



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA CIVIL



Julio Rodrigues de Sousa

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO
ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE UM SISTEMA CONSTRUTIVO
CONVENCIONAL E SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE EPS

Uberlândia
2021

Julio Rodrigues de Sousa

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE UM SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL E SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE EPS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia Civil da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Prof.^a. Dra. Maria Cláudia de Freitas Salomão

Uberlândia
2021

Julio Rodrigues de Sousa

ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE UM SISTEMA CONSTRUTIVO
CONVENCIONAL E SISTEMAS CONSTRUTIVOS DE EPS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Faculdade de
Engenharia Civil da Universidade Federal de
Uberlândia, como requisito parcial para a
obtenção do título de bacharel em Engenharia
Civil.

Orientadora: Prof.^a. Dra. Maria Cláudia de Freitas Salomão

Membro: Prof. Dr. Antônio de Paulo Peruzzi

Membro: Prof.^a. Dra. Eliane Betânia Carvalho Costa

Aluno: Julio Rodrigues de Sousa

Uberlândia
2021

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à minha família por todo o apoio em tudo que sempre quis realizar, em todos os sonhos e desafios que tive e pelos ensinamentos e exemplos que tomei e seguirei como base em minha vida pessoal e profissional.

Agradeço também aos meus amigos e minha namorada, pela compreensão e companheirismo em todas as fases difíceis e engraçadas que vivemos, me possibilitando continuar e entender que todo esforço valeria a pena.

Aos meus colegas de turma, que tornaram toda essa trajetória memorável, e que levarei suas amizades por toda a vida.

Por fim, agradeço à minha orientadora professora Dra. Maria Cláudia de Freitas Salomão, pela paciência e excelência ao longo da execução deste trabalho, e por ter disponibilizado seu tempo e conhecimento durante minha graduação.

RESUMO

Em um país com grande utilização de sistemas construtivos voltados a produtividade em decorrência da solução do déficit habitacional, a difusão e conhecimento de outros sistemas construtivos inovadores faz-se necessária para contribuição à discussão de ganhos de prazo e custos em decorrência da escolha construtiva. Dessa forma, este trabalho tem o intuito de demonstrar a viabilidade técnica e financeira de sistemas construtivos inovadores que utilizam poliestireno expandido (EPS) em sua composição. Para isso, foram comparados índices de produtividade e custos de uma habitação de interesse social (HIS) no sistema construtivo convencional, isto é, composto por estruturas de pilares, vigas e lajes em concreto armado, combinadas com blocos de vedação. Pelas análises e resultados apresentados, constatou-se que os sistemas de EPS possuem custos significativamente maiores quando comparados ao sistema convencional, devido principalmente ao preço dos painéis componentes de EPS. Além disso, verificou-se o ganho de prazo ao utilizar-se de sistemas de poliestireno expandido, sendo necessários 9 dias úteis a menos que no sistema convencional ao utilizar painéis monolíticos, e 5 dias úteis a menos utilizando o sistema ICF (Insulated Concrete Forms). Entretanto, no contexto das habitações de interesse social, a utilização dos sistemas de poliestireno expandido não se demonstrou atrativa, devido ao maior custo e ganhos não tão expressivos nas durações finais.

Palavras chave: ICF, EPS, habitação de interesse social, orçamento, planejamento.

ABSTRACT

In a country with great use of construction systems aimed at increasing productivity as a solution to housing shortage rates, the dissemination and the knowledge of other innovative construction systems are necessary to contribute to the discussion of gains in time and costs as a result of the type of construction chosen. Thus, this work aims to demonstrate the technical and financial viability of innovative building systems that use expanded polystyrene (EPS) in their composition. For this purpose, productivity and cost indexes of a social housing were compared on the conventional construction system, that is, composed of reinforced concrete structures of columns, beams and slabs, combined with sealing blocks. From the analysis and results presented, it was found that EPS systems have significantly higher costs when compared to the conventional system, mainly due to the price of EPS component panels. In addition, there was a gain in time when using expanded polystyrene systems, which demands, using monolithic panels, 9 working days less than the conventional system, and 5 working days less when using the ICF (Insulated Concrete Forms) system. However, in the context of social interest housing, the use of expanded polystyrene systems did not prove to be attractive, due to the higher cost and not so significant gains in the construction process duration.

Keywords: ICF, EPS, social housing, budget, planning.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 Justificativa.....	8
1.2 Objetivo.....	8
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
2.1 Sistema convencional	9
2.2 Sistemas construtivos de EPS.....	10
2.2.1 Poliestireno expandido.....	10
2.2.1.1 Resistência ao fogo.....	12
2.2.1.2 Resistência mecânica.....	13
2.2.1.3 Propriedades térmicas e acústicas	14
2.2.2 Sistema construtivo de painéis monolíticos.....	16
2.2.2.1 Características do sistema	17
2.2.2.2 Painéis monolíticos	20
2.2.3 Insulated Concrete Forms (ICF)	21
2.2.3.1 Características do sistema	23
2.2.3.2 Painéis ICF	28
3 METODOLOGIA.....	30
3.1 Modelo proposto.....	30
3.2 Método.....	31
4 ESTUDO DE CASO: HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL	33
4.1 Adaptação do projeto para os sistemas construtivos.....	33
4.2 Desenvolvimento.....	40
4.3 Análise de resultados	48
5 CONCLUSÃO	51
REFERÊNCIAS	53

1 INTRODUÇÃO

Em 2019, o déficit habitacional brasileiro foi estimado em 5,876 milhões de domicílios, o que representa 8,0% do estoque total de domicílios particulares permanentes e improvisados do país (FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 2021). Para resolução dessa questão social, existem incentivos de políticas públicas de investimento no setor habitacional, como o conhecido Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), iniciado em 2009, atualmente reformulado como Programa Casa Verde e Amarela do Governo Federal.

Dessa forma, tornou-se comum no Brasil a produção em larga escala de habitações de interesse social (HIS) com foco na produtividade, às quais variam entre diversas tipologias construtivas em decorrência de custo, disposições construtivas e disponibilidade de produção em grande escala. A variação entre as tipologias construtivas das HIS é acompanhada pelo desenvolvimento de sistemas construtivos inovadores, os quais surgem em decorrência do entendimento por parte de construtoras e engenheiros do desperdício de materiais e tempo em obras, fatores que influenciam diretamente no custo final de empreendimentos.

De acordo com a NBR 15575-1 (ABNT, 2013b), que descreve os requisitos gerais para edificações habitacionais, o conceito de inovação tecnológica no Brasil é entendido como o aperfeiçoamento tecnológico resultante de atividades de pesquisa, aplicado ao processo de produção do edifício para melhoria de seu desempenho, qualidade e custo. Sendo assim, espera-se que sistemas inovadores atendam à requisitos de desempenho e qualidade em uso, alinhados com a redução de custos, aspecto que não é identificado nos sistemas construtivos mais utilizados nas HIS atualmente no país, como paredes de concreto moldadas *in loco* ou alvenaria estrutural.

Entre os diversos sistemas construtivos inovadores, destacam-se os que utilizam poliestireno expandido (EPS) em painéis moldáveis com telas de aço soldadas, os quais são conectados para construção de uma estrutura monolítica. Tais sistemas são baseados na premissa que seus índices de produtividade na montagem do conjunto estrutura e vedação são melhores do que no sistema convencional, e que a adequação das propriedades do EPS, como desempenho térmico e acústico, leveza, e resistência em edificações, alinhadas com a aceleração do processo construtivo, são proveitosas e fornecem valor ao sistema construtivo.

1.1 Justificativa

Em decorrência das taxas de déficit habitacional no país, a utilização de sistemas construtivos inovadores aumentou nos últimos anos, como alternativa para resolução de tal questão social (ONO; ORNSTEIN; OLIVEIRA; GALVAO, 2015). O cenário brasileiro é conhecido pela prioridade na produtividade de sistemas, deixando em segundo plano o quesito qualidade, o qual deveria ser focado em mesma intensidade.

Além disso, apesar do crescimento da utilização de sistemas construtivos inovadores em habitações de interesse social, no Brasil ainda é comum a utilização do chamado “sistema construtivo convencional” em obras de médio e alto padrão, no qual consiste na construção de edificações com pilares, vigas e lajes de concreto armado, com vedação em alvenaria de blocos cerâmicos. Tal utilização se dá pelo fato da aceitação de clientes, e receio na exploração de métodos diferenciais devido ao pouco conhecimento, e na confiança no que é utilizado comumente.

Dessa forma, a difusão de informações para conhecimento de sistemas construtivos inovadores, como racionalização de processos, redução de perdas, velocidade construtiva, e ganhos de desempenho faz-se necessária para melhoria contínua da construção civil. Em específico, os sistemas que utilizam poliestireno expandido não são expressivos em uso devido à falta de difusão de suas informações, que poderiam resultar em ganhos de produtividade e desempenho em obras de baixo, médio e alto padrão.

1.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é demonstrar a viabilidade técnica e financeira de sistemas construtivos inovadores que utilizam EPS em sua composição. Mais especificamente, pretende-se avaliar a oportunidade de redução de custo e de ganho de prazo ao adotar tais sistemas, parâmetros esses atrativos ao olhar de usuários. Além disso, o trabalho pretende se tornar referencial ao demonstrar uma oportunidade de negócio para a região, apontando as dificuldades de implantação desses sistemas.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema convencional

Um sistema construtivo conhecido como convencional, é aquele comumente utilizado no Brasil e composto por estruturas de pilares, vigas e lajes em concreto armado, isto é, concreto produzido *in loco* combinado com armaduras de aço, e alvenaria de blocos cerâmicos (ou de concreto), que são utilizadas para vedação nos vãos entre pilares nas edificações. A carga da edificação nesse sistema é transmitida através das lajes para as vigas, que descarregam nos pilares até a fundação.

A alvenaria é exclusivamente utilizada como elemento de fechamento e para separação de ambientes internos, não possuindo função estrutural. É comum a utilização de blocos cerâmicos com furos na vertical, produzidos e moldados por meio do aquecimento e queima de argila., ou de blocos de concreto, produzidos da mistura entre água, cimento e agregados.

Atualmente, o sistema convencional é o sistema construtivo mais utilizado no Brasil, por utilizar de matéria prima com grande disponibilidade, e da facilidade de se encontrar mão de obra para sua execução. Sua utilização também se dá pela grande influência cultural brasileira, pois construtoras e trabalhadores são familiarizados com o sistema e suas especificações. Outra característica é o esforço e dificuldade no planejamento para uso de novas tecnologias construtivas, que necessitariam de estudos de viabilidade, fornecimento, e treinamento de mão de obra.

Ao ser comparado com outros sistemas construtivos inovadores, o sistema convencional é caracterizado como pouco produtivo, e, principalmente, como grande gerador de resíduos e desperdícios durante sua execução (VASQUES; PIZZO, 2014). Além disso, o sistema é associado à uma concepção arcaica, que teve sua origem há anos e não passou por processos de evolução relevantes (LAGOA et al., 2021).

De acordo com Brasil (2021), as paredes internas e externas de vedação com blocos cerâmicos possuem algumas vantagens comprovadas com ensaios, como resistência a solicitações de peças suspensas, segurança contra incêndio, índices de redução sonora e desempenho térmico dentro dos limites mínimos, e durabilidade com uso. Além disso, possui facilidade de produção, custo baixo de materiais devido à grande oferta e ótima aceitação por parte de usuários (SOUZA, 2012).

Porém, Souza (2012) ainda descreve que o sistema apresenta algumas desvantagens, como elevado tempo de execução provocado por baixa produtividade em sua execução, peso elevado, grande geração de resíduos e desperdícios, e retrabalhos, como em aberturas para instalações elétricas e hidráulicas.

Figura 1 - Edificação no sistema convencional.



Fonte: Construção (2020).

2.2 Sistemas construtivos de EPS

2.2.1 Poliestireno expandido

EPS é a sigla internacional referente a poliestireno expandido (expanded polystyrene), descoberto em 1949 na Alemanha pelos químicos Fritz Stasny e Karl Buchholz. Trata-se de uma resina do grupo dos termoplásticos, sendo um material celular rígido de cor branca fabricado a partir do plástico derivado do petróleo (estireno) por meio de sua polimerização em água. O material chegou no Brasil na década de 60, porém, foi registrado apenas em 1998 pelo grupo Knauf como “Isopor”, sendo relacionado por esse nome ao longo dos anos.

O EPS pode ser moldado em seu processo expansivo em formas específicas ou em blocos de tamanhos padronizados para cortes posteriores, dependendo de sua finalidade. Devido a sua versatilidade e praticidade, esse material é utilizado em diversas aplicações, tais como isolamento térmico, proteção no transporte de materiais, e até mesmo como capacetes e itens de segurança. Mais recentemente, no setor da construção civil, o EPS é utilizado como preenchimento em lajes, agregado em concretos leves e até mesmo como sistemas construtivos (TESSARI, 2006).

O poliestireno expandido é obtido por expansões de pérolas do material com diâmetros entre 0,4 a 3 mm, podendo atingir tamanhos de até 50 vezes sua dimensão inicial. A expansão é realizada em máquinas chamadas de pré-expansores, através do aquecimento das pérolas por contato com vapor de água em altas temperaturas, que influencia diretamente na reação do estireno com o pentano, um hidrocarboneto gasoso, provocando então sua expansão. Com isso, é obtido um granulado de partículas de poliestireno constituídas por pequenas células fechadas com grande quantidade de ar (Figura 2).

Figura 2 - Produção de bloco de EPS.



Fonte: Mundo Isopor (2016).

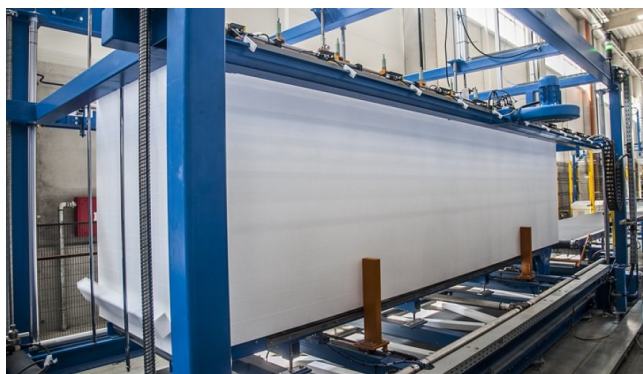
Posteriormente, as pérolas expandidas são confinadas em máquinas com moldes específicos e expostas novamente a vapor em altas temperaturas, expandindo novamente e agrupando umas às outras.

As peças são fabricadas conforme solicitações de propriedades específicas, como tamanho, peso, resistência, que são influenciadas diretamente pela densidade podendo variar de 10 kg/m^3 até 90 kg/m^3 (GRUPO KNAUF, 2021).

No processo de fabricação dessas peças as transformações são físicas, não alterando as propriedades químicas do conjunto. O produto final possui em sua composição apenas 2% de poliestireno, com 98% de ar. Para a construção civil, normalmente são produzidos blocos para cortes em formatos específicos, conforme apresentado na Figura 3.

O EPS possui impacto reduzido, ou quase inexistente em seu processo de produção, pois não são utilizados gases CFC e HCFC, sendo então um produto atóxico que não causa danos à camada de ozônio. O gás contido nas células é o próprio ar, e em sua produção a exigência energética é reduzida por ser derivado do petróleo, por sua leveza e não criação de resíduos sólidos (SOUZA, 2009).

Figura 3 - Produção de bloco de EPS.



Fonte: Mundo Isopor (2016).

2.2.1.1 Resistência ao fogo

De acordo com Souza (2009), a quantidade de oxigênio contida na estrutura celular do poliestireno expandido não é suficiente para que haja combustão, sendo necessário um volume de ar 130 vezes maior para tal. Além disso, quando utilizado na construção civil, normalmente o mesmo se encontra protegido no interior de paredes e lajes por revestimentos argamassados como reboco ou outros elementos construtivos que reduzem o contato com ar externo, sendo protegido em situações de incêndio. Bertoldi (2007) descreve que a probabilidade de ignição do EPS é reduzida, e faíscas ou cinzas de cigarros não irão acendê-lo, apenas chamas acesas e colocadas diretamente sobre o material podem o inflamar.

De acordo com a NBR 11752 (ABNT, 2016), as peças podem ser produzidas em duas condições: Classe P – não retardante à chama e Classe F – retardante à chama. Segundo Sulong, Mustapa e Rashid (2018), o comportamento de peças de Classe P quando expostas a altas temperaturas são extremamente diferentes às de Classe F. Isso é devido a adição de pequenas quantias de materiais retardantes à ignição na produção de peças Classe F, como enchimentos de dióxido de silício (SiO_2), óxido de ferro (Fe_2O_3), cinzas volantes, e argila em certos casos.

Bertoldi (2007) descreve que as peças de classe F se enquadram como seguras em casos de incêndio, pois, quando são aquecidas, se contraem progressivamente a partir dos 100 a 120°C, resistindo as altas temperaturas entrando em fase líquida. Os gases apenas serão inflamados com aporte de calor externo, entre 450 a 500°C, resultando na combustão do material. O tipo P, quando recebe calor externo entre 110 a 120°C entra

em fase líquida progressivamente, despreendendo gases a partir de 260°C. Esses gases só serão inflamados caso o material esteja em contato com oxigênio e chamas externas, porém, caso a chama apague a combustão cessará.

Numa situação de incêndio, o processo de aquecimento do poliestireno expandido pode liberar gases tóxicos nocivos, como gás carbônico (CO₂) e monóxido de carbono (CO), os quais podem afetar as condições de evacuação de um edifício e provocar danos fatais a pessoas.

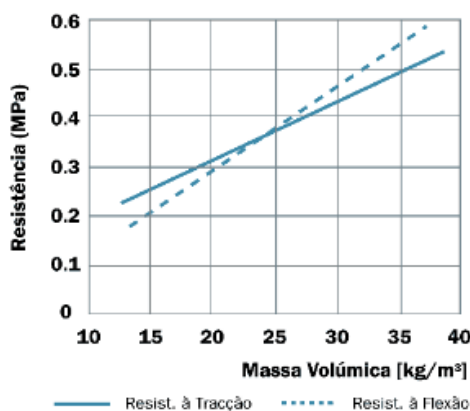
Conforme Bertoldi (2007), o aporte em poder calorífico do EPS em caso de incêndio é de 145 a 250 kcal/dm³, valor significativamente baixo quando comparado à madeira, que obtém 2400 kcal/dm³. Essa relação é importante na análise da temperatura produzida por incêndio, pois baixo aporte calorífico contribui para a redução do balanço energético total no incêndio de um edifício. Ainda segundo Bertoldi (2007), ao compararmos as frações de monóxido de carbono contidas em temperaturas próximas de 300°C, temos 50 ppm (partes por milhão) para o poliestireno expandido Classe F, 10 ppm para o Classe P e 400 ppm para a madeira, por exemplo. Em 400°C, tem-se 200 ppm para EPS tipo F, 50 ppm para tipo P e 6000 ppm para madeira. Dessa forma, sabe-se que o EPS demorará mais para chegar em temperaturas altas devido ao seu baixo aporte em poder calorífico em relação à madeira, e caso chegue, produzirá frações menores de gases tóxicos quando comparado à produção da madeira.

2.2.1.2 Resistência mecânica

Souza (2009) relata que as principais propriedades mecânicas do material EPS, como resistência à compressão, flexão, tração e fluência sob compressão são diretamente relacionadas aos níveis de densidade, sendo que com seu aumento, a rigidez da peça também aumenta provocando valores maiores de resistência à esforços, servindo como parâmetro para classificação dos materiais.

Machado (2013) descreve que a resistência à compressão se comporta de maneira elástica, com a placa recuperando sua forma inicial para deformações com valores de até 2% de sua espessura. Quando a solicitação passa esse valor, ocorre apenas uma deformação permanente de parte das células, sem rompimento da peça. Assim como à compressão, os valores de resistência à tração e flexão do EPS também são diretamente relacionados com a densidade, sendo que, com o aumento da massa volúmica, as resistências aumentam de forma linear (Figura 4).

Figura 4 - Resistência à tração e flexão do EPS em função da sua massa volúmica.



Fonte: ABRAPEX, 2006.

2.2.1.3 Propriedades térmicas e acústicas

De acordo com Sulong, Mustapa e Rashid (2018), pelo fato do EPS ser hidrofóbico, isto é, não possuir afinidade com a água, e ser uma estrutura de células fechadas, o material possui baixa condutividade térmica, a qual é inversamente proporcional às mudanças na densidade, sendo que, com a sua diminuição maior a capacidade de isolamento térmico.

Para a obtenção de um bom isolamento acústico, é necessário a criação de uma descontinuidade de meios para interrupção da vibração de ruídos, a qual é responsável pela propagação do som em paredes (TESSARI, 2006). Para garantia de tal índice por meio da utilização de EPS, é necessário um tratamento prévio nas placas, as quais são rompidas para que se abram em micro células que passam pelo processo de prensagem ou calandragem, sendo comprimidas até chegar a 1/3 de sua espessura original (SOUZA, 2009).

A Tabela 1 demonstra as características exigíveis para o poliestireno expandido pela norma NBR 11752 (ABNT, 2016), com as classificações dos tipos de EPS para isolamento térmico na construção civil ou refrigeração industrial. Nota-se a diminuição da condutividade térmica com o aumento da densidade, e melhoria nas propriedades mecânicas com seu aumento.

Tabela 1 - Características exigíveis para o poliestireno expandido, de acordo com a norma NBR 11752:2016 – Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial.

Propriedades	Método de ensaio	Unidade	Tipo 1	Tipo 2	Tipo 3	Tipo 4	Tipo 5	Tipo 6	Tipo 7
Densidade aparente nominal	ABNT NBR 11949	Kg/m ³	10,0	12,0	14,0	18,0	22,5	27,5	32,5
Densidade aparente mínima	ABNT NBR 11949	Kg/m ³	9,0	11,0	13,0	16,0	20,0	25,0	30,0
Condutividade térmica máxima (23° C)	ABNT NBR 12094	W/(mK)	-	-	≤ 0,036	≤ 0,035	≤ 0,034	≤ 0,034	≤ 0,034
Tensão por compressão com deformação de 10 %	ABNT NBR 8082	KPa	≥ 35	≥ 55	≥ 70	≥ 80	≥ 120	≥ 170	≥ 185
Resistência mínima a flexão	ASTM C-203	KPa	≥ 50	≥ 60	≥ 120	≥ 160	≥ 220	≥ 275	≥ 340
Resistência mínima ao cisalhamento	EN-12090	KPa	≥ 40	≥ 60	≥ 75	≥ 90	≥ 100	≥ 135	≥ 180
Absorção de água	ABNT NBR 7973	g/cm ³ x 100	-	-	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1	≤ 1
Permeabilidade ao vapor d'água	ABNT NBR 8081	ng/Pa.s.m	-	-	≤ 7	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Flamabilidade (se classe F)	ABNT NBR 11948	-	Material retardante à chama	Material retardante à chama	Material retardante à chama	Material retardante à chama	Material retardante à chama	Material retardante à chama	Material retardante à chama

Fonte: NBR 11752 (ABNT, 2016).

2.2.2 Sistema construtivo de painéis monolíticos

Diante do cenário europeu de necessidade de soluções construtivas com resistência a abalos sísmicos, surgiu na Itália na década de 1980 o chamado sistema *monolite*, que além de resistir aos fenômenos naturais descritos sem desmoronamento, também proporciona isolamento térmico e acústico garantindo conforto ao longo das variações térmicas nas estações europeias.

De acordo com Goulart *et al.* (2018), o sistema foi homologado pelo Instituto Giordianos na década de 80, sendo difundido no Brasil no início dos anos 90 por meio de testes e ensaios normativos para comprovação de sua eficiência. As análises foram realizadas no país pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), as quais demonstraram resultados favoráveis nos âmbitos estruturais, térmicos e de impermeabilização (SOUZA, 2009). Apesar dos resultados, a tecnologia não foi utilizada em grande quantia nos anos seguintes, por ter ficado limitada à apenas algumas empresas que o utilizavam (GOULART *et al.*, 2018).

Contudo, nos últimos anos algumas empresas brasileiras, mesmo que em pequena quantia, começaram a utilizar o sistema monolítico em suas obras devido a seus benefícios. Como exemplo, a Figura 5 demonstra algumas construções realizadas pela empresa brasileira Baue, conhecida pela utilização do sistema construtivo de painéis monolíticos.

Figura 5 - Edificações construídas pela Baue com painéis monolíticos– (a) Edifício Vila Planalto; (b) Sobradinho.



(a)

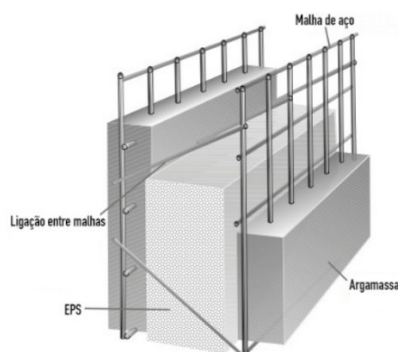
(b)

Fonte: Baue (2021).

2.2.2.1 Características do sistema

De acordo com Bertoldi (2007), o sistema de painéis monolíticos é caracterizado por sua produção industrial, constituído por placas com núcleo de poliestireno expandido envoltas por malhas de aço conectadas com barras de aço eletro soldadas entre as duas faces externas, que são preenchidas com argamassa de alta resistência, após montagem e instalações, para garantia da condição estrutural monolítica.

Figura 6 – Elementos do painel monolítico.



Fonte: Isorecort (2021a).

O sistema *monolite* é conhecido por permitir a construção de edifícios dos mais simples aos mais complexos sem a necessidade de pilares ou vigas, devido ao seu comportamento estrutural monolítico que reduz e distribui uniformemente a carga geral da edificação resultando em fundações com solicitações e dimensões menores quando comparadas a outros sistemas. Tal redução se dá pelo fato do peso da estrutura ser reduzido com a utilização do núcleo de EPS, que contribui para a redução de gastos com materiais com grande impacto no orçamento, como grandes volumes de aço e concreto.

Além disso, a escolha do uso de poliestireno expandido nos núcleos também proporciona qualidade térmica, acústica e resistência ao fogo. Conforme aponta Bertoldi (2007), um painel argamassado tipo monolite com 80 mm de espessura, com núcleo de poliestireno de 25 mm possui uma transmitância térmica de $1,266 \text{ W/m}^2\text{K}$, valor que só é atingido por uma parede convencional de alvenaria de blocos cerâmicos com espessuras de 280 mm.

Devido ao seu carácter industrial, o sistema pode ser adaptado nas mais diversas formas construtivas, incluindo variações arquitetônicas que são usualmente descartadas na utilização do sistema convencional, como arcos, lajes inclinadas, círculos abertos em

paredes e formas exorbitantes. Sua utilização também se destaca pelo fácil manuseio dos painéis com peso reduzido, que facilitam a montagem pelos operários e com isso reduzem o tempo de execução geral. Com isso, é dispensável o transporte com guias e guinchos podendo ser utilizado em locais de difícil acesso (FÜHR, 2017)

Além disso, a geração de resíduos é significativamente reduzida quando comparada com o sistema convencional, pelo recebimento de painéis prontos para a montagem e instalação no ato da construção (SOUZA, 2009).

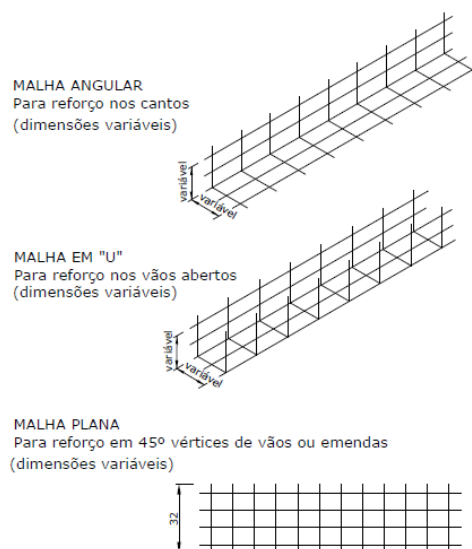
Para sua construção, é necessário primeiramente a execução de um radier, ou sapatas corridas dependendo das condições da sondagem do solo do terreno. Apesar do dimensionamento conforme o tipo do solo, comumente é utilizado radier, devido ao comportamento estrutural do sistema de distribuição de cargas reduzidas e uniformes.

De acordo com o Isorecort (2021b), após a execução da fundação, são fixadas esperas nas fundações com barras de aço, os chamados arranques, sendo o primeiro posicionado a 25 cm da borda do radier, e os demais a cada 50 cm. Os arranques são utilizados para a conexão da estrutura com a fundação, e são engastados no radier com furos de 10 cm de profundidade e chumbador químico.

Os painéis são então instalados com processos normais de amarração de armaduras, sendo fixados, alinhados e aprumados conforme paginação de projeto. O processo de instalação pode ser realizado por uma pessoa, de maneira simples e rápida, e não necessita de mão obra especializada (BERTOLDI, 2007). Verificado as condições de alinhamento, é realizado então o travamento por meio de escoras, seguido do reforço nos pontos especificados em projeto, como cantos de encontro de paredes, vergas e contra vergas, locais de esquadrias, e pontos com maiores solicitações de cargas.

Os reforços são utilizados para evitar surgimento de fissuras e trincas, sendo três modelos principais: Reforço L, Malha tipo U e Reforço liso. A malha tipo L é utilizada no encontro de paredes perpendiculares, devido à sua disposição em 90°. A malha tipo U é usualmente utilizada no reforço de vãos de portas e janelas, assemelhando-se a função de verga e contra verga. E por fim, o tipo liso reforça cantos de portas e janelas que possuem esforços maiores em comparação ao resto do conjunto.

Figura 7 - Modelos principais de reforços.



Fonte: Souza (2009).

Alinhado com o posicionamento de reforços, é realizada a instalação dos componentes hidráulicos e elétricos. O caminhamento das tubulações e eletrodutos é realizado com auxílio de um gerador de ar quente, o qual abre sulcos seguindo a demarcação prévia de caneta nos painéis. No caso do corte de tela para passagem de tubulações com diâmetros maiores que a espessura do painel (como tubulações de queda de esgoto com 100 mm ou mais), é necessário a aplicação de uma sobretela de reforço no local (ISORECORT, 2021b).

Após as instalações de tubulações, é realizado então a etapa de revestimento argamassado. Inicialmente, aplica-se o chapisco para garantia de aderência entre o painel e a camada de revestimento. O revestimento argamassado utilizado difere-se do sistema convencional por seu traço, sendo caracterizado como argamassa estrutural ou micro concreto (SOUZA, 2009). O revestimento é executado em duas etapas, sendo a primeira para preenchimento da superfície de EPS até o cobrimento da malha de aço, e a segunda para finalização e acabamento da superfície sarrafeada com régua de alumínio nos níveis adequados. Preferencialmente, utiliza-se projetores pneumáticos durante a etapa, que garantem a qualidade e produtividade elevada do serviço. Como finalização, é recomendado a cura úmida para evitar fissuras por retração.

Figura 8 – Detalhamento de etapas do sistema monolítico.



Fonte: Adaptado de Paredes Betel (2021).

De acordo com o Isorecort (2021b), os painéis monolíticos de EPS podem receber qualquer tipo de revestimento, como tintas, rochas ou peças cerâmicas, massas finas e corridas, entre outros.

As lajes do sistema normalmente são lajotas nervuradas com EPS, as quais seguem o mesmo princípio de funcionamento da parede, são leves, com boa resistência mecânica, isolantes térmico e acústico com boa rapidez na montagem. Após a execução dessas etapas é realizado a instalação das esquadrias.

2.2.2.2 Painéis monolíticos

De acordo com Führ (2017), a produção dos painéis consiste na montagem e corte do bloco de EPS no tamanho especificado, seguido da união das malhas de aço de ambas as faces externas por meio de conectores de barra de aço. O núcleo de EPS tem como função servir como preenchimento na linha neutra da peça estrutural, região essa que não tem a mesma intensidade de esforços de tração e compressão que as extremidades, e também colaborar com o desempenho de qualidade da edificação.

De acordo com Bertoldi (2007), as malhas utilizadas no sistema são produzidas com aço CA-60, com limite de escoamento $f_{yk} > 600 \text{ N/mm}^2$ e limite de ruptura $f_{tk} > 680 \text{ N/mm}^2$, podendo ser do tipo comum, zincado, galvanizado a quente e inoxidável. Os

diâmetros e espaçamentos entre barras são variados conforme solicitação estrutural de projeto, podendo adotar formas retangulares ou quadradas com reforços suplementares. Segundo Souza (2009), as telas de aço soldadas nervuradas são produzidas em equipamentos eletromecânicos programáveis, onde os fios de aço são inseridos e moldados em telas devido ao calor processual. As telas das faces são conectadas por meio de barras que atravessam o núcleo sendo soldadas nos encontros, mantendo uma separação da face do núcleo de no mínimo 1,0 cm.

Os painéis podem sofrer alterações na variação de densidade e espessura do núcleo de EPS, quantidade de malhas e diâmetro de barras, de acordo com os tipos de solicitações. De acordo com Souza (2009), os tipos mais comuns de painéis utilizados são:

- Painel simples: É utilizado tanto no sistema autoportante quanto no de vedação, sendo utilizado estruturalmente em obras de até 4 pavimentos; apresenta núcleo de EPS com molde ondulado.
- Painel duplo: Conjunto de dois painéis simples, unidos por meio de conectores. É possível colocar armaduras adicionais no espaço central entre os painéis para preenchimento com concreto, o qual dá a condição estrutural de utilização em obras de vários pavimentos;
- Painel laje: Pode ser produzido com armadura uni ou bidirecional, e receber reforços estruturais que formam séries de seções tipo “T”;
- Painel escada: Segue o mesmo princípio dos painéis simples, porém com geometria moldada para atendimento as dimensões da escada;
- Painel vazado: Utilizado quando as cargas ultrapassam a capacidade dos painéis simples, preenchendo-se vazios interiores com concreto para aumento da resistência.

2.2.3 Insulated Concrete Forms (ICF)

De acordo com Jesus e Barreto (2018), o sistema de Moldes Isolantes para Concreto, ou do inglês *Insulated Concrete Forms* (ICF), foi desenvolvido pela primeira vez na Europa pós Segunda Guerra Mundial como técnica construtiva barata, durável e resistente às condições naturais características da região, para reconstrução de edificações danificadas.

Ainda conforme Jesus e Barreto (2018), as primeiras fôrmas do sistema foram desenvolvidas no final da década de 1960, após a expiração da patente que serviu de inspiração registrada em 1940 por August Schnell e Alex Bosshard, a qual utilizava resíduos de madeira reciclada e cimento como materiais isolantes.

No Brasil, o sistema foi disseminado em meados de 1999, porém, sua utilização obteve crescimento apenas nos últimos anos em algumas regiões do país, como Mato Grosso, Paraná e arredores. Antes de sua disseminação, assim como os painéis monolíticos, o sistema fora avaliado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT), obtendo resultados satisfatórios nas análises pertinentes para utilização. As Figuras 9 e 10 demonstram alguns exemplos de aplicação da tecnologia em edificações brasileiras.

Figura 9 - Primeiro prédio de 4 pavimentos no sistema ICF realizado no país.



Fonte: Rocha (2021).

Figura 10 - Shopping Popular em Cuiabá – Mato Grosso.



Fonte: Ferreira (2012).

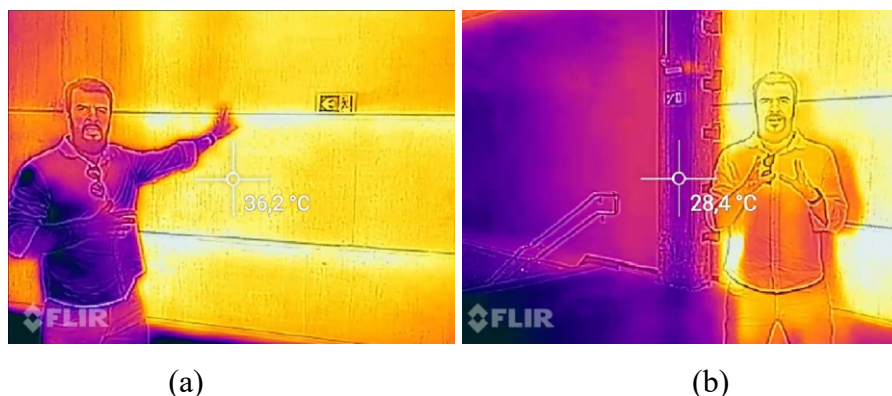
2.2.3.1 Características do sistema

O sistema ICF é caracterizado por incorporar dois painéis de poliestireno expandido de alta densidade do tipo encaixe macho e fêmea, que servem de fôrma e são preenchidas com telas de aço e concreto servindo como molde da estrutura. Os painéis plásticos não são retirados após o preenchimento do núcleo, os quais, aliados a resistência estrutural do concreto, garantem durabilidade, propriedades térmicas e acústicas, resistência à água e estanqueidade ao ar à edificação (JESUS; BARRETO, 2018)

De acordo com Rocha (2021), o sistema permite a construção de até 7 pavimentos de planta tipo, podendo ser realizada até em períodos chuvosos. Segundo Gonçalves (2013), essa tecnologia construtiva permite a redução de resíduos e tempo final de obra quando comparada ao sistema convencional, além da economia considerável na fundação devido à redução da carga total da edificação.

O conjunto proporciona valores de isolamento térmico satisfatórios no âmbito das normas de desempenho, devido a estrutura de células fechadas de EPS com composição em grande volume de ar o qual dificulta a passagem de calor. Rocha (2021) realizou testes com câmeras térmicas em um colégio de 6600 m² com 3300 m² de parede de vedação em ICF, medindo a temperatura interna das paredes que recebem sol no período da tarde. Na Figura 11-a, a qual representa o teste na parede de concreto, demonstra a medição de 36,2°C, valor significativamente alto quando comparado ao teste realizado na parede do sistema ICF (Figura 11-b), a qual obteve 28,4°C. Tal diferença de aproximadamente 8°C resulta em uma economia de energia a longo prazo devido à redução do uso de ar condicionado para conforto térmico.

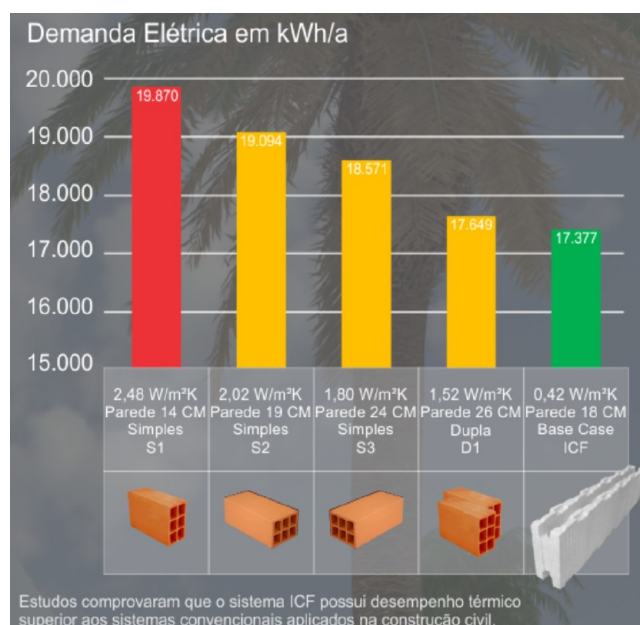
Figura 11 - Teste de temperatura nas paredes do colégio – (a) Paredes de concreto; (b) Sistema ICF.



Fonte: Rocha (2021).

A Figura 12 abaixo demonstra um teste realizado pela empresa ICF Construtora Inteligente, para verificação da demanda elétrica de paredes de diversas tipologias em uma edificação de 491 m², o qual comprova que o sistema ICF é mais eficiente do ponto de vista energético que paredes com materiais típicos.

Figura 12 - Demanda energética de diferentes tipos de paredes em uma mesma edificação.



Fonte: Rocha (2021).

Outro aspecto importante para a análise de escolha do sistema é seu isolamento acústico. De acordo com Hawks e Percer (2005), o concreto tende a refletir efeitos sonoros, enquanto espumas no geral tendem a absorver o som. Dessa forma, combinação de ambos proporciona índices satisfatórios de isolamento acústico para ruídos aéreos. O índice de redução sonora ponderada (R_w) obtido para paredes de 14 cm de espessura do sistema Isocret-ICF foi de 35 dB (ROCHA, 2017).

Em relação a impermeabilidade das peças, por se tratar de EPS com característica higroscópica, o conjunto possui baixa absorção de água com resistência à difusão do vapor. Além disso, os materiais utilizados em sua produção sofrem pouca degradação ao longo dos anos devido a composição do material, que, combinada com a proteção da estrutura de concreto (que evita intempéries climáticas) confere durabilidade estendida para a edificação.

Segundo Rocha (2017), o sistema ICF utiliza peças de poliestireno expandido de classe F – não retardante à chama. Todo o material é revestido por camadas de materiais não combustíveis, como revestimentos argamassados ou de cerâmica. Entretanto, caso entre em contato com chamas, o material possui um inibidor de combustão que resulta em sua contração e derretimento. Apenas exposições prolongadas à chama em temperaturas elevadas podem levar à ignição do material, embora a propagação da chama seja limitada. As paredes ICF previnem o espalhamento da chama de um lado da parede para o outro, devido também, à camada de concreto que não irá se inflamar ou contrair em casos de incêndio (HAWKS; PERCER, 2005).

Assim como os painéis monolíticos, as peças do sistema de moldes isolantes para concreto são leves, o que facilita o seu transporte e montagem em obras devido a não necessidade de máquinas ou equipamentos para carga e descarga. Tal característica contribui para a redução das cargas de atendimento da fundação e, conseqüentemente, no valor orçamentário total da obra. De acordo com Rocha (2017), uma parede de ICF depois de montada e revestida pesa 135 kg/m², enquanto uma parede do sistema convencional pesa de 220 a 240 kg/m².

Ainda conforme Rocha (2017), o EPS utilizado nos painéis possui resistência mecânica elevada, que combinada a resistência estrutural do núcleo de concreto permite a utilização em regiões com eventos sísmicos e furacões. O sistema Isocret-ICF obteve 314,9 KN/m como carga de ruptura em ensaios de compressão excêntrica de paredes.

Para sua construção, assim como nas obras em geral, o terreno deve ser previamente compactado e nivelado. Feito isso, inicia-se a execução da fundação, a qual pode ser realizada com qualquer tipologia mais adequada às características do solo do terreno. Entretanto, recomenda-se a utilização de sapatas corridas ou radier devido à sua facilitação para marcação do perímetro da parede (JESUS; BARRETO, 2018). Independente da escolha, são deixadas esperas de aço CA-50 com 60 centímetros de comprimento na superfície que direcionarão a primeira fiada de blocos ICF, os quais servirão como referência para a montagem da estrutura (ISOCRET, 2021).

Figura 13- Primeira fiada de blocos ancorada na fundação.



Fonte: Rocha (2021).

Após a montagem da primeira fiada completa, é realizado o alinhamento e esquadreamento das paredes. Com isso, inicia-se então o encaixe dos blocos de fiadas seguintes conforme paginação de projeto. Após a aferição de prumo, alinhamento e travamento com escoras, é realizado a concretagem do núcleo das paredes de espessuras conforme projeto, o qual é vibrado para evitar a segregação da pasta.

Figura 14 - Paredes do sistema concretadas.



Fonte: Isocret (2021).

Com as paredes montadas, inicia-se então a demarcação dos caminhamentos de tubulações hidráulicas e elétricas nas paredes, as quais são instaladas nas aberturas de

sulcos provenientes do aquecimento com sopradores de ar ou de cortes com ferramentas. No caso de tubulações mais espessas que os painéis de EPS, a espessura da camada de reboco recobre a instalação até seu embutimento. Caso a somatória da espessura da camada de EPS com o reboco não seja suficiente, é realizado então um corte no painel (ao longo do núcleo de concreto e das camadas de EPS) para passagem da tubulação, seguido de um reforço com telas de aço nas extremidades do vão.

Figura 15 - Tubulações embutidas na parede.



Fonte: Jesus e Barreto (2018).

Posteriormente, é realizado o revestimento das paredes com chapisco rolado seguido de argamassa de cimento colante com resina polimérica. Para paredes internas, é possível a aplicação de gesso sobre o chapisco. Em áreas molhadas as peças cerâmicas podem ser assentadas com aplicação direta sobre as paredes com argamassa colante conforme solicitação (ISOCRET, 2021).

Figura 16 - Aplicação de chapisco rolado em paredes externas.



Fonte: Isocret (2021).

A instalação de esquadrias é realizada por meio da utilização de espuma expansiva de poliuretano, a qual fixa a peça no vão delimitado por batentes chumbadas na estrutura nos vãos especificados.

Figura 17 - Porta instalada com espuma expansiva.



Fonte: Munaro (2021a).

As lajes e forros dependem da concepção estrutural da edificação, mas normalmente são realizadas com lajes nervuradas com preenchimento de EPS com cobertura em concreto conforme especificação, sendo seguidas da instalação de esquadrias.

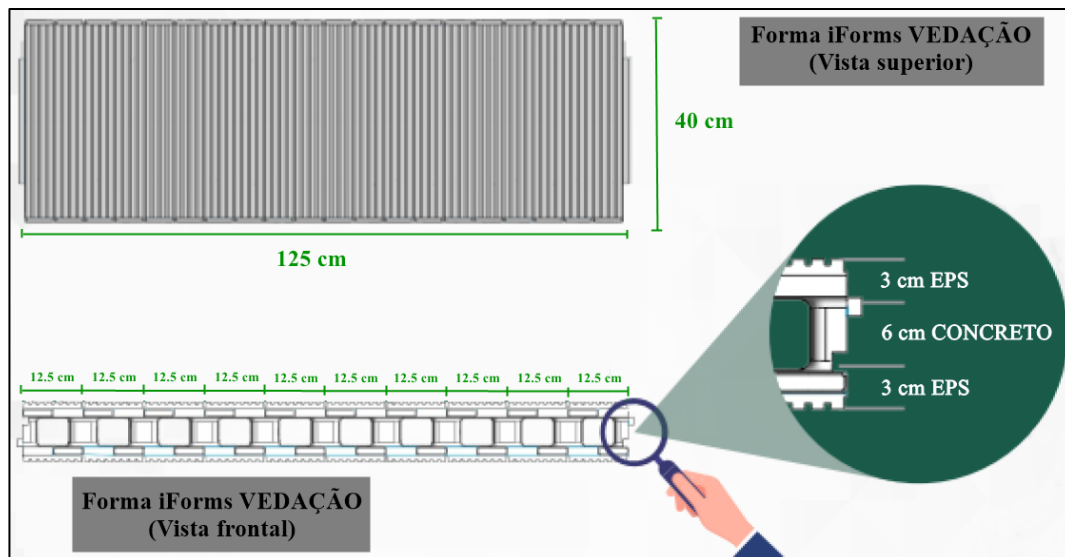
2.2.3.2 Painéis ICF

Assim como o sistema monolítico, os painéis ICF são montados a partir de componentes produzidos industrialmente por meio de máquinas e linhas de produção em fábricas especializadas. Dependendo da fornecedora, são produzidos diferentes tipos de peças com comprimento e alturas variados.

Conforme Rocha (2021), o grupo ICF fornece dois tipos de componentes padronizados conforme finalidade, sendo divididos por vedação e estrutura. Sua diferenciação se dá pela espessura e densidade das fôrmas de EPS, as quais influenciam na espessura final da parede. O comprimento e altura são fixados em 125 e 40 centímetros respectivamente, sendo o sistema de montagem baseado em encaixes macho e fêmea. As

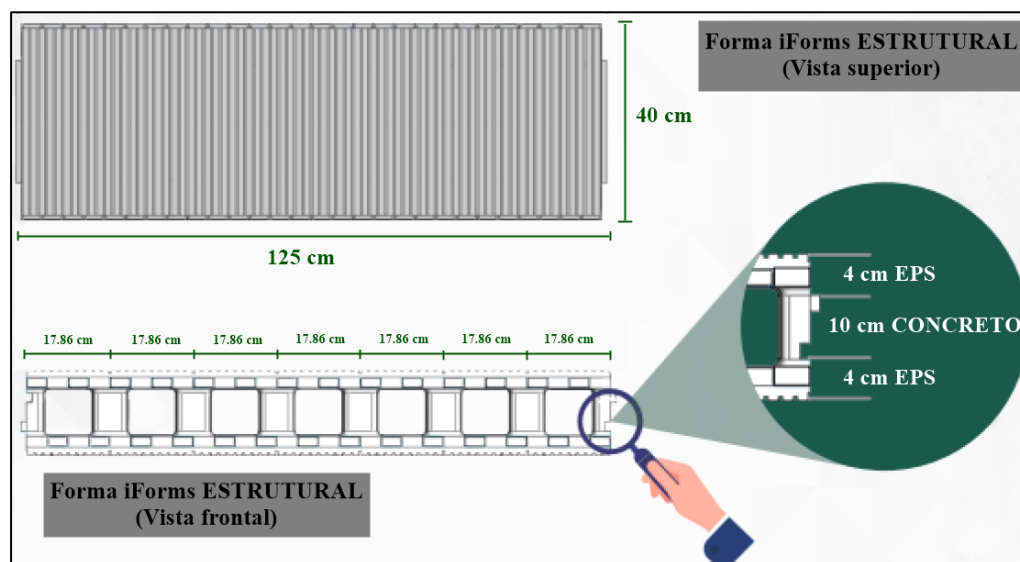
Figuras 18, 19 e 20 demonstram os modelos e especificações técnicas fornecidas no catálogo da empresa.

Figura 18 - Componente de vedação iForms com 12 centímetros de espessura.



Fonte: Adaptado de Rocha (2021).

Figura 19 - Componente estrutural iForms com 18 centímetros de espessura.



Fonte: Adaptado de Rocha (2021).

Figura 20 - Dados técnicos e rendimentos para os componentes.

Dados Técnicos e Rendimentos		
CARACTERÍSTICAS	IForms 12	IForms 18
	VEDAÇÃO	ESTRUTURAL
Rendimento por forma, área (m ²)	0,5	0,5
Formas por m ³ (un/m ³)	2,0	2,0
Peso próprio (Kg/m ³)	2,0	2,9
Peso com concreto armado (Kg/m ³)	95,0	179,0
Coefficiente de Produtividade (Hh/m ³)	0,5	0,4
Consumo de concreto (m ³ /m ³)	0,038	0,072
Densidade do EPS Classe F (Kg/m ³)	26,0	26,0
Absorção de umidade(%)	0	0
Resistência do EPS a temp. extremas (°C)	80,0	80,0
Isolamento Térmico (W/m ² K)	0,35	0,29
Decibes (dB)	45,0	55,0

+ RÁPIDO
+ EFICIENTE
+ RESISTENTE
+ ECONÔMICO

IFORMS Insulated Concrete Forms

Fonte: Rocha (2021).

3 METODOLOGIA

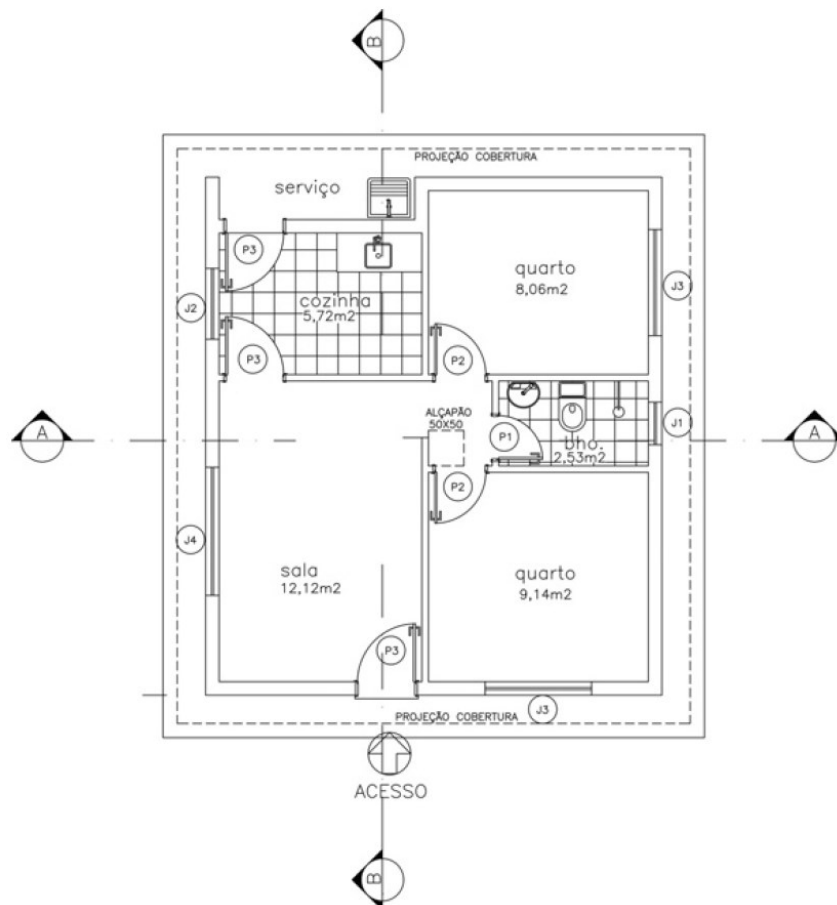
Este trabalho apresenta o comparativo entre os sistemas construtivos convencional, painéis monolíticos e ICF (Insulated Concrete Forms), mediante a avaliação de viabilidade técnica e financeira dos sistemas que utilizam poliestireno expandido em sua estrutura por meio de orçamento e planejamento de uma habitação de interesse social.

3.1 Modelo proposto

O modelo escolhido para a realização deste trabalho foi a planta de uma unidade residencial unifamiliar de padrão baixo - R1B fornecida pelo Sindicato da Construção de Minas Gerais. Essa escolha se deu por se tratar de um modelo semelhante ao utilizado nas habitações de interesse social na cidade de Uberlândia - Minas Gerais, a qual será objetivo de estudo de viabilidade de implantação. A edificação (Figura 21) possui

somatória de áreas úteis de aproximadamente 39,2 m², sendo um pavimento com dois dormitórios, sala, banheiro, cozinha e área de serviço.

Figura 21 - Planta baixa de unidade residencial unifamiliar de padrão baixo.



Fonte: SINDUSCON-MG (2007).

Para a realização do levantamento de quantitativos e orçamentação foram utilizados a família de insumos e especificações de acabamentos dos projetos residenciais de padrão baixo fornecidos, também, pelo Sindicato da Construção de Minas Gerais (SINDUSCON-MG, 2007).

3.2 Método

Para demonstração da viabilidade técnica e financeira dos sistemas inovadores de EPS, foi realizado a revisão bibliográfica dos mesmos e do sistema convencional de concreto armado com vedação em alvenaria de blocos cerâmicos, a fim de se conhecer as

disposições construtivas, detalhes e propriedades pertinentes para o levantamento e análise.

O levantamento de dados como disposições técnicas para adaptação dos sistemas de poliestireno expandido na planta baixa da habitação de interesse social de referência do trabalho, e disposições técnicas dos painéis para composição das estruturas foram obtidos por meio do contato com fornecedores e construtoras que utilizam dos sistemas em suas obras.

A partir disso, foi realizado a adaptação nos sistemas de EPS na planta baixa da HIS em questão, a qual possibilitou o levantamento de quantitativos necessários para orçamentação por meio dos projetos arquitetônico e estrutural.

A orçamentação foi realizada com base no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil do Estado de Minas Gerais (SINAPI-MG), por meio de composições e insumos fornecidos em sua base do mês de julho de 2021. Para elementos sem composição unitária definida, como os relacionados aos painéis de EPS, foi realizado a formação com insumos separados por meio de preços fornecidos por construtoras e fornecedores.

Na elaboração do orçamento, não foram estimados os custos de fretes de transporte de insumos. Entretanto, foi realizado uma análise do possível impacto que o frete dos painéis de EPS teriam no custo final das obras nas considerações finais, para correlação da margem de lucro nessas situações e avaliação de oportunidade de implantação na cidade.

Com o orçamento concluído, foi realizado o planejamento físico das edificações, por meio de índices de produtividade fornecidos por construtoras que utilizam os sistemas e nas composições da base SINAPI, e utilização do software MS Project. As relações entre atividades predecessoras e sucessoras foram definidas por consulta a construtoras para aproximação da realidade.

Na elaboração do cronograma e duração de atividades, foram utilizados dados conforme a jornada de trabalho comum na construção civil da região de Uberlândia, com período de trabalho das 07:00 às 17:00 horas, de segunda-feira à quinta-feira, e 07:00 às 16:00 na sexta-feira, com uma hora destinada ao almoço.

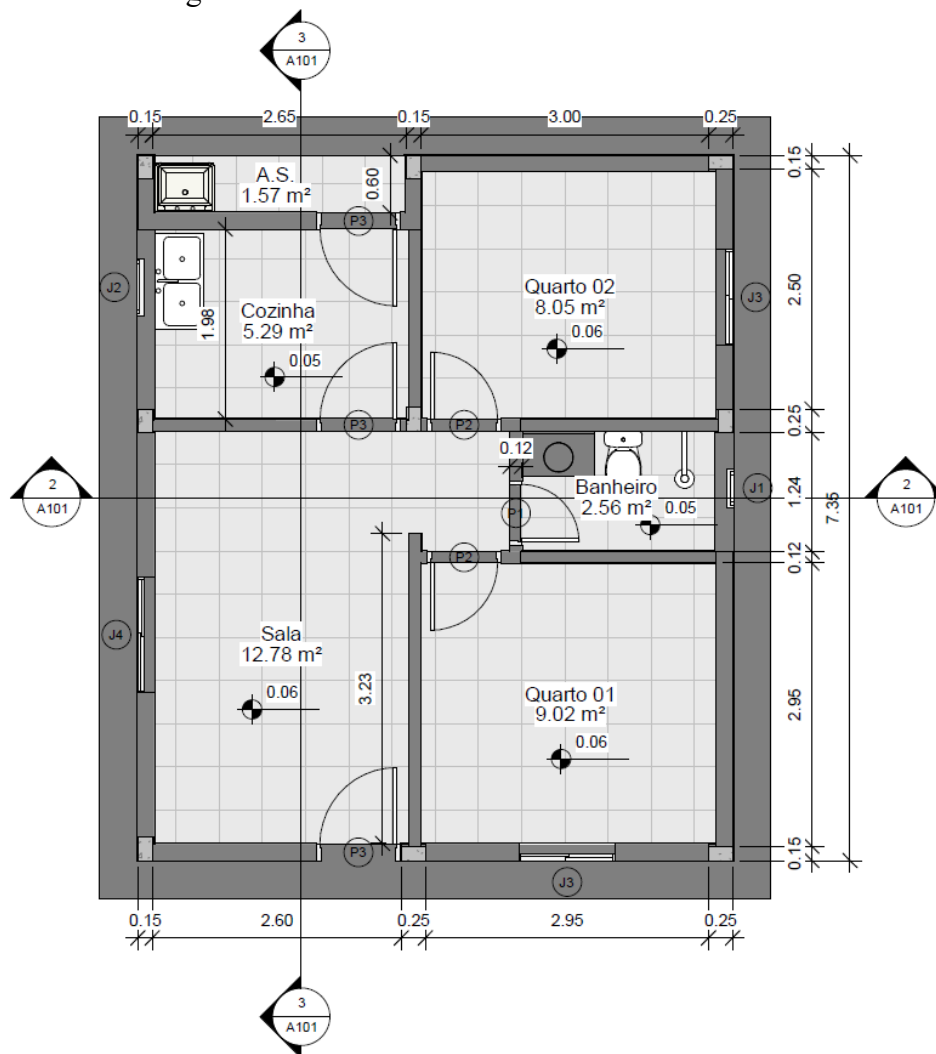
Com o orçamento e planejamento elaborados, foi possível analisar o custo total de uma edificação nos três sistemas, o qual permitiu a análise comparativa para viabilidade técnica e financeira, com demonstração da relação entre preço e duração final dos empreendimentos.

4 ESTUDO DE CASO: HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL

4.1 Adaptação do projeto para os sistemas construtivos

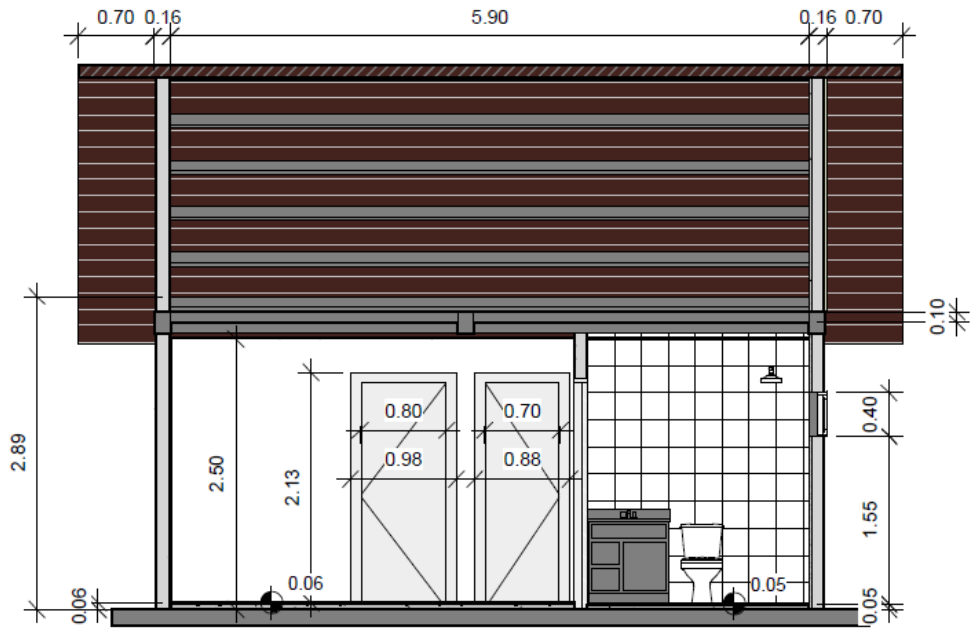
A partir da planta baixa fornecida pelo Sinduscon, foi possível modelar e adaptá-la nos três sistemas propostos. As Figuras 22, 23 e 24 demonstram a planta baixa e os cortes esquemáticos do sistema convencional obtidos.

Figura 22 - Planta baixa no sistema convencional.



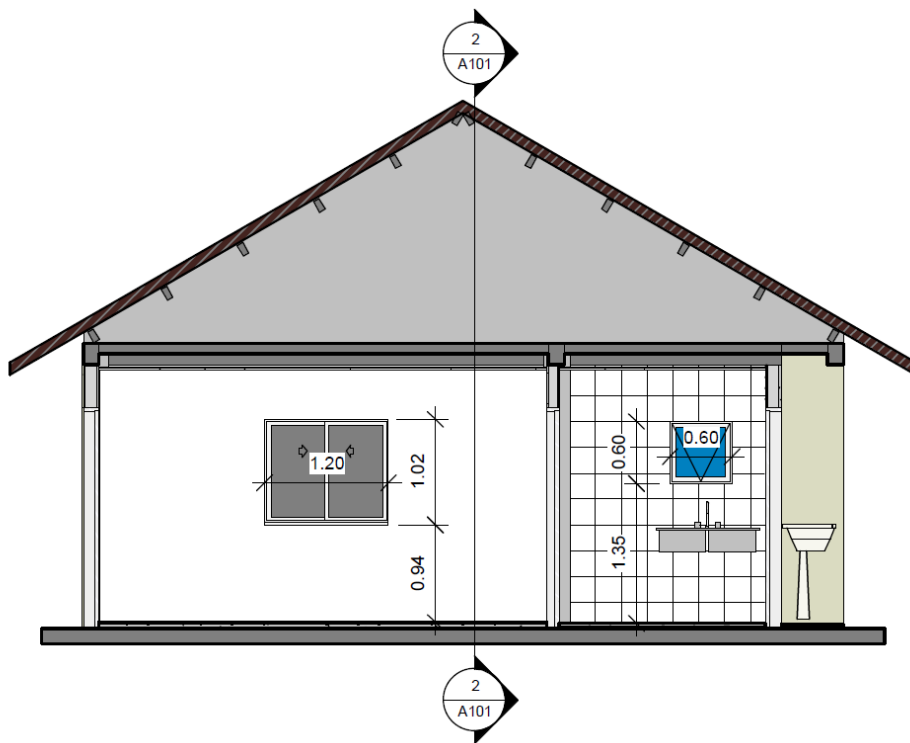
Fonte: Autor (2021).

Figura 23 - Corte 2-2.



Fonte: Autor (2021).

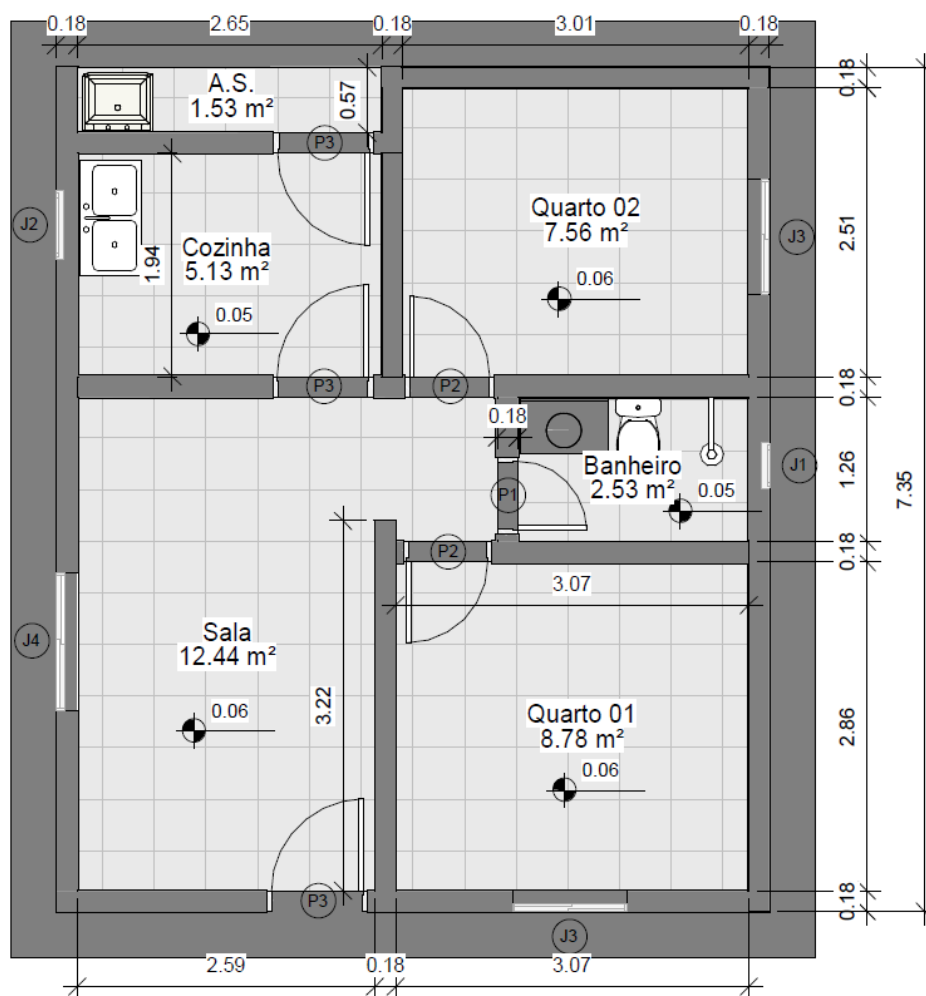
Figura 24 - Corte 3-3.



Fonte: Autor (2021).

A partir da planta baixa definida no sistema convencional, foi possível então adaptar as especificações para os sistemas de EPS. A Figura 25 demonstra a planta baixa modelada com as espessuras de paredes finalizadas de 18 centímetros com painéis monolíticos, que resultaram em áreas úteis menores em relação ao sistema convencional, conforme será demonstrado na Tabela 2.

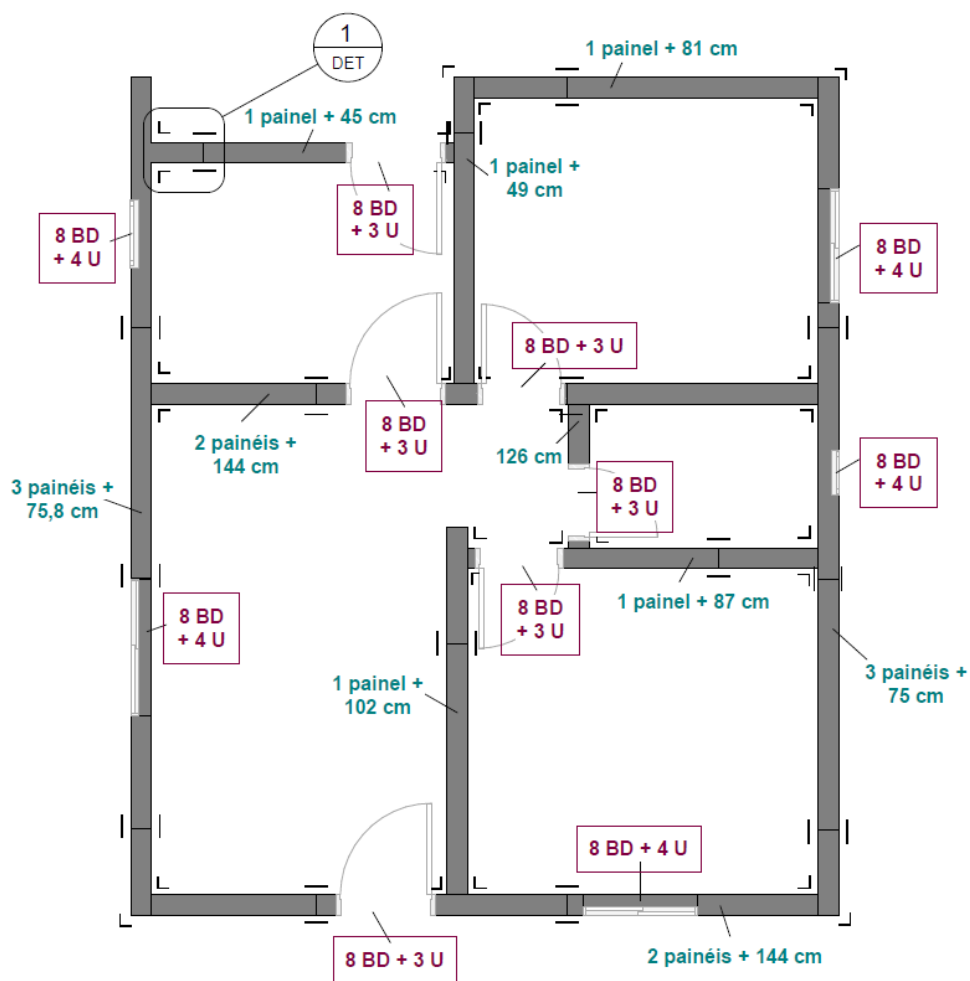
Figura 25 - Planta baixa no sistema monolítico.



Fonte: Autor (2021).

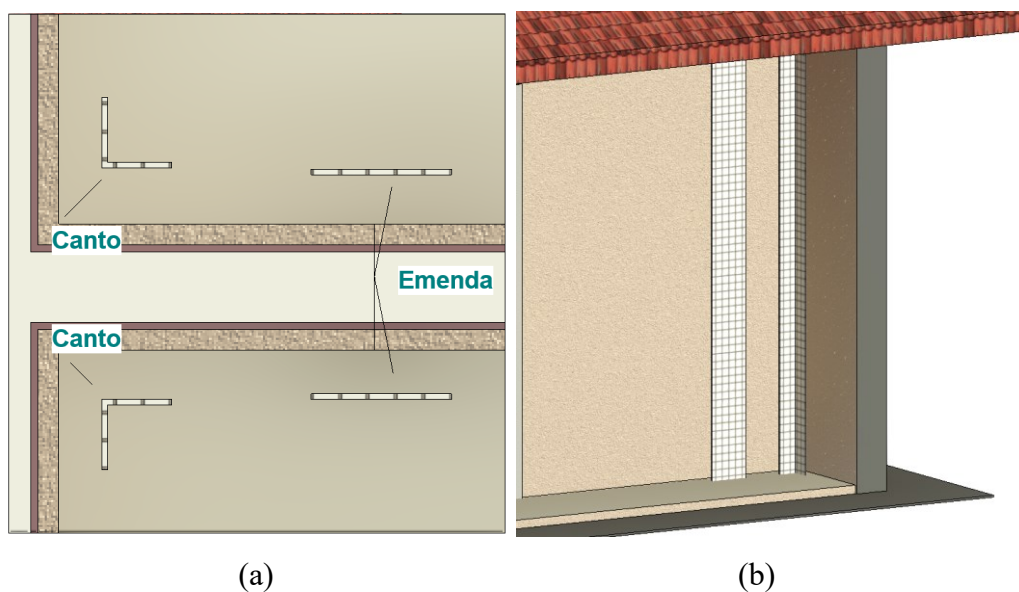
A Figura 26 demonstra a disposição da montagem dos painéis, sendo classificada por meio da nomenclatura de painéis inteiros (painéis de 3,00x2,20 metros) cortados em relação ao pé direito (2,65 metros), e painéis resultantes de cortes nas regiões que necessitam de maiores dimensões. Além disso, a Figura 27 apresenta o detalhamento e representação das regiões que necessitam de reforços de emenda e canto.

Figura 26 – Disposição dos painéis monolíticos.



Fonte: Autor (2021).

Figura 27 - (a) Detalhe 1; (b) Representação do Detalhe 1 na vista 3D.



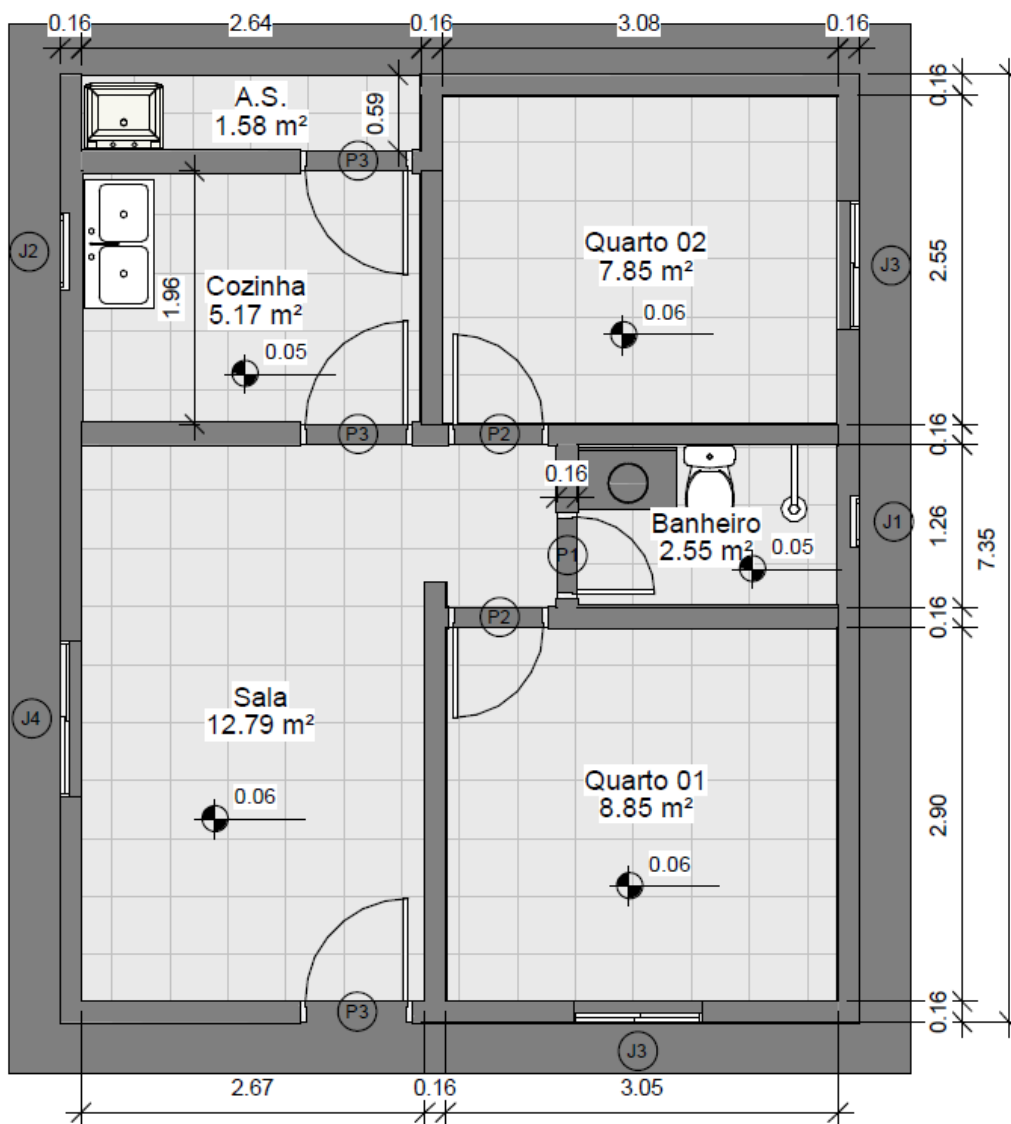
(a)

(b)

Fonte: Autor (2021).

Analogamente ao sistema monolítico, a planta com os componentes ICF foi modelada a partir da planta baixa do sistema convencional, resultando na disposição demonstrada na Figura 28, que também teve uma alteração na área útil dos cômodos devido a espessura das paredes finalizadas de 16 centímetros.

Figura 28 - Planta baixa no sistema ICF.

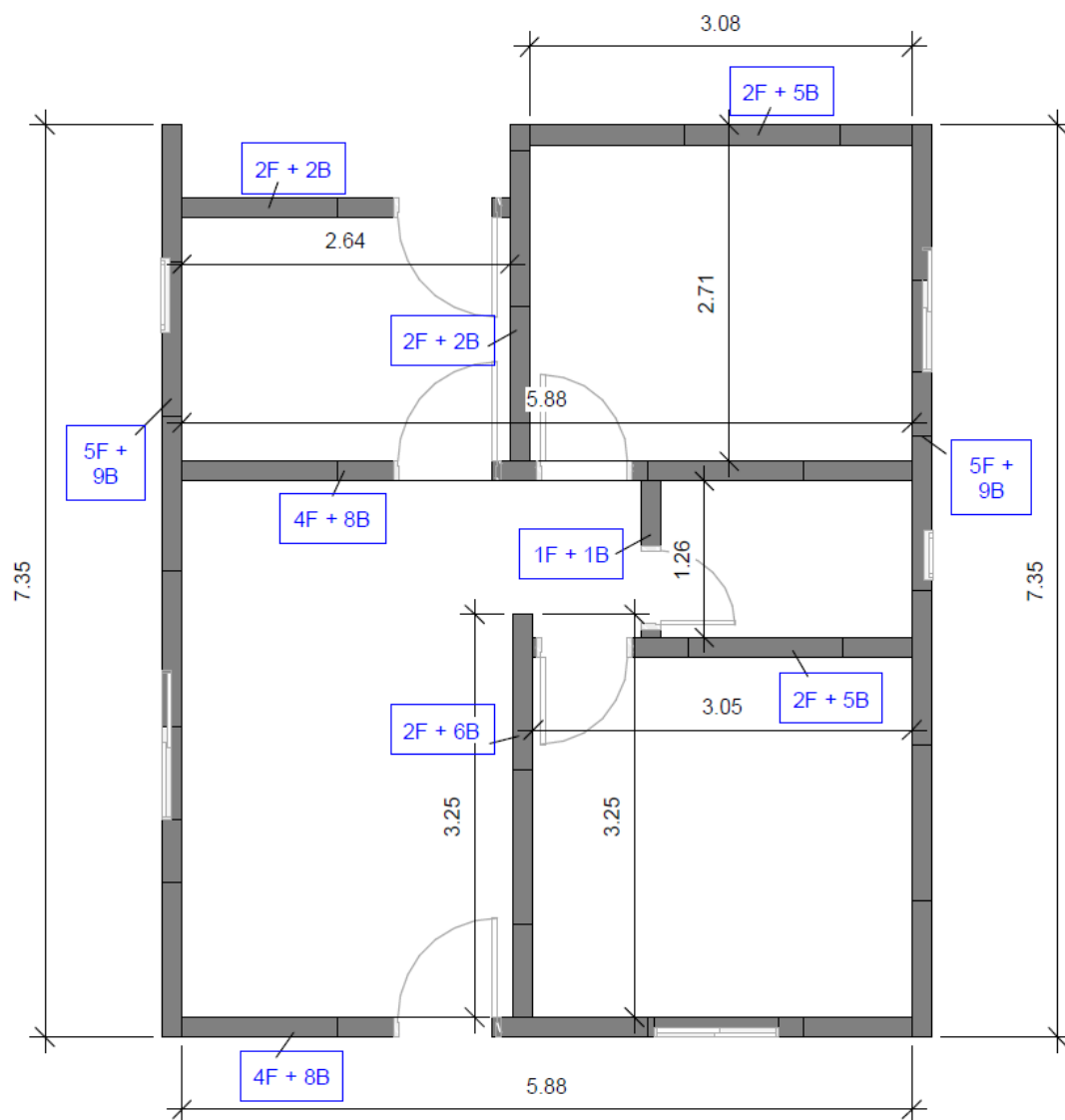


Fonte: Autor (2021).

A Figura 29 demonstra a disposição da montagem dos componentes, com as paredes classificadas em números inteiros de formas (F) com dez aberturas em elementos vazados em forma de grelha cada, dispostos na vertical ao longo da extensão do painel, com acréscimo para complementação da parede com quantidades de aberturas de

componentes cortados (B), conforme exemplificado na Figura 30, que demonstra dois componentes ICF, sendo um concretado na parte inferior e outro concretado com EPS retirado para demonstração do preenchimento de concreto.

Figura 29 - Disposição dos componentes ICF.



Fonte: Autor (2021).

Figura 30 - Disposição vertical com 10 furos e horizontal com concreto armado no painel ICF finalizado.



Fonte: Adaptado de Munaro (2021b).

Tabela 2 - Comparativo entre áreas úteis nos três sistemas.

Área útil (m ²)			
Ambientes	Convencional	ICF	Monolítico
Sala	12,78	12,79	12,44
Quarto 01	9,02	8,85	8,78
Banheiro	2,56	2,55	2,53
Quarto 02	8,05	7,85	7,56
Cozinha	5,29	5,17	5,13
A.S.	1,57	1,58	1,53
Total (m²)	39,27	38,79	37,97

Fonte: Autor (2021).

Dessa forma, é possível notar a pequena diferenciação entre as áreas úteis nos três sistemas, devido a alteração da espessura das paredes finalizadas em cada caso. Em relação ao sistema convencional, os sistemas de EPS apresentaram redução em áreas úteis, sendo aproximadamente 1,2% menor no sistema ICF, e 3,4% no monolítico. Apesar

da redução, nenhum dos ambientes nos sistemas apresentou área útil menor que os limites estabelecidos pelo Código Municipal de Obras da cidade de Uberlândia (UBERLÂNDIA, 2011).

4.2 Desenvolvimento

A partir do lançamento dos sistemas, foi feito o levantamento de quantitativos e orçamentação. Os quantitativos foram gerados com auxílio de áreas e tabelas fornecidas pelo software *Revit 2021*. A orçamentação foi realizada com auxílio do software *Orçafascio*, por meio de preços e composições fornecidas pela base SINAPI. As Figuras 31, 32 e 33 demonstram os valores obtidos por disciplina para cada sistema separados por mão de obra (M.O) e materiais (MAT), com os valores finais agrupados de cada obra.

Figura 31 - Planilha orçamentária resumida do sistema convencional separada por mão de obra (M.O.) e materiais (MAT).

Planilha Orçamentária Resumida Com Valor do Material e da Mão de Obra - Convencional					
Item	Descrição	Total (R\$)			Peso (%)
		M. O.	MAT.	Total	
1	Serviços Preliminares	390,21	2.502,39	2.892,60	4,07 %
2	Fundação	2.052,32	6.160,95	8.213,27	11,55 %
3	Estrutura	2.704,91	8.775,28	11.480,19	16,14 %
4	Vedação vertical	8.232,82	11.199,02	19.431,84	27,32 %
5	Piso	1.260,91	3.842,38	5.103,29	7,18 %
6	Cobertura	1.967,45	10.946,42	12.913,87	18,16 %
7	Esquadrias	251,78	2.483,32	2.735,10	3,85 %
8	Instalações	1.991,38	4.554,95	6.546,33	9,20 %
9	Louças e metais	121,42	1.401,44	1.522,86	2,14 %
10	Serviços finais	213,48	69,30	282,78	0,40 %
		19.186,68	51.935,45	71.122,13	
		Total Geral (R\$)		71.122,13	

Fonte: Autor (2021).

Figura 32 - Planilha orçamentária resumida do sistema ICF, separada por mão de obra (M.O.) e materiais (MAT).

Planilha Orçamentária Resumida Com Valor do Material e da Mão de Obra - ICF					
Item	Descrição	Total (R\$)			Peso (%)
		M. O.	MAT.	Total	
1	Serviços Preliminares	390,21	2.502,39	2.892,60	3,36 %
2	Fundação	1.971,36	4.579,94	6.551,30	7,61 %
3	Estrutura	11.186,48	23.765,79	34.952,27	40,59 %
4	Vedação vertical	5.547,43	7.065,58	12.613,01	14,65 %
5	Piso	1.244,03	3.789,78	5.033,81	5,85 %
6	Cobertura	1.980,32	10.991,02	12.971,34	15,07 %
7	Esquadrias	251,78	2.483,32	2.735,10	3,18 %
8	Instalações	1.991,32	4.554,79	6.546,11	7,60 %
9	Louças e metais	121,42	1.401,44	1.522,86	1,77 %
10	Serviços finais	213,48	69,30	282,78	0,33 %
		24.897,83	61.203,35	86.101,18	
		Total Geral (R\$)		86.101,18	

Fonte: Autor (2021).

Figura 33 - Planilha orçamentária resumida do sistema monolítico, separada por mão de obra (M.O.) e materiais (MAT).

Planilha Orçamentária Resumida Com Valor do Material e da Mão de Obra - Monolítico					
Item	Descrição	Total (R\$)			Peso (%)
		M. O.	MAT.	Total	
1	Serviços Preliminares	390,21	2.502,39	2.892,60	3,69 %
2	Fundação	1.959,10	4.830,17	6.789,27	8,66 %
3	Estrutura	1.729,60	21.674,43	23.404,03	29,85 %
4	Vedação vertical	7.281,56	9.094,06	16.375,62	20,89 %
5	Piso	1.220,46	3.724,37	4.944,83	6,31 %
6	Cobertura	1.967,45	10.946,42	12.913,87	16,47 %
7	Esquadrias	251,78	2.483,32	2.735,10	3,49 %
8	Instalações	1.991,32	4.554,79	6.546,11	8,35 %
9	Louças e metais	121,42	1.401,44	1.522,86	1,94 %
10	Serviços finais	213,48	69,30	282,78	0,36 %
		17.126,38	61.280,69	78.407,07	
		Total Geral (R\$)		78.407,07	

Fonte: Autor (2021).

Nos Serviços preliminares, foi considerado, para os três sistemas, limpeza manual do terreno com raspagem superficial, aluguel de três meses de container ao longo da duração da obra e locação convencional através de gabarito de tábuas corridas pontaletadas. Para simplificação, foi considerado apenas a área da projeção da edificação na quantificação dos serviços preliminares.

No item de Fundação, foi considerado escavação manual de vala e regularização de superfície em terra para preparação do radier. Foi necessário, para a execução do radier do sistema convencional, a alteração da bitola da tela de aço soldada nervurada nas regiões de descarga dos pilares, devido a uma maior concentração de esforços nessas regiões quando comparada aos sistemas de EPS. Em relação aos sistemas de EPS, o sistema monolítico apresentou valor maior quando comparado ao ICF, devido ao dobro de arranques necessários para a fixação dos painéis. Todos os sistemas apresentaram composições e quantitativos semelhantes nos itens restantes do radier, diferindo apenas nas telas de aço soldadas e nos arranques.

Para a estrutura do sistema convencional, considerou-se montagem e desmontagem de fôrmas de pilares e vigas, com armação referente ao dimensionamento realizado e concretagem com concreto de 25 MPa preparado mecanicamente em betoneira de 400L com lançamento por meio de baldes e adensamento com vibradores. Para verga e contra verga, utilizou-se de blocos canaleta e armação em aço CA-50 de 6.3 mm com graute de 20 MPa.

A alvenaria de vedação utilizada no sistema convencional foi de blocos cerâmicos vazados na horizontal de 9x19x19 cm em paredes internas, e 14x19x39 em paredes externas, com argamassa de assentamento preparada em betoneira de 400 L.

Já para a estrutura e vedação dos sistemas de EPS, considerou-se o fornecimento de painéis Iforms® (ICF) e Monopainel® (monolítico) sem a adição do frete, considerando-se a avaliação da implantação de ambos na região em questão. Ambos os sistemas necessitam de escoramento na montagem dos painéis, a qual foi orçada considerando-se pontaletes de 7,5 x 7,5 cm com 2 metros de altura a cada 1,5 metros ao longo do perímetro das paredes.

Para o sistema ICF, considerou-se armação com corte e dobra de aço CA-50 com 8 mm de diâmetro para os painéis devido à recomendação da empresa ICF Construtora Inteligente (2021), por se tratar de uma residência térrea com poucas cargas na laje de cobertura. Para casos assim, a empresa recomenda a utilização de barras verticais a cada dois vãos dos painéis ao longo da altura da parede, acrescidas de barras longitudinais

padronizadas ao longo do perímetro por fiada. Sendo assim, obtêm-se então o valor de 848,364 metros de barras necessárias para a montagem dos 130 m² de painéis, resultando então em 335,10 kg de barras de 8 mm. Além disso, considerou-se reforço em áreas de janelas e portas de verga e contra verga, também com vergalhões CA-50 de 8 mm.

Na montagem dos painéis ICF, utilizou-se do coeficiente de produtividade fornecido pela ICF Construtora Inteligente (2021) de 0,5 Hh/m² (Figura 20), que representa o valor agrupado para montagem, armação no painel e lançamento de concreto, usualmente executado por três funcionários separados por função. O valor informado para precificação da mão de obra foi de 25 reais individualizados por m² independente da função do funcionário, totalizando 75 reais por metro quadrado. O concreto utilizado foi de 25 MPa, preparado mecanicamente em betoneira de 400L com lançamento por meio de baldes e adensamento com vibradores.

Para o sistema monolítico, além dos painéis, considerou-se a adição de outros componentes para a execução de paredes, como reforços em janelas de verga e contra verga, cantos, emendas de painéis e aditivo para chapisco. Na montagem dos painéis, utilizou-se do índice fornecido pelo Grupo Isorecort (2021), que utiliza em média 21 horas para montagem de 120 m² em casa térrea com dois trabalhadores, o que resulta em um coeficiente de produtividade de aproximadamente 2,857 Hh/m². Sendo assim, adaptou-se para a equipe de projeto de 2 pessoas, obtendo-se 22,77 horas para montagem de 130 m².

Tanto no sistema Monolítico quanto no sistema ICF, considerou-se que os trabalhadores envolvidos na montagem possuem experiência prévia com a execução desses sistemas e não necessitam de capacitação externa ou importação de mão de obra, conforme informado pelas empresas atuantes no setor.

Para a laje de cobertura, que receberá apenas a carga proveniente da caixa d'água e telhado, considerou-se para o sistema convencional a fabricação de fôrma em chapa de madeira compensada, com concretagem da laje em concreto de 20 MPa. Para os sistemas de EPS, considerou-se laje treliçada com preenchimento em EPS em espessura semelhante ao sistema convencional.

Na elaboração das composições de vedação vertical, todos os três sistemas utilizaram de chapisco manual seguido de revestimento argamassado em camada única, diferindo-se na espessuras, sendo no convencional 10 mm para paredes internas, 20 mm para paredes externas, ICF com espessura de 15 mm em todas as paredes, e monolítico com 30 mm de espessura também em todas as paredes.

É importante destacar que a NBR 13749 (ABNT, 2013a) determina que a espessura das camadas de revestimento em paredes internas não pode ultrapassar 20 mm, o que ocorre no sistema monolítico. A norma também determina a espessura mínima de 20 mm de revestimento para paredes externas, o que não é seguido no sistema ICF. Entretanto, por se tratar de dois sistemas que ainda não são normatizados com testes em andamento, tal orientação da norma deve ser analisada posteriormente após resultados de testes de desempenho nas edificações de EPS com as espessuras de revestimento em questão.

Como a base SINAPI não possui uma composição representativa da execução do revestimento argamassado para 15 mm de espessura (ICF), realizou-se uma média entre os valores registrados na base de 10 e 20 mm. No caso do sistema monolítico, que utiliza 30 mm de espessura de revestimento argamassado nos painéis, realizou-se uma estimativa por meio dos valores da base SINAPI para a obtenção de um valor representativo, acrescido da mesma composição de chapisco manual utilizada nos outros dois sistemas.

O quantitativo de chapisco e revestimento argamassado entre os três sistemas foi semelhante, com variações desprezíveis de áreas, devido ao aumento ou diminuição de paredes e áreas úteis conforme o sistema construtivo.

As composições demonstradas na Figura 34 referentes à impermeabilização de áreas molhadas, acabamento nos revestimentos com aplicação de tinta nas paredes internas, externas e assentamento de cerâmicas, pavimentação, estrutura e telhamento na cobertura com forro, instalação de esquadrias, instalações elétricas, hidráulicas e de louças e metais, e serviços finais, foram semelhantes nos três sistemas, diferindo-se apenas nos quantitativos em alguns itens devido a mudança de área útil de acordo com a edificação proposta. No sistema convencional, a numeração dos itens de impermeabilização e acabamento foram alteradas para adequação da ordem de execução, devido a inclusão da alvenaria no item 4.1.

Figura 34 - Itens e composições comuns nos três sistemas, com pequenas diferenciações nos quantitativos.

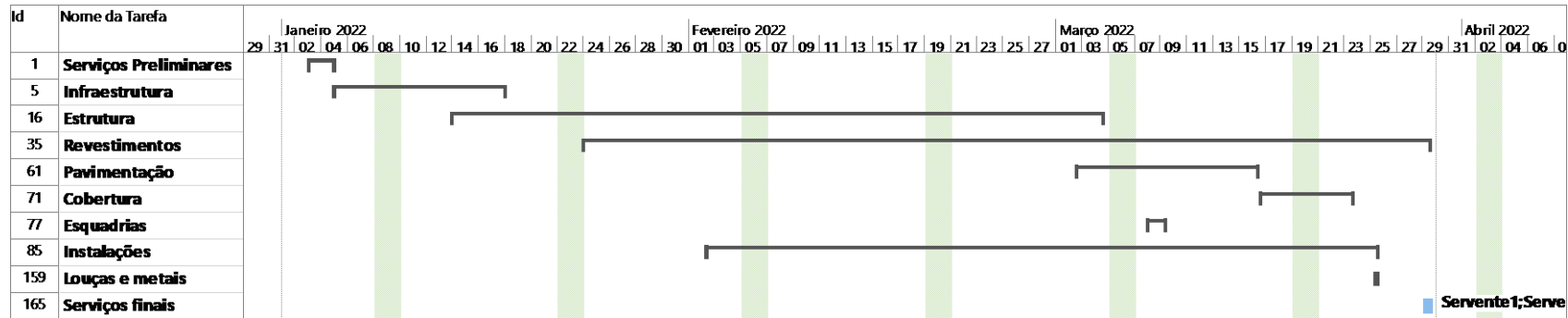
Item	Descrição
4	Vedação vertical
4.2	Impermeabilização
4.3	Acabamento
5	Piso
5.1	Piso cerâmico
5.2	Soleiras, rodapé e peitoris
6	Cobertura
6.1	Telhado
6.2	Forro
7	Esquadrias
7.1	Metálicas
7.2	Madeira
8	Instalações
8.1	Água fria
8.2	Esgoto
8.3	Elétrica
8.4	Telefone
8.5	Interfone
8.6	TV
9	Louças e metais
10	Serviços finais

Fonte: Autor (2021).

Nos Serviços finais, foram consideradas duas diárias de serventes para limpeza e preparação para entrega nos três sistemas. Entretanto, não foi possível quantificar a diferenciação na quantidade de resíduos dos sistemas para adequação da quantidade de diárias necessárias para limpeza, devido à falta de informações e índices de geração de resíduos dos sistemas de EPS.

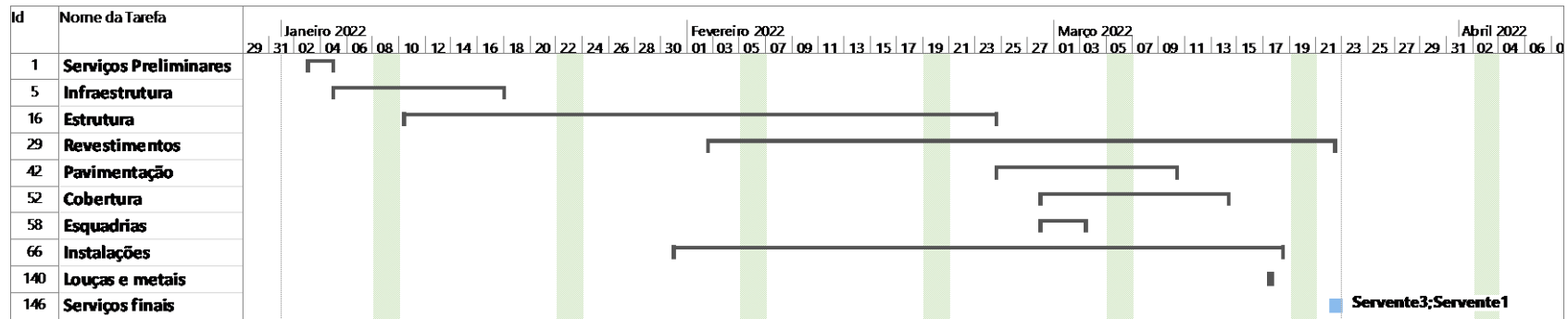
Com os quantitativos e composições determinados, foi possível realizar o planejamento e cronograma dos três sistemas, buscando-se o mesmo sequenciamento de etapas, quando possível, para comparação dos prazos finais de cada obra. As Figuras 35, 36 e 37 demonstram os gráficos de Gantt obtidos para os três sistemas, com a separação por disciplinas com datas de início e fim.

Figura 35 - Gráfico de Gantt do sistema convencional.



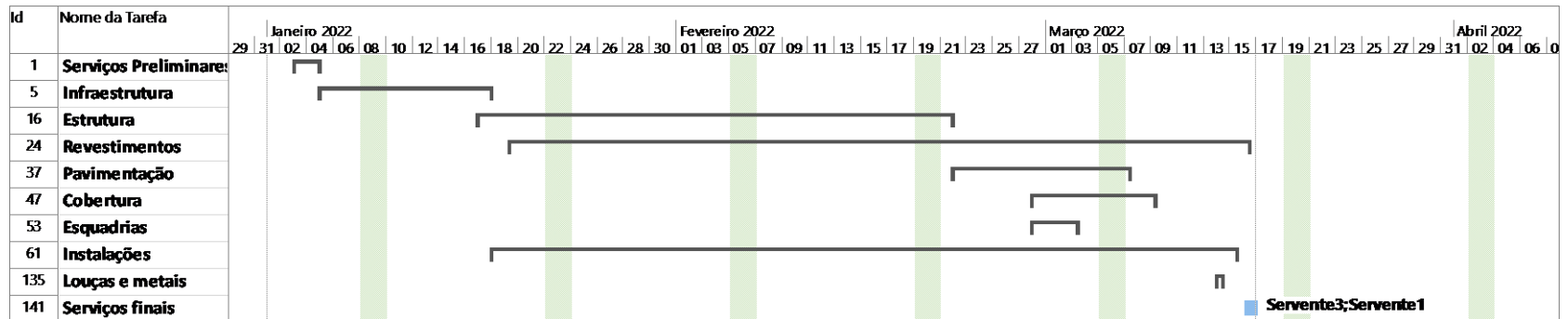
Fonte: Autor (2021).

Figura 36 - Gráfico de Gantt do sistema ICF.



Fonte: Autor (2021).

Figura 37 - Gráfico de Gantt do sistema com painéis monolíticos.



Fonte: Autor (2021).

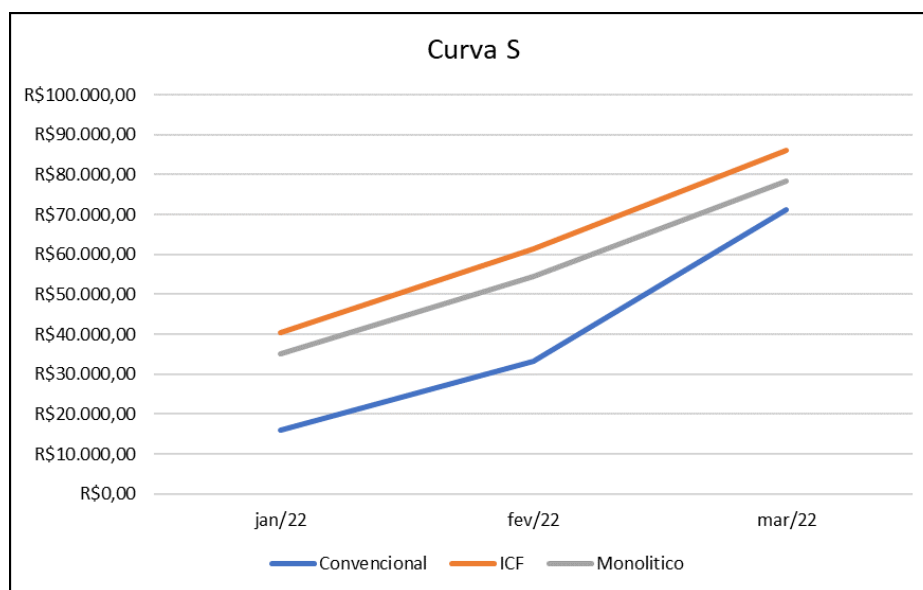
Para otimização dos dias contratados para armação, buscou-se agrupar os serviços de corte e dobra em um dia apenas quando possível, para que não fosse necessário o retorno da equipe e, conseqüentemente, o pagamento de mais diárias.

Em todos os sistemas foi necessário esperar 3 dias após a concretagem do radier para realização de outros serviços, fato esse que não atrapalhou no comparativo proposto por acrescentar ao prazo final a mesma duração de dias nos três casos.

Nas instalações elétricas e hidráulicas, tentou-se agrupar o máximo de atividades durante a execução das vedações (alvenaria de blocos cerâmicos e painéis ICF e monolíticos) para otimizar e agilizar a liberação para execução do revestimento argamassado. Ou seja, a equipe de instalações trabalha concomitante com a equipe de vedações, mas em elementos executados.

A Figura 38 demonstra a curva S obtida para os três sistemas, relacionando o custo planejado acumulado com a duração das obras. Nota-se a semelhança entre a curvatura das linhas dos sistemas ICF e monolítico, e a disparidade de ambos com o sistema convencional devido a diferença nos valores e ordem de distribuição de recursos.

Figura 38 – Curva S para os três sistemas.



Fonte: Autor (2021).

4.3 Análise de resultados

A Tabela 3 abaixo demonstra os valores separados por disciplina para cada um dos sistemas, agrupando-os para análise do preço final. É possível observar a diferença nos valores do radier (Fundação), com um aumento de quase 2 mil no sistema convencional, devido à necessidade de telas de aço soldada com bitolas maiores.

Tabela 3 - Valores do orçamento separados por disciplina e categoria para cada sistema.

Disciplinas	Sistemas (R\$)		
	Convencional	ICF	Monolítico
Serviços preliminares	2892,6	2892,6	2892,6
Fundação	8213,27	6551,3	6789,27
Estrutura e Componentes de vedação	18580,62*	34952,27	23404,03
Revestimentos e Acabamentos	12331,41*	12613,01	16375,62
Piso	5103,29	5033,81	4944,83
Cobertura	12913,87	12971,34	12913,87
Esquadrias	2735,1	2735,1	2735,1
Instalações	6546,33	6546,11	6546,11
Louças e metais	1522,86	1522,86	1522,86
Serviços finais	282,78	282,78	282,78
Mão de Obra (M.O)	19.186,68	24.897,83	17.126,38
Materiais (MAT)	51.935,45	61.203,35	61.280,69
Total (R\$)	71.122,13	86.101,18	78.407,07

* Transferência de 7100,43 reais do item “Revestimento e Acabamentos (Vedação vertical)” para “Estrutura e componentes de vedação (Estrutura) referente à alvenaria de blocos cerâmicos, para comparação das estruturas com vedações entre os três sistemas.

Fonte: Autor (2021).

Outra diferenciação foi no conjunto Estrutura e Componentes de vedação, referente ao sistema estrutural com vedação vertical, com o sistema convencional apresentando 18.580,62 reais, valor significativamente menor quando comparado aos sistemas de EPS, com ICF de 34.952,27 reais e monolítico 23.404,03 reais. O sistema monolítico apresentou maior valor nos Revestimentos e Acabamentos, devido a maior

espessura e, conseqüentemente, maior consumo de materiais na camada de revestimento argamassado (30 mm) quando comparado aos outros dois sistemas.

As disciplinas de Piso e Cobertura apresentaram valores muito próximos, diferenciando-se apenas pelas alterações nas áreas úteis em cada sistema construtivo. O sistema convencional apresentou o maior valor entre os três, devido a espessura de sua parede finalizada ser menor quando comparada aos sistemas de EPS.

As disciplinas de Esquadrias, Instalações, Louças e metais, e Serviços finais apresentaram os mesmos valores para os três sistemas, por não se diferenciarem nas composições e não dependerem dos valores de áreas úteis diretamente. Apesar dos sistemas de EPS apresentarem maior facilidade nas instalações hidráulicas e elétricas, não foi possível refletir essa característica no orçamento e quantificação, devido à falta de índices de melhoria na produtividade das composições nos sistemas de EPS e falta de informações a respeito da redução na geração de resíduo das execuções dos serviços.

O sistema monolítico apresentou o menor custo de mão de obra com 17.126,38 reais, seguido do sistema convencional de 19.186,68 R\$ e ICF de 24.897,83 R\$. Em relação ao custo de materiais, os sistemas de EPS apresentaram valores próximos a 61.200,00 reais, que foram significativamente maiores que o custo de material no sistema convencional de 51.935,45 reais.

O sistema convencional apresentou o menor valor final entre os três sistemas, de 71.122,13 reais, valor esse 21,06% menor que o sistema ICF de 86.101,18 R\$, que apresentou o maior valor entre todos. O monolítico, apresentou preço total de 78.407,07 reais, sendo 10,24% maior que o sistema convencional. Entre os sistemas de EPS, o ICF foi 9,81% maior ao sistema monolítico.

A diferenciação nos valores totais encontrados foi devido aos valores dos conjuntos estrutura e vedação, sendo estrutura de concreto armado e alvenaria em blocos cerâmicos para o convencional, e painéis em EPS para os sistemas ICF e monolítico. Além disso, por utilizar 30 mm de espessura no revestimento argamassado das paredes, o sistema monolítico obteve um acréscimo de aproximadamente 4.000 reais em relação aos outros sistemas, valor significativo quando analisado ao preço final da obra.

Para os prazos para a execução, a partir da Tabela 4, é possível observar o ganho de tempo na troca dos sistemas na realização da estrutura e vedação, com destaque para o sistema monolítico que necessita de 16,35 dias úteis a menos que o sistema convencional, enquanto o ICF de 9,03.

Tabela 4 - Dias úteis necessários para execução de estrutura, vedação e revestimento nos três sistemas.

Disciplina	Dias úteis necessários		
	Convencional	ICF	Monolítico
Painéis	-	9,62	2,3
Pilares	2,8	-	-
Vigas	3,55	-	-
Vedação	12,3	-	-
Chapisco	4,93	5,38	5,35
Revestimento argamassado	9,64	9,18	15,11
Tempo de vedação e estrutura	18,65	9,62	2,3
Tempo de vedação, estrutura, chapisco e rev. argamassado	33,22	24,18	22,76

Fonte: Autor (2021).

Entretanto, o ganho de tempo no sistema monolítico é reduzido pelo aumento na duração do revestimento argamassado, por ser de espessura 30 mm, enquanto nos outros dois sistemas são utilizadas espessuras de 20, 15 e 10 mm. A fim de se aproximar ao máximo o comparativo, utilizou-se de chapisco e revestimento argamassado executados manualmente nos três sistemas construtivos, por serem comuns nos sistemas convencional e ICF. Porém, é comum no sistema monolítico a utilização de chapisco e revestimento argamassado projetados, o que reduziria significativamente o tempo final de execução.

A Tabela 5 demonstra os dias necessários para a execução em cada sistema com as datas finais, considerando-se início de obra em 03/01/2022, com horário de trabalho conforme descrito na metodologia.

Tabela 5 - Datas e dias necessários para a realização das obras.

	Convencional	ICF	Monolítico
Data inicial da obra	03/01/2022		
Dias úteis necessários	62	57	53
Data final da obra	29/03/2021	22/03/2021	16/03/2021

Fonte: Autor (2021).

O sistema monolítico apresentou a maior redução na duração final da obra, com 53 dias úteis necessários para sua execução, sendo 9 dias úteis a menos que o sistema convencional que necessita de 62 dias úteis para execução, valor esse aproximadamente 17% maior que o do sistema monolítico. O sistema ICF apresentou 57 dias úteis totais necessários para sua execução, referente a 8,77% do total de dias do sistema convencional e correspondente a 5 dias úteis a menos (uma semana).

A redução nos sistemas de EPS foi devido a menor necessidade de horas trabalhadas para a montagem do conjunto estrutura e vedação, porém, por utilizar revestimentos argamassados com espessuras diferentes e maiores que o do convencional, houve um acréscimo nas durações necessárias para a execução dos revestimentos, o que impactou no prazo final das obras conforme demonstrado na Tabela 4.

É importante destacar que os sistemas de poliestireno expandido não precisam parar as montagens dos painéis quando em período de chuva, fato esse presente no sistema convencional e que impactaria no prazo das obras em questão. Porém, por se tratar de uma obra fictícia, não foi possível determinar o impacto dessa característica para análise geral, pois foi estimado período sem chuvas durante as execuções.

Além disso, cabe ressaltar que os prazos obtidos para os sistemas de EPS podem ser reduzidos com a aplicação da repetitividade de etapas nas construções, como em empreendimentos com grandes volumes de unidades, o que pode tornar tais sistemas mais vantajosos em relação ao convencional.

5 CONCLUSÃO

A partir do embasamento teórico, orçamentação e planejamento realizados a respeito dos sistemas construtivos convencional, ICF, e painéis monolítico, determinou-se as características que os destacam a fim de se analisar a viabilidade técnica e financeira em uma habitação de interesse social adaptada nos três sistemas.

Por se tratar de sistemas que apresentam a ideia de inovação e ganhos em economia e prazo, esperava-se porcentagens maiores no comparativo entre os prazos finais dos sistemas que utilizam poliestireno expandido e o sistema convencional. Além disso, a falta de informações oficiais e padronizadas a respeito dos índices de produtividade na montagem dos painéis de EPS pode ter influenciado na definição das durações.

Com relação aos custos, ambos os sistemas de EPS apresentaram valores maiores quando comparados ao convencional, o que pode ter sido causado pela falta de variedade de fornecedores de painéis e pouca utilização e disseminação dos sistemas construtivos, que impactam na demanda e oferta dos produtos. Além disso, devido à pouca variedade de fornecedores, o preço do frete dos painéis de EPS desconsiderado no custo total das edificações para análise de viabilidade de implantação na região impactaria significativamente caso considerado, com valores próximos de 4.000 reais para a região de Uberlândia – MG, o que demonstra certa possibilidade de expansão para fornecedores.

No contexto de execução, ambos os sistemas de poliestireno expandido se apresentaram executáveis, isto é, não apresentaram dificuldades em relação ao entendimento de processos construtivos e mão de obra, podendo ser mais atrativos com a maior oferta de materiais que resultaria na redução do preço dos componentes estruturais.

Com isso, observou-se a caracterização dos sistemas de EPS como sistemas racionalizados, não exatamente focados na inovação em si, pois assemelham-se em algumas etapas construtivas ao sistema convencional. Ambos os sistemas possuem propriedades advindas do EPS que são aproveitadas ao longo do uso da edificação, como desempenho térmico e leveza, entretanto, não justificam a utilização de um sistema ainda não normatizado que impacta significativamente no custo.

Assim, entende-se que para o contexto das habitações de interesse social, que muitas vezes possuem margem de lucro baixa quando comparadas a outros padrões de construção, a utilização dos sistemas que utilizam EPS em suas composições não se demonstrou atrativa, por acrescentar um custo e não impactar significativamente na duração final da obra.

Como sugestão para trabalhos futuros, recomenda-se a estimativa de ganho de custo e prazo em habitações de interesse social nos sistemas de EPS em grandes volumes de unidades, semelhante a empreendimentos executados para atendimento do déficit habitacional por programas de incentivo governamentais, como o Programa Casa Verde e Amarela. Tal estimativa deve ser realizada considerando-se o reaproveitamento e otimização de materiais nas etapas construtivas das HIS, a fim de se obter a melhor sequenciação de etapas e, com isso, obter índices confiáveis para difusão do sistema no país e possibilitar a comparação com os sistemas utilizados atualmente.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 11752**: Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial. 3 ed. Rio de Janeiro, 2016. 15 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13749: **Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas** - Especificação. Rio de Janeiro, 2013a. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1**: Edificações habitacionais — Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. 1 ed. Rio de Janeiro, 2013b. 71 p.

Associação Brasileira do Poliestireno Expandido - ABRAPEX. **Manual de utilização EPS na construção civil**. Pini. São Paulo, 2006, 124p.

BAUE. Obras concluídas. 2021. Disponível em: <https://baue.com.br/casas-prontas/>. Acesso em: 23 jul. 2021.

BERTOLDI, Renato Hercílio. **Caracterização de sistema construtivo com vedações constituídas por argamassa projetada revestindo núcleo composto de poliestireno expandido e telas de aço: dois estudos de caso em Florianópolis**. 2007. 144 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/89757?locale-attribute=en>. Acesso em: 21 jul. 2021

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Habitação. **SiNAT**: Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais. 2021. Disponível em: <http://sinat.mdr.gov.br/convencionais>. Acesso em: 10 out. 2021.

CONSTRUÇÃO, Total. **Sistemas Construtivos**: conheça os principais! 2020. Disponível em: <https://www.totalconstrucao.com.br/sistemas-construtivos/>. Acesso em: 03 out. 2021.

FERREIRA, C. Novo centro comercial é inaugurado em Cuiabá. 2012. Disponível em: <http://www.gazetadigital.com.br/conteudo/show/secao/9/materia/358205/t/novo-centro-comercial-e-inaugurado-em-cuiaba>>. Acesso em: jul. 2021.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO. Deficit habitacional no Brasil – 2016-2019 / Fundação João Pinheiro. – Belo Horizonte: FJP, 2021. 169 p. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/relatorios-deficit-e-inadeguacao-habitacional-no-brasil-fundacao-joao-pinheiro>. Acesso em: 07 ago. 2021.

GONÇALVES, Carlos Jorge Pereira. Construção Modular – Análise Comparativa de Diversas Soluções. 2013. 130 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade de Aveiro, Aveiro, 2013. Disponível em: <https://ria.ua.pt/handle/10773/11666>. Acesso em: 19 jul. 2021.

GOULART, Leticia Beraldo *et al.* SISTEMA CONSTRUTIVO MONOLÍTICO EM EPS. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA MULTIDISCIPLINAR, 1., 2018, Mineiros. **Eixo V - Engenharias, Tecnologias e Meio Ambiente - Artigo**. Mineiros: Centro Universitário de Mineiros, 2018. v. 1, p. 1-10. Disponível em: <https://www.unifimes.edu.br/ojs/index.php/coloquio/article/view/375>. Acesso em: 24 jul. 2021.

GRUPO KNAUF. **EPS Isopor®**: da produção ao descarte. Da produção ao descarte. 2021. Disponível em: <https://mkt.mundoisopor.com.br/ebook-eps-isopor-da-producao-ao-descarte-conversao>. Acesso em: 18 jul. 2021.

HAWKS, Leona K.; PERCER, Koa. **ENERGY SMARTS: INSULATING CONCRETE FORMS (ICFS)**. Utah: University Of Utah, 2005. 3 p. Disponível em: https://digitalcommons.usu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1521&context=extension_curall. Acesso em: 25 jul. 2021.

ISOCRET. **ISOCRET do Brasil**. 2021. Disponível em: <https://isocret.com.br>. Acesso em: 7 ago. 2021.

ISORECORT. **Construção com EPS**. 2021a. Disponível em: <http://construcaocomeps.com.br/paineis-autoportantes-com-eps/>. Acesso em: 27 out. 2021.

ISORECORT, Grupo. **MONOPAINEL® - Sistema construtivo em EPS**. 2021b. Disponível em: <https://www.isorecort.com.br/quem-somos/downloads/>. Acesso em: 18 jul. 2021.

JESUS, Andressa Tainara Campelo de; BARRETO, Maria Fernanda Fávero Menna. Análise Comparativa dos Sistemas Construtivos em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Moldes Isolantes para Concreto (Icf). **E&S - Engineering And Science** **2018**, Porto Alegre, v. 3, p. 12-27, 2018. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/6926>. Acesso em: 19 jul. 2021.

LAGOA, Danubio Costa et al. Light steel frame como alternativa ao sistema convencional de construção, visando a redução de patologias construtivas / Light steel frame as an alternative to the conventional construction system, aiming at the reduction of construction pathologies. **Brazilian Journal Of Development**, [S.L.], v. 7, n. 4, p. 36406-36421, 8 abr. 2021. South Florida Publishing LLC. <http://dx.doi.org/10.34117/bjdv7n4-211>

MACHADO, Rui Pedro. **INTO THE BOX**: o panorama actual, a mega-estrutura, o poliestireno expandido e o empreendedorismo. 2013. 142 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Arquitetura, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2013. Disponível em: <https://estudogeral.uc.pt/handle/10316/24419>. Acesso em: 25 jul. 2021.

MUNARO, Gabriel Fernando. **[Imagem de instalação de esquadrias no sistema ICF]**. Destinatário: Julio Rodrigues de Sousa. Araguaia, 30 jul. 2021a. Mensagem pessoal via Whatsapp.

MUNARO, Gabriel Fernando. **[Imagem de painel ICF concretado]**. Destinatário: Julio Rodrigues de Sousa. Araguaia, 16 ago. 2021b. Mensagem pessoal via Whatsapp.

MUNDO ISOPOR. **Do que é feito o EPS ISOPOR®?** 2016. Disponível em: <https://www.mundoisopor.com.br/curiosidades/do-que-e-feito-o-isopor>. Acesso em: 19 jul. 2021.

ONO, Rosaria; ORNSTEIN, Sheila Walbe; OLIVEIRA, Fabiana Lopes de; GALVAO, Walter José Ferreira. AVALIAÇÃO PÓS-OCUPAÇÃO: pré-teste de instrumentos para verificação do desempenho de empreendimentos habitacionais em sistemas construtivos inovadores. **Gestão & Tecnologia de Projetos**, [S.L.], v. 10, n. 1, p. 64, 13 ago. 2015. Universidade de Sao Paulo, Agencia USP de Gestao da Informacao Academica (AGUIA). <http://dx.doi.org/10.11606/gtp.v10i1.88979>.

PAREDES BETEL. **Produtos**. 2021. Disponível em: <http://www.paredesbetel.com.br/produtos.php>. Acesso em: 20 out. 2021.

ROCHA, João Felipe da. **As vantagens Ambiental, Social e Econômica do sistema ISOCRET ICF Propriedades**. [mensagem pessoal] Mensagem recebida por: <juliapenna@rezenderoriz.com.br>. em: 29 maio 2017

ROCHA, João Felipe da. **O novo tijolo do Brasil**. Sinop: Grupo Icf, 2021. 17 p.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO CIVIL NO ESTADO DE MINAS GERAIS. **Custo Unitário Básico (CUB/m²): principais aspectos**. Belo Horizonte: SINDUSCON-MG, 2007. 112p.

SOUZA, Angela Cristina Alves Guimarães de. Análise comparativa de custos de alternativas tecnológicas para construção de habitações populares. 2009. 180 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Católica de Pernambuco, Recife, 2009. Disponível em: <http://tede2.unicap.br:8080/handle/tede/895>. Acesso em: 21 jul. 2021.

SOUZA, Laurilan. **Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame.** Revista on line Especialize Ipog, 2012.

SULONG, Nor Hafizah Ramli; MUSTAPA, Siti Aisyah Syaerah; RASHID, Muhammad Khairi Abdul. Application of expanded polystyrene (EPS) in buildings and constructions: A review. **Journal Of Applied Polymer Science.** Kuala Lumpur, p. 1-11. dez. 2018. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/app.47529>. Acesso em: 19 jul. 2021.

TESSARI, Janaina. **Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil.** 2006. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/handle/123456789/88811>. Acesso em: 30 jul. 2021

UBERLÂNDIA (MG), **Lei nº 524, de 8 de abril de 2011.** Dispõe sobre o Código Municipal de Obras do município de Uberlândia e seus distritos. Uberlândia, MG: Sistema de Leis Municipais, 2011. Disponível em: <https://leismunicipais.com.br/a/mg/u/uberlandia/lei-complementar/2011/52/524/lei-complementar-n-524-2011-institui-o-codigo-municipal-de-obras-do-municipio-de-uberlandia-e-de-seus-distritos>. Acesso em: 7 out. 2021.

VASQUES, Caio Camargo Penteado Correa Fernandes; PIZZO, Luciana Maria Bonvino Figueiredo. **Comparativo de sistemas construtivos, convencional e Wood Frame em residências unifamiliares.** Lins-SP, Brasil. 2014.