

ANÁLISE COMPARATIVA DOS MÉTODOS CONSTRUTIVOS EM ICF E ALVENARIA CONVENCIONAL

COMPARATIVE ANALYSIS OF CONSTRUCTION METHODS IN ICF AND CONVENTIONAL MASONRY

Geso Braga da Silva Neto¹, Thatiana Rodrigues Ferreira², Igor César Silva Braga³, Eduardo Martins Toledo⁴, Robson de Oliveira Félix⁵

¹ Graduação em Engenharia Civil /FACEG – gesoneto@hotmail.com

² Graduação em Engenharia Civil /FACEG – thati.conceicao234@gmail.com

³ Professor do curso de Engenharia Civil/FACEG – igorcezar14@hotmail.com

⁴ Professor do curso de Engenharia Civil/FACEG – eduardomtoledo@gmail.com

⁵ Professor do curso de Engenharia Civil/FACEG – robsonfelix.eng2014@hotmail.com

Resumo: No Brasil, a indústria da construção civil está cada vez mais concentrada na busca por alternativas para substituir os métodos tradicionais de construção por métodos que permitam um maior desenvolvimento, seja na qualidade, agilidade e sustentabilidade. Portanto, essas opções visam reduzir os resíduos gerados, minimizando o desperdício de materiais, aumentar a velocidade de execução, reduzir o consumo de recursos naturais e garantir um bom desempenho das construções. Neste trabalho, tem-se como objetivo uma comparação entre o método construtivo convencional, caracterizado pelo uso de estrutura em concreto armado e alvenaria de vedação de bloco cerâmico, e o método construtivo que utiliza paredes de poliestireno expandido (EPS), conhecido como Insulated Concrete Form (ICF). Será realizado um estudo de caso na cidade em Itaberaí, Goiás de obra residencial e tem como objetivo demonstrar a viabilidade do uso do Insulated Concrete Form (ICF) na construção civil, descrevendo suas principais características, materiais e etapas construtivas utilizadas. Além disso, comparar financeiramente por meio de orçamentos com ambos os métodos construtivos, a fim de identificar a melhor relação custo-benefício. Os resultados deste estudo com base em resultados teóricos, revelaram que o custo de execução do sistema ICF obtiveram valores superiores ao método convencional, registrando uma diferença de R\$23.454,27, em termos percentuais, isso representa um acréscimo de 25,2% em relação ao sistema convencional. Concluindo assim, resultados mais vantajosos para o sistema convencional para termos de custos, porém não foi levado em consideração nos resultados elementos como produtividade, minimização de desperdícios de materiais, desempenho térmico e acústico, esses fatores poderiam tornar o sistema ICF mais atraente.

Palavras-chaves: EPS; Construção; Viabilidade; Desempenho.

Abstract: In Brazil, the construction industry is increasingly focused on seeking alternatives to replace traditional construction methods with those that allow for greater development in terms of quality, speed, and sustainability. Therefore, these options aim to reduce generated waste, minimize material wastage, increase execution speed, reduce the consumption of natural resources, and ensure good performance of constructions. This study aims to compare the conventional construction method, characterized by the use of reinforced concrete structures and ceramic block masonry, with the construction method that uses expanded polystyrene (EPS) walls, known as Insulated Concrete Form (ICF). A case study will be conducted in the city of Itaberaí, Goiás on a residential project, with the objective of demonstrating the feasibility of using the Insulated Concrete Form (ICF) in civil construction, describing its main characteristics, materials, and construction stages used. Furthermore, a financial comparison will be made through budgets for both construction methods in order to identify the best cost-benefit ratio. The results of this study, based on theoretical findings, revealed that the execution cost of the ICF system was higher than the conventional method, recording a difference of R\$23,454.27. In percentage terms, this represents an increase of 25.2% compared to the conventional system. Thus, concluding more advantageous results for the conventional system in terms of costs, however, elements such as productivity, minimization of material waste, thermal and acoustic performance were not considered in the results, which could make the ICF system more attractive.

Keywords: Efficiency; Planning; Profitability; Masonry.

INTRODUÇÃO

O avanço tecnológico tem trazido mudanças significativas para a sociedade desde os primórdios da terra, é fato que o ramo da construção civil ao decorrer das décadas precisou caminhar junto com esse advento para se consolidar atualmente, fruto de fatores históricos e gradativos como pode-se destacar a evolução dos materiais. A conexão entre o homem e os materiais desde a idade da pedra culminou em um grande progresso, passando pela era da argila até a do ferro e as conceituais civilizações feitas decorrentes desses insumos [1].

O cenário atual da construção civil, não obstante do Brasil, mas no mundo todo, carece de novos métodos construtivos que se assemelham a um padrão sustentável e econômico no âmbito social, além de proporcionar

qualidade de vida e atender as necessidades construtivas asseguradas pela norma NBR 15575 [2].

O usual método de edificação trata-se da vedação por meio de alvenaria, basicamente constituído por elementos cerâmicos ou de concreto que, aplicados a argamassa desempenham papel vedativo. Apesar de ser estável e seguro, esse método apresenta dados alarmantes quando a utilização da sua matéria-prima, uma vez que, disposto a má trabalhabilidade e as suas propriedades quanto seu uso, pode ocasionar retrabalho devido a patologias, logo resultando em um agravante na questão sustentável [3].

Segundo o professor Vaha Agopyan da escola Politécnica da Universidade de São Paulo em reportagem para o Globo ciência [4], o consumo de cimento é maior

que o de alimentos, perdendo somente para o da água. Cerca de 500 quilos de entulho são produzidos por cada ser humano equivalente a 3,5 milhões por ano, em suma chegando à conclusão de que a indústria da construção civil é uma das mais poluentes do planeta. Partindo desse pressuposto, atrelado ao crescimento e a busca por novos métodos construtivos que contemplem a problemática atual de forma sustentável e inovadora, além da análise econômica, haja visto que o ramo construtivo contribui com uma parcela notável na economia do país, surge o método conhecido como Insulated Concrete Forms (ICF) uma opção viável de construção a ser analisada.

Ao contrário do método tradicional, trata-se do preenchimento de painéis poliméricos (poliestireno expandido – EPS ou poliestireno estrutura – XPS) com concreto, que proporciona não só a resistência estrutural e durabilidade, mas também característica térmicas, bem como resistência a água, vedação ao ar e maior proteção acústica [5]. O ICF surgiu no final da década de 1950 na Europa e teve notoriedade por ser uma alternativa econômica e durável na reconstrução de edifícios danificados [6]. Apesar de nova, essa alternativa bem como as outras possui inúmeras vantagens e desvantagens tanto técnica quanto econômica que devem ser analisadas a fim de solucionar e visar melhorias para o contexto atual.

Levando em conta que as vantagens do sistema construtivo ICF em aplicações fora do Brasil ainda não são amplamente conhecidas, é crucial reconhecer que as inovações devem ser ajustadas ao local, clima, viabilidade econômica e serem compatíveis com as normas nacionais. Assim, o objetivo desta pesquisa é fornecer informações detalhadas sobre a construção de uma residência unifamiliar utilizando o sistema ICF, comprovando a factibilidade técnica, econômica e sustentável do sistema construtivo Insulated Concrete Forms (ICF) para a indústria da construção civil no Brasil, tomando como referência a norma de desempenho NBR 15575 [2].

REFERENCIAL TEÓRICO

É inegável que a engenharia está constantemente procurando opções construtivas. Em um mercado tão

exigente e competitivo, reduzir os custos dos materiais e da mão de obra, bem como racionalizar o desperdício e otimizar o uso dos insumos são fundamentais para satisfazer as necessidades humanas e as exigências sociais [7].

Sistema convencional

A técnica construtiva da alvenaria convencional tem sido empregada há milhares de anos e consiste no uso de blocos cerâmicos ou de concreto, sendo utilizada desde as primeiras civilizações. Apesar disso, sua origem ainda é um mistério. Esta técnica é utilizada em todo o mundo para a construção de edificações, porém foi somente no início do século XX que foi submetida a análises científicas com procedimentos laboratoriais e baseados em experimentação. A partir dessas análises, puderam ser desenvolvidas melhorias nesta técnica e teorias mais aprofundadas sobre a sua utilização [8].

O uso do tijolo cerâmico é amplamente difundido e antigo no território brasileiro. Em 1940, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabeleceu diretrizes para a fabricação do tijolo maciço de barro cozido com dimensões de 22,0cm de comprimento, 11,0cm de largura e 5,5cm de altura. Com o passar do tempo, o bloco cerâmico de 20,0cm x 20,0cm foi desenvolvido como uma alternativa viável [9].

Esse sistema é considerado uma técnica clássica, que envolve a união de unidades como tijolos cerâmicos ou blocos de concreto por meio de argamassa. Essa técnica é conhecida por sua durabilidade, porém, novas pesquisas têm questionado se ela apresenta apenas vantagens em relação ao baixo custo, ou se também é responsável por um isolamento inadequado, alta condutividade térmica e desperdícios excessivos [8].

Características e composições

No Brasil, a técnica construtiva convencional que utiliza concreto armado é amplamente utilizada na construção de edifícios e residências. Geralmente, é combinada com a alvenaria feita de blocos cerâmicos, responsável pelo fechamento e isolamento das construções

[8]. As vantagens do sistema de alvenaria convencional incluem sua durabilidade, resistência ao fogo e ao vento, além de ser uma técnica de construção amplamente conhecida e difundida. Além disso, a alvenaria convencional pode ser utilizada tanto para construções de pequeno quanto grande porte, e pode ser executada com materiais locais, o que pode reduzir custos e tempo de construção [10].

No entanto, as desvantagens da alvenaria convencional incluem a necessidade de mão de obra especializada e o tempo de execução prolongado em relação a outros métodos construtivos, como a construção em estrutura de aço ou concreto pré-moldado. Além disso, a alvenaria convencional pode apresentar problemas de isolamento térmico e acústico se não for corretamente projetada e executada, além da geração excessiva de resíduos de construção e demolição (RCD) quando comparado com outras metodologias como as citadas anteriormente [10].

Normas

As principais normas que regem o sistema de alvenaria convencional no Brasil são regulamentadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que estabelece as especificações técnicas e requisitos mínimos para a execução desse tipo de construção. Dentre as principais normas, destacam-se: NBR 15575: Edificações habitacionais - Desempenho: apresenta os requisitos e critérios de desempenho para as edificações habitacionais, incluindo as alvenarias. NBR 12118: Projeto de estruturas de alvenaria: estabelece os requisitos para o projeto de estruturas de alvenaria. NBR 6118: Projeto de estruturas de concreto – procedimento: estabelece as diretrizes necessárias para o dimensionamento e detalhamento de elementos estruturais de concreto armado.

Para projetos em alvenaria de vedação, há diversas exigências e recomendações técnicas que vão além da performance mecânica. É preciso levar em conta a estanqueidade à água, a isolamento térmico e acústico, a resistência ao fogo e outras características. Por isso, na escolha do sistema de blocos é importante considerar

vários fatores, como as dimensões modulares e o peso dos blocos, a disponibilidade de blocos especiais e peças complementares, a regularidade geométrica e integridade das arestas, a facilidade de embutimento de dutos e fixação de esquadrias, a capacidade de sustentação de peças suspensas, a absorção de água e risco de eflorescências, a rugosidade superficial e capacidade de aderência de revestimentos, a resistência à compressão, a isolamento térmico e acústico, e a resistência ao fogo e a aderência com elementos estruturais tais como concreto e aço conforme norma NBR 12118:2013 [11].

Método executivo

Visando a agilidade de prazos e qualidade de execução da alvenaria e seguindo as diretrizes técnicas da NBR 8545:2022 (Execução de Alvenaria sem função estrutural de tijolos blocos cerâmicos), pode-se adotar uma linha de etapas referente à execução de marcação, assentamento e encunhamento [12].

A marcação da alvenaria é o primeiro passo do processo, consistindo na localização da primeira camada. Os pontos devem ser marcados de acordo com o projeto arquitetônico para garantir a retidão da alvenaria. Antes da marcação, é essencial verificar o nivelamento do piso, corrigindo desnivelamentos, removendo obstruções ou preenchendo com argamassa [13].

Recomenda-se iniciar a marcação pelas paredes externas para facilitar o alinhamento. A localização das paredes deve ser feita com o uso de medidas acumuladas para minimizar erros de medição. Após marcar os eixos e verificar os ângulos, inicia-se a localização da primeira camada em pontos estratégicos, como cantos, encontros e aberturas conforme Figura 1 [13].

As juntas verticais da primeira camada devem ser preenchidas, mesmo que o projeto preveja a eliminação das juntas nas camadas seguintes. Segundo a NBR 8545:2022 [12], as juntas de argamassa devem ter no máximo 10 mm e não devem apresentar vazios. Consulte a Figura 1 para visualizar a marcação da primeira camada [13].

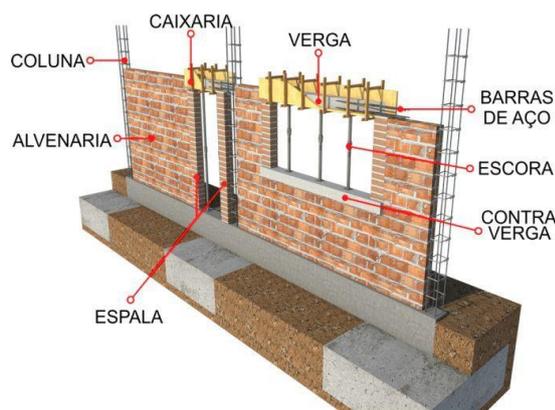


Figura 1 - Marcação da primeira fiada de paredes [13].

É importante realizar um estudo preliminar para planejar a disposição dos blocos, a fim de maximizar o número de blocos inteiros, o que traz maior eficiência, economia e velocidade na execução. De acordo com a NBR 8545:2022, nas junções de paredes, devem ser realizadas juntas de amarração, que devem ser executadas no mínimo 24 horas após a impermeabilização da viga baldrame para garantir a estanqueidade da alvenaria [12].

Recomenda-se o uso de um escantilhão como guia para as juntas horizontais e de um prumo de pedreiro para garantir o alinhamento vertical da alvenaria. A cada camada, uma linha deve ser esticada como guia para garantir a horizontalidade [13].

Na área de contato entre a alvenaria de vedação e a estrutura do pavimento superior, podem ocorrer fissuras devido à transferência de esforços para a alvenaria. Existem diferentes métodos de encunhamento utilizados, como o uso de cunhas de concreto, tijolos maciços e argamassa aditivada com expansor.

Para edificações que não requerem o uso de estruturas de concreto armado, é necessário realizar uma cinta de amarração em todas as paredes. Em edificações com múltiplos pavimentos que incorporam esse tipo de estrutura, o encunhamento deve ser realizado após o assentamento da alvenaria do pavimento imediatamente acima, conforme especificado na NBR 8545/2022 [13].

Vantagens e Desvantagens

A alvenaria de blocos cerâmicos é amplamente adotada e aceita pela sociedade devido à sua ampla utilização e facilidade de execução. Algumas vantagens e

desvantagens da alvenaria de vedação com blocos cerâmicos estão apresentadas no Quadro 1 [3].

Quadro 1: Vantagens da Alvenaria de Vedação [3].

Vantagens da Alvenaria de Vedação	Desvantagens da Alvenaria de Vedação
Mão de obra de fácil acesso e em grande disponibilidade	Maior tempo de execução
Flexibilidade para compor elementos em diversas formas e dimensões	Baixa produtividade comparada com demais metodologias construtivas
Maior possibilidade de mudanças futuras em ambientes internos	A qualidade dos materiais utilizados e a execução muitas vezes são deficientes
Durabilidade e Baixo investimento inicial na produção	É necessário aplicar revestimentos adicionais para obter uma superfície lisa
Abundância de matéria-prima disponível	Geração excessiva de resíduos de construção pelo desperdício de materiais

Insulating concrete forms (ICF)

Segundo Mendes [14], o sistema ICF é composto por dois painéis de Poliestireno Expandido (EPS), também conhecido como Isopor, com alta densidade. Esses painéis são utilizados como forma para o concreto, oferecendo propriedades térmicas e acústicas, além de proteção contra água e ar.

O sistema ICF tem como base os preenchimentos de painéis poliméricos, seja com Poliestireno Extrudado (XPS) ou Poliestireno Expandido (EPS), com argamassa. Com isso, o método agrega propriedades térmicas, resistência à água, vedação do ar e proteção acústica eficiente, além da estrutura sólida e decorativa [5].

Após a Segunda Guerra Mundial, na Europa, surgiu a técnica de construção do sistema ICF, como uma solução econômica e duradoura para estruturas destruídas. As primeiras formas de poliestireno ICF foram desenvolvidas no final dos anos 60, quando uma patente original expirou e os plásticos de espuma modernos foram lançados. Em 1966, o empresário canadense Werner Gregori registrou a primeira patente para uma forma de concreto de espuma, que se assemelha aos blocos ICF atualmente comercializados [6].

De acordo com a Modular Construction Solutions [15], a construção modular tem passado por uma evolução significativa atualmente. Esse avanço está diretamente

relacionado ao aumento da inovação e da qualidade dos materiais utilizados, bem como à utilização de equipamentos de auxílio mais modernos. Existem diversas soluções disponíveis para a construção modular no que diz respeito ao método de construção e aos materiais construídos, incluindo madeira, aço e concreto. O tempo de construção dessas habitações ou empreendimento pode variar de dez dias a seis meses, dependendo do sistema modular escolhido.

Características e composições

Conforme enfatizado por Cruz [16], os painéis de EPS são compostos por dois painéis que podem ser unidos por meio de telas de polipropileno de alta resistência ou elementos metálicos galvanizados. Essa união resulta em blocos vazios que são preenchidos com concreto armado. Com essa técnica, é possível obter paredes monolíticas fortes, resistentes e construídas de forma rápida. Além disso, em comparação com o método convencional, apresenta vantagens em relação ao isolamento térmico e acústico.

De acordo com a norma ISO - 1043/78, o EPS é um termoplástico produzido a partir da polimerização do estireno em água. Esse material é rígido e é composto por pérolas com cerca de três milímetros de diâmetro, que contém até 98% de ar e 2% de poliestireno. Quando aquecidas, essas pérolas podem aumentar até 50 vezes de tamanho e serem moldadas em diversas formas. A Figura 2 ilustra o modelo básico de produção do EPS [17].

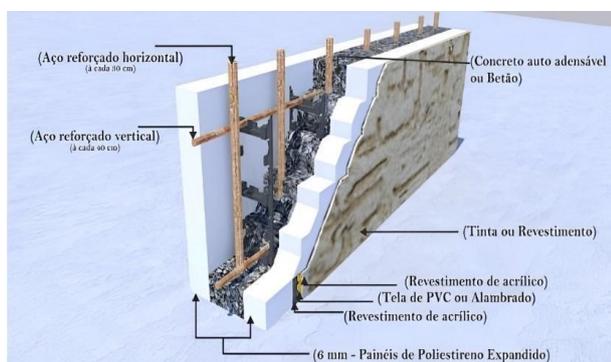


Figura 2: Anatomia de uma parede ICF [18].

Normas

A NBR 11752:2016 estabelece as especificações mínimas para a utilização do poliestireno expandido (EPS),

que pertence ao grupo dos termoplásticos. O EPS é classificado em duas classes, Classe P, que não retarda à chama, e Classe F, que retarda à chama. Além disso, o EPS é dividido em três grupos de massa específica aparente: Tipo I (13 a 16kg/m³), Tipo II (16 a 20kg/m³) e Tipo III (20 a 25kg/m³) [19].

O Quadro 2 demonstra as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) exigidas em construções que utilizam poliestireno expandido e devem satisfazer os usuários e atender aos requisitos de desempenho esperados de um sistema construtivo, que abrangem segurança; habitabilidade; durabilidade; e impermeabilização [20].

Quadro 2: Normas que amparam EPS

Título	Data
NBR 10411: Inspeção e preparação de isolantes térmicos	1988
NBR 12094: Determinação da condutividade térmica	2020
NBR 10152: Níveis de ruído para conforto acústico	2017
NBR 7973: Determinação de absorção de água	2007
NBR 11948: Ensaio de flamabilidade	2007
NBR 11949: Determinação da massa específica aparente	2007
NBR 11752: Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e câmaras frigoríficas	2016
NBR 15575: Desempenho estrutural	2021
NBR 8081: Permeabilidade ao vapor d'água	2015

Existem normas internacionais que também regulamentam o uso correto do EPS, como a ASTM C-203, que estabelece métodos de teste para resistência à flexão e propriedades de isolamento térmico dos blocos de EPS, e as normas EN 13162 a EN 13171, que especificam as exigências dos produtos de EPS com ou sem revestimentos para isolamento térmico em edifícios. Essas normas garantem a conformidade do uso do EPS em conformidade com as normas e padrões estabelecidos [20].

Método executivo

O sistema construtivo apresenta etapas simplificadas do processo logístico, permitindo a aplicação em diferentes tipos de construções, como em conjuntos habitacionais, galpões e projetos particulares. A construção começa após a preparação do terreno e a instalação das tubulações de esgoto. Em seguida, realiza-se a fundação

com o uso de sapata corrida ou radier, e adicionam-se esperas de aço ao longo do perímetro da base para manter a primeira fiada dos blocos sistemáticos [21].

A próxima etapa consiste na construção da estrutura principal. Nesse momento, os blocos de EPS são montados inicialmente pelos cantos e progredindo em direção ao centro de cada parede. Esse processo é simples e preciso porque os blocos têm encaixes laterais que se encaixam perfeitamente, eliminando a necessidade de usar argamassa para uni-los [21].

Após a colocação dos blocos ICF, a próxima etapa é o preenchimento das aberturas internas de cada bloco com concreto armado, enquanto as armaduras longitudinais e transversais são encaixadas simultaneamente [21]. Esse processo garante a estabilidade e resistência da estrutura, uma vez que o concreto preenche todo o interior dos blocos, formando uma peça única monolítica com as armaduras.

Depois que o concreto é aplicado, as paredes são niveladas e as aberturas para portas e janelas são criadas com o uso de uma serra e uma estrutura de madeira temporária para manter a aparência da abertura. Logo após concluir a estrutura de vedação, os aprumadores são cuidadosamente posicionados ao longo dela para garantir sua verticalidade e precisão, conforme Figura 3.



Figura 3: Instalação de aprumadores [22].

A última etapa do processo é a construção de cobertura ou da laje de concreto. Esses elementos são instalados da mesma forma que em uma construção convencional, garantindo um acabamento de qualidade [21]. Etapas como instalações hidrossanitárias, elétricas,

etapa de revestimento com chapisco e reboco e acabamentos são similares ao método convencional.

Redução de resíduos na construção

A degradação ambiental resultante das atividades humanas é atualmente um assunto amplamente discutido em escala global. Os efeitos negativos desses impactos, como o aquecimento global, são frequentemente destacados pela mídia, o que tem aumentado a conscientização sobre a importância da preservação ambiental e da construção de uma sociedade mais sustentável. Essa conscientização tem incentivado a adoção de práticas e políticas que visam minimizar o impacto ambiental, promover a conservação dos recursos naturais e buscar soluções sustentáveis para os desafios enfrentados pelo planeta [23].

Um estudo conduzido pela agência de pesquisa norte-americana Union + Webster revelou que 87% da população brasileira tem preferência por adquirir produtos e serviços de empresas comprometidas com práticas sustentáveis. Além disso, 70% dos entrevistados afirmaram que estão dispostos a pagar um pouco mais por esses produtos e serviços. Esses dados refletem uma crescente conscientização e valorização da sustentabilidade por parte dos consumidores, que estão cada vez mais engajados em apoiar empresas que adotam práticas ambientalmente responsáveis. Essa demanda do mercado impulsiona as empresas a adotarem medidas sustentáveis em suas operações, promovendo a proteção do meio ambiente e atendendo às expectativas dos consumidores [24].

MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi estruturada por meio de um estudo de caso de uma edificação residencial, administrada pela ICF Construtora com sede em Sinop, MT e com base localizada na cidade de Itaberaí, Goiás. A empresa dispôs de uma análise detalhada da obra que utiliza o ICF. A priori foram apresentados os projetos arquitetônico e estrutural com o objetivo de explorar tanto técnica e execução do objeto de estudo mencionado, a fim de averiguar se a

construção apresenta resultados satisfatórios as expectativas já apresentadas além de facilitar o entendimento dos processos envolvidos em sua execução. O foco principal foi discriminar os custos, prazos e outros fatores que se apresentaram relevantes diante do método usual construtivo por alvenaria convencional, em suma proporcionando ao trabalho apresentar o método mais relevante a se utilizar.

Método de pesquisa

Esta pesquisa foi do tipo qualitativa com abordagem exploratória. De acordo com Flick [25], a pesquisa qualitativa tem como características fundamentais a escolha correta de métodos, a análise por múltiplas abordagens e a reflexão dos pesquisadores, colocando sua pesquisa como elemento constituinte do processo de produção de conhecimento. A pesquisa exploratória objetiva problematizar conceitos e ideias através de uma formulação rigorosa, propiciando uma visão geral, de cunho aproximativo, acerca do objeto estudado. É comum esse tipo de pesquisa utilizar levantamentos bibliográficos e documentais, bem como estudos de caso [26].

Dados da obra

Trata-se de uma obra residencial de pequeno porte com 154m², localizada na Rua 04, Qd. 03, Lt. 09, Residencial Primavera, Itaberaí, Goiás, contendo: Garagem (29,65m²), Sala de Estar/Jantar (33,33m²), Semi-Suíte (13,44m²), Banheiro (4,74m²), Quarto (10,56m²), Suíte Master (17,20m²), Banho Master (3,40m²), Lavanderia (4,56m²), Lavabo (4,48m²) e Área Gourmet (14,28m²) conforme planta baixa detalhada na Figura 4.

Detalhamento da pesquisa

Por meio da avaliação dos projetos fundamentais da estrutura em ICF conforme Figura 5 fornecido pela ICF Construtora, foi elaborado uma lista detalhada dos materiais necessários e da mão de obra envolvida, juntamente com um orçamento correspondente a esse método construtivo. Esse processo utilizará as tabelas de

composições e recursos do SINAPI -GO, incluindo seus índices e preços recomendados.

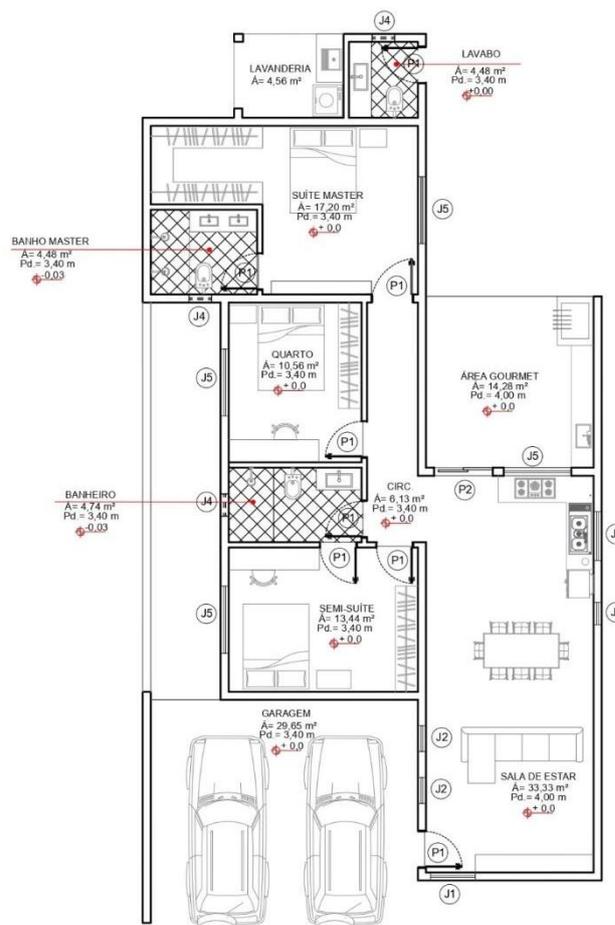


Figura 4: Planta Baixa [27].

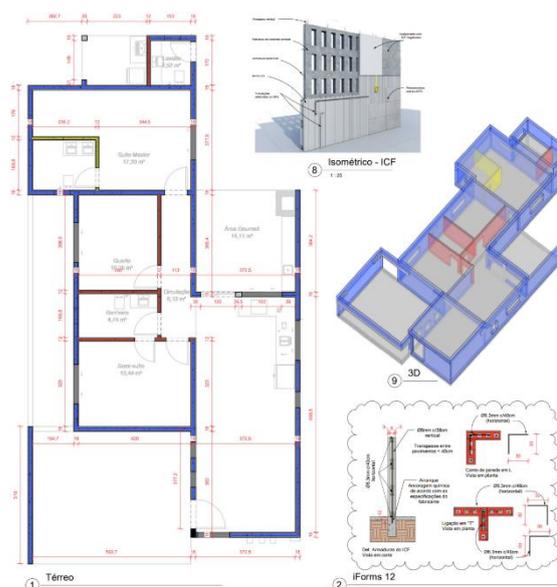


Figura 5: Projeto estrutural e vistas [27].

Por meio do software AltoQI Eberick, foi elaborado o projeto estrutural para o sistema convencional de concreto armado e alvenaria de bloco cerâmico, sendo

assim, os projetos elaborados para esse método de alvenaria convencional serviu de base comparativa com o projeto ICF fornecido pela empresa ICF Construtora para levantamento de custos e verificação de viabilidade econômica entre os dois métodos construtivos do estudo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Método construtivo em ICF

Para o método construtivo em ICF foi adotada fundação do tipo radier conforme orientações apresentadas pelo manual de instrução da ICF Construtora. Pilares e vigas foram executados pelo método convencional de concreto armado. As lajes escolhidas foram pré-fabricadas para ambos os métodos, a Figura 12 ilustra o projeto estrutural executado.

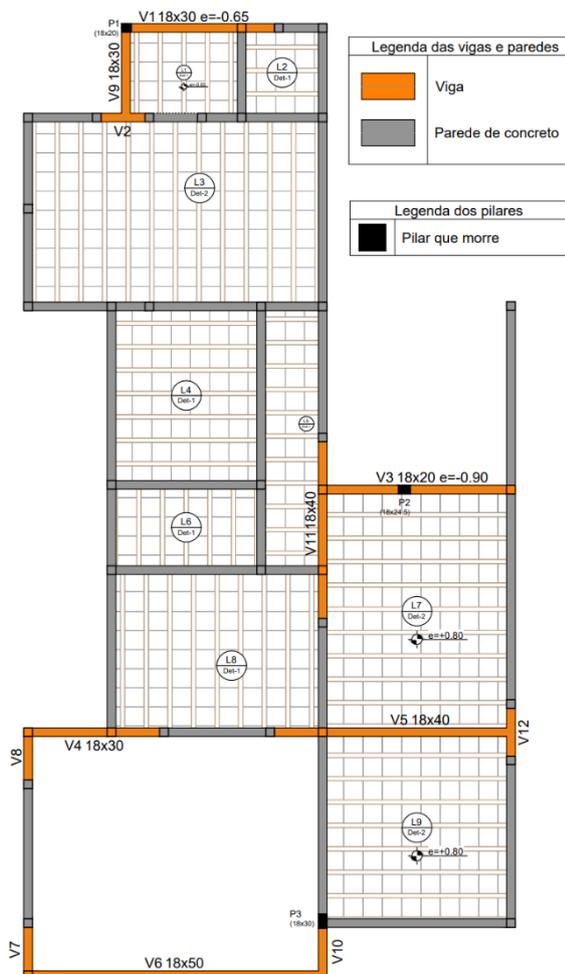


Figura 6: Projeto Estrutural [27].

Devido a aberturas em ambientes do projeto residencial, tais como áreas, grandes esquadrias e garagem, foi necessário a implantação de alguns pilares e vigas de

concreto armado, ou seja, mesmo utilizando um método construtivo alternativo como o ICF, há em alguns casos, a necessidade de executar de forma mista, estrutura convencional de concreto, que é representado na cor laranja na Figura 6.

As paredes foram compostas por formas de 18cm sendo estruturais e de 12cm para paredes de vedação conforme Figura 7, levando em consideração as informações do fabricante.

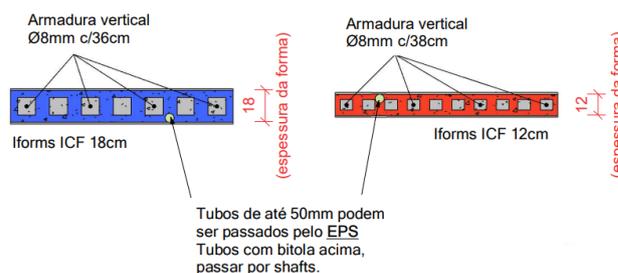


Figura 7: Formas ICF – seção transversal [27]

Para a execução do sistema ICF, as paredes foram montadas com as formas descritas na Figura 7, com adição de armadura vertical de 8mm de diâmetro, CA50, espaçados a cada 36cm para as formas de ICF 18cm, com concretagem dos espaços verticais internos da forma, enquanto para as formas de ICF 12cm, a armadura vertical adicionada foi de 8mm de diâmetro, CA50, espaçados a cada 38cm, com posterior concretagem dos espaços verticais internos mencionados.

A Figura 8 mostra detalhes e dimensões das formas em vista superior, utilizadas para execução de parede estrutural, compostas por 4 cm de EPS em ambos os lados e interior vazado, local onde será feita concretagem com espaço de 10 x 10 cm, sendo assim, resultando em uma parede estrutural de 18cm.

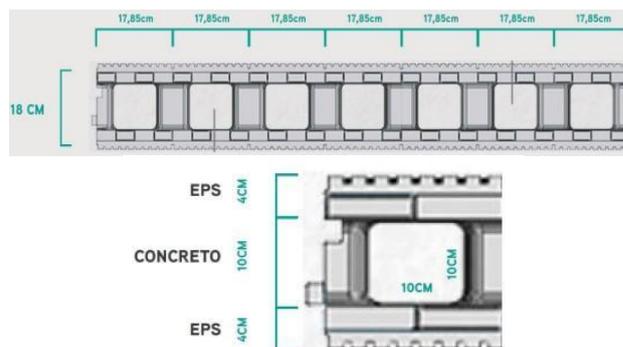


Figura 8: Vistas superior das formas [27].

Composição de custos ICF

Por ser um método compacto, a estrutura dispõe de poucos pilares e vigas, já que as paredes de iforms possuem boa resistência estrutural. A empresa forneceu estimativas de insumos gastos por área de parede em metro quadrado, conforme a Tabela 1, sendo descritos valores contendo as formas do fabricante, materiais complementares como volume de concreto bem como mão de obra já inclusa e quantidade de aço para cada 1m² de parede. Para o estudo de caso abordado foram gastos o total de 446,53m² em formas de ICF para paredes estruturais e de vedação, os valores da Tabela 2 incluem resumo com inclusão de mão de obra na execução das paredes.

Tabela 1: Estimativa de Insumo para 1m² de parede de ICF

Tipo	Área (m ²)	Qtd. Formas	Volume Concreto de 20MPa (litros)	Aço CA-50 (kg)	Valor por m ²
Iforms 12cm	1	2	42	2	R\$ 122,00
Iforms 18cm	1	2	71	2	R\$ 136,00
Iforms 18cm contenção	1	2	72	4	R\$ 136,00

Tabela 2: Estimativa de Custos do total de paredes de ICF

Tipo	Área (m ²)	VALOR (m ²)	Execução	Valor Total
12cm	76,73	R\$ 122,00	R\$ 50,00	R\$ 13.197,56
12cm Vedação	12,00	R\$ 136,00	R\$ 50,00	R\$ 2.232,00
18cm	357,8	R\$ 136,00	R\$ 50,00	R\$ 66.550,80

Conforme área de paredes ICF descritas no projeto estrutural, e valor unitário por metro quadrado de parede definido em Tabela 1, foi possível identificar o custo total para implantação das paredes de ICF no projeto de estudo, gerando um valor total de R\$ 81.980,36, conforme Tabela 2, incluindo materiais tais como a formas, concreto, armaduras, além de mão de obra para execução.

Para fundação e elementos estruturais como pilares, vigas e lajes, executados por método convencional de concreto armado, foram atribuídos valores com base na tabela da SINAPI-GO, de agosto de 2023, apresentados nas Tabelas 3 e 4. A Tabela 3 apresenta o resumo de material

utilizado para vigas e pilares, enquanto a Tabela 4 descreve os materiais para a fundação.

Tabela 3: Resumo de Aço dos Elementos Estruturais – pilares e vigas

Aço	Diâmetro (mm)	Peso +10% (kg)		
		Vigas	Pilares	Total
CA50	6.3	8,20	6,80	15,00
CA50	8.0	34,30	0,00	34,30
CA50	10.0	57,60	31,30	88,90
CA60	5.0	59,43	16,30	75,73

Tabela 4: Resumo de Aço em kg para Fundação

Elemento	Aço	Diâmetro	Peso + 10% (kg)
Viga Baldrame	CA50	8.0	93,4
	CA50	10.0	10,5
	CA60	5.0	34,4
Radier	Material	Comprimento (mm)	Peso +10% (kg)
	Fibra polipropileno	51	115

A laje para ambos os métodos construtivos foram de 95,55m², utilizou-se vigotas treliçadas do tipo forro com altura variando de 8 a 10cm. A Tabela 5 apresenta a quantidade de laje executada no projeto de estudo, além do valor unitário e total por m², visto que o valor unitário por sua vez, inclui treliças com ferragens e enchimento com isopor, exceto concretagem, seguindo orçamento conforme tabela da SINAPI, de agosto de 2023, no valor de 72,37 R\$/m². A Tabela 5 também contabiliza o volume de concreto necessário para execução da laje, bem como seu custo conforme a tabela SINAPI.

Tabela 5: Resumo de material Lajes

Área Total (m ²)	Volume de concreto 25MPa (m ³)	Custo de concretagem por m ³	Preço da Laje por m ²	Valor Total
95,55	6,28	R\$ 618,20	R\$ 72,37	R\$ 10.797,25

Agregando valor final aos insumos, o resumo de material gastos nos elementos estruturais já apresentados, com exceção a laje por apresentar semelhança entre os métodos estão listadas abaixo na Tabela 6.

O valor final gasto para execução do ICF, levando em consideração todos os processos mostrados, está descrito na Tabela 7, totalizando R\$ 116.478,08.

Método construtivo em alvenaria convencional

Para o método construtivo em alvenaria convencional, foi adotada fundação do tipo bloco de

coroamento e estaca escavada, por ser o método comumente empregado na região, quando se executa construções em concreto armado e alvenaria convencional, satisfazendo o objetivo principal deste estudo, que é a comparação de custo da execução convencional e do

sistema ICF para identificação da viabilidade econômica de ambos os sistemas.

Para o método construtivo convencional empregado, utilizou-se pilares e vigas em concreto armado. As lajes escolhidas foram pré-fabricadas como já descrito na Tabela 5, não diferindo do método construtivo ICF.

Tabela 6: Custo total para elementos de concreto armado

Descrição de material	Pilares	Vigas	Fundações	Total	Valor Unitário	Valor Total
Aço 6.3 mm	6,80	8,20	0,00	15,00	R\$ 8,73	R\$ 130,95
Peso total + 10 % (kg)	Aço 8.0 mm	0,00	34,30	93,40	R\$ 8,78	R\$ 1.121,21
	Aço 10.0 mm	31,30	57,60	10,50	R\$ 8,28	R\$ 823,03
	Aço 5.0 mm	16,30	59,43	34,40	R\$ 8,21	R\$ 904,17
Volume de Concreto (m³)	C-25	2,72	23,00	25,72	R\$ 618,20	R\$ 15.900,10
Área de forma (m²)	8,51	31,82	28,34	68,67	R\$ 15,50	R\$ 1.064,39
Fibras de polipropileno Compr. 51 mm	0,00	0,00	115,00	115,00	R\$ 32,67	R\$ 3.756,62
						R\$ 23.700,47

Tabela 7: Resumo do Custo total para execução da estrutura no sistema ICF

Descrição de etapas e materiais	Custo total
Paredes de ICF (formas, armaduras, concretagem, execução)	R\$ 81.980,36
Laje treliçada (vigotas treliçadas, concretagem, EPS)	R\$ 10.797,25
Elementos de concreto armado (aço, concreto, formas)	R\$ 23.700,47
TOTAL PARA MÉTODO ICF	R\$ 116.478,08

A Figura 9 ilustra projeto estrutural em perspectiva 3D, gerado pelo *software* AltoQI Eberick, modelado posteriormente em *software* Trimble Sketchup.

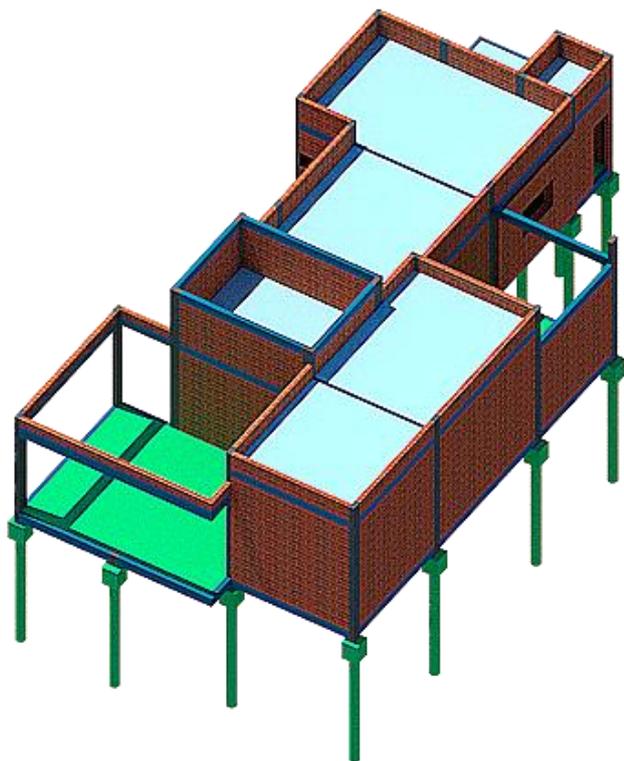


Figura 9: Projeto Estrutural

Composição de custos da alvenaria convencional

Para vedação de paredes, foram utilizados bloco cerâmico com furo 9x14x24cm, totalizando 12.350 blocos e argamassa com traço 1:2:8 para residência em estudo. A Tabela 8 apresenta valores aos materiais bem como execução.

A Tabela 9 apresenta a quantidade de aço, em kg, gasto para fundação e elementos estruturais como pilares e vigas. A laje para ambos os métodos dispõe da mesma quantidade de material logo não impactam no resultado dos métodos construtivos.

Tabela 9: Resumo de Aço para elementos estruturais em kg

Aço	Diâmetro (mm)	Peso + 10% (kg)			
		Vigas	Pilares	Fundações	Total
CA50	6,3	0,0	0,0	66,7	66,7
CA50	8,0	30,1	0,0	3.316,2	3.346,3
CA50	10,0	627,9	452,3	174,0	1.254,2
CA60	5,0	204,9	148,3	16,2	369,4

A Tabela 10 atribui valores aos elementos, separados pelo tipo de aço utilizado e volume de concreto. Os valores utilizados foram embasados pela tabela da SINAPI, totalizando **R\$ 71.088,78** para execução da

estrutura, **R\$ 10.797,25** para lajes pré-fabricadas e **R\$ 11.137,78** para alvenaria, totalizando um custo **R\$ 93.023,81** para execução da obra conforme apresentado na Tabela 11.

Tabela 11: Resumo do Custo total para execução da estrutura convencional

Descrição de etapas e materiais	Custo total
Alvenaria em bloco cerâmico	R\$ 11.137,78
Laje treliçada (vigotas treliçadas, concretagem, EPS)	R\$ 10.797,25
Elementos de concreto armado (aço, concreto e formas)	R\$ 71.088,78
Total para Método Convencional	R\$ 93.023,81

Ao comparar os dois métodos construtivos, foi verificado uma diferença de R\$ 23.454,27 no custo da etapa de fundação, estrutura e alvenaria, ou seja, o método construtivo ICF foi 25,2% mais oneroso que o método convencional de estrutura de concreto armado e alvenaria de bloco cerâmico. Os resultados obtidos refletem dados conforme previsto com base no estudo relacionado ao ICF. A introdução de um método relativamente recente, em paralelo a uma abordagem já estabelecida e bem difundida, como o método construtivo convencional, apresenta-se como uma alternativa a ser considerada, levando em conta seus aspectos pertinentes durante o processo construtivo.

Tabela 8: Resumo de Custos da Alvenaria em bloco cerâmico

Tipo	Área (m ²)	Material por m ²	Execução por m ²	Volume Argamassa 1:2:8 (m ³)	Valor argamassa por m ³	Valor Total
Bloco cerâmico com furo 9x14x24	295	R\$ 19,50	R\$ 18,00	11,8	R\$ 6,38	R\$ 11.137,78

Tabela 10: Resumo de Custos por Elemento

Descrição de material	Pilares	Vigas	Fundações	Total	Valor Unitário	Valor Total
Aço 6.3 mm			66,70	66,70	R\$ 8,73	R\$ 582,29
Peso total + 10 % (kg)	Aço 8.0 mm	30,10	3316,20	3346,30	R\$ 8,78	R\$ 29.380,51
	Aço 10.0 mm	452,30	627,90	174,00	R\$ 8,28	R\$ 10.384,78
	Aço 5.0 mm	148,30	204,90	16,20	R\$ 8,21	R\$ 3.032,77
Volume de Concreto (m ³)	C-25	9,00	4,60	24,80	R\$ 618,20	R\$ 23.738,88
Área de forma (m ²)		95,70	131,60	28,80	R\$ 15,50	R\$ 3.969,55
						R\$ 71.088,78

A lei da oferta e da procura desempenha um papel importante na determinação dos preços dos materiais no mercado. Embora o ICF seja caracterizado pela sua eficiência e sustentabilidade, minimizando os resíduos em comparação ao método convencional e reduzindo os custos associados ao volume de concreto, conforme problemática abordada neste artigo, é importante observar que o ICF ainda representa uma opção mais dispendiosa em termos de materiais, notoriamente nas formas de ICF. Por outro lado, o bloco cerâmico, principal componente utilizado na construção de alvenaria, beneficia-se de uma oferta abundante, resultando em uma diminuição nos preços.

CONCLUSÃO

No contexto atual da construção no Brasil, a incorporação de novas tecnologias ainda se depara com desafios, como as limitações de insumos e a dificuldade de

acesso a materiais, o que pode resultar em preços mais elevados para o sistema ICF em comparação ao método convencional. A disponibilidade restrita desses insumos pode impactar diretamente a viabilidade econômica e a adoção mais ampla dessas tecnologias, especialmente quando comparada à acessibilidade generalizada dos materiais convencionais, que estão amplamente disponíveis em diversas regiões e geralmente envolvem maior competição de preços entre os fornecedores.

Conclui-se que, apesar do ICF ser uma alternativa mais enxuta e apresentar bons resultados quanto a questão ambiental com foco na redução de resíduos decorrentes da construção civil, já que ele reduz o gasto no volume de concreto por meio da utilização de formas, ele ainda é uma alternativa onerosa em relação ao método por alvenaria convencional existente. Os resultados obtidos indicam uma diferença de custo de 25,2% a mais em relação ao método

convencional, demonstrando que, economicamente, a alvenaria convencional mantém vantagens em termos de redução de custos. No entanto, vale ressaltar que a análise não abordou elementos como produtividade, tempo de construção, minimização de desperdícios, desempenho térmico e conforto acústico. Esses fatores tornam o método construtivo mais atraente quando considerados sob diversas perspectivas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 NAVARRO, Rômulo. **A Evolução dos Materiais: Parte1: da Pré-história ao Início da Era Moderna**. Campina Grande, 1 nov. 2006. Disponível em: <http://www2.ufcg.edu.br/revista-remap/index.php/REMAP/article/view/6>. Acesso em: 26 mar. 2023.
- 2 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575**. Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013.
- 3 PEREIRA, Caio. **Alvenaria de Vedação – Vantagens e Desvantagens**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <https://www.escolaengenharia.com.br/alvenaria-de-vedacao/>. Acesso em: 26 de março de 2023.
- 4 GLOBO CIÊNCIA. **Construção Civil consome até 75% da matéria-prima do planeta**. 2014.
- 5 AGARWAL, Sushant; GUPTA, Rakesh K. Plastics in buildings and construction. In: Applied Plastics Engineering Handbook. William Andrew Publishing, 2017. p. 635-649.
- 6 PIERSON, R. J. **The History of ICFs**. 2011. Disponível em: <http://www.icf-green-building-systems-ga.com/insulating-concrete-forms-green-building-materials-information-georgia/history-of-insulated-concrete-forms.html>.
- 7 FERNANDES, M. J. G., SILVA FILHO, A. F. **Estudo comparativo do uso da alvenaria estrutural com bloco de concreto simples em relação ao sistema estrutural em concreto armado**. Salvador: Ucsal, 2010. 18 p.
- 8 BORTOLOTTI, Ana Larissa Koren. **Análise de viabilidade econômica do método Light Steel Framing para construção de habitações no município de Santa Maria - RS**. Engenharia Civil, Santa Maria, jan. 2015.
- 9 FERREIRA NETO, Maria de Fatima; BERTOLI, Stelamaris Rolla. **Desempenho acústico de paredes de blocos e tijolos cerâmico: uma comparação entre Brasil e Portugal**. Ambiente Construído, v. 10, n. 4, p. 169-180, 2010
- 10 OLIVEIRA, J.R.A. et. al. **Construção em alvenaria de blocos cerâmicos: aspectos técnicos e econômicos"**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 21, n. 6, p. 401-408, 2017.
- 11 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12118**: blocos vazados de concreto simples para alvenaria – métodos de ensaio. Rio de Janeiro, 2013.
- 12 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8545**: Execução de alvenaria sem função estrutural de tijolos e blocos cerâmicos. Rio de Janeiro, 2022.
- 13 D2R ENGENHARIA. **Vedações Verticais**. Disponível em: <http://www.d2reengenharia.com.br/vedacoes-verticais.php>. Acesso em: 21 mar. 2013.
- 14 MENDES, Pedro Filipe Sousa. **Isolamentos térmicos em edifícios e seu contributo para a eficiência energética**: recomendações de projeto. 2012. Tese de Doutorado.
- 15 Modular Construction Solutions (2012). **History of Modular Buildings**. Disponível em: <http://modularconstructionsolutions.blogspot.com/2012/07/history-of-modularbuildings.html>
- 16 CRUZ, L. J. S. **Análise quantitativa da simulação da implantação do sistema construtivo ICF (Insulating Concrete Forms)**

- no bloco 8 do centro universitário de Votuporanga/SP.** 2018. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Centro Universitário de Votuporanga, São Paulo, 2018.
- 17 SIAS, D. B. **Condutores e Isolantes.** Coletânea de Objetos Educacionais – Projeto Cesta/CINTED/UFRGS, 2006. Disponível em: <http://penta3.ufrgs.br/CESTA/fisica/calor/condutoreseisolantes.html>
- 18 BASTOS JUNIOR, Achilles Pinheiro et al. **Análise de viabilidade econômica do método construtivo insulated concrete forms para construção de habitações.** 2018.
- 19 ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11752:** Materiais celulares de poliestireno para isolamento térmico na construção civil e refrigeração industrial - Especificação: Referências. Rio de Janeiro, p. 4. 2016.
- 20 REIS, C. **Painel Monolítico em EPS (Poliestireno Expandido).** 2015. Disponível em: <http://www.guiadaobra.net/painel-monolitico-eps-poliestireno-expandido-718/>.
- 21 ISOCRET do Brasil. **Concreto e aço.** 2021. Disponível em: <http://www.isocret.com.br>.
- 22 TERMO BOX, <https://www.termobox.pt/>. Acesso em 2023.
- 23 RODAS, C.A.; DI GIULIO, G. M. **Mídia Brasileira e Mudanças Climáticas:** Uma Análise Sobre Tendências da Cobertura Jornalística, Abordagens e Critérios de Noticiabilidade. *Desenvolvimento e Meio Ambiente*, v. 40, p. 101-124, abril 2017.
- 24 GILLIS, A. S. **Triple Bottom Line (TBL).** TECHTARGET, 2021. Disponível em <https://whatis.techtargget.com/definition/triple-bottom-line-3BL>.
- 25 FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 405 p.
- 26 Tradução: Joice Elias Costa.
- 27 GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- 28 ICF Construtora, 2022. Disponível em <https://icfconstrutora.com.br/>. Acesso em 28 jun 2023.