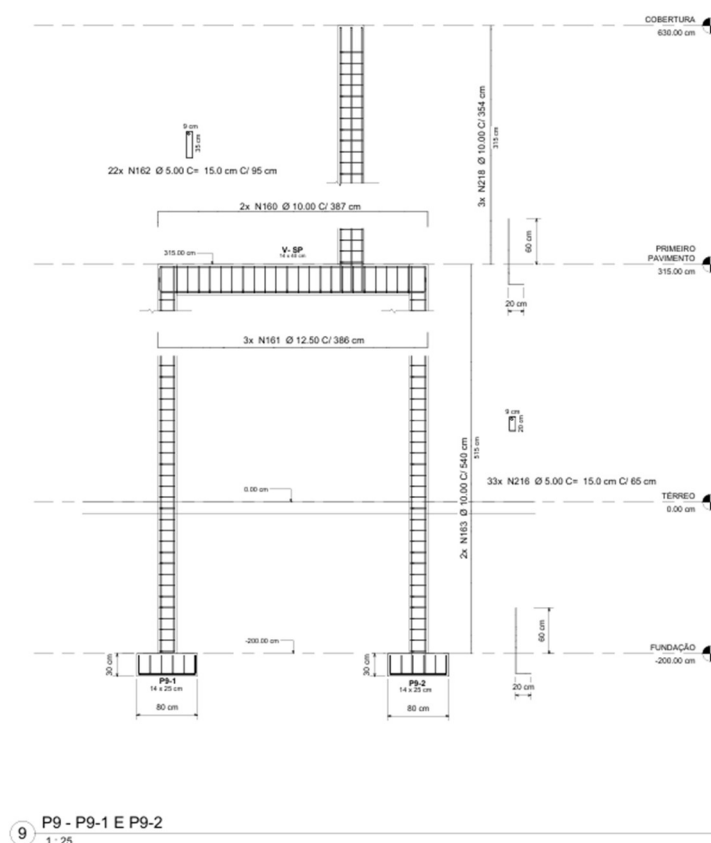
Inicialmente, foi executada uma camada de 80 cm de aterro compactado mecanicamente, em etapas sucessivas de 20 cm de espessura. A compactação foi realizada com o uso de um compactador manual de 20 kg, assegurando maior densidade e homogeneidade do terreno de apoio antes da implantação das fundações. Essa etapa será melhor demonstrada no processo construtivo.

Sob essa base reforçada, foram executadas 12 sapatas isoladas, todas com geometria quadrada e cota de escavação de -2,00 m em relação ao nível 0,00 m da rua. Essas sapatas foram organizadas em três conjuntos principais. O primeiro, localizado na região da garagem e do escritório, é composto pelas sapatas SPT P01, P02, P03, P04 e P05, com dimensões de 1,00 m x 1,00 m x 0,30 m, e pela sapata PC01, com dimensões de 0,80 m x 0,80 m x 0,30 m. O segundo conjunto, situado na área do terraço gourmet, abrange as sapatas SPT P07, P08, P10 e P11, todas com 0,80 m x 0,80 m x 0,30 m. Já o terceiro conjunto, disposto sob a área da academia,

reúne as sapatas SPT P06, P09-1 e P09-2, também com 0,80 m x 0,80 m x 0,30 m. O detalhe da viga de transição pode ser observado na Figura 28.

Essas sapatas foram interligadas por vigas baldrame, que desempenham a função de redistribuir os esforços e promover maior estabilidade ao sistema. Entre os pilares P09-1 e P09-2 foi projetada ainda uma viga de transição, elemento essencial para servir de base ao surgimento de um pilar no primeiro pavimento, localizado na área da academia, compatibilizando as necessidades arquitetônicas e estruturais da obra.

Figura 28: Viga de transição Pilar P09-1 e P09-2



Fonte: Projeto Estrutural.

Em complemento às sapatas, foram executadas 23 estacas de melhoramento do solo, cada uma com 32 cm de diâmetro e 3 m de profundidade. Essas estacas tiveram como função reforçar a capacidade de suporte do terreno, uniformizar a resposta do solo e reduzir o risco de deformações diferenciais na fundação.

Por fim, a solução foi completada com a execução de um radier de 15 cm de espessura e área total de 231 m², que atua como fundação superficial integrada, colaborando para a distribuição uniforme das cargas sobre o solo já melhorado e mostrando-se compatível com a leveza característica das paredes em painéis monolíticos de EPS.

Portanto, a fundação da residência representa uma solução híbrida, que combina técnicas tradicionais em concreto armado com as especificidades do sistema monolítico em EPS.

Outro ponto interessante a comentar sobre o projeto, diz respeito ao tipo de laje escolhida para a execução. Essa obra contou com a execução de lajes pré-moldadas com uso de trilhos protendidos.

As lajes protendidas pré-moldadas são constituídas por nervuras pré-fabricadas em concreto protendido (vigotas) associadas a elementos de enchimento, que podem ser de concreto, cerâmica ou poliestireno expandido (EPS). Após a montagem das vigotas, dos elementos de enchimento e da armadura de distribuição, completa-se a nervura com a concretagem da capa de compressão em concreto C25.

Do ponto de vista estrutural, o comportamento da laje protendida pré-fabricada é semelhante ao de uma laje armada unidirecional. Inicialmente, as vigotas protendidas atuam como os únicos elementos resistentes, suportando, desde a fase de montagem até a cura do concreto de capeamento, todas as cargas da própria laje — incluindo vigotas, enchimentos, armaduras complementares e a própria capa de concreto — além das sobrecargas decorrentes da execução.

A Figura 29, demonstra a resistência das vigotas antes e depois da cura do concreto, bem como exemplifica como se comporta o Momento resistente último (MRU), que é a capacidade máxima de um elemento estrutural resistir a um momento fletor, nessas duas fases.

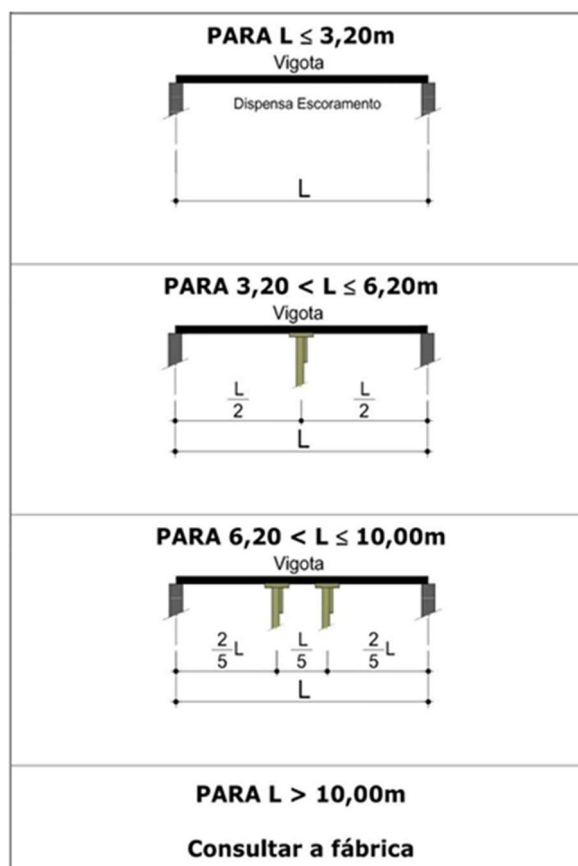
Figura 29: Resistência das vigotas antes e depois da cura do concreto de capeamento.



Fonte: Manual de laje protendida, 2020.

Essas vigotas podem suportar o carregamento da fase executiva sem o auxílio de escoramento ou, em caso de vãos maiores, o escoramento deve seguir as regras da figura 30, onde L é o tamanho do vão.

Figura 30: Condições de escoramento das lajes protendidas

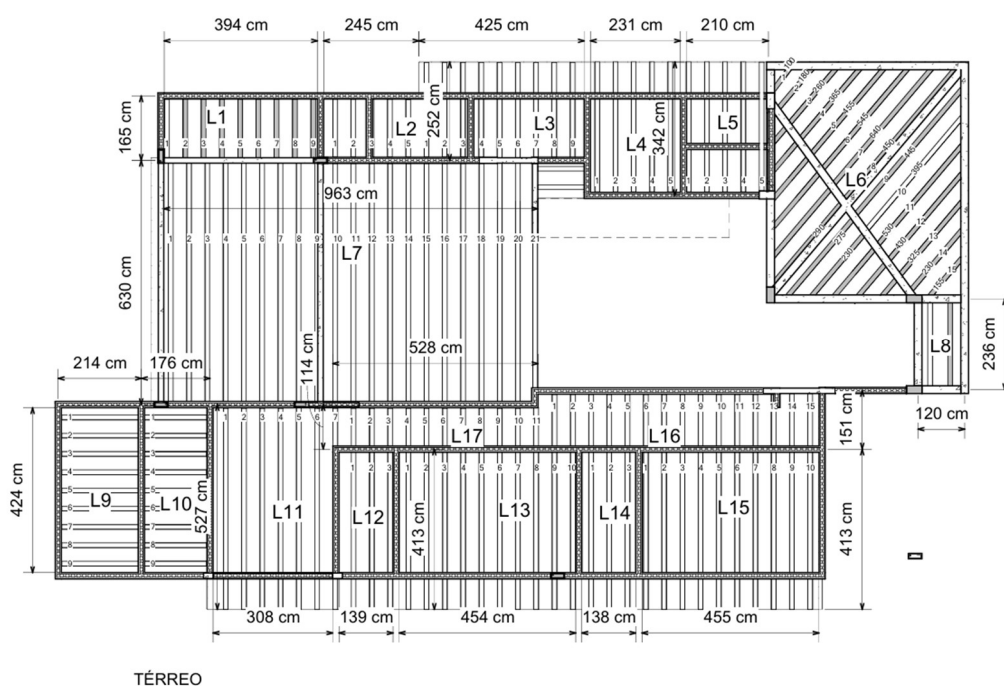


Fonte: Manual de laje protendida, 2020.

Após a cura do concreto de capeamento, a seção resistente da laje passa a ser formada pelas nervuras compostas, resultantes da união do concreto das vigotas protendidas com a capa de compressão. Assim, as vigotas são dimensionadas para resistir às cargas da fase construtiva, podendo em alguns casos dispensar escoramento. No entanto, em situações de vãos maiores ou lajes com maior peso próprio, recomenda-se o uso de escoramento provisório, que deve ser instalado antes da montagem das vigotas, conforme normas e recomendações técnicas específicas. (MANUAL de laje protendida. [s. n.], 2020)

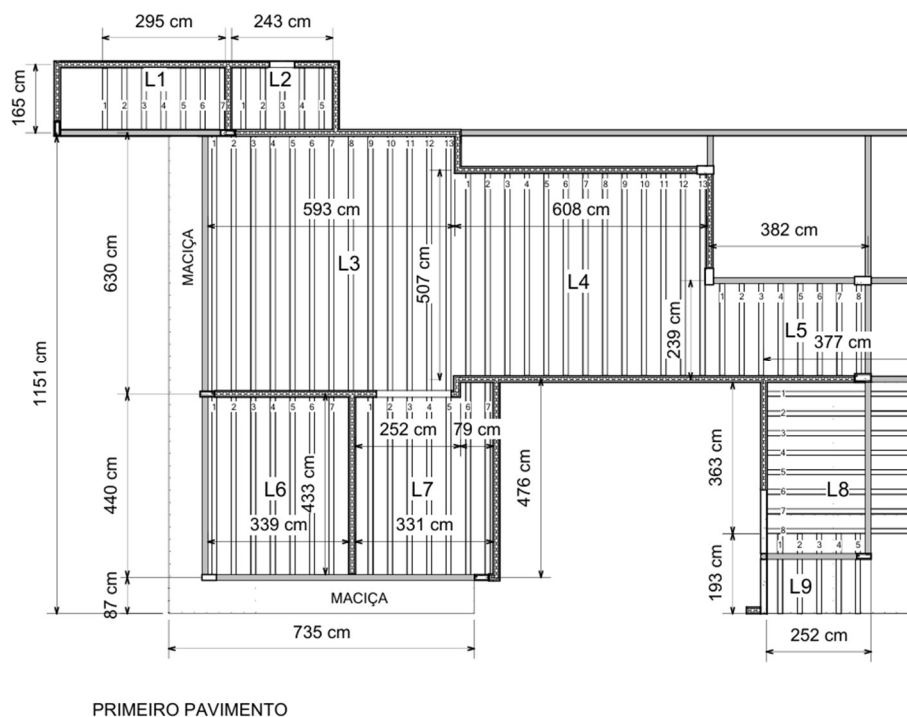
A seguir, estão descritas as disposições das lajes do térreo (Figura 31) e do primeiro pavimento (Figura 32).

Figura 31: Disposição das lajes do Térreo.



Fonte: Projeto Estrutural

Figura 32: Disposição das lajes do primeiro pavimento



Fonte: Projeto Estrutural.

7.2.2 PROJETO DE PAINÉIS MONOLÍTICOS EM EPS

O projeto previu a utilização exclusiva de painéis monolíticos em EPS com função estrutural, fornecidos em módulos de 2,00 m de largura por 3,15 m de altura pela fornecedora EPS BRASIL. Cada painel possui núcleo de EPS com 8 cm de espessura, revestido por argamassa estrutural de 3,5 cm em ambas as faces. As telas metálicas utilizadas são confeccionadas em aço galvanizado, com malha de 15 x 15 cm, o que garante maior resistência à corrosão e contribui para a durabilidade do sistema. Tal escolha justifica-se pela obra ser executada em um ambiente litorâneo, com alta incidência de maresia.

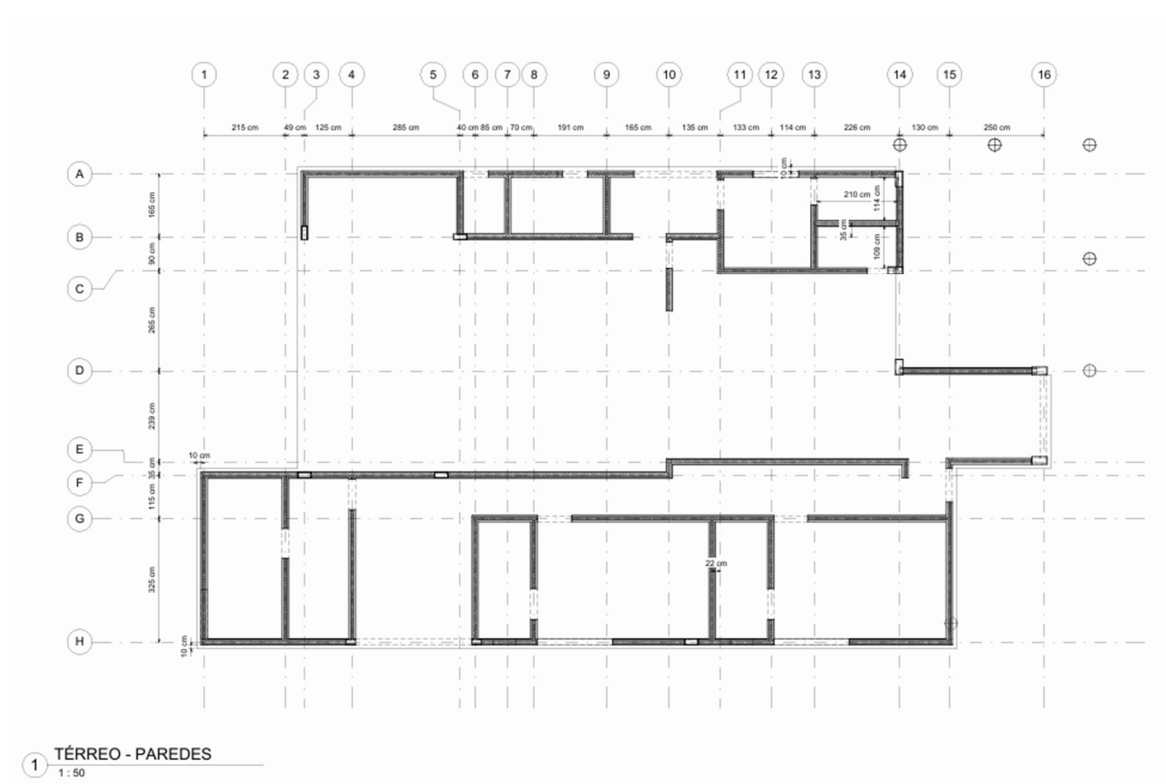
A tabela 3 especifica as proporções indicadas pelo calculista para fabricação da argamassa estrutural.

Tabela 3: Traço da argamassa estrutural	
COMPONENTE	QUANTIDADE
Cimento Portland	50 kg
Areia (granulometria média)	150 kg
Fibra de polipropileno	200 g
Aditivo monomassa pro	400 ml

Fonte: Autoral

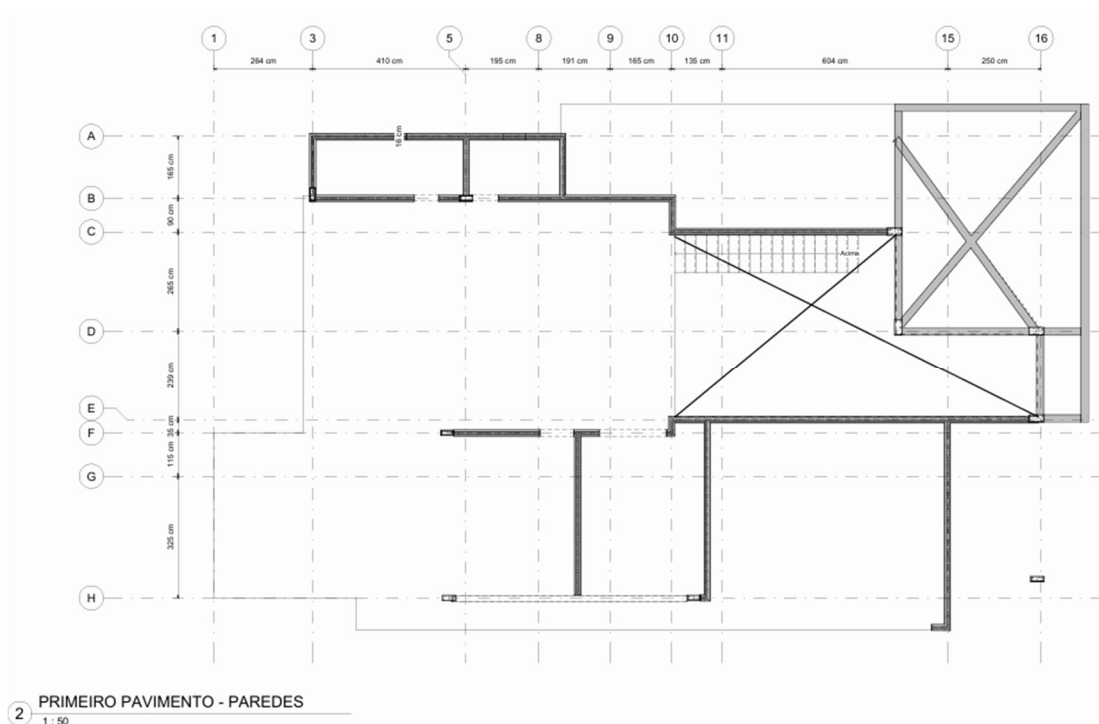
Um dos aspectos mais relevantes previstos no projeto foi a definição dos eixos de locação dos painéis (Figuras 33, 34), e a disposição das barras de ancoragem (Figura 35), fundamentais para assegurar a precisão geométrica e o correto posicionamento durante a execução. Esses eixos serviram como referência para o alinhamento em planta e em elevação, garantindo compatibilidade entre os painéis de EPS e o projeto arquitetônico e estrutural, além de facilitar o processo de montagem em obra.

Figura 33: Projeto estrutural dos painéis monolíticos em EPS.



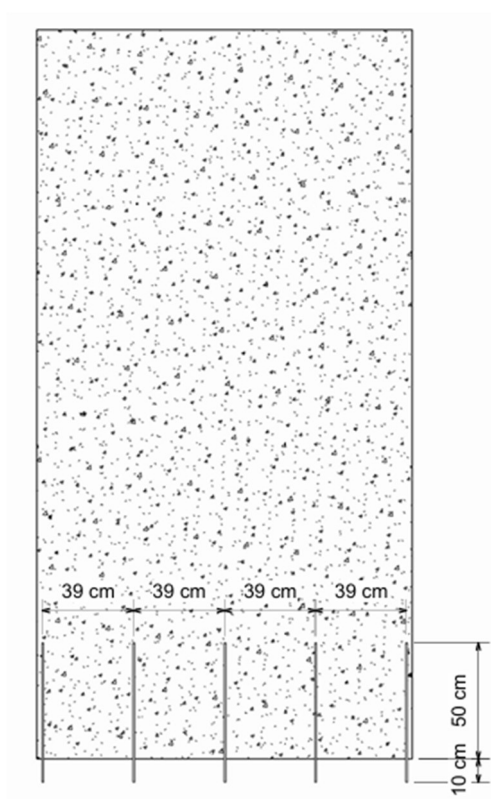
Fonte: Projeto Estrutural

Figura 34: Projeto estrutural dos painéis monolíticos em EPS.



Fonte: Projeto Estrutural.

Figura 35: Disposição das barras de fixação.

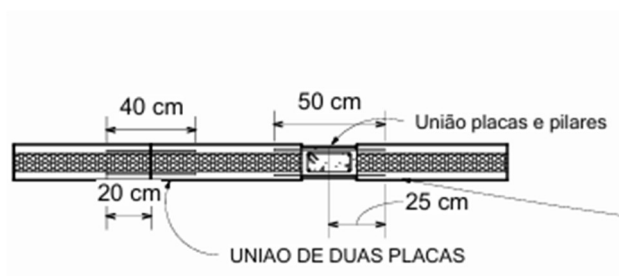


Fonte: Projeto estrutural.

Associado a isso, o projeto detalhou os reforços estruturais necessários. Entre eles, destacam-se as vergas e contravergas em aberturas de portas e janelas (Figura 37), o reforço no topo dos painéis para o correto apoio das vigotas da laje (Figura 39), e os procedimentos de união entre módulos por meio da sobreposição e amarração das telas de aço com arame recozido (Figura 36 e 38). Na união entre os pilares e as placas, foram previstos reforços feitos com as próprias telas das placas com entrada mínima de 20 cm de cada lado. Esses cuidados asseguraram continuidade estrutural, estabilidade global e prevenção de fissuras localizadas.

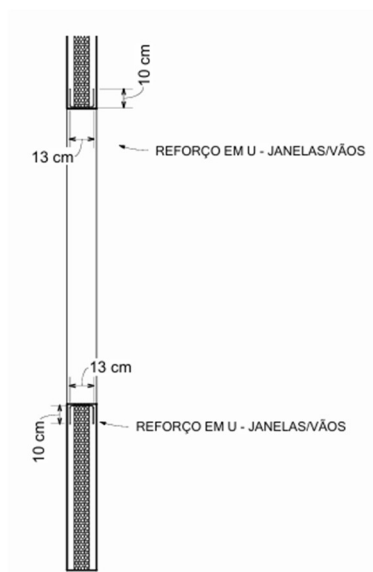
Por fim, estabeleceu-se que, em pontos específicos, seria necessária a integração dos painéis de EPS com elementos de concreto armado (Figura 36), como pilares e vigas, garantindo a transferência eficiente de esforços e a solidarização entre os sistemas.

Figura 36: Detalhe de reforço nos encontros de pilares e painéis.



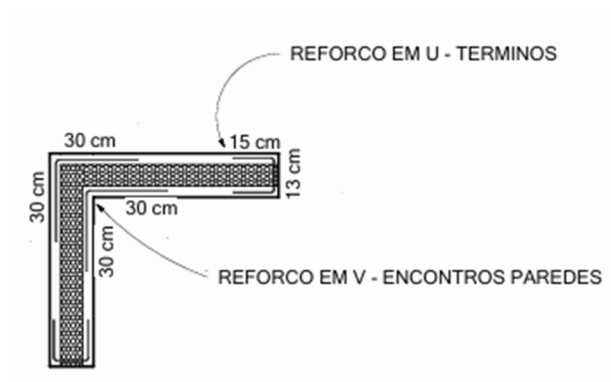
Fonte: Projeto estrutural.

Figura 37: Reforços de abertura de portas e janelas.



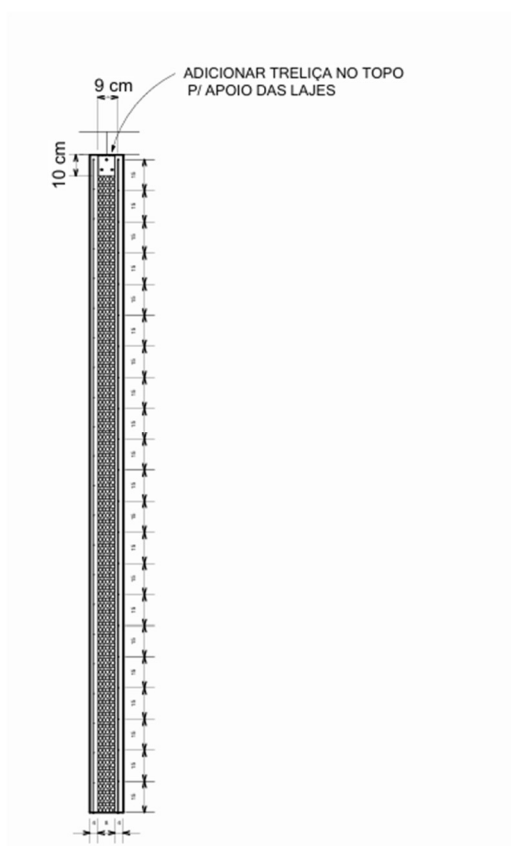
Fonte: Projeto Estrutural

Figura 38: Detalhe dos reforços de encontro de painéis perpendiculares.



Fonte: Projeto Estrutural

Figura 39: Reforço no topo do painel.



Fonte: Projeto Estrutural

Complementarmente, foram definidos critérios de execução rigorosos, como a manutenção do escoramento por, no mínimo, 28 dias após a concretagem das lajes e a realização de cura úmida das argamassas por sete dias consecutivos, com molhagens diárias, práticas indispensáveis para a resistência e a durabilidade da estrutura.

7.3 O PROCESSO CONSTRUTIVO

A equipe definida para a execução da estrutura inicialmente contou com 3 pedreiros e 3 ajudantes, sendo executada em 6 meses. Essa premissa foi um dos fatores que fizeram com que o proprietário optar pelo sistema.

7.3.1 LIMPEZA DO TERRENO E FUNDAÇÃO

A execução da residência iniciou-se com a limpeza do terreno e implantação do gabarito, etapa em que foram demarcados os eixos correspondentes às sapatas e às estacas de melhoramento de solo previstos no projeto estrutural. O solo foi melhorado por meio de aterro compactado em camadas sucessivas de 20 cm, totalizando 80 cm de espessura, como pode ser visto na Figura 40. Cada camada foi devidamente adensada com equipamento mecânico, garantindo uniformidade e resistência adequadas para o recebimento das fundações.

Em paralelo à execução do aterro e da compactação foi realizado o corte e a dobra do aço destinado às fundações (Figura 41). Esse serviço foi conduzido diretamente no canteiro de obras.

Figura 40: Execução de gabarito e compactação do melhoramento de solo.



Fonte: Autoral.

Figura 41: Aço das fundações cortado e dobrado in loco.



Fonte: Autoral

Concluído o preparo inicial, procederam-se às marcações das escavações das sapatas e estacas de melhoramento, figura 45. Devido à ausência de terreno de apoio que possibilitasse o depósito imediato do material retirado, optou-se por dividir a execução das escavações em três etapas, assegurando espaço suficiente para a movimentação e manejo adequado do solo e do aço pelo terreno. A figura 46 mostra a disposição do material no terreno após a escavação, evidenciando o problema logístico devido à disposição desse material.

Na sequência, foram executadas as concretagens das estacas, das sapatas, dos arranques dos pilares e das vigas baldrame que interligam os blocos de fundação, descritos nas figuras 42,43 e 44. Após essa etapa, as valas foram reaterradas com material compactado, deixando a superfície regularizada e pronta para a execução do radier.

Figura 42: Concretagem das sapatas.



Fonte: Autoral

Figura 43: Concretagem dos arranques dos pilares.



Fonte: Autoral

Figura 44: Concretagem das vigas baldrame.



Fonte: Autoral

Figura 45: Execução das estacas de melhoria de solo.



Fonte: Autoral

Figura 46: Disposição do material durante o processo de escavação.



Fonte: Autoral.

Sobre o terreno preparado, conforme a Figura 47, aplicou-se uma camada de brita drenante de 8 cm, recoberta por lona plástica. Nessa base foram montadas as armações positivas e negativas do radier, de acordo com a Figura 48. Durante essa fase, foram identificadas incompatibilidades nos projetos hidrossanitários, o que levou à decisão de dividir a concretagem do radier em duas etapas.

As áreas que continham às instalações hidrossanitárias foram concretadas após a validação das soluções de projeto, assegurando a correta integração entre os sistemas estruturais e hidrossanitários. O processo de preparação dessa segunda etapa pode ser observado nas figuras 49, 50 e 51.

Figura 47: Execução da forma do radier.



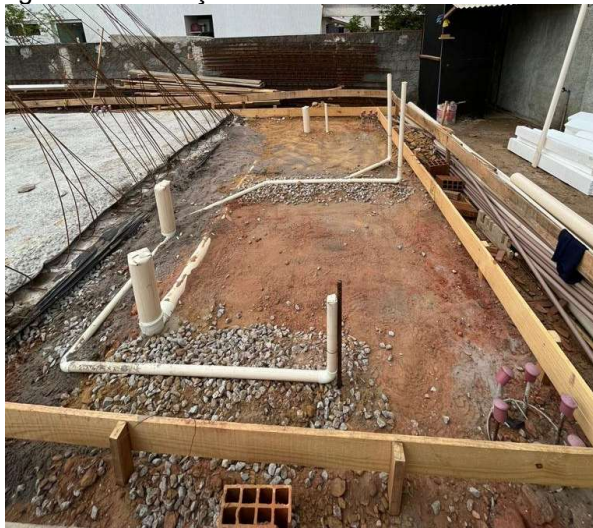
Fonte: Autoral.

Figura 48: Execução do radier.



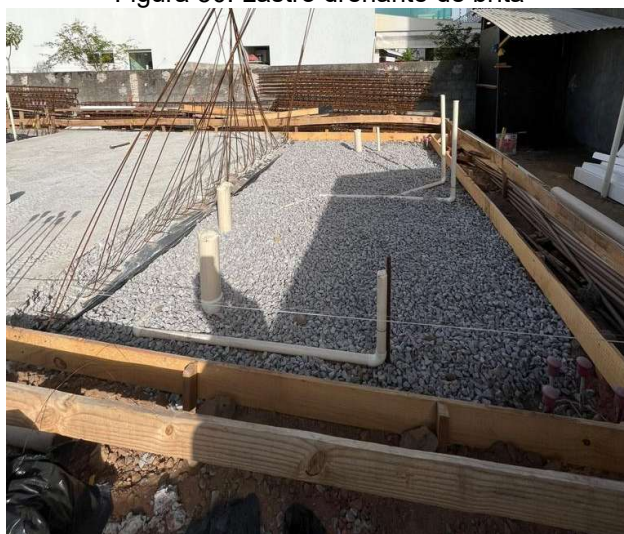
Fonte: Autoral.

Figura 49: Instalações hidrossanitárias sob o Radier.



Fonte: Autoral (2022).

Figura 50: Lastro drenante de brita



Fonte: Autoral (2022)

Figura 51: Concretagem do radier.



Fonte: Autoral (2022)

7.3.1.1 DESVANTAGENS IDENTIFICADAS:

- A solução necessária para atender as especificidades arquitetônicas e geotécnicas descaracterizou a simplicidade da execução radier, tornando o processo de fundação mais complexo e com maior número de etapas construtivas.
- O tempo de execução foi elevado, com duração de aproximadamente dois meses e meio, sendo 2 meses executando as etapas predecessoras ao radier.
- Ocorreram problemas de compatibilização entre os projetos, especialmente no sistema hidrossanitário, o que exigiu adaptações em obra e atrasou o cronograma.
- A logística do aço não foi otimizada, pois o corte e a dobra foram realizados em obra, aumentando o tempo de execução e a necessidade de espaço no canteiro, que não contava com terreno de apoio.

7.3.2 MONTAGEM DO SISTEMA DE PAINÉIS MONOLÍTICOS EM EPS NO TÉRREO

Com o radier concluído, iniciou-se a montagem dos painéis monolíticos em EPS. O processo teve início com a locação das peças entre as barras de ancoragem previamente fixadas na fundação, assegurando o vínculo entre a base e os elementos verticais. O processo pode ser observado na Figura 52.

Figura 52: Fixação dos painéis nas barras de ancoragem.



Fonte: Autoral.

Após essa etapa, procedeu-se à instalação das telas de reforço nos encontros paralelos e perpendiculares entre os painéis, bem como as aberturas de portas e janelas, seguidas da instalação dos reforços de canto e da colocação das armações de vergas e contravergas, responsáveis pela redistribuição dos esforços ao redor dos vãos.

Inicialmente, por falta de habilidade os colaboradores tiveram dificuldades para o travamento dos painéis em prumo. Inicialmente a solução contava apenas com barrotes simples para travamento, porém com a ação do vento essa fixação se mostrou ineficiente, sendo trocada por uma solução mais robusta envolvendo barrotes, treliças e escoras de muro. As treliças posteriormente foram utilizadas nos reforços superiores dos painéis.

Na sequência, definida a solução de escoramento, executou-se o escoramento provisório e a conferência de prumo, garantindo o correto alinhamento vertical e a estabilidade inicial dos módulos. O processo pode ser observado nas Figuras 53, 54 e 55.

Figura 53: Locação dos painéis e alinhamento.



Fonte: Autoral

Figura 54: Conferência do prumo do painel.



Fonte: Autoral

Figura 55: Parede locada e aprumada.



Fonte: Autoral.

Em paralelo, foram produzidos e posicionados os pilares de concreto armado (Figura 57) previstos no projeto estrutural, integrados aos painéis por meio de telas de reforço (Figura 56) que asseguraram a continuidade entre as armaduras convencionais e as malhas de aço galvanizado dos painéis.

Figura 56: Reforço em U de abertura, tela de canto e verga de porta.



Fonte: Autoral.

Figura 57: Locação dos pilares e painéis monolíticos em EPS.



Fonte: Autoral

Concluídas essas fases, a estrutura foi estabilizada e preparada para receber as instalações elétricas e hidráulicas, seguidas do revestimento em argamassa estrutural, responsável por consolidar dos módulos e conferir ao sistema o desempenho monolítico estrutural previsto em projeto.

7.3.2.1 VANTAGENS IDENTIFICADAS

- Facilidade de transporte e manuseio dos painéis devido ao baixo peso.
- Rapidez na execução: todos os painéis do pavimento térreo foram posicionados e travados em apenas 8 dias.
- Adaptação às exigências arquitetônicas, permitindo cortes e ajustes precisos para portas, janelas e detalhes de projeto.
- Redução significativa na geração de resíduos, com reaproveitamento dos recortes em outros pontos de montagem da obra.
- Baixo consumo de recursos: uso mínimo de água, pouca energia elétrica e reduzida necessidade de mão de obra.
- Rapidez no processo de aprendizagem da equipe: mesmo sem experiência prévia com o sistema, os trabalhadores se adaptaram de forma ágil à técnica de montagem.

7.3.2.2 DESVANTAGENS IDENTIFICADAS

- O baixo peso dificultou o processo de travamento. Tendo que ser adaptado o sistema de travamento, até obter uma solução ideal. Por se tratar de uma obra em região litorânea, a presença de fortes ventos durante a noite acabava influenciando no travamento em prumo dos painéis.

7.3.3 INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E HIDRÁULICAS NAS PAREDES

Após a execução das aberturas e dos reforços, iniciou-se a etapa de pré-instalações nas paredes, destinada à passagem das tubulações elétricas e hidráulicas. Nesse momento, conduítes e demais infraestruturas foram inseridos nos painéis, preparando-os para o recebimento da argamassa (Figura 58).

Figura 58: instalações elétricas e hidráulicas embutidas.



Fonte: Autoral

A correta execução dessa etapa é de grande importância, pois, no sistema monolítico, a argamassa atua como elemento estrutural. Qualquer corte realizado após sua aplicação comprometeria a integridade das telas metálicas e a continuidade do conjunto, colocando em risco o desempenho da parede. Por essa razão, todas as instalações precisam estar previstas e concluídas antes do revestimento.

Esse fato reforça a necessidade de compatibilização entre os projetos estrutural, elétrico e hidrossanitário. A ausência de coordenação entre essas disciplinas gerou retrabalhos e atrasos no cronograma, já que ajustes posteriores exigiram intervenções em elementos já consolidados estruturalmente. Quando os projetos estão bem integrados, a execução ocorre de forma precisa, sem comprometer a estabilidade do sistema.

Apesar dessa exigência de planejamento rigoroso, o sistema monolítico em EPS oferece vantagens significativas durante a execução das instalações. O material é leve, apresenta baixa densidade e permite cortes simples e rápidos, com uso de soprador térmico (Figura 59), facilitando a abertura de canaletas para o embutimento das tubulações. Esse processo ocorre de forma mais ágil e limpa em comparação à alvenaria convencional, além de reduzir a geração de resíduos e o esforço de mão de obra.

Figura 59: Abertura feita no painel com soprador térmico.



Fonte: Autoral

7.3.3.1 VANTAGENS IDENTIFICADAS

- Facilidade de execução: o EPS é um material leve e de baixa densidade, o que permite cortes simples e rápidos para embutimento das tubulações.
- Agilidade no processo: a passagem das instalações ocorre de forma mais rápida do que em alvenaria convencional, reduzindo o tempo de execução.
- Menor esforço de mão de obra: o corte e o manuseio das canaletas exigem menos esforço físico e ferramentas mais simples.
- Baixa geração de resíduos: o material retirado pode ser reaproveitado em outros pontos da obra, reduzindo entulho a praticamente zero.
- Melhor organização do canteiro: por ser uma etapa obrigatória antes do reboco estrutural, evita improvisos e intervenções posteriores nas paredes.
- Precisão e limpeza: cortes bem definidos favorecem a organização das tubulações, resultando em um acabamento mais regular.

7.3.3.2 DESVANTAGENS IDENTIFICADAS

- Dependência de compatibilização de projetos: qualquer erro ou ausência de coordenação entre projetos elétrico, hidráulico e estrutural pode gerar grandes retrabalhos.
- Restrição a cortes posteriores: após a aplicação da argamassa estrutural, não é possível realizar modificações sem comprometer a integridade da parede.
- Necessidade de planejamento antecipado: exige que todas as definições de pontos de elétrica e hidráulica estejam concluídas antes da execução, o que pode ser um desafio em obras com mudanças de projeto.
- Cuidado técnico na execução: requer mão de obra atenta e minimamente treinada, já que a má execução pode comprometer o desempenho estrutural e funcional do sistema.
- Limitações para futuras adaptações: reformas ou ampliações posteriores podem ser mais complexas devido à natureza monolítica do sistema.

7.3.4 EXECUÇÃO DA ARGAMASSA ESTRUTURAL

Antes da aplicação da argamassa, toda a superfície dos painéis foi chapiscada de forma manual, em ambas as faces, garantindo melhor aderência ao revestimento, como pode ser visto na Figura 60.

Com essa etapa concluída, tornou-se possível remover o escoramento provisório, liberando os painéis para a execução do reboco de forma livre (Figura 61). Paralelamente, foram executados os pilares de concreto armado (Figura 62 e 63) previstos no projeto, integrados aos painéis por meio das telas metálicas de ligação.

Em seguida, foram executadas as mestras dos revestimentos das paredes, assegurando o nivelamento e a espessura final de 3,5 cm em cada face.

Figura 60: Execução de Chapisco



Fonte: Autoral.

Figura 61: Chapisco executado e escoramento removido



Fonte: Autoral.

Figura 62: Execução de formas dos pilares



Fonte: Autoral

Figura 63: Pilares executados e chapisco concluído.



Fonte: Autoral

Embora os painéis possuíssem altura de 3,15 m, o reboco foi executado apenas até a base da laje, como pode ser observado na Figura 63, sendo o excedente removido posteriormente para adequação ao projeto. A aplicação foi realizada manualmente pela equipe presente em obra, opção definida pelo proprietário com o objetivo de manter um custo fixo de mão de obra durante a fase estrutural.

Para atingir a espessura especificada, a argamassa foi aplicada em duas cheias sucessivas. No início, a produtividade da equipe foi reduzida pela falta de experiência com esse tipo de argamassa, cuja trabalhabilidade difere da convencional por atingir o ponto de acabamento mais rapidamente, o que limitava a extensão dos panos de parede que podiam ser preenchidos a cada ciclo.

O preparo da argamassa passou por um controle rigoroso do traço, de forma a garantir a correta proporção entre cimento, areia, fibras e aditivos, evitando falhas de aderência ou perda de resistência. Apesar do maior tempo de execução, a adaptação gradativa da equipe e a realização da cura úmida (Figura 64) por sete dias consecutivos, com molhagens diárias, asseguraram a integridade estrutural das paredes e o desempenho esperado do sistema.

Figura 64: Processo de cura úmida do reboco estrutural



Fonte: Autoral

Concluída essa etapa, com a remoção do excedente de altura e a instalação dos reforços superiores, o pavimento térreo ficou apto para a execução da primeira laje. As figuras 65 e 66 mostram um exemplo das 2 fases do revestimento em um mesmo setor.

Figura 65: Etapa de chapisco do corredor concluída



Fonte: Autoral.

Figura 66: Reboco do corredor concluído e curado.



Fonte: Autoral.

7.3.4.1 VANTAGENS IDENTIFICADAS:

- Custo de mão de obra controlado: a decisão do proprietário de manter a execução manual possibilitou previsibilidade nos custos.
- Desempenho estrutural garantido: mesmo com execução manual, o processo resultou em paredes com resistência adequada após a cura.

7.3.4.2 DESVANTAGENS IDENTIFICADAS:

- Baixa produtividade inicial: a equipe, composta por apenas três pedreiros e quatro ajudantes, não tinha experiência prévia com argamassa estrutural. Essa limitação de mão de obra, somada ao rápido ponto de acabamento do material, restringiu o tamanho dos panos executados por vez e prolongou a execução.
- Aumento significativo do consumo de cimento devido a espessura mínima do reboco estrutural ser 3,5cm de cada lado, maior do que o que seria empregado em paredes de alvenaria nas condições ideais de prumo e alinhamento.
- Execução manual mais lenta: a ausência de projeção mecanizada aumentou o tempo de obra em comparação ao processo industrializado.

A equipe mantida estava subdimensionada para a demanda, ocasionando um atraso na conclusão dessa etapa.

- Dependência de controle rigoroso na execução do traço: variações no traço poderiam comprometer a resistência e a durabilidade do revestimento.
- A qualidade final do reboco entregue apresentou falhas que precisaram ser corrigidas. Paredes fora de prumo, encontros de parede fora de esquadro foram identificadas. Fatores como o travamento ineficiente dos painéis, a execução dos revestimentos de forma aleatória, são determinantes nesses tipos de ocorrência.
- Para correção dos problemas de qualidade identificados, foi necessário o engrosso das mestras de algumas paredes, o que impossibilitou a padronização das espessuras de parede, consequentemente trazendo dificuldades para a execução de portas e janelas. O avanço obtido com a montagem rápida dos painéis foi perdido com essa etapa de correções.

7.3.5 Execução da Laje do térreo.

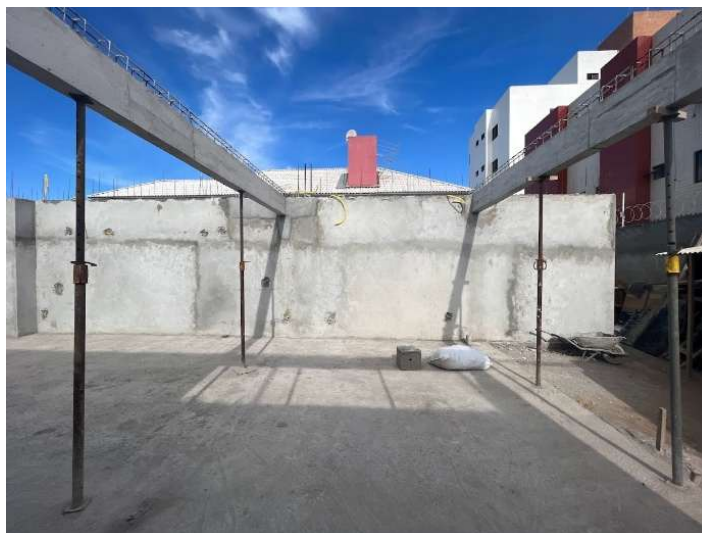
Antes da montagem das lajes, foram executados o grauteamento do reforço com treliça colocado no topo dos painéis e a concretagem das vigas de concreto armado que interligam os pilares deixando as esperas de armaduras devidamente posicionadas para garantir a ancoragem e a continuidade estrutural no recebimento da laje (Figura 68). Essa etapa foi fundamental para assegurar a integração entre os elementos verticais e horizontais da estrutura. Destacando-se a execução das vigas da garagem (Figura 67), que ficaram semi-invertidas (Figura 72) devido a sua altura comprometer a altura necessária para utilização do ambiente.

Figura 67: Detalhe das vigas da garagem.



Fonte: Autoral.

Figura 68: Vigas que interligam os pilares sobre a área do terraço gourmet.



Fonte: Autoral.

A solução adotada para a cobertura fez uso de lajes pré-moldadas com trilhos protendidos e elementos de enchimento em EPS. Embora o custo do trilho protendido tenha sido superior ao do trilho convencional, a escolha se justificou pela redução significativa na necessidade de escoramento. Ambientes com vãos inferiores a 3,20 m não precisaram de faixas de escoramento (Figura 69), ambientes entre 3,20 e 6,20 metros precisaram de apenas uma faixa central (Figura 70), ambientes entre 6,20 e 10 metros de duas faixas centrais (Figura 71).

Essa característica representou uma vantagem prática importante, permitindo a liberação antecipada dos espaços internos e possibilitando o início de serviços de acabamento logo após a concretagem da laje, sem depender da remoção das escoras (Figura 71).

Figura 69: Corredor sem necessidade de escoramento.



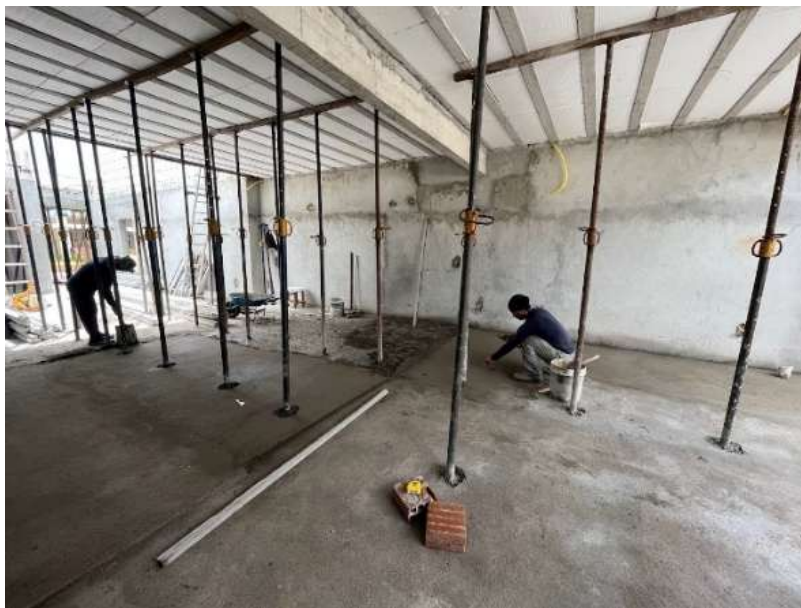
Fonte: Autoral.

Figura 70: Quarto com 1 faixa de escoramento.



Fonte: Autoral.

Figura 71: Execução de contrapiso do Terraço gourmet com 2 faixas de escoramento.



Fonte: Autoral.

Essa decisão técnica, ainda que mais onerosa em termos de custo de material, mostrou-se alinhada ao objetivo de otimizar o cronograma da obra, conciliando a racionalidade construtiva do sistema de painéis monolíticos em EPS com a agilidade proporcionada pelo uso dos trilhos protendidos. Do início da Fixação das barras de ancoragem dos painéis, até a concretagem da laje (Figura 75), foram 77 dias úteis trabalhados.

Figura 72: Laje da garagem com vigamento semi-invertido.



Fonte: Autoral

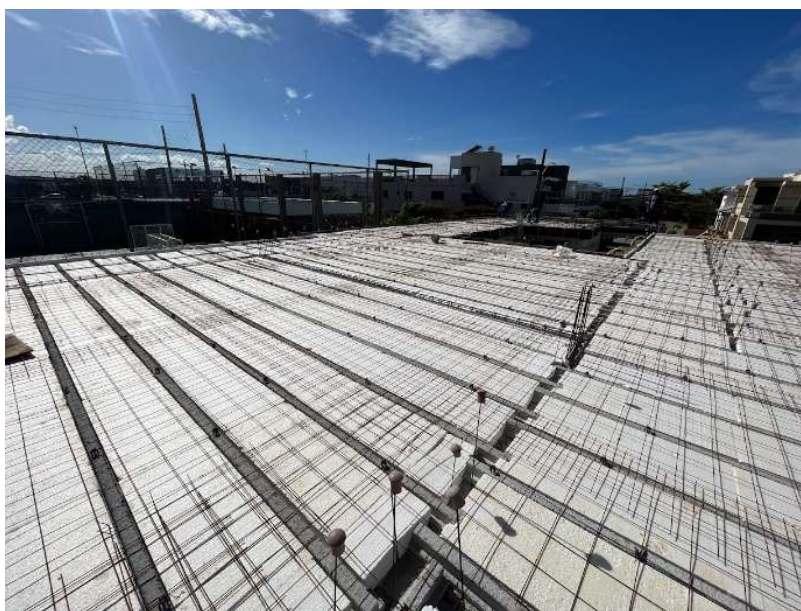
As Figuras 73 e 74 demonstram a montagem da laje protendida.

Figura 73: Laje montada com trilho protendido e lajota em EPS, com esperas das paredes do primeiro pavimento já demarcadas.



Fonte: Autoral

Figura 74: Laje do térreo pronta pra concretagem.



Fonte: Autoral.

Figura 75: Concretagem da Laje do primeiro térreo.



Fonte: Autoral

7.3.6 Execução da Laje do primeiro pavimento.

O ciclo de serviços observado, desde a locação e escoramento dos painéis (Figura 76), passagem das instalações elétricas e hidrossanitárias, execução da argamassa estrutural, até a execução da laje, seguiu a mesma sequência do térreo, totalizando um ciclo de 35 dias úteis entre a concretagem da laje do térreo e a concretagem do primeiro pavimento. Apesar de ter sido mais rápido que o ciclo anterior, o primeiro pavimento contava com menos paredes e com um acréscimo de um terceirizado de carpintaria e 2 equipes de pedreiros para execução do reboco estrutural.

Além disso, dois detalhes executivos trouxeram dificuldades para a execução desse pavimento. Foram eles: Montagem do pé direito duplo da sala de estar (Figuras 77, 78 e 80) e do escritório, vigamento em balanço na composição das fachadas norte e oeste (Figura 79, 80 e 81).

No primeiro, a necessidade de manter as duas faixas de escoramento na sala de estar, impediram a execução do porcelanato do piso, ficando esse setor parado até a cura da laje do primeiro pavimento. Já no segundo, a carpintaria envolvida demandou contratação de serviços terceirizados, o consumo de madeira pra fabricação da forma

que não foi reaproveitado, bem como um sistema de escoramento que permaneceu na obra até a cura final da laje, onerando significativamente o custo e o prazo da obra.

Figura 76: Locação dos painéis do primeiro pavimento.



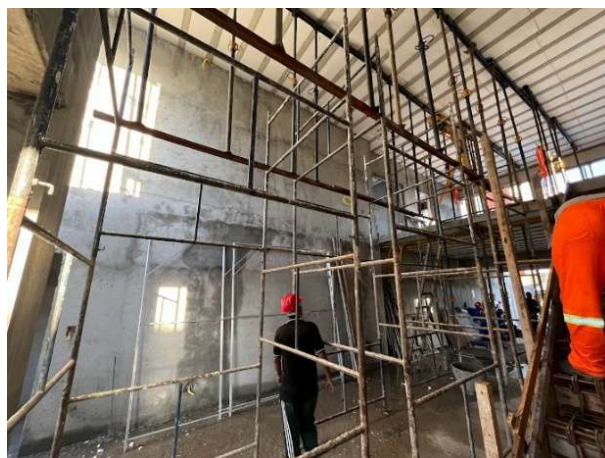
Fonte: Autoral

Figura 77: Execução de chapisco e reboco das paredes de pé direito duplo do primeiro pavimento.



Fonte: Autoral

Figura 78: Escoramento da laje de pé direito duplo.



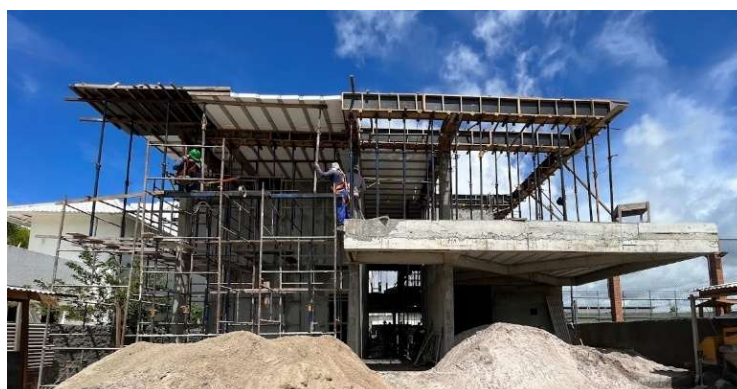
Fonte: Autoral.

Figura 79: Forma das vigas da fachada norte e oeste.



Fonte: Autoral.

Figura 80: Formas das vigas do escritório e da fachada norte e oeste



Fonte: Autoral

Figura 81: Vigas das fachadas norte e oeste concluídas.



Fonte: Autoral

7.3.6.1 VANTAGENS IDENTIFICADAS

- Execução das lajes em trilho protendidos, com a redução do escoramento trouxe ganho significativo de cronograma, já que liberou a execução de diversos serviços internos logo após a concretagem.

7.3.6.2 DESVANTAGENS IDENTIFICADAS

- Planejamento ineficiente. Equipe subdimensionada trouxe atraso na finalização dos serviços do primeiro pavimento, o que limitou a execução do acabamento do térreo.
- Presença de incompatibilidades de projeto geraram retrabalho durante o processo de montagem.
- Necessidade de utilização de madeira sem reaproveitamento, gerando resíduos sólidos para a obra.
- Execução de vigamentos em etapas atrasou o processo de montagem da laje pré-moldada.

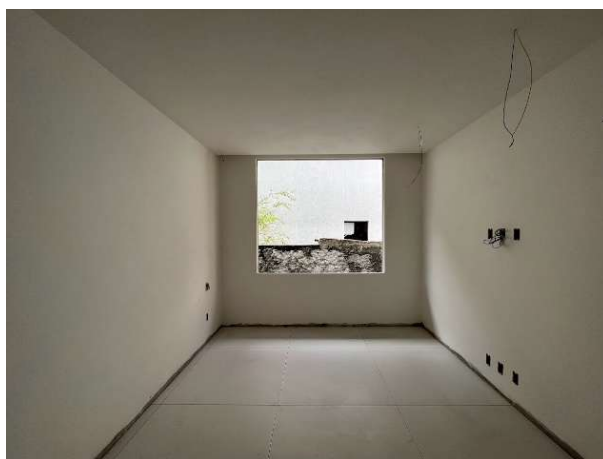
7.3.7 Acabamento e detalhes executivos.

Após a conclusão da “fase cinza” da obra, todos os serviços de acabamento final utilizam as mesmas técnicas construtivas que são utilizadas no sistema convencional. A grande diferença está no momento em que esses serviços são liberados.

Durante o processo de execução dos painéis monolíticos em eps do primeiro pavimento, todos os ambientes do térreo já estão teoricamente aptos a receber revestimentos, fôrro de gesso, granito, instalações elétricas, hidrossanitárias, instalação de esquadrias, portas e pintura. Isso faz com que a liberação das frentes de serviço sejam condicionadas a capacidade de proteger esses acabamentos do térreo, da execução que acontece no primeiro pavimento.

Um exemplo disso é o estágio que a execução dos serviços dos quartos e banheiros do térreo estavam, figuras 82, 83 e 84, no mesmo momento em que as paredes do primeiro pavimento estavam sendo rebocadas, figura 77.

Figura 82: Quarto da filha no térreo.



Fonte: Autoral

Figura 83: Corredor principal



Fonte: Autoral

Figura 84: Wc suíte do filho.



Fonte: Autoral

A falta de familiaridade da equipe de execução com essa nova dinâmica de serviços fez com que algumas frentes de serviço ficassem paradas por falta de planejamento. Além disso, foi observada uma quantidade alta de retrabalhos para corrigir danos causados aos revestimentos por falta de proteção dos serviços acabados.

Após a finalização da estrutura da laje do primeiro pavimento, foi executada a cobertura e foram feitos alguns ajustes na fachada com utilização de alvenaria (Figura 85). Toda a platibanda foi feita com a sobra dos cortes de painéis feitas nos pavimentos inferiores (Figura 86), reduzindo a praticamente zero a geração de resíduos na montagem dos painéis. Foi montado um sistema de captação de energia solar na cobertura (Figura 87), o que demonstra mais uma preocupação do proprietário da casa em relação a utilização de fontes de energia sustentáveis.

Figura 85: Ajustes na fachada feitos com alvenaria.



Fonte: Autoral.

Figura 86: Platibanda executada em Painéis Monolíticos em EPS.



Fonte: Autoral.

Figura 87: Telhado e sistema de captação de energia solar.



Fonte: Autoral.

As Figuras 88, 89 mostram como ficou a finalização da etapa de reboco da fachada e platibanda. Em seguida, a residência recebeu todos os acabamentos em pintura, revestimento e texturas, como pode ser visto na Figura 90.

Figura 88: Fachada pronta para receber o acabamento final.



Fonte: Autoral.

Figura 89: Fachada em fase de acabamento.



Fonte: Autoral.

Figura 90: Fachada concluída.



Fonte: Autoral.

8 RESULTADOS

O presente estudo teve como objetivo analisar qualitativamente o sistema monolítico em EPS em comparação aos sistemas tradicionais de construção, tomando como referência a execução de uma residência de alto padrão. O foco foi identificar as etapas do processo construtivo mais suscetíveis a falhas e que poderiam comprometer o desempenho estrutural e funcional da edificação, além de avaliar vantagens e desvantagens do sistema em termos de desempenho e sustentabilidade. Os objetivos específicos foram atingidos por meio da caracterização do sistema em estudo, da descrição das etapas de execução e da análise crítica das condições observadas em campo.

Na etapa de fundação, observou-se que as especificidades arquitetônicas e geotécnicas descaracterizaram a simplicidade do radier, resultando em um processo mais complexo e com maior número de etapas. O tempo de execução foi elevado, chegando a aproximadamente dois meses e meio, e houve problemas de compatibilização de projetos, especialmente no sistema hidrossanitário, que causaram atrasos. A logística do aço também foi um ponto crítico, pois o corte e a dobra realizados em obra aumentaram a demanda de tempo e espaço no canteiro.

Por outro lado, a montagem dos painéis monolíticos de EPS demonstrou as principais vantagens do sistema. Entre elas, destacaram-se a leveza dos painéis, que facilitou o transporte e manuseio; a rapidez na execução, com posicionamento e travamento de todos os painéis do pavimento térreo em apenas oito dias; a adaptabilidade às exigências arquitetônicas; a significativa redução de resíduos, com reaproveitamento dos recortes; e o baixo consumo de água, energia e mão de obra. Além disso, verificou-se que a equipe, mesmo sem experiência prévia, adaptou-se de forma rápida ao processo de montagem.

A fase de instalações elétricas e hidráulicas também apresentou ganhos relevantes em agilidade, organização do canteiro e precisão nos cortes, mas mostrou limitações relacionadas à dependência de projetos compatibilizados e à impossibilidade de ajustes após a aplicação da argamassa estrutural. Reformas futuras, portanto, tornam-se mais complexas em razão da natureza monolítica do sistema.

Na execução da argamassa estrutural, verificou-se que a opção por não utilizar projeção mecanizada, mantendo o processo manual, garantiu previsibilidade de custos, mas reduziu a produtividade e atrasou o início da montagem da laje. A equipe inexperiente apresentou dificuldades na aplicação do reboco estrutural, resultando em problemas de qualidade como paredes fora de esquadro, fissuras e variações na espessura. A espessura mínima de 3,5 cm por face também aumentou significativamente o consumo de cimento. A ausência de padronização no acabamento dos batentes de portas e janelas evidenciou que a agilidade de montagem não foi acompanhada pela precisão e qualidade exigidas pelo projeto arquitetônico.

Na execução das lajes em trilhos protendidos, observou-se como vantagem a redução de escoramento, o que acelerou o cronograma ao liberar serviços internos logo após a concretagem. Entretanto, o planejamento ineficiente, aliado a uma equipe subdimensionada, causou atrasos na execução do primeiro pavimento e limitou o andamento dos acabamentos no térreo. Foram ainda registrados retrabalhos devido a incompatibilidades de projeto, uso de madeira sem reaproveitamento e necessidade de executar vigamentos em etapas.

De forma crítica, conclui-se que a utilização do sistema de painéis monolíticos em EPS nesta obra não atingiu plenamente o potencial do método, em grande parte devido à ausência de compatibilização entre projetos, falhas no planejamento, carência de mão de obra qualificada e não utilização de técnicas e equipamentos que poderiam aumentar a produtividade, como o projetor de argamassa e o pré-corte de aço fora do canteiro. A inexperiência da equipe resultou em retrabalhos e comprometeu a qualidade final das paredes, especialmente em relação a prumo, esquadro e acabamento. A seguir, a tabela 04 resume os pontos identificados por etapa do serviço.

Tabela 4: Resumo de vantagens e desvantagens identificadas.

ETAPA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
Limpeza do terreno e fundação		- Solução estrutural complexa para atender arquitetura e solo, descaracterizando simplicidade do radier. - Tempo de execução elevado (aprox. 2,5 meses). - Problemas de compatibilização entre projetos, sobretudo hidrossanitário. - Corte e dobra do aço em obra, aumentando tempo e necessidade de espaço.
Montagem dos painéis de EPS	- Transporte e manuseio facilitados pelo baixo peso. - Rapidez: montagem do térreo em 8 dias. - Adaptação a exigências arquitetônicas. - Baixa geração de resíduos. - Aprendizagem rápida da equipe. - Consumo reduzido de recursos.	O baixo peso dificultou o processo de travamento. Tendo que ser adaptado o sistema de travamento, até obter uma solução ideal. Por se tratar de uma obra em região litorânea, a presença de fortes ventos durante a noite acabavam influenciando no travamento em prumo dos painéis.
Instalações elétricas e hidráulicas	- Execução facilitada pela leveza do EPS. - Passagem de tubulações mais ágil. - Menor esforço físico e uso de ferramentas simples. - Baixa geração de resíduos. - Precisão e limpeza dos cortes. - Melhor organização do canteiro.	- Dependência de compatibilização entre projetos concluída antes da etapa de fundação. O que demanda planejamento prévio e análise das interferências em fase de projeto. Diferente do sistema convencional que tem maior flexibilidade para prazos de entrega de projetos. - Restrições a cortes após aplicação da argamassa. - Requer mão de obra treinada. - Limitações para futuras adaptações.
Execução da argamassa estrutural	- Custo de mão de obra controlado. - Desempenho estrutural garantido após a cura.	- Produtividade inicial baixa pela inexperiência da equipe. - Não utilização de projeção mecanizada atrasou a obra. - Maior consumo de cimento (3,5 cm por face). - Execução manual mais lenta e equipe reduzida. - Problemas de qualidade: prumo, esquadro e fissuras. - Necessidade de controle rigoroso do traço.
Execução das lajes	Utilização de trilhos protendidos reduziu escoramento e acelerou cronograma.	- Planejamento ineficiente e equipe reduzida causaram atraso. - Incompatibilidades de projeto geraram retrabalho. - Uso de madeira sem reaproveitamento, aumentando resíduos. - Execução de vigamentos em etapas atrasou montagem.

Fonte: Autoral

Como perspectivas para futuras pesquisas, recomenda-se a realização de análises de patologias em obras concluídas com o sistema de painéis monolíticos em EPS, bem como estudos de viabilidade financeira relacionados à aplicação desse sistema em residências de alto padrão. Além disso, sugere-se a condução de investigações sobre o desempenho termoacústico de edificações executadas com

essa tecnologia. Esses aprofundamentos poderão contribuir para consolidar o sistema como uma alternativa competitiva, sustentável e tecnicamente viável dentro da construção civil brasileira.

9 CONCLUSÃO

O presente estudo permitiu analisar de forma qualitativa o sistema construtivo em painéis monolíticos de EPS, comparando-o com os métodos tradicionais em alvenaria e concreto armado. A partir do estudo de caso desenvolvido, constatou-se que, embora o sistema apresente vantagens importantes — como rapidez de montagem, leveza dos elementos, redução significativa de resíduos e racionalização no consumo de água e energia — sua aplicação demanda planejamento rigoroso e compatibilização prévia entre os projetos arquitetônico, estrutural e hidrossanitário.

Também foi observado que a inexperiência da mão de obra, a execução manual da argamassa estrutural e a ausência de soluções industrializadas em etapas críticas impactaram negativamente no cronograma e na qualidade final. Ainda assim, o sistema mostrou potencial para atender às demandas de sustentabilidade e eficiência construtiva, desde que apoiado em gestão adequada, capacitação de equipes e uso de técnicas de execução mais otimizadas.

Portanto, o EPS monolítico se revela como alternativa promissora para a construção civil, especialmente em contextos que priorizam rapidez, sustentabilidade e redução de resíduos. Contudo, sua adoção em projetos de maior complexidade exige amadurecimento técnico, aprimoramento de processos e estudos complementares sobre desempenho, viabilidade econômica e patologias associadas, de forma a consolidar sua aplicabilidade no mercado brasileiro.

10 REFERÊNCIAS

ABRAPEX (Associação Brasileira do Poliestireno Expandido). O EPS na Construção Civil: Características do poliestireno expandido para utilização em edificações. São Paulo, set. 2000.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2018/2019. Disponível em: <abrelpe.org.br>.

ABRELPE. Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais. PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2020. Disponível em: <abrelpe.org.br>.

ADITIVE SUA OBRA. Monomassa PRÓ – aditivo para argamassa projetada sobre painéis monolíticos em EPS. Guaratinguetá: Aditive Sua Obra, 2025. Disponível em: <https://aditivesuaobra.com.br/monomassa-2/>. Acesso em: 11 set. 2025.

AKHTAR, A.; SARMAH, A. K. Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A global perspective. Journal of Cleaner Production, v. 186, p. 262–281, 2018. doi:10.1016/j.jclepro.2018.03.085.

ALMEIDA, C. C. Boas práticas utilizadas na execução da alvenaria de vedação em blocos cerâmicos: um estudo de caso em edificações residenciais. 2012. 92 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2012.

ALVES, J. Sistema Construtivo em Painéis de EPS. 2015. 73 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Católica de Brasília, Brasília, 2015.

AMIANI, M. Uso e Aplicação do Poliestireno Expandido (EPS) Reciclado para Impermeabilização por Impregnação de Superfícies de Concreto Pré-Fabricado. 2005. 123 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2005.

ARAÚJO, M. Execução do Método Construtivo. Paredes Betel: Brasília, 19 nov. 2019. Entrevista em visita técnica a Renato Alberto Brandão Soares e Murillo Rodrigues Cappelle Santana.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-4: Edificações habitacionais – Desempenho – Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 11173: Projeto e execução de argamassa armada. Rio de Janeiro, 1990.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13281: Argamassa para assentamento e revestimento de paredes e tetos — Requisitos. Rio de Janeiro, 2001.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-1: Componentes cerâmicos – Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15270-2: Componentes cerâmicos – Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Parte 2: Métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15280-1: Componentes cerâmicos – Blocos cerâmicos para alvenaria estrutural – Parte 1: Requisitos. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6122: Projeto e Execução de Fundações. Rio de Janeiro, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7480: Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO. Manual de Utilização EPS na Construção Civil. 1. ed. São Paulo: Pini, 2006. 124 p.

AZEVEDO, Hélio Alves de. Edifício e seu Acabamento. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2004.

AZEVEDO, Hélio Alves de. O edifício até sua cobertura. São Paulo: Edgard Blücher, 1997.

BARRETO, M. N. Casa EPS: edifício residencial em painéis monolíticos de poliestireno expandido. 2017. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

BASTOS, P. Construção de Edifícios. 20. ed. Juiz de Fora: Universidade Federal de Juiz de Fora, 2019. 140 p. Apostila.

BASTOS, P. S. Alvenaria Estrutural. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2021. 125 p. Apostila. Disponível em: <https://www.feb.unesp.br/pbastos/alv.estrutural/Apost.%20Alvenaria%20Estrutural.pdf>. Acesso em: 24 set. 2025.

BASTOS, P. S. Fundamentos do Concreto Armado. Bauru: Universidade Estadual Paulista, 2019. 89 p. Apostila. Disponível em: <https://www.feb.unesp.br/pbastos/concreto1/Fundamentos%20CA.pdf>. Acesso em: 23 set. 2025.

BERTOLDI, Gabriel B. Caracterização de sistema construtivo com vedações constituídas por argamassa projetada revestindo núcleo composto de poliestireno expandido e telas de aço: dois estudos de caso em Florianópolis. 2007. 132 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa

Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/89468>. Acesso em: 6 set. 2025.

BERTOLDI, Larissa de Oliveira. Caracterização de sistema construtivo com vedações constituídas por argamassa projetada revestindo núcleo composto de poliestireno expandido e telas de aço: dois estudos de caso em Florianópolis. 2007. 181 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

BRASIL. Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais – SINAT nº 011: Diretriz para Avaliação Técnica de paredes moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido, aço e argamassa, microconcreto ou concreto. Brasília: Ministério das Cidades, 2011. Disponível em: <https://antigo.cidades.gov.br/prospeccao-tecnologica/sinat/diretrizes/sinat-011-diretriz.pdf>. Acesso em: 22 ago. 2025.

BRUMAN ENGENHARIA. Tecnologia construtiva em painéis monolíticos. [S. l.], [2025]. Disponível em: <http://brumanengenharia.com.br/mainTecnologia.html>. Acesso em: 6 set. 2025.

CAMPOS, V. F. TQC Controle da Qualidade Total no estilo japonês. 8. ed. Nova Lima: INDG Tecnologia e Serviços Ltda, 2004.

CAMARGO, Gustavo Masselli; FIGUEIREDO, Felipe Bittencourt. Análise de viabilidade de implementação da vedação com painéis monolíticos de EPS como substituto à alvenaria convencional na cidade de Dourados – MS. 2019. Artigo. Dourados, MS: UFGD.

CASSAR, B. C. Análise comparativa de sistemas construtivos para empreendimentos habitacionais: alvenaria convencional x light steel frame. 2018. Projeto de Graduação (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

CASA ARMANI. Fibra de Polipropileno. São Paulo: Casa Armani, 2025. Disponível em: <https://casaarmani.com.br/index.php/complementares/fibra-de-polipropileno/>. Acesso em: 11 set. 2025.

COELHO, R. Planejamento e Controle de Custos nas Edificações. São Luís: UEMA, 2006. 276 p.

CONSTRUINDO CASAS. Chapisco, emboço e reboco: entenda as diferenças. Disponível em: <https://construindocasas.com.br/blog/construcao/chapisco-emboço-reboco/>. Acesso em: 27 set. 2025.

EPS BRASIL. Manual construtivo. São Paulo: EPS Brasil, [s.d.]. Disponível em: <https://epsbrasil.ind.br/>. Acesso em: 22 ago. 2025.

EPS BRASIL. Manual construtivo. São Paulo: EPS Brasil, [s.d.]. Disponível apenas para franqueados.

FIORITO, A. Manual de argamassas e revestimentos: estudos e procedimentos de execução. São Paulo: PINI, 2009.

GENOL, Kevin Amorim. Construção com painéis monolíticos de EPS autoportante para residências. 2021. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2021.

GRUPO ISORECORT. Disponível em: <www.isorecort.com.br>. Acesso em: 24 nov. 2022.

GROTE, Z. V.; SILVEIRA, J. L. Análise energética de um processo de reciclagem de poliestireno expandido (isopor). Revista Mackenzie de Engenharia e Computação, 2001.

HULLER, Jéssica. Locação De Obra: Comece Bem a Sua Construção. 2017. Tese (Doutorado) – CONAZ, Santa Catarina, 2017.

IBGE – Pesquisa Anual da Indústria da Construção (PAIC) INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa Anual da Indústria da Construção – PAIC: valor de incorporações, obras e/ou serviços da construção – 2020. Rio de Janeiro: IBGE, 2022.

IBGE – dados de empregos formais no setor construção em 2023 INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Indústria da construção civil: empregos formais gerados em 2023. Dados disponibilizados pela PAIC/IBGE, 2025.

ISOALFA. Painéis Monolíticos. Disponível em: <https://isoalfa.com.br/paineis-monoliticos/>. Acesso em: 6 set. 2025.

JUNIOR, Alberto Casado Lordsleem; NEVES, Maria Luíza Rodrigues. Racionalização de alvenaria: avaliação quantitativa. Revista Técnica, São Paulo, ed. 149, p. 48-50, ago. 2009.

KERBAUY, M. J. Concreto estrutural ultraleve com desmoldagem rápida destinado à fabricação de placas, painéis e lajes. Pedido de patente aprovado pelo Instituto Nacional de Propriedade Industrial (INPI) (PI-1004268-7), 2010.

MANUAL de laje protendida pré-moldada. [S. l.: s. n.], [20--]. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/804956716/Manual-Laje-Protendida-Premold>. Acesso em: 12 set. 2025.

MONTEIRO, R. Locação de Obra e Serviços de Terra. Apostila. 2020. Disponível em: http://www.monteiroengenharia.com/disciplinas/construcoes/conteudo_construcoes/aula3_locacao_de_obra.pdf. Acesso em: 24 nov. 2022.

MONTENEGRO, R.; SERFATY, M. Aspectos gerais do poliestireno. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 16, p. 123-136, set. 2002.

PACHECO, P. Tecnologia das Construções II. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2018.

PAULA, L. de; LEITE, R. A.; MORAIS, R. J. de; FONSECA, T. M.; DUARTE, D.; MELO, V. Sistema de Construção Utilizando o Isopor para Confecção de Parede. Sete Lagoas: Faculdade Promove, 2018.

PINHEIRO, Libânio M. Fundamentos do concreto e projeto de edifícios. São Carlos: Universidade de São Carlos, 2010. Disponível em: <https://arquitetonica.files.wordpress.com/2011/11/fundamentos-do-concreto-eescusp.pdf>. Acesso em: 24 set. 2025.

RAMALHO, R. A.; CORRÊA, M. R. S. Projeto de edifícios de alvenaria estrutural. São Paulo: Pini, 2003.

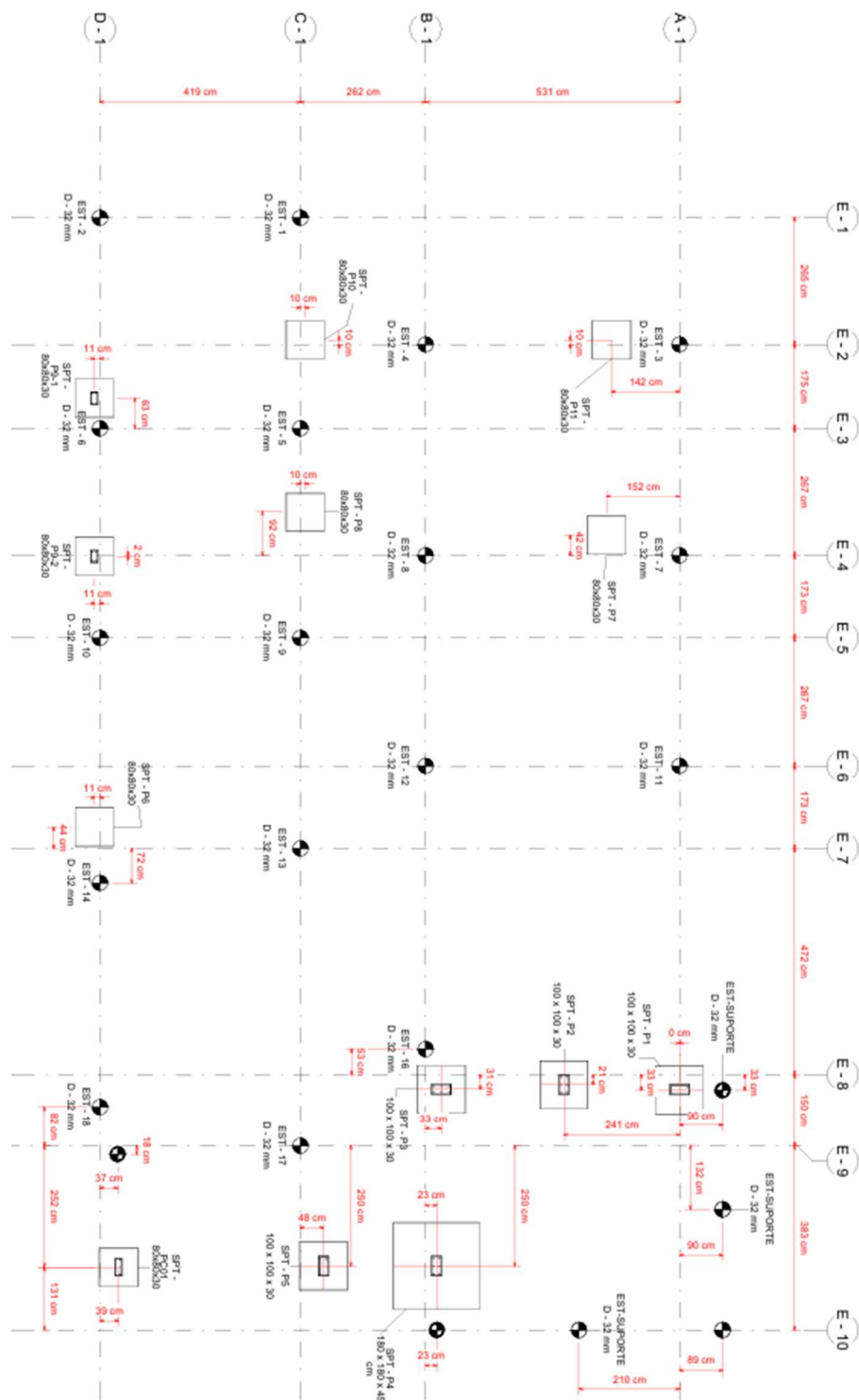
SANTOS, R. Estudo térmico e de materiais de um compósito à base de gesso e EPS para construção de casas populares. 2008. 92 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2008.

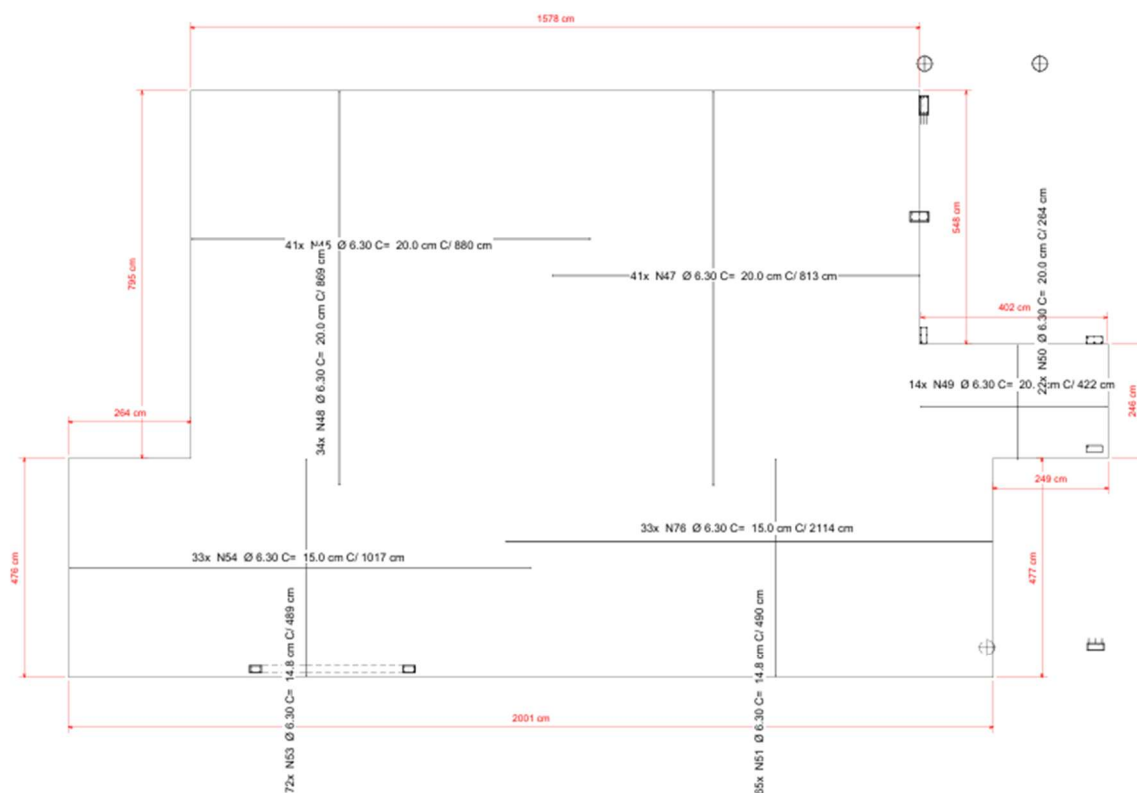
SOUZA, L. G. M.; GOMES, U. U. Viabilidades térmica, econômica e de materiais da utilização de tubos de PVC como elementos absorvedores em coletores de um sistema de aquecimento de água por energia solar. 2002. Doutorado (Engenharia Civil) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2002.

TOTAL CONSTRUÇÃO. Alvenaria de vedação. Disponível em: https://www.totalconstrucao.com.br/alvenaria-de-vedacao/#google_vignette. Acesso em: 27 set. 2025.

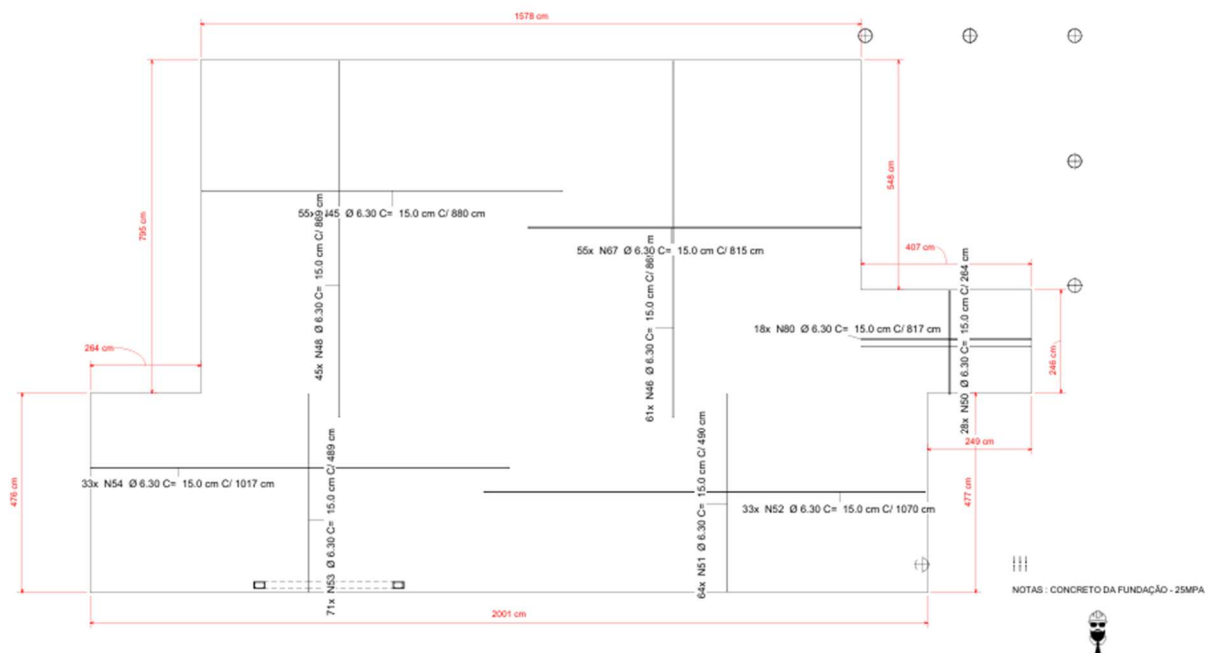
ANEXO A – PROJETO DE FUNDAÇÃO EM CONCRETO ARMADO

1
FUNDAÇÃO
1 : 50



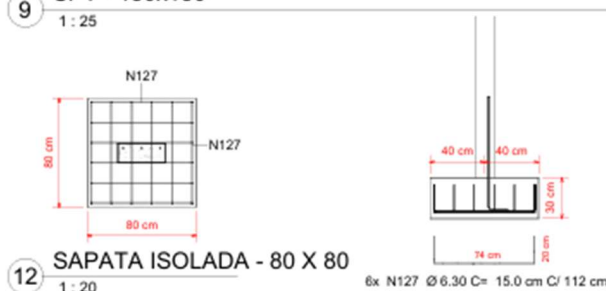
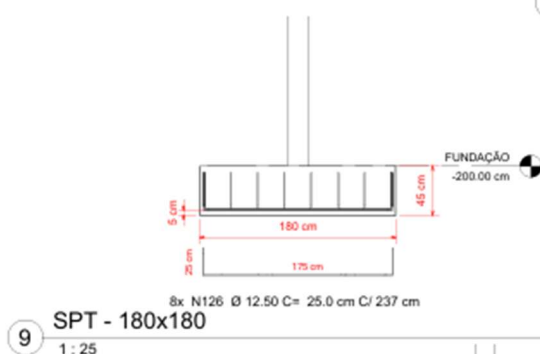
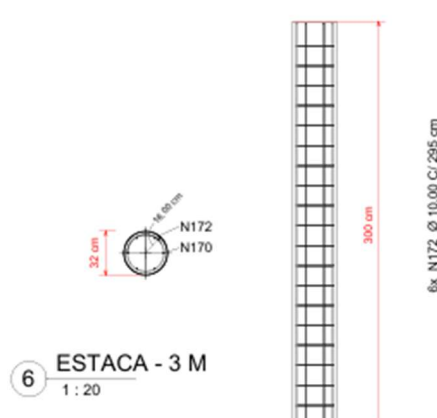
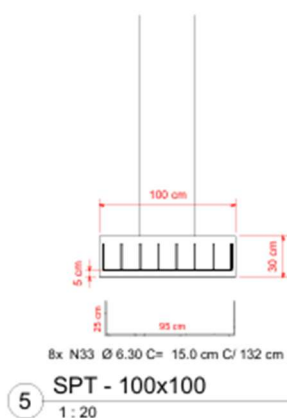
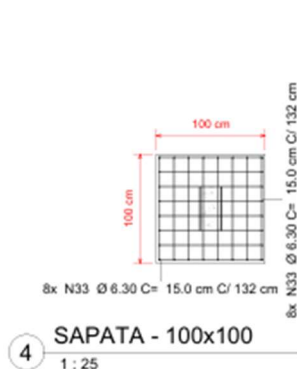


2 RADIER - ARMADURA INFERIOR
1 : 50

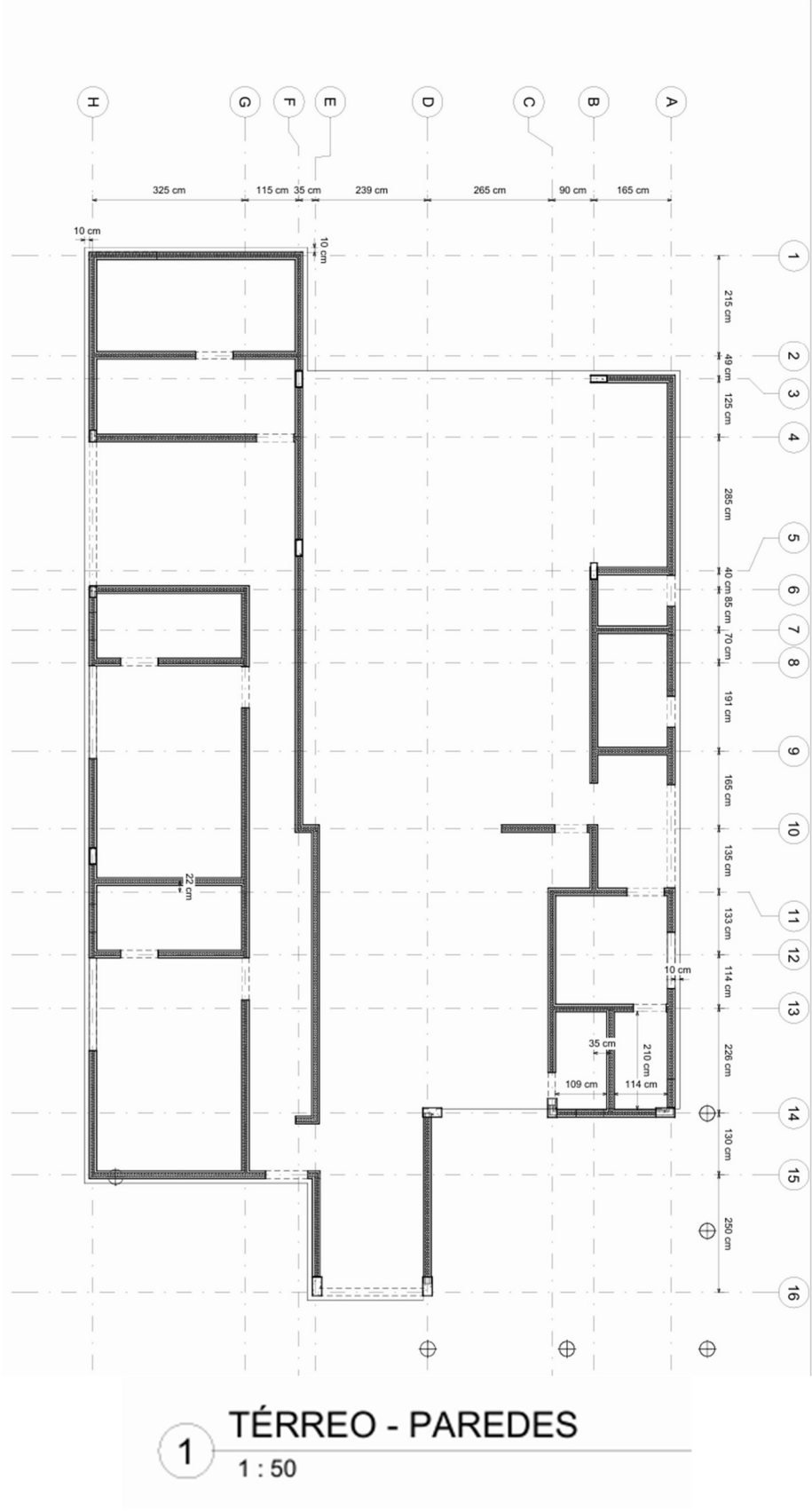


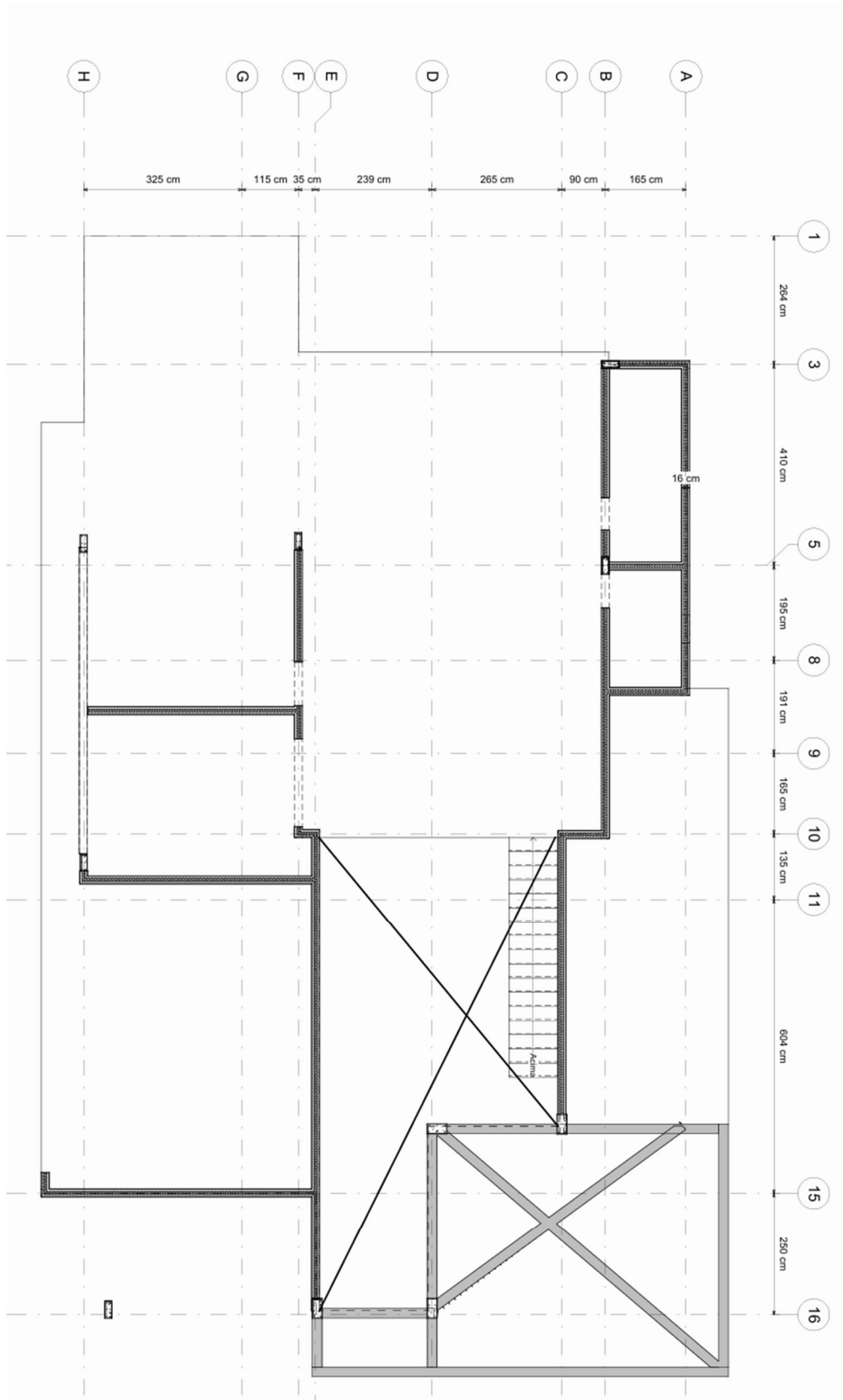
3 RADIER - ARMADURA SUPERIOR
1 : 50

NOTAS : CONCRETO DA FUNDAÇÃO - 25MPa



ANEXO B – PROJETO DE PAINÉIS MONOLÍTICOS EM EPS





2 PRIMEIRO PAVIMENTO - PAREDES
1 : 50