

# ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS ENTRE O SISTEMA CONSTRUTIVO EM ALVENARIA CONVENCIONAL E SISTEMA CONSTRUTIVO (ICF)

JOÃO FELIPE DA ROCHA<sup>1</sup>  
ANDRÉIA ALVES BOTIN<sup>2</sup>

**RESUMO:** A indústria da construção civil no Brasil passa por um momento de expansão, fazendo com que ocorra um aumento do número de empreendimentos e, conseqüentemente, maior concorrência no setor, tornando-o mais competitivo. Esse fato promove a busca por tecnologias mais aprimoradas, que possibilitem a simplificação do processo construtivo, gerando uma redução nos custos durante a execução da obra e, ao mesmo tempo, um alto padrão de qualidade. De acordo com a crescente procura por racionalizar essas tecnologias, o método de cálculo e execução por meio do sistema construtivo *Insulating Concret Forms* (ICF) vem se aprimorando gradativamente em virtude do surgimento de novos materiais e de grupos de pesquisa sobre o assunto, sendo esta técnica cada vez mais utilizada. Um assunto muito abordado no cenário nacional é a análise de custos, sobre o qual diversos autores afirmam ser considerado o sistema mais viável quando comparado a métodos construtivos convencionais. Assim, o objetivo deste trabalho é realizar uma análise comparativa entre o uso do sistema construtivo ICF e alvenaria convencional, através de um estudo de caso, apontando as vantagens de um método em relação a outro e verificando qual é o sistema mais viável. Visto a redução de R\$6.372,8 do sistema construtivo em ICF, percebeu-se que o sistema promove uma significativa redução das atividades que não agregam valor ao produto final, sendo potencialmente mais “enxuto”, fator este interessante em empreendimentos que visam à rapidez de execução, redução de desperdícios e maior racionalização.

**PALAVRAS- CHAVE:** Racionalização; Sistema construtivo ICF; Tecnologia.

## COMPARATIVE ANALYSIS OF WASTE AND COST GENERATION BETWEEN THE CONVENTIONAL MASONRY CONSTRUCTION SYSTEM AND THE CONSTRUCTIVE SYSTEM (ICF)

**ABSTRACT:** The civil construction industry in Brazil is going through a period of expansion, causing an increase in the number of projects and, consequently, greater competition in the sector, making it more competitive. This fact promotes the search for more improved technologies, which allow the simplification of the construction process, generating a reduction in costs during the execution of the work and, at the same time, a high quality standard. According to the growing demand for rationalizing these technologies, the method of calculation and execution through the construction system *Insulating Concret Forms* (ICF) has been gradually improving due to the emergence of new materials and research groups on the

---

<sup>1</sup>Acadêmico de Graduação: João Felipe da Rocha. Curso de Engenharia Civil, Faculdade Unifasipe, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: joaofelipedarocha@hotmail.com

<sup>2</sup>Prof.<sup>a</sup> M.<sup>a</sup> Andréia Alves Botin. Curso Engenharia Civil, Faculdade Unifasipe, R. Carine, 11, Res. Florença, Sinop - MT. CEP: 78550-000. Endereço eletrônico: andreia.botin@yahoo.com.br

subject, this being increasingly used technique. A subject that is widely discussed in the national scenario is cost analysis, where several authors claim that it is considered the most viable system when compared to conventional construction methods. Thus, the objective of this work is to carry out a comparative analysis between the use of the ICF constructive system and conventional masonry, through a case study, pointing out the advantages of one method in relation to the other and verifying which system is more viable. In view of the R \$ 6,372.8 reduction in the ICF construction system, it was noticed that the system promotes a significant reduction in activities that do not add value to the final product, being potentially "leaner", an interesting factor in projects that aim at speed execution, waste reduction and greater rationalization..

**KEYWORDS:** Rationalization; ICF building system; Technology.

## 1 INTRODUÇÃO

A construção civil destaca-se pelo constante crescimento e desenvolvimento das técnicas construtivas, as quais visam a substituir os tradicionais métodos de construção por processos com maior grau de industrialização com o mínimo de perda de materiais, implantação dos sistemas de controle de qualidade e que ainda garantam o desempenho da edificação (VIVAN et al., 2010).

Analisando o mercado atual e a realidade econômica de muitos municípios, identifica-se um cenário com pouco investimento para avanços no âmbito da construção civil. Isso se deve, em primeiro caso, a questões culturais, ou seja, a aceitação dos novos métodos; pelo custo elevado para construção de uma edificação, além da falta de conhecimento sobre os novos métodos que direcionam à população a não investir ou optar por métodos construtivos alternativos.

O setor ainda é dominado por uma mentalidade muito conservadora em relação às inovações tecnológicas e pela autoconstrução, que responde por quase 80% de todas as construções no país. Tais dados realçam a fragilidade das políticas habitacionais, ausência de apoio técnico e de incentivo às novas tecnologias na construção civil brasileira (FREITAS, 2010).

A realidade geralmente é de utilização de técnicas construtivas convencionais sem treinamento adequado da mão-de-obra e desperdício de materiais. Dessa forma, o crescimento e inserção de novas tecnologias são lentos e ficam a cargo de pequenos grupos, os quais geralmente optam pelo modelo tradicional e de aceitação no mercado (GONÇALVES, 2013).

A construção civil ainda assimila o uso de sistemas construtivos tradicionais e materiais rústicos que permitem a variabilidade da matéria-prima. Como consequência, pode haver o surgimento de diversas manifestações patológicas, improdutividade e desperdícios, o que não pode ser admitido para bens produzidos em larga escala (VIVAN, PALIARI E NOVAES, 2010).

Uma aposta para o mercado da construção civil são construções modulares que, segundo Castelo (2008), são definidas como uma metodologia que visa a criar uma dimensão padrão, que racionalize a concepção e a construção de edifícios, permitindo elevar o grau de industrialização da construção; mantendo, no entanto, a liberdade de concepção arquitetônica dentro de valores aceitáveis. Tais construções são comumente conhecidas por serem rápidas, práticas e diversas vezes com preço abaixo do custo do método convencional, isto é, alvenaria de tijolos.

Construções modulares podem ser caracterizadas por diversos tipos de materiais, como, por exemplo, aço galvanizado enformado a frio, madeira, betão, ICF (Insulated Concrete

Forms) e blocos de EPS (poliestireno expandido) com núcleo de betão reforçado com armadura são os quatro maiores métodos de construções modulares (GONÇALVES, 2013).

Nesse contexto, surge o Insulating Concrete Forms(ICF), um sistema construtivo a ser explorado: utilizam-se formas feitas de poliestireno expandido (EPS) de alta densidade, que, após sua montagem, são preenchidas com concreto armado, tornando as paredes com funções tanto de vedação quanto estrutural. Essa tecnologia vem sendo muito utilizada na América do Norte e na Europa pelo grande desempenho, como velocidade na execução, economia e grande resistência estrutural (AGAEWAL E GUPTA, 2011).

O método ICF é o alvo deste estudo, sendo definido como um sistema construtivo de paredes autoportantes de concreto armado, que utiliza formas isoladas termoacústicas, feitas de poliestireno expandido (EPS) de alta densidade (26 kg/m<sup>3</sup>) (REVISTA TÉCNICA, 2016). Nesse contexto, apresentar-se-ão, de maneira estatística e comparativa, análises avaliando o método construtivo, comparando seus índices com os índices das técnicas convencionais, questionando sua eficiência e, dessa maneira, introduzindo a discussão sobre o método, de forma que seja possível apresentar à comunidade resultados palpáveis, além de promover avanços para o mercado de novas técnicas, bem como para a sociedade e o ambiente construído.

Atualmente, o processo de construção de habitações mais agregado ainda utiliza basicamente estrutura de concreto armado e alvenaria de tijolos cerâmicos. Sendo um método bastante artesanal, é caracterizado pela baixa produtividade e alto desperdício.

Diante da atual crise, a redução de prazos e custos para atender um déficit habitacional existente em diversas classes financeiras, acrescido da crescente demanda por qualidade e garantia de desempenho de edificações, têm-se procurado alternativas construtivas que permitam a industrialização e racionalização dos processos de construção, os quais, além de proporcionarem redução dos custos, melhor desempenho técnico das construções e alta produtividade, diminuem a geração de resíduos.

O sistema construtivo ICF é comumente empregado em países do continente americano, como Estados Unidos e Canadá, e no continente Europeu. Nesses locais, há conhecimento acerca das vantagens que o sistema ICF oferece, bem como a sua industrialização, racionalização de material, reciclagem, rapidez de execução e a alta redução de impactos ambientais provenientes conforto térmico e acústico.

O emprego dessa técnica no Brasil é relativamente recente, de modo que a demanda de obras realizadas com esse sistema construtivo ainda é pouco significativa, estando a maioria delas concentrada nos estados do Mato Grosso, Espírito Santo, São Paulo e Paraná.

Salvo o conhecimento das vantagens proporcionadas pelo sistema construtivo ICF em aplicações fora do país, compreende-se a consciência de que inovações devem ser adequadas ao local, clima, viabilidade econômica e compatíveis com condicionantes nacionais. Deste modo, o estudo realizado neste trabalho busca apresentar informações detalhadas a respeito da construção, empregando o sistema ICF.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1 Alvenaria**

As alvenarias classificam-se em alvenaria armada e não-armada. Nesta, são empregados blocos sílico-calcários, cerâmicos ou de concreto, maciços ou perfurados, assentados com argamassa. Além disso, “as tensões de tração devem ser minoradas, ou totalmente evitadas no projeto, através de procedimento adequado”; os reforços de aço ocorrem apenas por necessidades construtivas, valendo salientar que a alvenaria não-armada é de mais simples execução e, aparentemente, mais econômica (OLIVEIRA, 1992).

Segundo Santos (1998) e Lisboa (2008), na alvenaria armada são utilizados blocos vazados de concreto ou blocos cerâmicos, assentados com argamassa. É reforçada por exigências estruturais, ou seja, preenchidos com grout, contendo armadura coberta o suficiente para atender às exigências estruturais. A alvenaria protendida é reforçada por armadura pré-tensionada, que reprime a alvenaria a esforços de compressão; é resistente e construída para resistir a cargas além de seu peso.

A alvenaria estrutural é toda a estrutura em alvenaria, que possui um dimensionamento com processos racionais de cálculo com propósito de suportar cargas além do seu peso próprio.

### 2.1.1 Alvenaria convencional em cerâmica

Ao estudar quesitos de evolução arquitetônica e sustentabilidade, torna-se difícil não remeter ao método convencional de alvenaria cerâmica quando o assunto é estrutura e vedação.

No Brasil, o uso do tijolo cerâmico é bastante comum e antigo. Em 1940, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) aprovou normas especificando a produção do tijolo de barro cozido maciço: comprimento de 22cm, largura de 11cm e altura de 5,5cm. Posteriormente, surgiu o tijolo furado de 20x20cm (NETO E BERTOLI, 2010, p. 70).

Desse modo, pode-se perceber que há muito tempo o método está introduzido na cultura nacional. Ocorre que, por ser uma técnica antiga, o método acaba por se difundir no cenário nacional de maneira simples, uma vez que em tempos antigos era a única opção viável existente no país, além de também gerar renda e empregos através das cerâmicas.

A alvenaria pode ser definida como um conjunto coeso e rígido, conformado em obra, de tijolos ou blocos unidos entre si por argamassa. Tal processo utiliza até hoje tijolos feitos em cerâmicas, tendo a argila como matéria-prima (CAVALHEIRO, 1990). Tijolos são advindos da cerâmica vermelha, que, por sua vez, é caracterizada por produtos oriundos da argila ou misturas contendo argila, através de moldagem, secagem e queima, de onde vem a cor avermelhada que dá seu nome (VERÇOSA, 1987).

No Brasil, a alvenaria convencional ou estrutura em concreto armado é muito popular devido à familiaridade que os construtores possuem com essa técnica. O uso tão amplo, diverso e muitas vezes indiscriminado do concreto armado em nossas cidades parece resultar daquilo que se denomina "tecnologia formal adaptada", ou seja, uma tecnologia que importa materiais, normas, procedimentos e tipologias dos países centrais, porém os aplica de modo parcial e incompleto (PELLI, 1989).

O termo conhecido como alvenaria convencional refere-se às edificações que possuem sua estrutura construída em concreto armado com vedação por tijolos cerâmicos, sendo que este sistema, por tradição, ainda é o mais utilizado na construção de residências no Brasil. Os edifícios convencionais em concreto armado são aqueles produzidos com uma estrutura de vigas, pilares e lajes de concreto armado moldados no local (BARROS E MELHADO, 1998).

A alvenaria estrutural é um sistema construtivo em que se utilizam as paredes da construção para resistir às cargas, em substituição aos pilares e vigas utilizados nos sistemas de concreto armado, aço ou madeira (ROMAN; MUTI; ARAÚJO, 1999). Segundo Vasques (2014), o sistema em alvenaria estrutural utiliza paredes não apenas como elementos de vedação, mas também como elementos resistentes às cargas verticais de lajes, ocupação e peso próprio e às cargas laterais resultantes da ação do vento sobre a edificação e de desvios de prumo. Logo, as paredes estruturais devem apresentar funções de resistir às cargas verticais, às cargas de vento e a impactos e cargas de ocupação. Ademais, devem isolar acústica e termicamente os ambientes, prover estanqueidade à água da chuva e do ar e apresentar bom desempenho à ação do fogo.

Portanto, como visto anteriormente, surgem as primeiras características relevantes da alvenaria estrutural, sob o ponto de vista da produção: a redução do número de etapas e a pacotização.

Tanto a redução do número de etapas quanto a pacotização das atividades se dão devido à possibilidade de simplificar em uma só atividade (elevação da alvenaria) as atividades de estrutura e vedação nos sistemas de construção tradicional de concreto armado (PELLI, 1989).

### 2.1.2 Vantagens e desvantagens

A utilização de alvenaria estrutural vem sendo difundida no país, nas últimas décadas, principalmente devido às vantagens econômicas que este processo construtivo apresenta em relação aos tradicionais (FRANCO; AGOPYAN, 1994).

Roman (1996) cita as principais vantagens da alvenaria estrutural, com relação ao método construtivo:

- Ser apropriado a uma grande variedade de usos funcionais;
- Concorrer técnica e economicamente com estruturas em aço ou concreto;
- Apresentar facilidades de projeto e detalhamento;
- Ser usualmente mais fácil de construir do que prédios de concreto ou aço;
- Reduzir o número de subcontratados e tipos de material em obra;
- Facilitar supervisão em obra;
- Ser extremamente durável, exigindo pequena manutenção;
- Ter boas características de isolamento térmico e acústico;
- Permitir grande flexibilidade ao projetista, por ser baseado em uma unidade de pequena dimensão (tijolo ou bloco);
- Facilitar a contratação de mão-de-obra qualificada.

Roman et al. (1999) complementam ainda que a alvenaria estrutural facilita a compreensão dos projetos pela mão-de-obra. Normalmente, é mais econômica do que prédios de aço e concreto, não só por executar alvenaria e estrutura em uma só etapa, mas também pela redução da quantidade de madeira, aço e concreto, menor espessura de revestimentos e maior rapidez de execução.

Dentre as principais desvantagens do sistema construtivo em alvenaria estrutural, há a ausência ou deficiência do ensino de alvenaria estrutural e a resistência à compressão usada no projeto de paredes em alvenaria, que é geralmente menor do que as usadas para aço ou concreto armado, fazendo com que seja necessária uma maior área da seção da parede. Além disso, quando existem grandes aberturas, vigas de concreto ou aço são geralmente mais econômicas. Entretanto, quando a carga for em arco e as reações horizontais do arco puderem ser acomodadas, a alvenaria pode se tornar mais econômica (ROMAN e MOHAMAD, 1999).

Roman et al. (1999) complementam ainda que pode ser caracterizada como uma desvantagem a falta de flexibilidade em se retirar paredes da edificação, por motivo de elas desempenharem funções estruturais. Os autores sugerem ainda que este inconveniente pode ser superado se no projeto forem definidas algumas paredes removíveis.

Eles também citam a desvantagem econômica do caso de projetos mais arrojados, com detalhes específicos e grandes vãos.

## 2.2 Sistema construtivo ICF

A técnica de construção do ICF foi desenvolvida pela primeira vez na Europa, após a Segunda Guerra Mundial, como uma forma barata e duradoura de reconstruir estruturas danificadas. A primeira patente para um sistema de formas isoladas foi registrada no início da

década de 1940, utilizando resíduos reciclados de madeira e cimento como material isolante. Esta patente foi registrada por August Schnell e Alex Bosshard na Suíça.

As primeiras formas 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 forma de concreto de espuma em 1966, semelhante aos blocos de ICF comercializados atualmente (RICKS, 2011).

Com o objetivo de difundir as pesquisas e comércio dos produtos, foi fundada, na década de 90, a Insulating Concrete Form Association (ICFA), trabalhando em conjunto com a Portland Cement Association para conscientizar este tipo de construção. Embora existissem alguns obstáculos - os custos poderiam ser maiores por desconhecimento do método -, os construtores tiveram que trabalhar em estreita colaboração para obter o Código de Construção e o número de produtores de formas isolantes de concreto cresceu. Como resultado, a concorrência aumentou e os custos foram moderados.

O sistema ICF foi trazido para o Brasil em 1999, quando um brasileiro que residia nos Estados Unidos desenvolveu um desenho industrial, disseminando o método pelo país. Desde então, tem ganhado notoriedade e usado em obras de pequeno, médio e grande porte, destacando-se a Igreja Nossa Senhora do Caravaggio, em Rio Claro/SP e o grande centro comercial, conhecido como Shopping Popular, em Cuiabá/MT.

O sistema construtivo ICF (Insulating Concrete Forms) consiste, basicamente, em um sistema composto por formas de EPS, que são montadas por encaixe e, posteriormente, preenchidas com concreto armado, obtendo um conjunto estrutural de alta resistência e confiabilidade, substituindo estrutura e alvenaria de vedação convencional. Tal sistema incorpora formas de poliestireno expandido (EPS), montadas por encaixes em forma macho e fêmea; geram o travamento das peças, em seguida são preenchidas telas de aço e concreto, dispensando o uso de argamassa para sua união, tornando as paredes com funções simultâneas de vedação e estrutural (AGAEWAL E GUPTA, 2011).

### 2.2.1 Vantagens e desvantagens do sistema ICF

As principais vantagens do sistema ICF são o alto desempenho térmico e acústico, redução de desperdícios de materiais, ser resistente a abalos sísmicos e furacões, ser um material de fácil transporte, promover redução da mão de obra e aumento da produtividade (ISOCRET, 2015).

Ademais, tal sistema também tem potencial para o armazenamento de energia térmica a curto prazo em edifícios, no entanto essa propriedade ainda não foi investigada em detalhe (EKRAMI, GARAT E FUNG, 2015).

Entre as vantagens do sistema construtivo ICF, Guastaldi (2015), ISOCRET (2015) e Orçati (2016) citam as seguintes:

- Alto desempenho térmico e acústico, tornando eficaz sua aplicação tanto em ambientes aquecidos como em ambientes climatizados por ser um material isolante;
- Canteiro de obra limpo e simplificado, com redução drástica de geração de resíduos de 2% em ICF versus 27% do método convencional entulhos gerados por cortes na alvenaria, resto de madeiras utilizadas nas formas, restos de ferragens utilizados em pilares e vigas; resistente a abalos sísmicos e furacões; ser um material leve, de fácil transporte, resultando em média em 50% de economia de tempo de execução da obra;
- É um sistema versátil, flexível no manuseio, oferecendo para qualquer estilo de edificação meios de adequação. Diferentemente dos sistemas tradicionais, aceita conceitos e formas arquitetônicas simples ou ousadas, promovendo um acabamento fácil e uniforme; usando apenas um serrote, pode criar ângulos, curvas, fazer aberturas em qualquer tamanho ou desenho sem a necessidade de custos adicionais;

- Racionaliza os custos de obra, aumenta a produtividade, reduz a mão de obra, é resistente ao fogo e atende à NBR 9.442 - Determinação do índice de propagação superficial de chama pelo método do painel radiante. Além disso, testes elaborados pelo Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT) comprovaram que as formas se mantiveram estáveis durante os 50 minutos de ensaio, classificando o ICF no grau corta-fogo pelo período pretendido de 30 minutos, como apresentado na norma NBR 5.628 - Componentes construtivos estruturais Determinação da resistência ao fogo (ABNT, 2001).

Entre as desvantagens, pode-se destacar as seguintes:

- Restrição quanto à altura máxima da edificação: apesar de ainda não ter sido elaborada uma referência no Brasil para esse sistema, não se recomenda a construção de mais de 14 pavimentos em um prédio;

- Aceitação do público consumidor quanto a um sistema construtivo novo, visto que o método convencional ainda está enraizado na cultura da população brasileira;

- Ainda são poucas as fábricas de formas de EPS, limitadas aos grandes centros, dificultando a distribuição das peças às demais regiões, o que pode exigir maior planejamento do construtor e gastos extras com transportes, aumentando o custo inicial da obra;

- Difícil remodelação, como exemplo da adição de uma porta ou janela, que exigirá o corte em paredes sólidas de concreto, algo complicado e demorado (BLAIR, 2017).

Nesse sentido, destaca-se como desvantagem a restrição quanto ao número de pavimentos e a limitação quanto à remodelação e, como exemplo, a adição de uma porta ou janela, que exigirá o corte em paredes sólidas de concreto, procedimento de difícil execução (BLAIR, 2017).

Não bastando, o setor da construção civil é marcado por seu conservadorismo quanto às inovações tecnológicas, sendo necessário aos novos sistemas construtivos comprovar sua eficiência para conquistar a aceitação no mercado.

### 2.2.2 Contexto do desempenho de edificações habitacionais

O atual momento vivido pela construção civil tem enfatizado tanto a qualidade dos processos e produtos quanto aspectos relacionados à sustentabilidade. Além disso, também aumentaram as discussões a respeito de economia de energia e melhoria do desempenho energético das edificações, o que remete, conseqüentemente, à questão do desempenho térmico das edificações, que devem ser considerados como diretrizes de projeto.

Nesse contexto, destaca-se a relevância dada a essas temáticas pela NBR 15.575 - Edificações habitacionais – Desempenho, em vigor desde julho de 2013, a qual instituiu o nível de desempenho mínimo ao longo de uma vida útil para os elementos principais (estrutura, vedações, instalações elétricas e hidrossanitárias, pisos, fachada e cobertura) de toda e qualquer edificação habitacional.

O objetivo dessa norma é atender às necessidades do usuário, ou seja, garantir o desempenho das edificações e seus sistemas frente a seu uso e não na prescrição e normalização de como ela será construída. Os critérios e requisitos estabelecidos na NBR 15.575 (ABNT, 2013) foram desenvolvidos com base em uma lista geral de exigências dos usuários, sendo divididas em três diferentes temas (SHIN, 2016):

a) Segurança: determina os requisitos que objetivam a manutenção da integridade física da edificação e do usuário. Expressa pela segurança estrutural, segurança contra fogo, segurança no uso e na operação;

b) Habitabilidade: representa os critérios relacionados ao bem-estar dos usuários, sendo expressa pelos fatores de estanqueidade, desempenho térmico, acústico e lumínico, saúde, higiene e qualidade do ar, funcionalidade, acessibilidade, conforto tátil e antropodinâmico;

c) Sustentabilidade: preza pela manutenção do ambiente construído e seus entornos, sendo manifestada pelos critérios de durabilidade, manutenibilidade e impacto ambiental.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Diante do exposto, para a realização deste estudo foram comparados a geração de resíduos e o custo orçamentário entre o sistema construtivo em ICF em relação ao sistema convencional de alvenaria de vedação com estrutura de concreto armado, realizado no município de Sinop/MT.

Para alcançar os objetivos, teve-se por base uma residência unifamiliar com 64m<sup>2</sup>, a qual foi analisada, primeiramente, utilizando a técnica de alvenaria convencional e, logo após, o sistema construtivo ICF. Na comparação, foram realizados levantamentos em relação à quantidade de materiais e seus custos.

Na comparação, também foram feitos levantamentos em relação a quantidade de materiais e seus custos e número de empregados em ambas as técnicas, dando ênfase, nesta comparação, a levantamento de blocos, aços e formas utilizadas. As informações foram obtidas a partir de coleta de dados pelo projeto estrutural e os preços dos materiais, baseados no Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil - SINAPI).

Após as análises realizadas e com os resultados obtidos, utilizando as duas técnicas construtivas em questão, será indicado qual método estrutural tem maior viabilidade construtiva e econômica.

#### **3.1 Avaliação dos custos**

Para realizar a comparação de custos de produção dos dois sistemas construtivos, utilizou-se um projeto padrão de uma residência unifamiliar, elaborado pela equipe ICF construtora, para o sistema de alvenaria convencional; posteriormente, foi orçado para o sistema ICF. Trata-se de uma construção térrea, com sala, dois quartos, banheiro, cozinha e área de serviço, com pé direito de 3 metros, totalizando uma área de 64m<sup>2</sup>.

Para a composição de preço dos serviços da alvenaria estrutural, foi usada a tabela do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2020), não desonerada, com valores referentes ao mês de junho deste ano para o estado de Mato Grosso. Para os orçamentos do sistema em ICF, usaram-se dados apresentados pela empresa ICF Construtora (2020).

Após os levantamentos quantitativos de dados, foram elaboradas três tabelas orçamentárias, contendo os custos de cada etapa, sendo cada uma correspondente a um sistema construtivo, de forma a proporcionar melhor entendimento dos resultados.

### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Serão apresentados e discutidos os resultados de insumos, serviços e custos necessários à execução da residência nos dois sistemas analisados.

#### **4.1 Composição de preço da Alvenaria estrutural**

A Tabela 1 mostra a planilha orçamentária elaborada para o método construtivo de alvenaria convencional, com base no dimensionamento realizado e na tabela de preços da SINAPI.

**Tabela 1: Planilha orçamentária para o sistema construtivo convencional**

Ite m	Serviço	Un	Quant. total	Preço unitário	Preço total
1	SERVIÇOS PRELIMINARES E GERAL				R\$2.656,40
2	INFRAESTRUTURA				R\$ 8.900,34
2.3	Sarrafo de madeira 2,5x9cm mescla	m	66,00	R\$ 2,38	R\$ 157,08
2.4	Prego gerdau 16x24 com cabeça	kg	2,00	R\$ 8,71	R\$ 17,42
2.5	Prego gerdau 19x36 com cabeça	kg	2,00	R\$ 8,71	R\$ 17,42
2.6	Sapo compactador para compactação de solo	diária	1,00	R\$200	R\$ 200,00
2.8	Aço ca-60, 5,0 mm, 12m	barra	30,00	R\$ 9,64	R\$ 289,20
2.9	Aço ca-50, 8,0 mm, 12m	barra	28,00	R\$ 19,47	R\$ 545,16
2.10	Aço ca-50, 8,0 mm, 12m p/ bloco	barra	8,00	R\$ 19,47	R\$ 155,76
2.10	Cimento portland cpII-32 50 kg	un	43,00	R\$ 22,90	R\$ 984,70
2.11	Areia lavada média	m <sup>3</sup>	5,00	R\$ 73,00	R\$ 365,00
2.12	Brita 0 ou pedrisco	m <sup>3</sup>	5,00	R\$ 118,00	R\$ 590,00
2.14	Tábua de madeira 2,5 x 30 cm pinus	m	319,20	R\$ 8,50	R\$ 2.713,20
2.15	Tela de aço soldada ca-60, q-92, 4,2mm, esp 15x15cm, 2x3m	un	14,00	R\$ 65,00	R\$ 910,00
2.17	Lona plástica preta 8m	m <sup>2</sup>	71,00	R\$ 1,40	R\$ 99,40
2.18	Mão de obra p/ execução dos serviços	m <sup>2</sup>	64,00	R\$ 29,00	R\$ 1.856,00
3	SUPRAESTRUTURA E VEDAÇÃO				R\$18.617,28
3.4	Cimento portland cpII-32 50 kg	un	78,00	R\$ 22,9	R\$ 1.786,20
3.5	Areia lavada média	m <sup>3</sup>	5,00	R\$ 73,00	R\$ 365,00
3.5	Areia lavada fina	m <sup>3</sup>	4,00	R\$ 52,00	R\$ 208,00
3.6	Tijolo cerâmico 9x14x24cm	un	4440,00	R\$ 0,80	R\$ 3.552,00
3.7	Aditivo plastificante alvenarit 3,6l	un	2,00	R\$ 30,271	R\$ 60,54
3.6	Brita 0 ou pedrisco	M <sup>3</sup>	5,00	R\$ 118,00	R\$ 590,00
3.7	Aço ca-60, 5,0 mm, 12m	Barra	61,00	R\$ 9,64	R\$ 588,04
3.10	Aço ca-50, 10,0 mm, 12m	Barra	50,00	R\$ 29,59	R\$ 1.479,50
3.13	Tábua de madeira 2,5 x 30 cm pinus	m	520,00	R\$ 8,50	R\$ 4.420,00
3.20	Mão de obra p/ execução dos serviços	m <sup>2</sup>	64,00	R\$87,00	R\$ 5.568,00
4	ESQUADRIAS				R\$ 3.492,5
6	COBERTURAS				R\$ 12604,00
7	IMPERMEABILIZAÇÃO				R\$ 630,78
8	REVESTIMENTO INTERNO				R\$ 3868,69
9	FORROS				R\$ 2.560,00
10	REVESTIMENTOS EXTERNOS				R\$ 2.568,97
11	PINTURA				R\$ 3.290,53
12	PISOS				R\$ 6.923,53
13	ACABAMENTOS				R\$ 550,00
14	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E TELEFÔNICAS				R\$ 3.840,00
15	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS				R\$2.208,00
16	INSTALAÇÕES DE ESGOTO E AGUA PLUVIAIS				R\$.346,00
17	LOUÇAS E METAIS				R\$1.405,09
18	COMPLEMENTOS OUTROS SERVIÇOS				R\$320,00
	<b>Custo total</b>				<b>R\$ 77.782,11</b>

Fonte: Própria (2020).

#### 4.1 Composição de preço do sistema ICF

A composição do sistema foi elaborada segundo dados fornecidos pela ICF construtora, com base na experiência em canteiros de obra, apresentada na Tabela 2.

**Tabela 1:** Composição analítica para o sistema ICF

Item	Serviço	Un	Quant. Total	Preço unitário	Preço total
1	SERVIÇOS PRELIMINARES E GERAL				R\$ 2.656,40
2	INFRAESTRUTURA				R\$ 4.882,92
2.3	Sarrafo de madeira 2,5x9cm mescla	m	66,00	R\$2,38	R\$ 157,08
2.4	Prego gerdau 16x24 com cabeça	kg	2,00	R\$8,71	R\$ 17,42
2.5	Prego gerdau 19x36 com cabeça	kg	2,00	R\$8,71	R\$ 17,42
2.6	Sapo compactador para compactação de solo	diária	1,00	R\$200	R\$ 200,00
2.10	Cimento portland cpil-32 50 kg	un	43,00	R\$22,90	R\$ 984,70
2.11	Areia lavada média	m <sup>3</sup>	5,00	R\$73,00	R\$ 365,00
2.12	Brita 0 ou pedrisco	m <sup>3</sup>	5,00	R\$118,00	R\$ 590,00
2.14	Tábua de madeira 2,5 x 30 cm pinus	m	319,20	R\$8,50	R\$ 2.713,20
2.15	Tela de aço soldada ca-60, q-92, 4,2mm, esp 15x15cm, 2x3m	un	14,00	R\$65,00	R\$ 910,00
2.17	Lona plástica preta 8m	m <sup>2</sup>	71,00	R\$1,40	R\$ 99,40
2.18	Mão de obra p/ execução dos serviços	m <sup>2</sup>	64,00	R\$ 29,00	R\$ 1.856,00
3	SUPRAESTRUTURA E VEDAÇÃO				R\$20.748,70
3.2	Forma icf vedação 125x40x12cm	m <sup>2</sup>	181,00		R\$ 12.670,00
3.3	Frete formas icf	km	1300,00		R\$1.170,00
3.4	Cimento portland cpil-32 50 kg	un	42,00		R\$ 961,81
3.5	Areia lavada média	m <sup>3</sup>	5,00		R\$ 365,00
3.6	Brita 0 ou pedrisco	m <sup>3</sup>	6,00		R\$ 708,00
3.8	Aço ca-50, 6,3 mm, 12m	barra	119,00		R\$ 1487,50
3.12	Arame recozido 16 bwg, 1,25 mm	kg	6,00		R\$ 84,00
3.20	Mão de obra p/ execução dos serviços	m <sup>2</sup>	64,00		R\$ 3.302,40
4	ESQUADRIAS				R\$ 3.492,50
6	COBERTURAS				R\$11.093,60
7	IMPERMEABILIZAÇÃO				R\$630,78
8	REVESTIMENTO INTERNO				R\$3.635,8
9	FORROS				R\$2.560,00
10	REVESTIMENTOS EXTERNOS				R\$2.162,11
11	PINTURA				R\$3.290,53
12	PISOS				R\$5.442,08
13	ACABAMENTOS				R\$550,00
14	INSTALAÇÕES ELÉTRICAS E TELEFÔNICAS				R\$3.840,00
15	INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS				R\$1.830,40
16	INSTALAÇÕES DE ESGOTO E AGUA PLUVIAIS				R\$2.968,40
17	LOUÇAS E METAIS				R\$1.405,09
18	COMPLEMENTOS OUTROS SERVIÇOS				R\$320
	<b>Custo total</b>				<b>R\$ 71.409,31</b>

Fonte: Própria (2020).

Por não existir um órgão específico que disponibilize dados detalhados sobre os custos do sistema ICF, fez-se necessário desenvolver uma composição analítica de insumos para a execução de 1m<sup>2</sup> de parede utilizando esse sistema, objetivando a análise de custos da construção da edificação.

#### 4.2 Análise comparativa geral

A seguir, a Tabela 3 apresenta um comparativo de custos totais dos métodos construtivos abordados.

**Tabela 2:** Comparativo dos custos totais

Sistemas	Custo total	Custo diferencial
Alvenaria convencional	R\$ 77.782,11	R\$ 0,00
Sistema ICF	R\$ 71.409,31	R\$ 6.372,8

Fonte: Própria (2020).

Com os valores obtidos na Tabela 3, nota-se que o sistema de alvenaria convencional ficou com os maiores custos totais. Destaca-se que o sistema de formas ICF ficou com uma diferença orçamentária de R\$ 6.372,8 em relação aos valores da alvenaria convencional.

Essa diferença de valores deve-se ao fato de que, para a alvenaria convencional e o sistema ICF, a estrutura é composta pelas elevações armadas de blocos cerâmicos e de formas de EPS, respectivamente. No entanto, o sistema convencional possui dois itens para exercer o mesmo papel, que são a estrutura e a vedação em alvenaria de tijolos cerâmicos.

Portanto, pode-se afirmar que, em uma avaliação geral, o sistema ICF apresenta o melhor desempenho e custo benefício.

## 5 CONCLUSÃO

Diante do desafio do setor da construção civil de avançar em seus sistemas construtivos, visando a uma maior redução dos gastos, porém sem influenciar na qualidade final do empreendimento, novos métodos são buscados a cada dia, de modo a simplificar os serviços, diminuindo as etapas necessárias e gerando uma redução dos custos da mão de obra e dos materiais.

Embora a alvenaria convencional seja o método mais utilizado no Brasil, o sistema de execução é muito mais demorado e possui um alto custo quando comparado ao sistema construtivo ICF. Assim, o presente artigo conclui que este é um método construtivo viável tanto do ponto de vista de redução dos processos de execução quanto do desempenho térmico da edificação.

Quanto aos processos de produção dos sistemas construtivos, percebe-se que o sistema ICF promove uma significativa redução das atividades que não agregam valor ao produto final, sendo potencialmente mais “enxuto”, fator este interessante em empreendimentos que visam à rapidez de execução, redução de desperdícios e maior racionalização.

No entanto, o critério econômico não é o único a ser levado em consideração na definição do sistema a ser usado.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGARWAL, S.; GUPTA, R. K. **Plastics in Buildings and Construction**. Chapter 32. Applied Plastics Engineering Handbook. Processing and Materials. Elsevier Inc, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR 15575 - Partes 1-6: Desempenho de Edifícios Habitacionais. Rio de Janeiro, 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5.628: Componentes construtivos estruturais - Determinação da resistência ao fogo. Rio de Janeiro, 2001.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.442: Determinação do Índice de Propagação Superficial de Chama Pelo Método do Painel Radiante. Rio de Janeiro, 1986.

BARROS, M. M. S. B.; MELHADO, S. B. **Concreto Armado**. SENAI: Apostila de Estruturas de Concreto Armado em Edifícios. São Paulo – SP, 1998.

BLAIR, J. Disadvantages of building with Insulated Concrete Forms..

CASTELO, J. L. C. **Desenvolvimento de modelo conceptual de sistema construtivo industrializado leve destinado à realização de edifícios metálicos**. 278 f. Tese (Mestrado em Construção de Edifícios) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto – Universidade do Porto, 2008.

EKRAMI, N.; GARAT, A.; FUNG, A. S. Thermal Analysis of Insulated Concrete Form (ICF) Walls. The 7th International Conference on Applied Energy – ICAE 2015. In: Energy Procedia, Elsevier Inc, v.75, p.2150-2156, 2015.

FABRÍCIO, M.; MELHADO, S. **A importância do estabelecimento de parcerias construtora-projetistas para a qualidade na construção de edifícios**. Em: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, VII. 27-30 abr. 1998, Santa Catarina. Anais... Santa Catarina: UFSC, 1998, p. 453-459.

FREITAS, C. A. C., **Sistemas Construtivos para Habitações Populares**. 98 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte – MG; 2010.

GONÇALVES, C.J.P. **Construção modular: análise comparativa de diversas soluções**. **Dissertação** (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade de Aveiro. Aveiro, 2013.

ICF – **Sistema de fôrmas termoacústicas de EPS para paredes autoportantes de concreto** Construtora. **Memorial Descritivo ICF**, 2015.

ISOCRET. Formas do sistema construtivo inteligente Isocret – ICF

LISBOA, R. Q. **Análise Comparativa entre Prédios com Estrutura Convencional em Concreto Armado e Alvenaria Estrutural**. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade da Amazônia – UNAMA, Belém

LISBOA, R. Q. **Análise Comparativa entre Prédios com Estrutura Convencional em Concreto Armado e Alvenaria Estrutural**. 2008. Monografia (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade da Amazônia – UNAMA, Belém. PELLI

NASCIMENTO, C.; FORMOSO, C. Método para avaliar o projeto do ponto de vista da produção. Em: **Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, VII**. 27-30 abril de 1998, Santa Catarina. Anais... Santa Catarina: UFSC, 1998, p. 151-158.

OLIVEIRA JUNIOR, V. **Recomendações para projetos de edifícios em alvenaria estrutural**. 1992. 266 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) – Escola de Engenharia de São Carlos, São Paulo, 1992.

ORÇATTI, M. ICF - **Sistema de fôrmas termoacústicas de EPS para paredes autoportantes de concreto**. Revista Técnica, São Paulo, vol. 635, Outubro/2016.

PELLI, V. S. **Notas para uma Tecnologia Apropriada à Construção na América Latina**. In MASCARÓ L. Tecnologia e Arquitetura (org.) 5 ed. São Paulo: Nobel, 1989. p. 57-64.

ROMAN, H.R.; ARAÚJO, H.N.; MUTTI, C.N. **Construindo em alvenaria estrutural. 1ª edição**. Florianópolis: editora daUFSC, 1999. 83p.

SHIN, H. B. Norma de Desempenho NBR 15575: **Estudo das Práticas Adotadas por Construtoras e dos Impactos Ocorridos no Mercado da Construção Civil**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil). Universidade Federal do Rio de Janeiro/Escola Politécnica. Rio De Janeiro, 2016.

TZORTZOPOULOS, P. FORMOSO, C. T. Consideration of application of lean construction principles to design management. In: **Annual Conference of the International Group for Lean Construction**, 7. 26- 28 de agosto de 1999, Berkley - EUA. Anais... Berkley: 1999, p. 207-217.

VASQUES, C. C. P. C. F. **Comparativo de sistemas construtivos, convencional e Wood Frame em residências unifamiliares**. 2014.

VIVAN, A. L.; PALIARI, J. C.; NOVAES, C. C. **Vantagem Produtiva do Sistema Light Steel Framing: da construção enxuta à racionalização construtiva**. In: XIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, Canela, 2010.