



SISTEMA CONSTRUTIVO ICF (INSULATED CONCRETE FORMS)

Caio da Silva Cruzeiro *

Ingrid Fernanda Lopes *

Lucas Matheus Amaral *

Rafael Macedo Piconi *

Valmir de Jesus Rodrigues Almenara ** - valmir.almenara@athonedu.com.br

Resumo: Este trabalho propõe uma pesquisa exploratória sobre o sistema construtivo inovador ICF (Insulated Concrete Forms), que utiliza placas de isopor/EPS como formas em paredes estruturais de concreto. A análise abrange benefícios, limitações e comparações com outras formas construtivas. A metodologia inclui revisão de normas técnicas, literatura e análise de dados de obras reais. A hipótese sugere vantagens como rapidez, eficiência energética, conforto térmico e acústico, com limitações como custo inicial e necessidade de mão de obra especializada. O estudo visa comparar a viabilidade econômica entre o sistema ICF e paredes de concreto convencionais, considerando estrutura, revestimento, acabamento e outros aspectos. Este sistema pode substituir a mesma estética de uma parede de concreto, mas proporciona melhor desempenho térmico e acústico devido à presença de EPS na composição deste sistema. Portanto, este trabalho tem como objetivo comparar em termos de viabilidade econômica, através do desenvolvimento de um orçamento dos dois sistemas levando em consideração a estrutura, revestimento, acabamento e impermeabilização. A julgar pelos resultados obtidos, a implementação do sistema da ICF custo 27,44% mais caro em relação a sistemas de paredes de concreto. Contudo, verifica-se que o custo do ICF tem suas principais vantagens pelo desempenho térmico e acústico melhor, acabamento mais

simplificado e reduz as áreas impermeabilizadas.

Palavras-Chaves: ICG. Comparação. Paredes de concreto. Custo.

Abstract: This work proposes exploratory research on the innovative construction system ICF (Insulated Concrete Forms), which uses Styrofoam/EPS plates as forms in structural concrete walls. The analysis covers benefits, limitations and comparisons with other construction forms. The methodology includes review of technical standards, literature and analysis of data from real works. The hypothesis suggests advantages such as speed, energy efficiency, thermal and acoustic comfort, with limitations such as initial cost and the need for specialized labor. The study aims to compare the economic viability between the ICF system and conventional concrete walls, considering structure, coating, finishing and other aspects. This system can replace the same aesthetics as a concrete wall, but provides better thermal and acoustic performance due to the presence of EPS in the composition of this system. Therefore, this work aims to compare in terms of economic viability, through the development of a budget for the two systems taking into account the structure, coating, finishing and waterproofing. Judging by the results obtained, implementing the ICF system costs 27.44% more expensive compared to concrete wall systems. However, it appears that the cost of ICF has its main advantages in terms of better thermal and acoustic performance, a more simplified finish and reduced waterproofed areas.

Keywords: ICG. Comparison. Concrete walls. Cost.

1. Introdução

O setor da construção civil tem sido alvo de diversas transformações e inovações nas últimas décadas, buscando soluções mais eficientes e sustentáveis para a construção de edificações. Nesse contexto, o sistema ICF (Insulated Concrete Forms) tem ganhado destaque como uma alternativa inovadora e sustentável para a construção de paredes estruturais em concreto.

O sistema ICF consiste em formas pré-fabricadas de alta densidade que são preenchidas com concreto, formando paredes estruturais termoacústicas e resistentes a diversos tipos de cargas. As formas podem ser feitas de diversos materiais, como poliestireno expandido (EPS), poliestireno extrudado (XPS) e fibras de vidro, entre outros. No caso específico deste trabalho, serão utilizadas placas de EPS como forma de alta densidade (HIRAI, [s.d.]).

A escolha desse tema se deu em virtude da crescente demanda por soluções sustentáveis e eficientes na construção civil, bem como da necessidade de se estudar alternativas que possam contribuir para a redução do impacto ambiental da construção de edificações. O estudo teve a hipótese inicial do sistema ICF com placas de EPS ser uma alternativa viável e econômica para a construção de paredes estruturais.

A estrutura deste trabalho está composta por seis seções, incluindo esta introdução. A seção 2 apresentará a revisão bibliográfica, abordando os conceitos básicos do sistema ICF, sua descrição e estrutura, bem como vantagens, desvantagens e exemplos de aplicação. A seção 3 descreverá a metodologia utilizada no estudo, incluindo tipo de estudo, amostra, instrumentos de coleta de dados e procedimentos de análise. A seção 4 apresentará os resultados obtidos na pesquisa. A seção 5 discutirá os resultados e suas implicações para a prática profissional e para futuras pesquisas. Por fim, a seção 6 apresentará as conclusões do estudo, incluindo limitações e sugestões para futuras pesquisas.

O objetivo deste trabalho é analisar as vantagens e desvantagens do sistema ICF com placas de EPS como forma de alta densidade na construção de paredes estruturais, e comparar com paredes maciças de concreto, executadas com formas convencionais, bem como suas aplicações e exemplos de sucesso.

A utilização de sistemas construtivos inovadores na construção civil tem se mostrado uma alternativa viável para a busca de soluções mais sustentáveis e econômicas na construção de edificações. Nesse contexto, o sistema ICF com placas de isopor/EPS tem se destacado como uma opção eficiente e com diversos benefícios.

No entanto, apesar de sua crescente utilização em diversos países, ainda há uma falta de conhecimento sobre as vantagens e desvantagens desse sistema construtivo no Brasil. Além disso, muitos profissionais ainda têm receio de utilizar novas tecnologias na construção, o que pode levar a um baixo nível de adoção de sistemas construtivos inovadores.

Assim, a justificativa deste trabalho se baseia na necessidade de fornecer informações claras e precisas sobre o sistema ICF com placas de isopor/EPS para profissionais e estudantes da área da construção civil, com o objetivo de promover uma maior compreensão sobre as vantagens e desvantagens desse sistema construtivo, bem como sua aplicação e exemplos de sucesso.

Além disso, este trabalho também contribui para a promoção de soluções mais sustentáveis e econômicas na construção civil, fornecendo informações importantes sobre a eficiência do sistema ICF com placas de isopor/EPS em relação a outros sistemas construtivos. Dando segurança para a utilização deste sistema construtivo inovador no Brasil, promovendo a melhoria da qualidade das edificações e reduzindo os impactos ambientais e econômicos da construção civil.

Para detalhar melhor, nos valemos da figura 1, que mostra um corte esquemático do sistema de alvenaria em ICF (Insulated Concrete Forms) indicando as formas de isopor (EPS) que são enchidas de concreto e instalação de ferragens.

Figura 1 - Sistema construtivo de isopor



Fonte: Inconcreto, 2021.

2. Justificativa do Tema

A técnica de construção do sistema ICF foi originalmente desenvolvida na Europa após a Segunda Guerra Mundial como um método barato e durável de reconstruir estruturas danificadas e com o advento dos modernos plásticos de espuma. O empreiteiro canadense Werner Gregori registrou a primeira patente em 1966 para uma forma de concreto de espuma, semelhante aos blocos ICF vendidos hoje.

As primeiras fôrmas de poliestireno ICF foram desenvolvidas no final da década de 1960 com a expiração da patente original e o advento dos modernos plásticos de espuma. O empreiteiro canadense Werner Gregori arquivou a primeira patente para uma fôrma de concreto de espuma em 1966, semelhante aos blocos de ICF comercializados atualmente (TAINARA; BARRETO, 2018 apud PIERSON, s.d.).

Um uso pioneiro do conceito da ICF, ocorreu na década de 1950, pelo Engenheiro austríaco Karl Holik que combinou as formas EPS com concreto de cimento Portland para criar o primeiro composto ICF, com o objetivo de eficiência energética e resistência a terremotos. Empresas suíças também desenvolveram moldagens de parede plana. Nos anos 70, houve um crescimento inicial da indústria na América do Norte, com vários licenciados produzindo moldagens ICF. No entanto, nos anos 80, a popularidade das moldagens ICF começou a declinar. Apenas uma empresa, a Southwest Foam Forms, permaneceu em operação. Mas a ideia ainda era valiosa. Em 1986, Lance Barrenberg comprou a Southwest Foam Forms e a renomeou como American Polysteel. No mesmo

ano, Pat Boeshart fundou a Lite-Form Technologies, e outras empresas, como a Rastra e a Reddiform, também entraram na indústria.

Na década de 1990, o mercado das moldagens ICF começou a crescer novamente, com vendas aumentando exponencialmente e novos sistemas sendo introduzidos. A qualidade e a compreensão do processo de construção tornaram-se preocupações, levando à formação da Insulating Concrete Form Association (ICFA) em 1995 para abordar esses problemas. Em 1997, aproximadamente 8.000 casas por ano eram construídas com ICF. As principais marcas eram Polysteel e BlueMaxx mais tarde Arxx), que passou por mudanças significativas na década de 2000, incluindo a criação da Nudura. Outros fabricantes também lançaram suas próprias linhas de ICF, como Logix, BuildBlock e Fox Blocks. Em 1998, a introdução do ICF no cenário nacional ocorreu por meio da atuação da empresa Isocret do Brasil (ISOCRET DO BRASIL, 2018). Com o propósito de impulsionar as inovações tecnológicas na construção civil brasileira, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT-SP) e a Universidade de Campinas (Unicamp) conduziram avaliações abrangentes sobre o sistema, destacando resultados favoráveis que respaldaram sua disseminação (JUNIOR, 2018). O Shopping Popular de Mato Grosso, inaugurado em 2015, foi um dos locais onde esse sistema demonstrou sua aplicabilidade.

A indústria experimentou um crescimento significativo no início dos anos 2000, expandindo-se na construção comercial pesada. No entanto, a crise econômica de 2008 afetou a construção e muitas empresas menores de ICF fecharam. No entanto, à medida que a economia se recuperou, a indústria de ICF continuou a crescer. Novas associações, como a ICF Builder Group e associações de fabricantes, coordenam a promoção da indústria. A colaboração na indústria e o treinamento de instaladores indicam um futuro promissor para as moldagens ICF nos próximos anos (ICF BUILDER MAGAZINE, 2017).

3. O que é a sigla ICF

ICF significa Formas de Concreto Isolante. Esses sistemas podem variar em termos de material, desempenho e tamanho, mas em sua forma mais simples, a técnica de construção de paredes externas consiste em um material isolante combinado com concreto (ICFA, 2019).

Demonstram-se a seguir vários formatos possíveis dos conjuntos de forma e armação com ICF, com destaque para a maleabilidade de formas, e praticidade de um sistema de formas pré-fabricadas, com desperdício nulo de materiais, em uma obra mais limpa, que se vale das vantagens da industrialização.

Figura 2 - Estruturas com paredes de suporte



Fonte: ICF Itália

Beal e Sousa (2021) (apud ICF Construtora Inteligente, 2019) afirmam que temos o Insulated Concrete Forms (ICF), método de construção por meio de um sistema autoportante de concreto armado e isolamento de poliestireno expandido (EPS). O esquema consiste em moldes de isopor com cavidades horizontais e verticais, montados em torno de uma estrutura de aço, antes que o concreto seja despejado em seu interior. Essas formas dão continuidade à construção, protegendo o interior e o exterior da estrutura, necessitando apenas de cortes para instalação das tubulações.

O bloco de ICF é composto por poliestireno expandido (EPS), popularmente conhecido como isopor. O poliestireno depois de expandido contendo 97% de ar, inodoro, não contamina o solo, água e o ar. Pode ser 100% reaproveitado, reciclável, podendo voltar à condição de matéria-prima (KIYOTO, 2022 apud QUANTHUM ICF, 2022).

Figura 3 - Blocos de EPS



Fonte: ICF ARXX, 2023.

4. Projetos

Os projetos em ICF (Insulated Concrete Formwork), ou Formas de Concreto Isolante, são aplicáveis em uma ampla gama de construções, incluindo residenciais, comerciais, institucionais, industriais, instituições de ensino, edifícios públicos e edifícios sustentáveis (ICFA, 2019).

Como apontam Tainara e Barreto (2018) o Insulated Concrete Form (ICF) é utilizado em uma variedade grande de construções, incluindo aplicações residenciais, comerciais, industriais, institucionais e especiais. Seu isolamento térmico e acústico, durabilidade e versatilidade de design os tornam ideais para criar ambientes internos confortáveis e energeticamente eficientes. Demonstrando que o ICF é uma opção viável para muitos tipos de estruturas.

5. Acabamentos

Os acabamentos das paredes de ICF, laje e outras partes da edificação podem ser feitas similar ao método de construção em alvenaria, podendo ser utilizados desde um simples reboco ou até mesmo acabamentos mais pesados (BASTOS JUNIOR, 2018).

Verifica-se boas qualidades de isolamento térmico e acústico, durabilidade e resistência, versatilidade de design, sustentabilidade e facilidade de instalação (para mão de obra treinada). Com a correta aplicação de revestimentos como argamassa, pedra, tijolo ou madeira, é possível melhorar o desempenho térmico e acústico de um edifício, criar um aspeto personalizado, reduzir os custos energéticos e conseguir um edifício durável e de baixa manutenção. É importante considerar custo, disponibilidade de materiais e se reafirma: -Contratar um profissional experiente para garantir uma instalação adequada, essencial que se sejam seguidas as especificações do fabricante e práticas de construção adequadas, para obter os melhores resultados da técnica.

6. Exemplos de construções

Apollo Education foi a primeira grande empresa de construção no Reino Unido a testar a tecnologia de Insulating Concrete Form (ICF) da NUDURA. Especificada para o projeto do Campus de Aprendizagem Inclusiva, no valor de £24,9 milhões, no local da Escola Woodside High, em Wood Green, Londres, essa solução única de envelope de construção faz parte de um projeto para unificar duas escolas especiais com a escola regular já existente (ICFA, 2019).

7. Vantagens e desvantagens

7.1 Vantagens

Construção leve, em comparação com a alvenaria de bloco de concreto ou cerâmico só não é mais leve que steel frame e wood frame. Poucos resíduos, as formas são compradas por medida, as ferragens quando elas não vêm junto com a própria forma também consegue ser bem calculada e o concreto se bem calculado não tem resíduos.

Isolamento acústico e térmico, serve muito bem como isolante por ser um material que é mais eficiente termicamente que a parede de concreto, transmitindo cerca de quatro vezes menos calor que a mesma, e com isolamento acústico 30% melhor.

Figura 4 - Construção da Apollo Education com ICF



Fonte: Insulating Concrete Form Association (ICFA).

Facilidade e rapidez de construção. Este sistema torna a construção mais eficiente, reduzindo o tempo de obra quando em comparação com formas de construção convencionais. Um dos aspectos que acelera a construção é o facto de não estar limitada pelas condições atmosféricas. Logística simplificada. Reduz 50% o custo de climatização.

7.1.1 Vantagens do sistema ICF no Brasil

O sistema construtivo ICF (Insulated Concrete Forms) oferece várias vantagens no contexto brasileiro. Ele proporciona isolamento térmico eficiente, reduzindo os custos com climatização. Além disso, a durabilidade e resistência do concreto ajudam a enfrentar condições climáticas diversas, enquanto a rapidez na construção pode ser benéfica para projetos mais ágeis. A sustentabilidade é outro ponto positivo, visto que o ICF usa materiais recicláveis e contribui para a eficiência energética das edificações (VANDERWERF, 1997).

7.2 Desvantagens

A parede acaba sendo mais grossa por conta da forma do EPS, a isopor vai dentro e fora e não pode ser fino para suportar o peso do concreto mole, que por questão

estrutural não é delgado, ademais com os revestimentos chegam a ter medidas mínimas de 14 a 16 cm.

Investimento inicial mais elevado. O custo da construção ICF é normalmente mais elevado do que na construção convencional, importante citar a dificuldade em realizar remodelações.

7.2.1 Desvantagens do sistema ICF no Brasil

No Brasil os custos iniciais são mais elevados devido à importação de materiais especializados. Além disso, a necessidade de mão de obra treinada é um desafio. A adoção do sistema requer verificação estrutural específica, não sendo possível a troca pura e simples de um sistema estrutural para outro. Avaliar esses aspectos é crucial ao decidir pela adoção do sistema ICF em projetos construtivos (VANDERWERF, 1997).

8. Desempenho do sistema ICF

8.1 Sistemas construtivos de EPS

Poliestireno Expandido (EPS) – É uma espuma rígida obtida por meio da expansão da resina PS durante sua polimerização. Esta expansão é realizada injetando-se um agente químico na fase de reação da polimerização. O agente de expansão comumente utilizado é o pentano. As principais aplicações do EPS são no uso de embalagens de proteção e no isolamento térmico (TESSARI, 2006).

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).

8.2 Resistencia a fogo

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 ele 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.

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 (SOUSA, 2021).

8.3 Resistência mecânica

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.

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 volumétrica, as resistências aumentam de forma linear (SOUSA, 2021).

8.4 Propriedades térmicas e acústicas

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 necessária a criação de uma descontinuidade de meios para interrupção da vibração de ruídos, a qual é responsável pela propagação do som em paredes.

Figura 5 - Laudo técnico de moldado ICF

THERMOPOR			LAUDO TÉCNICO DE MOLDADO ICF AS190
RELATÓRIO DE ENSAIOS DE PEÇAS EM EPS POLIESTIRENO EXPANDIDO			
CARACTERÍSTICAS DO MATERIAL			PRODUTO
Propriedades Físicas do EPS	Norma	Unidade	EPS TIPO BLOCO MOLDADO ICF AS190
Densidade nominal	NBR11949	kg/m ³	25,00
Densidade mínima	NBR11949	kg/m ³	23,75
Matéria-Prima	-	-	BF395/FR200
Condutividade Térmica Máxima 23°C	NBR12094	W/(mK)	≤0,034
Tensão por Compressão com Deformação de 10%	NBR8082	kPa	≥120
Resistência mínima à flexão	ASTM C-203	kPa	≥220
Resistência mínima ao cisalhamento	EM-12090	kPa	≥100
Cor	-	-	Predominante Branco
Toxicidade	-	-	Atóxico
Flamabilidade	NBR11948/80	-	Retardante a chama/ Não propaga chamas
Dados obtidos a partir da NBR 11752 - 2ª edição - 17/10/2007			

Fonte: Laudo Termopor de segurança contra incêndio.

Figura 6 - Comparativo de valores de transmissão térmica – sistemas convencionais e ICF

Sistemas Construtivos	Coeficientes de transmissão térmica (U) (W/m ² °C)		(%)
	Parede exterior	Cobertura	
ICF	0,230	0,325	45 a 80
Convencional	0,480	0,325	15 a 40

Fonte: Gonçalves, 2013.

8.5 Desempenho térmico

O desempenho térmico de edificações é definido pelas respostas da estrutura a ação do clima pelo lado externo e de fontes de calor internas geradas em função do uso.

A avaliação desse desempenho é baseada na verificação das condições internas do ambiente, verificando-se as exigências de conforto térmico dos usuários, podendo ser considerado como o consumo de energia necessário para climatizar o ambiente a transmissão de calor pode ser dividida em três fases, a primeira consiste na troca de calor com o meio exterior, que ocorre por convecção e radiação. Na segunda fase, ocorre à condução através do fechamento pela diferença de temperatura da superfície externa e interna, promovendo a troca de calor entre elas. Já a terceira fase é a troca de calor com o meio e as trocas térmicas voltam a ser por convecção e radiação (SANTOS, 2020).

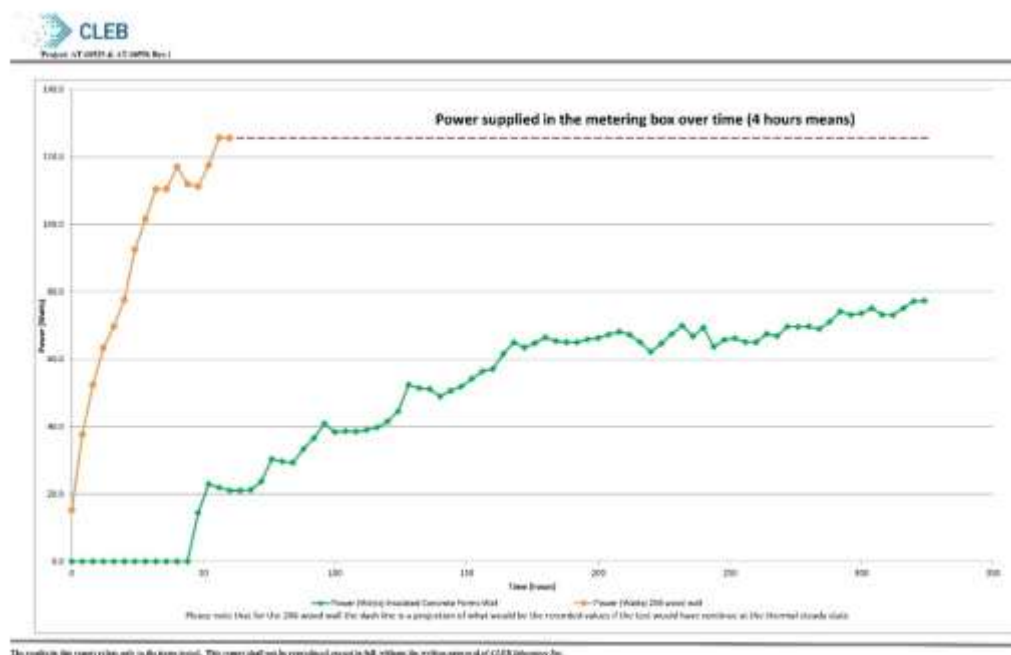
Durante uma análise comparativa de duas amostras de parede - uma construída com tábuas de madeira 2x6 e outra com ICF - foi observado que a parede de madeira levou 60 horas para alcançar um estado térmico estável, enquanto a parede de ICF levou muito mais tempo, totalizando 324 horas. Esse foi o período mais longo já registrado pelo Laboratório CLEB em suas avaliações, seguindo o Padrão ASTM C1363. A diferença significativa no tempo necessário para alcançar o equilíbrio térmico entre as duas amostras é um dos principais destaques deste estudo.

Os dados obtidos também revelam que se o teste da parede de madeira tivesse sido realizado por 324 horas (igualando ao teste da parede de ICF), ela teria consumido 149% mais energia do que a parede feita com ICF. Isso ressalta a superioridade da eficiência térmica da parede de ICF em comparação com a feita com madeira.

Além disso, foi analisada a resistência térmica instantânea das duas paredes ao longo do tempo. Concluiu-se que a parede feita com ICF apresenta uma melhoria na resistência térmica em comparação com a feita com madeira, sendo cerca de 59% melhor em um ambiente à temperatura de -35°C.

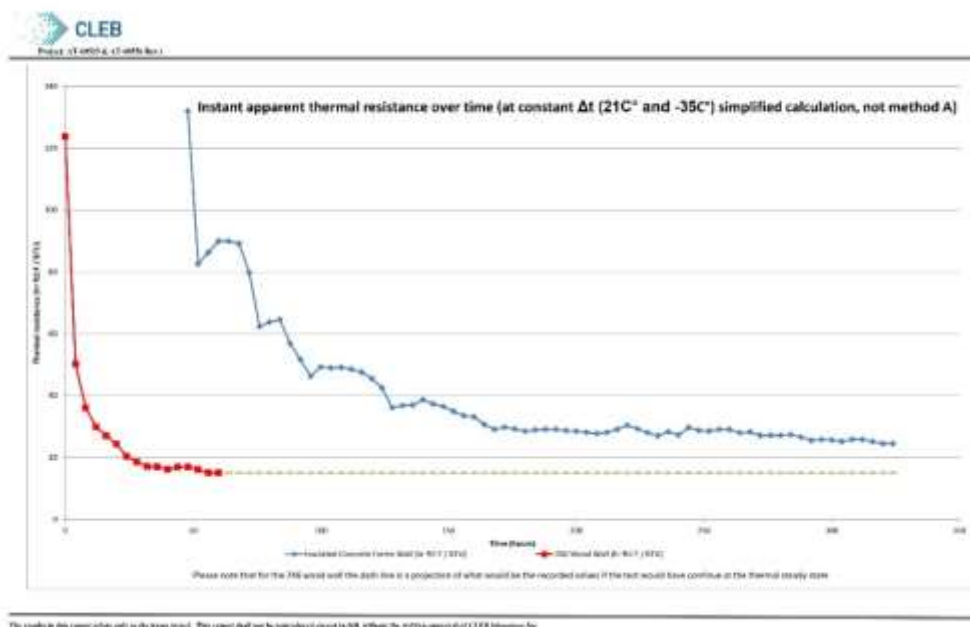
No entanto, pesquisas destacam que o teste ASTM C1363 não é adequado para avaliar como a inércia térmica de um componente de construção é afetada, pois não considera o período transitório de cada amostra. É recomendado criar um novo procedimento que leve em conta corretamente os efeitos da inércia térmica. Essa descoberta tem implicações importantes no campo da construção civil, pois enfatiza a importância de selecionar materiais de construção com base em sua eficiência térmica e desenvolver métodos de teste mais adequados para avaliar o desempenho térmico de paredes e componentes de construção (CLEB laboratory Inc, 2016).

Figura 7 - Energia mostrada na caixa de medição ao longo do tempo



Fonte: CLEB laboratory Inc, 2016.

Figura 8 - Resistência térmica instantânea ao longo do tempo



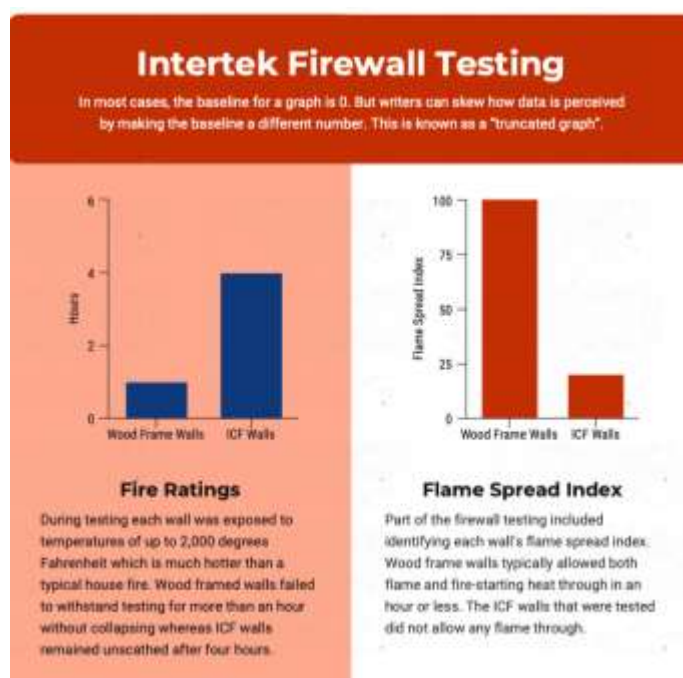
Fonte: CLEB laboratory Inc, 2016.

Materiais retardadores de chama são essenciais em construções, especialmente em sistemas de formas isoladas (ICFs). As espumas nesses ICFs são fabricadas com aditivos retardadores de chama para evitar que queimem por si mesmas.

Testes, como o "Steiner Tunnel Test", demonstram que o fogo se propaga significativamente menos em túneis revestidos com ICFs em comparação com materiais como madeira. Ao contrário da madeira, o concreto é resistente ao fogo, não queima e não amolece como o aço, permanecendo estruturalmente estável mesmo em temperaturas extremas. Em testes de "fire-wall", onde ICFs foram expostos a chamas e temperaturas de até 2000°F por até quatro horas, nenhum falhou estruturalmente.

As paredes de concreto ICFs mostraram-se mais resistentes à passagem de fogo e calor do que paredes de madeira. Importante notar que as emissões de poliestireno das espumas nos ICFs são consideradas "não mais tóxicas" do que as da madeira quando expostas ao fogo intenso. Estas propriedades fazem dos ICFs uma opção segura e eficaz em termos de resistência ao fogo e propagação de chamas.

Figura 9 - Comparação teste de fogo ICF x Wood Frame



Fonte: BuildBlock Insulating Concrete Forms

8.5.2 Índice de propagação de chamas

Parte dos testes de parede incluiu a identificação do índice de propagação de chamas de cada uma. Paredes de madeira geralmente permitiam a passagem de chama e calor iniciador de fogo em uma hora ou menos. “As paredes de ICF testadas não permitiram a passagem de chama alguma” (BuildBlock Insulating Concrete Forms, tradução nossa).

8.5.3 Reutilização do material EPS

O material usado nas formas de ICF (EPS) é reciclável, e os resíduos gerados podem ser triturados e reutilizados como agregados em concretos leves no próprio canteiro de obras ou retornar às indústrias para a produção de formas de EPS para lajes, rodapés de PVC e outros produtos. A reciclagem pode ocorrer de forma mecânica, energética para geração de energia devido ao alto poder calorífico, ou química para obtenção de óleo e gases.

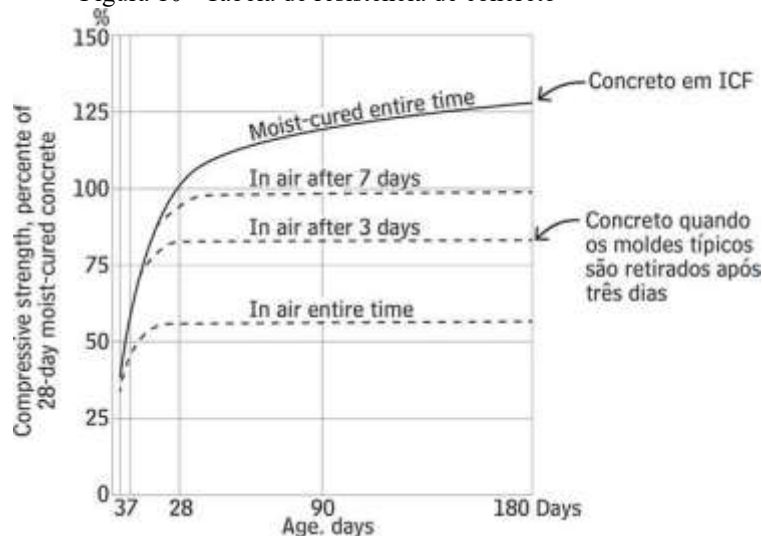
A combinação de reciclagem, redução de resíduos e eficiência energética do material confere ao método um selo de sustentabilidade, permitindo que o sistema acumule pontos para a obtenção do certificado LEED. As formas são fabricadas a partir de pérolas de EPS de 3mm, que contêm uma pequena quantidade de pentano (C₅H₁₂), facilitando a expansão do EPS em até 50%, aumentando seu volume e reduzindo sua densidade. Esse processo ocorre com vapor d'água em contato controlado com as pérolas de EPS.

Após o resfriamento, as pérolas são injetadas nos moldes das formas do fabricante e aquecidas novamente para formar os blocos, sem conter produtos tóxicos ao meio ambiente e sem camada de ozônio em sua composição, apenas carbono e hidrogênio. Quando descartadas em aterros, as formas permanecem inertes, sem contaminar o solo ou o lençol freático (FASEICF, 2021).

8.6 Cura do concreto

Quando o processo de hidratação é controlado nos primeiros 28 dias, ou seja, quando a umidade fica continuamente disponível na massa, alcança-se 100% da força projetada do concreto. Este é o padrão aplicado à maioria dos projetos em concreto, onde espera-se alcançar a resistência de 17,2 MPa quando curado sob essas condições durante 28 dias. Caso se permita que a hidratação continue além daquele ponto, a resistência do concreto continua a aumentar, ultrapassando 125% da sua resistência projetada após 180 dias. Entretanto, observe-se também no gráfico que a mistura de concreto projetada não é obtida caso sejam utilizados métodos inadequados de cura (ORÇATI, 2016).

Figura 10 - Tabela de resistência de concreto



Fonte: Revista Técnica.

9. Reutilização do material ICF

9.1 Mão de obra

O preço de uma obra construída com a tecnologia tem apresentado variações que alcançam entre 15 a 20% de economia em projetos concebidos para o salientando que o custo para projetos já definidos com a solução convencional poderá alterar a avaliação, como, a sua localização, dimensões e detalhes como altura de paredes. Curvaturas ou concepções ousadas. Em estudos comparativos, é dado como certo que o custo da mão de obra na construção com o EPS é reduzido comparado com a construção tradicional, principalmente competindo EPS com paredes de alvenaria de blocos de cerâmica.

A velocidade na construção de paredes e tetos confere uma redução de até 50% no tempo de conclusão da obra, ou pelo menos, um terço para sua finalização, incluindo outro motivador, que permite continuidade de trabalho mesmo em dias de chuva, fatores estes que conferem uma velocidade de aplicação muito superior a qualquer outro material, permitindo que a obra fique pronta rapidamente (ISOCRET, 2023).

9.2 Reciclagem

Os materiais constituintes das fôrmas ICF (EPS) são recicláveis, e os pequenos resíduos produzidos pelo material podem ser triturados e reaproveitados como agregado leve de concreto no próprio canteiro de obras, ou podem ser devolvidos à indústria para utilização na fabricação de fôrmas EPS. Chapas, rodapés em PVC e outros produtos.

Como mencionado anteriormente, sua recuperação pode ser feita de forma mecânica, vigorosa com alto poder calorífico e gerando energia, ou quimicamente para

obtenção de petróleo e gás. A reciclagem aliada à redução de resíduos e à eficiência energética na geração de materiais garante à abordagem um selo de sustentabilidade e permite ao sistema calcular pontos rumo à certificação LEED.

Estas formas são feitas de pérolas EPS de 3 mm, encapsula pequenas quantidades de pentano (C_5H_{12}) para ajudar na expansão EPS pode aumentar seu tamanho em até 50%, aumentando assim seu volume e diminuindo sua densidade.

Após resfriadas, as pérolas são injetadas nos moldes das formas do fabricante, sendo elas novamente aquecidas para formar os blocos, não contendo nenhum produto tóxico ao meio ambiente e camada de oxônio na sua composição, somente carbono e hidrogênio. As formas quando depositadas em aterros, permanecem inertes sem contaminar o solo nem o lençol freático (FASEICF, 2021).

10. Etapas construtivas e processos de execução

Segundo a FASE soluções construtivas em ICF, as etapas construtivas e seus respectivos processos de execução, são:

10.1 Fundação

As etapas construtivas deste sistema apresentam processos logísticos simplificados, tornando a construção viável em obras de conjuntos habitacionais, particulares e galpões (ISOCRET, 2021). Após a limpeza do terreno e com a passagem das tubulações de esgoto, são realizadas as fundações do tipo sapata corrida ou radier, em seguida acrescenta-se esperas de aço ao longo de todo perímetro da base, com objetivo de manter a primeira fiada dos blocos alinhados (ISOCRET, 2021).

Destaca-se pela facilidade de montagem em terrenos de topografias distintas, não há necessidade do uso de fôrmas de madeira nesse processo, os baldramas de cintamento têm como função unificar o conjunto de sapatas ou estacas, além do isolamento da construção desde a sua fundação. Preferencialmente, usa-se espaçadores de tipo U de 18cm e 24cm ou combinados.

10.2 Parede

Nesta etapa, são adicionados os blocos EPS, iniciando pelos cantos e dando continuidade em direção ao centro de cada parede (ISOCRET, 2021). Este procedimento é prático e preciso, visto que, os blocos possuem encaixes laterais capazes de alternar,

gerando intertravamento dos blocos, dispensando o uso de argamassa para união dos mesmos (INCONCRETO, 2021).

Figura 11 - Encaixe dos segmentos EPS



Fonte: ISOCRET, 2021.

É formada por blocos do tipo “macho” e “fêmea”, com justo encaixe, trabalham dois tipos de espessura, (17cm e 24cm). As placas EPS são isolantes ambientais e impermeáveis, além de possuírem superfícies de fácil aderência para qualquer tipo de revestimento, seja ele interno ou externo. Por ser impermeável, o EPS pode ser montado em qualquer tipo de clima ou tempo, de tal maneira que a obra não pare.

Figura 12 - Paredes com o sistema ICF



Fonte: Tec Dream.

A próxima etapa consiste em efetuar o preenchimento com concreto armado nas aberturas presentes no interior de cada bloco ICF. Este procedimento é executado à medida que as paredes, os varões de aço das armaduras longitudinais e transversais são encaixados (ISOCRET, 2021).

Figura 13 - Concretagem das paredes de EPS



Fonte: ISOCRET, 2021.

Após a concretagem, é realizado o procedimento de nivelção das paredes, e a abertura de portas e janelas com o auxílio de um serrote e faceadas por uma estrutura provisória de madeira (ISOCRET, 2021).

Figura 14 - Abertura de esquadrias e impermeabilização



Fonte: ISOCRET, 2021.

Em seguida, são instalados os aprumadores ao longo da estrutura de vedação, para assegurar a verticalidade e o alinhamento do sistema. Esses aprumadores são retirados logo após a cura do concreto (ISOCRET, 2021).

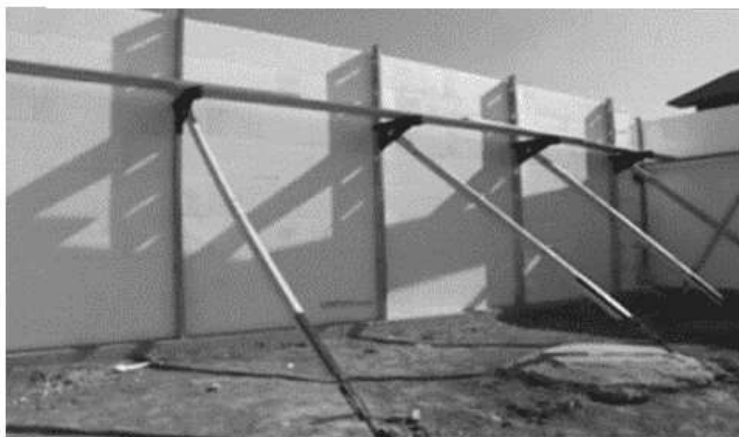
10.3 Laje

É mais segura que as demais, com vigotas pré-fabricadas em concreto e tavelas, ela permite que seja concretado ao mesmo tempo paredes e lajes, proporcionando uma melhor estruturação, além de economizar tempo e dinheiro.

10.4 Instalações

As instalações de elétrica, água etc. São feitas recortando o isopor no tamanho desejado para as passagens na parede.

Figura 15 - Instalações dos aprumadores



Fonte: ISOCRET, 2021.

O sistema ICF, consiste nas instalações elétricas e hidráulicas. Assim como no sistema monolítico, a marcação dos locais onde irão passar as tubulações são realizadas com canetas coloridas. Porém, neste sistema construtivo, as aberturas das fendas são efetuadas com um serrote aquecido (ISOCRET, 2021).

Figura 16 - Laje com o sistema ICF



Fonte: Face ICF.

10.5 Revestimentos

Após as instalações, é realizada a fase de revestimento. Na qual, as paredes são chapiscadas e rebocadas, geralmente com dois centímetros de espessura e com argamassa de cimento colante. Por fim, são efetuados os acabamentos (ISOCRET, 2021).

Esse sistema de ICF, por conter as fases dos blocos nervuradas, permitem a aderência de diversos materiais de acabamento como, tinta, azulejo e piso cerâmico. Já para a instalação de armários de cozinha, escadas, prateleiras e redes, devem ser chumbados diretamente no concreto (INCONCRETO, 2021).

Figura 17 - Sistemas em paredes de isopor

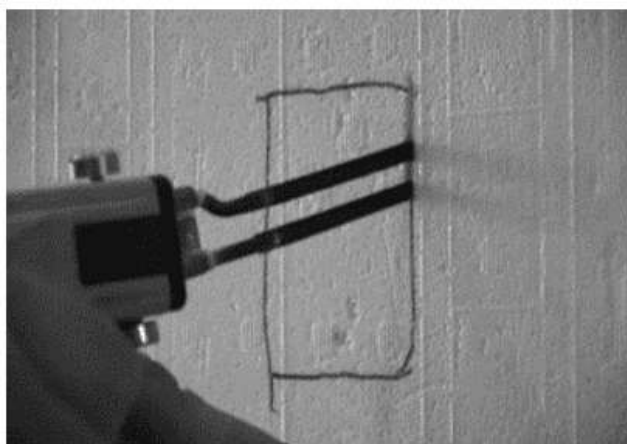


Fonte: ORÇATI, 2016.

10.6 Resistência da estrutura e possibilidade de construir um prédio

De acordo com a TECdream, o sistema construtivo ICF pode ser até 30% mais resistente que a parede de cerâmica. Tendo, resistência a incêndio de 1 a 4 horas, resistência ao vento de até 320km/h e resistência das paredes de R38 (38Mpa). É possível utilizá-lo em edificações de habitações térreas, sobrados, edificações de até 6 pavimentos ou de até nove pavimentos com esforços exclusivos de compressão. No entanto, há históricos de sua aplicabilidade em edifícios de até 30 pavimentos (ABCP, 2007).

Figura 18 - Corte do bloco

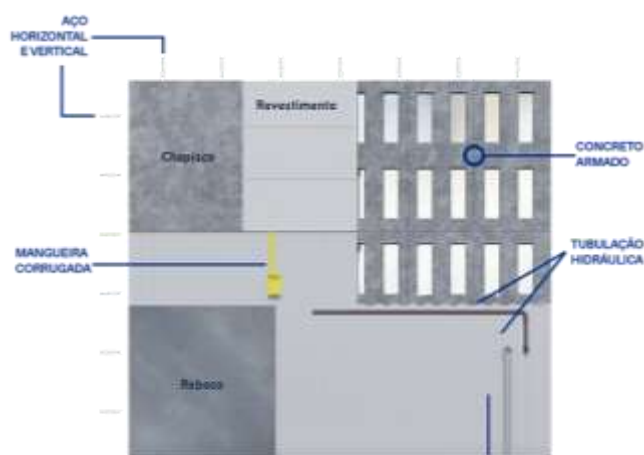


Fonte: ISOCRET, 2021.

11. Comparação

O ICF (Formas de Concreto Isoladas) e as paredes de concreto representam dois métodos de construção diferentes. O ICF é um molde feito de poliestireno expandido com excelentes propriedades de isolamento térmico. Sua construção é tão simples quanto empilhar e agrupar formas. Além disso, ajudam a melhorar a eficiência energética (JESUS; BARRETO, 2018).

Figura 19 - Sistema de ICF



Fonte: ICF Construtora Inteligente, 2022.

Figura 20 - Prédios no sistema construtivo ICF



Fonte: Refran

As paredes de concreto tradicionais, por outro lado, são fortes e duráveis e são feitas de concreto armado, com formas convencionais (em madeira geralmente). No entanto, as suas propriedades de isolamento térmico são ruins. A sua versatilidade torna-os amplamente utilizados, sendo necessário considerar um isolamento adicional (SOUZA; FERNANDES, 2015).

A escolha entre ICF e paredes de concreto tradicionais dependerá das prioridades específicas do projeto. Projetos que enfatizam a eficiência energética e o isolamento beneficiam a ICF, enquanto a durabilidade e a versatilidade beneficiam as paredes de concreto. Em alguns casos, ambas as abordagens podem ser combinadas para atender a diferentes requisitos estruturais e de desempenho.

11.1 ICF (Formas de Concreto Isoladas)

O atual sistema ICF consiste em poliuretano expandido (EPS) com aço e concreto em seu interior, criando uma parede vedada com resistência estrutural, bem como propriedades acústicas e térmicas. Estas propriedades são atribuídas ao núcleo de concreto do sistema e ao fato da fôrma plástica fazer parte do sistema.

Para Path (2002), os sistemas ICF podem ser classificados em 3 categorias com base na forma como as paredes estruturais são estabelecidas. Os três tipos são:

(I) Sistema ICF de parede plana: consiste em paredes com espessura de 8,9 cm, 14 cm, 19,1 cm ou 24,1 cm. o concreto e o aço permanecem dentro da fôrma, criando paredes maciças de concreto armado.

(II) Sistema ICF Grid-Waffle: Espessura de concreto de 6 polegadas (15,2 cm) para membros horizontais e verticais. As dimensões do núcleo e da alma do concreto devem atender aos requisitos.

(III) Sistemas de Tela ICF: Espessura nominal mínima do concreto de 6 polegadas (15,2 cm) para membros horizontais e verticais. Apresenta vazios de concreto variados com distância máxima entre núcleos de 30,5 cm.

11.2 Paredes de concreto armado convencionais

É uma tecnologia construtiva que utiliza fôrmas montadas no canteiro de obras, preenchidas com concreto armado auto adensável, e dispositivos elétricos e hidráulicos pré-embutidos na parede. Neste método, as paredes formam uma estrutura integral que desempenha funções estruturais e de vedação (SOUZA; FERNANDES, 2015).

Neste sistema os moldes são temporários e removíveis e são utilizados apenas para moldagem de concreto em estado fresco, nesta fase podem ser utilizados os seguintes moldes: moldes metálicos, moldes híbridos e moldes plásticos (ABCP, 2007).

(I) Fôrmas Metálicas: Podem ser utilizados gabaritos e molduras em chapa metálica. O material mais utilizado é o alumínio, pois é mais durável e mais leve. Esses

moldes são considerados os mais caros, mas podem ser reaproveitados até 1.000 vezes (AUZIER; GALVÃO, 2020).

(II) Fôrmas Mistas: A fôrma híbrida é constituída por estrutura metálica (aço ou alumínio) e compensado, este último em contato com o concreto fresco (AUZIER; GALVÃO, 2020).

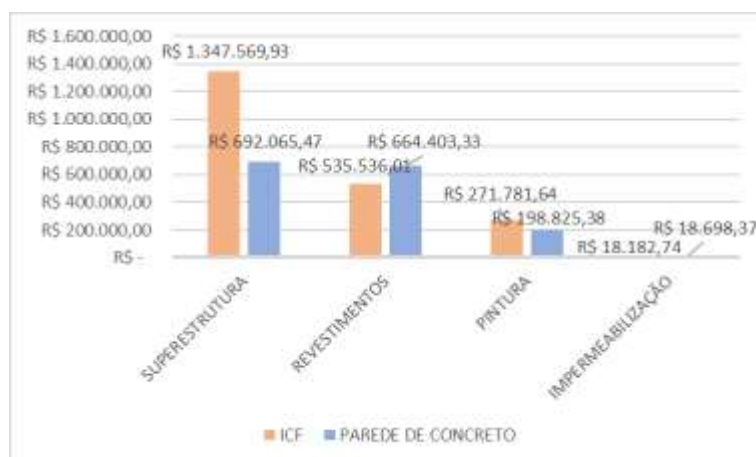
(III) Fôrmas Plásticas: Use molduras e placas de plástico recicláveis. São considerados os moldes mais baratos, mas só podem ser reutilizados cerca de 100 vezes (AUZIER; GALVÃO, 2020).

11.3 Comparativos de custos

Nós escolhemos fazer a comparação da parede de concreto com o sistema ICF por serem métodos parecidos e a fim de viabilizar este sistema tão pouco conhecido nacionalmente.

O custo por metro quadrado das formas de EPS neste estudo foi superior em comparação com as formas do sistema de paredes de concreto, devido à alta taxa de reutilização considerada para as formas de alumínio.

Figura 21 - Comparação geral de custos



Fonte: Pereira, 2022.

Na soma de todos os itens, o sistema ICF mostrou-se 27,44% mais dispendioso que o sistema de parede de concreto para a edificação em análise, representando R\$ 598.779,16.

Os principais impactos, conforme nossas avaliações estão relacionadas à superestrutura e aos revestimentos. Adicionalmente, é notável que o custo do transporte das fôrmas de EPS do sistema ICF contribuiria para um aumento ainda maior nos custos da aplicação desse sistema no estudo em questão. A superestrutura do pouco utilizado sistema ICF revelou-se 48,64% mais dispendiosa em comparação ao sistema construtivo

de parede de concreto. Reconhecemos que, em um orçamento, a superestrutura representa um dos elementos mais significativos e exerce uma considerável influência no custo total da obra.

Figura 22 - Custo final dos sistemas



Fonte: Pereira, 2022.

No que diz aos revestimentos em geral, o sistema ICF demonstrou ser mais difícil do que o sistema de paredes de concreto, devido à inclusão de revestimento argamassado interno e externo, resultando em um aumento de 22,81% nos custos, afetando também o acabamento. Para os demais elementos orçamentários, considerados individualmente, o sistema de Moldes Isolantes para Concreto mostrou-se praticável, principalmente devido à redução na área útil.

Figura 23 - Custo de acabamento de parede nos dois sistemas



Fonte: Pereira, 2022.

É perceptível que a viabilidade global, em termos de custos, da adoção do ICF em um projeto está sujeita a variáveis como o tipo de construção (com ou sem repetições), as prioridades do cliente (seja em relação a conforto, sustentabilidade ou custo) e o tipo de

sistema construtivo que será substituído. Deve-se também considerar o impacto desse sistema no planejamento e gestão da obra, pois esses fatores influenciam diretamente no custo final da construção.

11.4 Viabilização do sistema ICF no Brasil

O sistema ICF, composto por blocos de poliestireno expandido preenchidos com concreto, possui resistência térmica, mas exposição prolongada a altas temperaturas pode eventualmente causar deformação ou deterioração do material. É crucial seguir as orientações do fabricante, e em climas muito quentes, medidas adicionais como sombreamento e ventilação são necessárias para preservar a durabilidade e o desempenho do sistema ICF (VANDERWERF, 1997). Portanto, devido as altas temperaturas do Brasil, pensando em uma construção duradoura e resistente, o sistema é considerado menos viável.

12. Conclusão

Ao longo desta pesquisa, dedicamo-nos a uma análise minuciosa do modelo de formas de isopor ICF (Insulated Concrete Forms) como uma possível solução para determinadas aplicações na construção civil no Brasil. Durante esse processo, foi possível identificar vantagens e desafios associados a essa tecnologia, considerando aspectos como eficiência energética, custos, sustentabilidade e adaptabilidade às condições locais.

Porém, com evidências e resultados obtidos, concluímos que na situação atual do Brasil, o modelo de fôrma de isopor (ICF) ainda não se mostra como a melhor solução em comparação com o método construtivo parede de concreto com formas convencionais. Questões relacionadas à resistência estrutural, regulamentações locais e aceitação do mercado emergem como desafios significativos que requerem atenção.

É imperativo destacar que esta conclusão não deve ser interpretada como um veredicto definitivo, são conclusões válidas para o recorte deste trabalho, dentro das condições e contextos atuais. Recomendamos enfaticamente que futuras pesquisas e estudos sejam conduzidos para aprimorar a compreensão e avaliação do modelo de formas de isopor ICF no contexto brasileiro, notadamente comparando com os demais sistemas construtivos.

Em resumo para superar as limitações analisadas neste estudo, mais pesquisas são necessárias. Possíveis áreas de pesquisa futura incluem melhorias na tecnologia, adaptações às normativas locais, e a consideração de avanços que possam potencialmente

transformar o ICF em uma opção mais competitiva e viável para as demandas específicas do mercado brasileiro.

Finalmente, embora os resultados deste estudo indiquem que o modelo de fôrma de poliestireno expandido ICF ainda não atende plenamente às exigências dos cenários construtivos aqui analisados, acreditamos que este estudo fornece uma base sólida para investigações subsequentes e contribui para o avanço do conhecimento nesse campo específico da construção civil.

13. Referências

- ABCP. Associação Brasileira de Cimento Portland. Coletânea de ativos: parede de concreto, 2007/2008. Coletânea de ativos em Paredes de Concreto, 2007/2008.
- ANTUNES, D. A. L.; JUNIOR J. C. C. Análise comparativa dos sistemas construtivos em alvenaria convencional e insulating concrete forms (ICF). TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoça, 2021. Disponível em: <https://repositorio.animaeducacao.com.br/items/82ca4037-5343-4469-a2cd-fd90951e3299>. Acesso em: 18 nov. 2023.
- AUZIER, J.S.; GALVÃO, M.R.M. Descrição das etapas construtivas de paredes de concreto. Curso de Engenharia Civil, Pontifícia Universidade Católica de Goiás. 2020. Disponível em: https://repositorio.pucgoias.edu.br/jspui/bitstream/123456789/423/1/TCC2_JUNIO%26MATEUS.pdf. Acesso em: 18 nov. 2023.
- BEAL, Diogo Ernesto; SOUSA, Mateus Padua. A Viabilidade Do Método Construtivo Insulated Concrete Forms Na Cidade de Pato Branco - PR. Repositorio.utfpr.edu.br, no. 5-Sep-2018, 5 May 2021. Disponível em: repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/27544. Acesso em: 24 abr. 2023.
- BUILDBLOCK. Can ICF Walls Withstand Fires? BuildBlock Insulating Concrete Forms. Disponível em: buildblock.com/insulating-concrete-forms-icfs/icf-disaster-resistant/fire-resistant/. Acesso em: 11 dez. 2023.
- DE CARVALHO SANTOS, T. C. Sistema construtivo formas de concreto isolado (ICF): estudo de caso viabilidade técnica, econômica e sustentabilidade na construção civil. [s.l] Faculdade Doctum, 2020. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/3542/1/T%C3%9ALIO%20C%C3%89SAR%20DE%20CARVALHO%20SANTOS.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2023
- DE JESUS TAINARA, AC. Análise comparativa dos sistemas construtivos em alvenaria convencional, alvenaria estrutural e ICF. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/327949096_Analise_comparativa_dos_sistemas_construtivos_em_alvenaria_convencional_alvenaria_estrutural_e_ICF. Acesso em: 23 abr. 2023.
- DE SOUSA, J. R. Análise comparativa entre um sistema construtivo convencional e sistemas construtivos de eps. [s.l.] Universidade Federal de Uberlândia Faculdade de Engenharia Civil, 2021. Disponível em:

- <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/33082/1/An%c3%a1liseComparativaSistema.pdf>. Acesso em: 23 mai. 2023.
- FASE. Soluções construtivas em ICF. S.d. Disponível em: <http://faseicf.com.br>. Acesso em: 23 mai. 2023.
- GONÇALVES, C. J. P. Construção Modular – Análise Comparativa de Diversas Soluções. 2013. Dissertação. Universidade de Aveiro, Aveiro, 2013.
- ICF BUILDER. ICFs Celebrate 50 Years. 2017. Disponível em: <https://www.icfmag.com/2017/01/icfs-celebrate-50-years/>. Acesso em: 23 ago. 2023.
- ICF CONSTRUTORA INTELIGENTE. Conheça a ICF construtora inteligente. Disponível em: <https://icfconstrutora.com.br/>. Acesso em: 18 abr. 2023.
- ICF ITALIA. Estruturas com paredes de suporte. Disponível em: <https://www.icfitalia.eu/pt/percepcoes/estruturas-com-paredes-de-suporte/>. Acesso em: abr. 2023.
- ICFMA. Estudo térmico. 2016. Disponível em: <https://icf-ma.org/resources/thermal-study/>. Acesso em: 23 abr. 2023.
- ICFA. Insulating Concrete Form Association. Disponível em: <https://icfa.org.uk>. Acesso em: abr. 2023.
- INCONCRETO. Sistema Construtivo em concreto e EPS. Disponível em: <http://www.inconcreto.com.br>. Acesso em: 14 abr. 2021.
- ISOCRET do Brasil. Concreto e aço. Disponível em: <http://www.isocret.com.br>. Acesso em: 15 abr. 2021.
- ISOCRET-ICF. Redução custos da obra. Disponível em: <https://isocret.com.br/custos.html>. Acesso em: 23 mai. 2023.
- ISOFORM. Blocos de EPS. [s.d.]. Disponível em: <https://www.isoform.com.br/eps.html>. Acesso em: 23 abr. 2023.
- JUNIOR, Bastos, and Achilles Pinheiro. Análise de Viabilidade Econômica Do Método Construtivo Insulated Concrete Forms Para Construção de Habitações. Repositorio.ufersa.edu.br, no. 5-Sep-2018, 5 Sept. 2018. Disponível em: <repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/4277>. Acesso em: 24 abr. 2023.
- MARTINS, H. Laudo de Segurança Contra Incêndio ARXX. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/421604508/Laudo-de-Seguranca-Contra-Incendio-ARXX#>. Acesso em: 23 abr. 2023.
- NUDURA. Sistema ICF: vantagens e desvantagens. 2023. Disponível em: <https://nudura.pt/blog/desvantagens-sistema-icf/>. Acesso em: 18 abr. 2023.
- ORÇATI, M. ICF - Sistema de fôrmas termoacústicas de EPS para paredes autoportantes de concreto. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/icf-sistema-de-f%C3%B4rmas-termoac%C3%Bsticas-eps-para-paredes-or%C3%A7ati/?originalSubdomain=pt>. Acesso em: 23 abr. 2023.
- PATH. Partnership for Advancing Technology in Housing. Prescriptive method for insulating concrete forms in residential construction. Bibliogov, 2013.
- REFRAN. Pré-moldados. Disponível em: <https://www.refran.com.br/category/noticias/>. Acesso em: 23 mai. 2023.
- SOUZA, A. P. P. S.; FERNANDES, T. S. Paredes de concreto: utilização, características, viabilidade e execução. Monografia - Curso de Engenharia Civil, Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, Caratinga, 2015. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/1064/1/TCC%202%20->

%20Angelo%20e%20Tharley%20-
%20Paredes%20de%20concreto%20Utilizacao%20caracteristica%20viabilidade%20e
%20ex ecucacao.pdf. Acesso em: 18 nov. 2023.

TAINARA, A. C. de J.; BARRETO, M. F. F. M. Análise Comparativa dos Sistemas Construtivos em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Moldes Isolantes para Concreto (ICF). E&S Engineering and Science, [S. l.], v. 7, n. 3, p. 12 - 27, 2018. DOI: 10.18607/ES201876926. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/6926>. Acesso em: abr. 2023.

TECDREAM. O sistema construtivo ICF. Disponível em: <https://www.tecdream.com/sistema-icf>. Acesso em: 23 mai. 2023.

TESSARI, J. Utilização de poliestireno expandido e potencial de aproveitamento de seus resíduos na construção civil. [sl] Universidade Federal de Santa Catarina Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, 2006. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/88811/234096.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 23 mai. 2023.

VANDERWERF, P. A. et. Insulating Concrete Forms for Residential Design and Construction. Profissional McGraw-Hill, 1997.

*** discentes da Escola de Engenharia da ATHON Ensino Superior**

**** Valmir de Jesus Rodrigues Almenara - docente e coordenador da Escola de Engenharia da ATHON Ensino Superior.**