



**CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

*Rede credenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U nº 198, de 14/10/2016*  
ASSOCIAÇÃO EDUCACIONAL LUTERANA DO BRASIL

JOÃO PEDRO ALVES SOBRINHO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS INSULATING CONCRETE  
FORMS (ICF) E CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL: revisão literária**

PALMAS – TO

2021

JOÃO PEDRO ALVES SOBRINHO

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS INSULATING CONCRETE  
FORMS (ICF) E CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL: revisão literária**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Roldão Pimentel de Araújo Júnior.

PALMAS – TO

2021

João Pedro Alves Sobrinho

**ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS SISTEMAS INSULATING CONCRETE  
FORMS (ICF) E CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL: revisão literária**

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) II elaborado e apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Roldão Pimentel de Araújo Júnior.

Aprovado em: \_\_ / \_\_ / \_\_\_\_

**BANCA EXAMINADORA**

---

Prof. Roldão Pimentel de Araújo Júnior

Orientador

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEUP

---

1º Avaliador ou Avaliador Interno

Centro Universitário Luterano de Palmas - CEUP

---

2º Avaliador ou Avaliador Interno

Centro Universitário Luterano de Palmas - CEUP

PALMAS – TO

2021

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura de concreto armado convencional	12
Figura 2. Estrutura de Insulating concrete forms (ICF)	15
Figura 3. Projeto como parte do processo de planejamento	19
Figura 4. Métodos e técnicas de pesquisa aplicados	20
Figura 5. Elemento estrutural (viga): a) sem armadura; b) com armadura	23
Figura 6. Concretagem das vedações	26
Figura 7. Objeto de estudo para as análises	33
Figura 8. Fluxo dos processos para execução do sistema convencional de concreto	
Figura 9. Fluxo dos processos para execução do sistema ICF	30

**LISTA DE QUADROS**

Quadro 1. Valores mínimos de Transmitância térmica para vedações externas	29
Quadro 2. Valores de transmitância térmica obtidos por Jesus e Barreto (2018)	30
Quadro 3. Valores de transmitância térmica obtidos por Junior (2018)	31
Quadro 4. Consumo de ar condicionado para os sistemas de concreto convencional e o sistema ICF	31
Quadro 5. Valores de transmitância sonora obtidos por Junior (2018)	32
Quadro 6. Orçamentos dos métodos ICF e Concreto convencional	33
Quadro 7. Resumo orçamentário do sistema ICF e concreto convencional	35

**LISTA DE SIGLAS E ABREVIACÕES**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
EPS	Poliestireno Expandido
ICF	Insulating Concrete Forms
NBR	Norma técnica brasileira
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção civil
SINAT	Sistema Nacional de Avaliação Técnica

**LISTA DE SÍMBOLOS**

cm	Centímetros
kg/m <sup>3</sup>	Quilograma por metro cúbico
dB	Decibel
kN/m <sup>2</sup>	Quilo Newton por metro quadrado
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metro quadrado
%	Porcentagem
R\$	Real
U	Transmitância térmica
BTU	Unidade Térmica Britânica
W/m <sup>2</sup>	Watt por metro quadrado
W/m <sup>2</sup> .K	Watt por metro quadrado Kelvin

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	10
2.1. OBJETIVO GERAL	10
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
3. JUSTIFICATIVA	11
4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	12
4.1. ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL	12
4.2. ESTRUTURA INSULATING CONCRETE FORMS (ICF)	15
4.3. VIABILIDADE TÉCNICA E AMBIENTAL DO ICF	18
5. METODOLOGIA	21
5.1. DELIAMENTO DA PESQUISA	21
5.2. PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS	21
5.3. LIMITAÇÕES DA PESQUISA	23
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	24
6.1. ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL: CONCEITUAÇÃO E ASPECTOS TECNOLÓGICOS	24
6.2. ESTRUTURA ICF: CONCEITUAÇÃO E ASPECTOS TECNOLÓGICOS	27
6.3. ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO TÉRMICO	30
6.4. ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO ACÚSTICO	33
6.5. ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS	34
6.6. ANÁLISE COMPARATIVA DA PRODUTIVIDADE	36
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	39
7.1. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	40
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
9. ANEXOS	43



## 1. INTRODUÇÃO

O atual cenário de mercado, marcado por avanços tecnológico, evidencia a necessidade da modernização de todos os processos presentes na construção civil pelo seu valor econômico e social. Desde o advento do cimento Portland, é evidente que o segmento segue em busca de novas técnicas e métodos para adequação aos novos parâmetros exigidos para as obras, principalmente para atender os indicadores de custo-benefício e amenização dos impactos gerados pelo setor.

Segundo Liebsch (2019) a construção civil necessita de 40% a 75% dos recursos naturais disponíveis para manter suas atividades sendo responsável por liderar, em níveis mundiais, em exploração destes. A partir dos alarmantes dados dos impactos promovidos pelo segmento, surgiu o aperfeiçoamento tecnológico das práticas utilizadas na construção civil para adoção de soluções ambientalmente sustentáveis mantendo as mesmas condições de conforto, durabilidade e funcionalidade.

Dentro desse contexto, surgiu após a Segunda Guerra Mundial e chegando ao território brasileiro no final da década de 90, o sistema Insulating concrete forms (ICF) se apresenta como uma forma de substituir o sistema convencional de concreto de maneira a reduzir o consumo de insumos (água, agregados, cimento e aço). Fazendo parte do eixo de “inovação sustentável”, o ICF funciona pela união de fôrmas de Poliestireno Expandido (EPS) e concreto armado oferecendo as edificações melhor conforto térmico e acústico, redução de custos e desperdícios, resistência estrutural capaz de suportar desastres naturais, facilidade construtiva e redução do tempo de execução. As fôrmas de EPS são instaladas conforme a marcação da área da construção, unidas entre si e espaçadas para possibilitar a inserção do aço sendo posteriormente preenchidas com concreto resultando em uma estrutura única e compacta.

Embora seja evidente a viabilidade do ICF tanto para as construções como para minimizar os impactos no meio, essa técnica não faz parte da realidade das obras brasileiras principalmente pela falta de investimento e conhecimento científico (OLIVEIRA, 2010). Diante dessa perspectiva, esse trabalho tem como objetivo apresentar uma abordagem aprofundada sobre o sistema ICF levantando os principais aspectos, positivos e negativos, quando comparado ao sistema convencional de concreto armado. Compete a este estudo contribuir para a expansão de conteúdos científicos relacionados a temática uma vez que, em níveis nacionais, há uma base limitada sobre, o que dificulta o desenvolvimento de novas pesquisas. Além da difusão sobre o ICF, o trabalho tem como motivação incentivar profissionais e empresas a apostarem em construções ecoeficientes.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1. OBJETIVO GERAL**

Apresentar um estudo literário comparativo entre os sistemas construtivos Insulating concrete forms (ICF) e Concreto armado convencional apontando, sob ótica custo-benefício a melhor solução a ser adotada para as edificações.

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Conceituar os sistemas ICF e Concreto armado convencional apresentando os aspectos tecnológicos (positivos e negativos) de cada modelo construtivo;
- Apresentar, através de estudos, a solução de melhor desempenho acústico e desempenho sonoro bem como levantamentos orçamentários de obras em ICF e concreto armado convencional de maneira a identificar qual solução apresenta-se menos onerosa ao final da execução;
- Identificar a solução que mais se adequa a filosofia “Lean Construction” por meio do indicador de produtividade nos canteiros de obra.

### **3. JUSTIFICATIVA**

No Brasil, em 2020 o setor da construção civil teve um aumento considerável nas execuções de projetos. Mesmo com algumas alterações na economia devido à pandemia (covid-19), empresas tem contratado mão de obra, investido em matéria-prima e qualificação dos seus colaboradores.

Entre essas matérias-primas estão inclusas as estruturas de concreto armado, cujo fazem parte da construção de lajes, edifícios, pilares, fôrmas de vigas e uma série de montagens feitas com cimento Portland e seus variados tipos, além das demais misturas químicas reguladas na proporção exigida pelo engenheiro profissional.

Todavia, conforme a valorização de pesquisas científicas e tecnológicas no ramo da engenharia surgiu o sistema Insulating concrete forms (ICF), o qual tem sido uma nova alternativa empenhada a melhorar aspectos como a produtividade, evitar baixos níveis de impermeabilização nos processos construtivos, oferece o conforto do isolamento térmico e acústico etc.

Assim, a relevância do tema justifica-se devido ainda existir dúvidas sobre essas duas estruturas (concreto armado convencional e estrutura de ICF), fazendo-se necessário um estudo comparativo na forma de revisão literária rumo a enriquecer o conhecimento.

## 4. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 4.1. ESTRUTURA DE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL

Os setores da construção civil usam o método estrutural de concreto armado com maior frequência, pois diariamente são feitos investimentos para que as execuções de obras tenham resistência, qualidade e que apresentem menor custo na sua produção. Essas estruturas passam por diversos cuidados e fases que precisam ser observadas ao extremo durante todo o projeto de execuções.

O concreto armado é basicamente uma associação do concreto simples com uma armadura constituída por barras de aço, os quais devem garantir aderência e resistir aos muitos esforços solicitantes. O material estrutural desse concreto (convencional) costuma ser de boas referências comparadas a outros materiais (PINHEIRO *et. Al.*, 2004).

Os materiais do concreto armado além de ser fundamentais nas construções, ao ser usado de forma correta desde seus componentes e dosagens (aglomerados, agregados, cimento e água), o mesmo pode atuar diante da empregabilidade, densidade, acabamentos e resistências mecânicas resultando em algo mais duável (ANDRADE, 2016).

Segundo Cardoso (2013), possui características ímpares no que diz respeito à resistência de compressão, além da baixa resistência à tração. Composto pela mistura de aglomerantes (cimento Portland), água, agregado miúdo e graúdo, aço de liga metálica esses materiais apresentam coeficiente de dilatação térmica que serve para evitar grandes tensões internas entre tais materiais.

Carvalho (2012, p. 9) define o cimento Portland como:

Um pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que endurece sob ação da água. Depois de endurecido, mesmo que seja novamente submetido à ação da água, o cimento portland não se decompõe mais. O cimento é o principal elemento dos concretos e é o responsável pela transformação da mistura de materiais que compõem o concreto no produto final desejado.

O concreto feito com o cimento de portland possui capacidade de resistir a intermperies, abrasão e ataques químicos. Sua durabilidade é conservada quando protegido em ambiente longe de deteriorizações, todavia, é importante explanar que nenhum material quando exposto as forças ambientais é durável, pois suas estruturas podem sofrer modificações (ANDRADE, 2016).

O mesmo apresenta muitas vantagens, como: boa resistência como de choques, vibrações, efeitos térmicos, atmosféricos e desgastes mecânicos; boa trabalhabilidade, no que condizem as várias formas e ponto de vista estrutural; possui estruturas monolíticas que admite aderência entre o concreto endurecido e o lançado posteriormente, facilitando a transmissão de esforços; há técnicas de execuções de baixo custo de mão de obra; os materiais são duráveis se executado e manejado de maneira correta; possui baixo custo nos materiais como água e agregados graúdos e miúdos (AUGUSTO; VELOIS, 2019).

Correlação aos agregados, Figueiredo (2005) recomenda que é válido verificar a procedência, quantidade e o local de armazenamento deles, pois devem ser isentos de materiais orgânicos, além do breve conhecimento de resultados através de análises e ensaios referente a: reatividade aos álcalis do cimento (álcali-sílica, álcali-silicato, álcali-carbonato); estabilidade do material frente a variações de temperatura e umidade; análise petrográfica e mineralógica; presença de impurezas ou materiais deletéricos; resitência à abrasão; absorção do material.

Os projetos estruturais de concreto armado seguem a norma regulamentadora ABNT NBR 6118 (2014) item 6.4.1 e enfatiza que:

A agressividade do meio ambiente está relacionada às ações físicas e químicas que atuam sobre as estruturas de concreto, independentemente das ações mecânicas, das variações volumétricas de origem térmica, da retração hidráulica e outras previstas no dimensionamento das estruturas de concreto.

Sua aplicação é feita em edifícios, galpões, pisos industriais, obras hidráulicas e de saneamento, rodovias, entre outras estruturas que necessitam de material resistente. Nos edifícios de pequeno porte são também utilizadas estruturas de concreto armado, são estruturas simples como a montagem de lajes, vigas e pilares, os quais apresentam até quatro pavimentos, possuem ausência de protensão, cargas de uso nunca superiores a  $3\text{Kn/m}^2$ , altura de pilares de até 4m e vão não excedendo 6m, este pode considerar no máximo 4m ou 2m (CARDOSO, 2013).

Figura 1. Estrutura de concreto armado convencional



Fonte: Zanollin (2020)

Augusto e Velois (2019, p. 2), explicam como funciona essa execução do concreto armado, sendo:

Na execução de uma peça de concreto armado, a armadura é previamente posicionada na forma, em seguida o concreto fresco é lançado. Após o preenchimento da forma pelo concreto fresco é realizado o adensamento para que este possa envolver a armadura e gerar aderência. Após a cura do concreto a forma pode ser retirada, originando assim a peça de concreto armado.

A aderência entre o concreto e o aço, a coeficiência de dilatação térmica do concreto/aço, bem como a proteção do aço contra corrosão são fatores essenciais para que as estruturas possam demonstrar melhor desempenho em situações que exigem uma moderada variação de temperatura, isso é válido tanto para o concreto simples estrutural e ao concreto armado.

Nas palavras de Augusto e Velois (2019), as estruturas ao adotarem essas armaduras passivas de barras, sofrem tensões e deformações das ações externas, pois, ao ser posicionada na fôrma e lançada posteriormente o concreto fresco objetivando desenvolver aderência, a fôrma pode facilmente ser retirada tornando-se assim o próprio concreto armado.

Não obstante, outras normas como: ABNT NBR 6118:2014 – Projeto de estruturas de concreto – Procedimento; ABNT NBR 6120:1980 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações – Procedimento; ABNT NBR 6123:1988 – Forças devidas ao vento em edificações – Procedimento; ABNT NBR 7480:2007 – Aço destinado a armaduras para estruturas de concreto armado – Especificação; ABNT NBR 8681:2003 – Ações e segurança nas estruturas – Procedimento; ABNT NBR 14931:2004 – Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento; ABNT NBR 15575:2013 – Desempenho de edificações

habitacionais. ABNT NBR 7191:1982 – Execução de desenhos para obras de concreto simples ou armado etc. Todas são utilizadas nos projetos e desenvolvimento de concreto armado nas construções civis.

A NBR 6118:2014 (ABNT, 2014), define os elementos utilizados na construção das estruturas de concreto armado, sendo: a) Elementos de concreto simples estrutural, o mesmo não possui qualquer tipo de armadura e quantidade inferior ao mínimo exigido para a formação do concreto armado; b) elementos de concreto armado são aqueles que dependem da aderência entre concreto e armadura, não aplicando alongamentos iniciais das armaduras antes da materialização dessa aderência; c) Armadura passiva, esta pode ser qualquer armadura que seja diferente das usadas para produzir forças de protensão (não seja alongada).

É importante frisar, que ao se falar da aderência do concreto e o aço, as deformações das barras (aço) assemelham-se as de concreto que as envolve, pois o concreto ao resistir à tração, ele acaba fissurando nessa região tracionada, e, ambos possuem valores próximos, bem como, moderadas variações de temperaturas (AUGUSTO; VELOIS, 2019).

Para Figueiredo (2005), a estrutura interna do concreto adquire forma de retículos espaciais de gel endurecido, agregado graúdo e miúdo. Os materiais desses agregados são retirados na crosta terrestre de rochas ígneas ou magmáticas compactadas em granitos, basaltos ou gnaisse e quartzito.

Salienta-se, que as estruturas de concreto armado atendem a qualidade e segurança necessária para manter uma construção compatível com as exigências das normas técnicas. As mesmas são realizadas para suportar as ações impostas como rupturas ou ruínas, ou seja, possuem condições plenas para o uso devido, estando ausentes de deformações excessivas que possam causar danos ou mesmo o desconforto (CARDOSO, 2013).

Seus principais elementos são três: a classificação geométrica (dimensões como o comprimento, altura e espessura); elementos lineares; elementos bidimensionais e elementos tridimensionais. Vale lembrar que, existem os elementos estruturais propriamente ditos, podendo ser pequeno ou grande, empenhado em lajes, vigas e pilares (CARVALHO, 2012).

Desse modo, os materiais da formação de concreto armado envolvem fenômenos de alta qualidade a evitar prejuízos nas construções. Os responsáveis pelas obras devem sempre estar atentos a seguir todos os requisitos na NBR 6118:14 para manter toda estrutura nos mínimos detalhes e qualidade na capacidade de resistência dos materiais a serem utilizados, melhor desempenho nos serviços e procurar sempre adequar as estruturas de concreto armado a seguir os requisitos ambientais e de melhor durabilidade.

## 4.2. ESTRUTURA INSULATING CONCRETE FORMS (ICF)

A estrutura de Insulating concrete forms (ICF), é uma tecnologia utilizada por vários países, cujo material proporciona melhor acabamento, pois o mesmo possui um isolamento termoacústico de alto desempenho térmico à edificação podendo ter maior durabilidade comparada aos preenchimentos de concreto armado convencional.

Conceitualmente, o ICF “é um sistema construtivo de paredes autoportantes de concreto armado que utiliza fôrmas perdidas termoacústicas, feitas de poliestireno expandido (EPS) de alta densidade” sendo 26 Kg/m<sup>3</sup> (ORÇATI, 2016).

O ICF chegou ao Brasil após passar por países como Estados Unidos da América (EUA), Reino Unido e América do Sul. Esse sistema é considerado uma espécie de cofragem que tem função de isolamento térmico/acústico. Tais painéis são de estruturas simples, porém inovadoras no mercado da construção civil, sua potência firme nos materiais impede que as construções não se desmoronem (ICF BUILDER MAGAZINE, 2011).

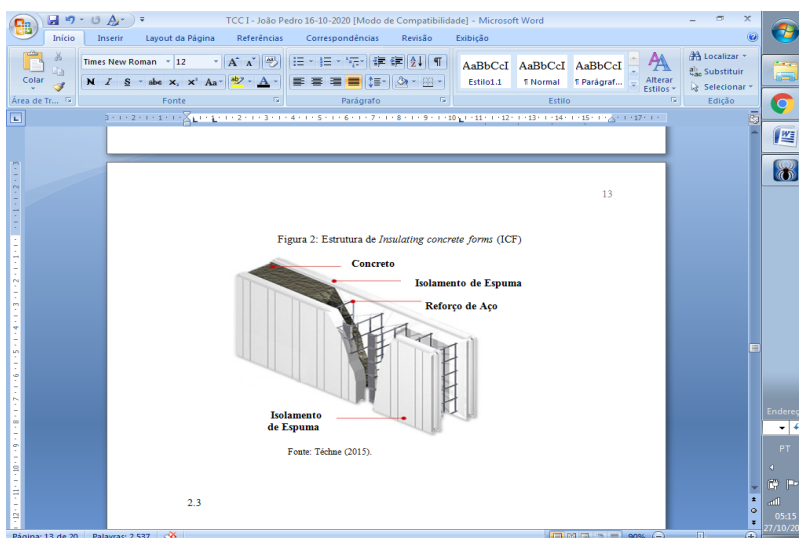
A revista *Téchne* (2015), explica que o ICF faz parte de uma das modernizações na construção civil. Uma das suas características é a forma de proteção e cuidado com o meio ambiente, no intuito de reduzir custos, levar conforto térmico acústico aos usuários, bem como trabalhar firmemente na racionalização de energia. As placas chamadas de EPS são geralmente montadas lado a lado e unidas entre si por meio de espaçadores plásticos que podem ser facilmente encaixados, levando resultados excelentes de paredes preenchidas com concreto.

Para tanto, Orçati (2016) esclarece que o ICF não é considerado um sistema de pré-fabricado, pois sua montagem é de armação e concretagem realizada dentro da obra (*in loco*). As formas do ICF possuem 30 cm x 120 cm, com 14 cm de espessura que confiam o concreto de preenchimento, tornando as obras mais produtivas e rendimento dos trabalhadores nos canteiros.

Segundo Bastos Junior (2018), a adequação do ICF atual pode reduzir as retiradas de entulhos nas obras, sendo cerca de 98%, comparado a construção convencional, pois a mesma chega anualmente desperdiçar aproximadamente de 35 a 40% dos materiais, entre tijolos, blocos cerâmicos e demais variações para contribuírem nos projetos arquitetônicos. A figura a seguir mostra como é o ICF e suas divisões.

Figura 2. Estrutura de Insulating concrete forms (ICF)





Fonte: Téchne (2015)

Como visto, o ICF possui dois painéis em ‘*esferovite*’ (EPS), cuja função principal é o isolamento térmico e acústico, ao ser unido por ligações de aço ou plástico fazendo parte das criações de estruturas inovadoras e sustentáveis (ISOCRET BRASIL, 2020, p. 12).

Sua durabilidade responderá a capacidade funcional ao realizar análises previstas com a NBR 15575:2013, com as devidas características pré-estabelecidas:

- verificação da existência e coerência de especificações e premissas de projeto que visem atendimento à VUP, conforme ABNT NBR 15575:2013;
- verificação da existência em projeto e no manual técnico de uso e operação do produto de orientações que visem a facilidade e qualidade dos serviços de manutenção;
- verificação da resistência das paredes de fachada à ação de calor e choque térmico;
- resistência das paredes ao crescimento de fungos emboloradores;
- resistência à corrosão das armaduras/reforços metálicos;
- resistência de aderência da argamassa de revestimento ao substrato (EPS).

Gonçalves (2013) acrescenta, que “Dependendo do tipo de edifício ou empreendimento, ele pode gerar uma economia significativa, sendo que o EPS diminui o peso que a fundação deverá suportar, além de obter um coeficiente de transmissão térmica (U) com valores entre e  $0,30 \text{ w/m}^2 \text{ C}$  e os  $0,11 \text{ w/m}^2 \text{ C}$ ”. Através dele levantam-se paredes estruturais, escadas, lajes estruturais, coberturas entre outros, seja interno ou externo.

Bastos Junior (2018) explica, que a resistência do poliestireno tem algumas diferenças dependendo de como será expandido, podendo ser denso ou mais resistente quando há necessidade para usá-lo em situações que exija maior resistência contra impactos. Em muitos lugares se faz reciclagem dos EPS durante o processo de coleta do material em canteiros de obras, depósitos ou cooperativas, logo são triturados e transportados para as fábricas, transformando posteriormente em material de ICF.

Quanto ao isolamento termo-acústico Bastos Junior (2018, p. 14) menciona, que é “é uma maneira encontrada para impossibilitar a transmissão de sons e os ganhos ou perdas de calor para o meio externo, impedindo de certa forma que as condições externas tenham influência sobre as internas”.

Nas afirmações de Bastos Junior (2018, p. 33), o sistema de ICF garante muitas vantagens, uma delas a possibilidade de reduzir os gastos com a ventilação caso seja instalado em lugares que possuem clima abafado “quente”, assim:

Tendo impacto diretamente na otimização de custos finais de obra, promovendo uma economia global e reduzindo o consumo de energia elétrica devido ao alto desempenho térmico do sistema construtivo, tendo qualidade superior aos sistemas convencionais de construção atualmente existentes no mercado.

Outro ponto positivo trata-se da segurança de incêndio como aborda a Diretriz SINAT (2014), cuja resistência ao fogo dar-se-á por causa das paredes que são geminadas entre as unidades, que apresentam muita resistência por aproximadamente 30min. O isolamento térmico e a estabilidade que a integra atende tanto nos pavimentos térreos a face inferior do telhado de toda sua cobertura.

No que diz respeito sobre a impermeabilidade desse material, sua matéria-prima ao ser utilizada nas fôrmas transforma na não higroscópia, ou seja, não deixa o ambiente úmido resultando em baixa absorção de água e resistência a difusão do vapor. Todo esse material ao ser aplicado nos revestimentos, diferente de muitos outros em obras, estes não geram salito, bolor ou mofo. Diversas cidades do Brasil têm climas nublados ou de alta umidade principalmente durante a noite, o qual faz com que junte quantidade de água nos locais, o ICF possui barreiras de proteção contra quaisquer umidades (BASTOS JUNIOR, 2018).

#### 4.3. VIABILIDADE TÉCNICA E AMBIENTAL DO ICF

Construir requer muita atenção nos projetos de forma ampla, pois deve-se respeitar todo o processo de montagem e instalações de estruturas tornando o futuro ambiente um lugar agradável e que de preferência que receba poucas intervenções do ambiente externo como o calor ou a passagem de barulhos.

Bonatto (2012, p. 24) conceitua o estudo de viabilidade, sendo:

Aquele que fará análises e avaliações do ponto de vista técnico, legal e econômico e que promove a seleção e recomendação de alternativas para a concepção dos projetos. Permite verificar se o programa, terreno, legislação, custos e investimentos são executáveis e compatíveis com os objetivos do órgão. É necessário nesse momento realizar uma estimativa de custos, o impacto ambiental do empreendimento, a relação custo benefício, o prazo

para a elaboração dos projetos e para a execução da obra, a origem dos recursos para realizá-los, a verificação quanto à previsão legislações orçamentárias.

Ao elaborar e investir em projetos são necessários capturar informações de materiais a serem utilizados em obra, a viabilidade técnica, econômica e sustentável, estudando os fatores internos e externos que podem futuramente interferir, ou seja, a viabilidade visa precaver todos os impactos positivos e negativos que uma construção possa ter.

Classifica os projetos da construção civil em 3 etapas: projeto de pré-viabilidade; projeto de viabilidade e projeto final. O primeiro procura verificar a viabilidade tanto a nível interno da empresa ou proprietário para investir na obra, por ele é possível dar um diagnóstico sobre o tamanho e localização do negócio e o que será necessário para facilitar sua construção. O segundo faz um cálculo de todo o projeto inicial, criação, o processamento, bem como as melhores alternativas para investir. Tratando-se do terceiro (projeto final), este verifica as fases da implantação da obra, os investimentos, custos, despesas e cronograma. Basicamente gira entorno das informações de documentos e orçamentos (ENDE; REISDORFER, 2015).

No ponto de vista de Brom (2007), observar, estudar e analisar a viabilidade técnica em obra desde suas vantagens e desvantagens é um dos fatores primordiais para tomada de decisões que sejam satisfatórias (viável e realista), ou seja, ao escolher de forma criteriosa, esta será uma boa alternativa quando usado métodos de estudos que eficazes.

Gonçalves (2013) reforça, que é preciso dar maior atenção nas questões ambientais, pois as construtoras devem buscar sempre alternativas que sejam sustentáveis, melhorando os processos e dando mais ênfase e racionalizada nas obras, ou seja, mostrar eficiência diferente das tradicionais que possuem algumas limitações como o reaproveitamento das matérias primas e descartes, estes que podem ser extremamente nocivos a natureza.

Outro fator a ser analisado é a viabilidade econômica nas obras, pois os projetos devem ter capacidade de lucratividade e rentabilidade. Ao criar uma obra, além do dever de seguir as regras “jurídicas burocráticas”, a área da Arquitetura e Engenharia deve ser de qualidade e ter muita segurança, não abstendo da segurança ambiental.

Nas palavras de Cruz *et al.* (2014, p. 12) os impactos ambientais são:

Alterações das propriedades: físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por atividades humanas, que afetam a saúde, a segurança e o bem-estar; as atividades sociais e econômicas; estas alterações precisam ser quantificadas pois apresentam variações relativas, podendo ser positivas ou negativas, grandes ou pequenas. O objetivo de se estudar os impactos ambientais é, principalmente, o de avaliar as conseqüências de algumas ações, para que possa haver a prevenção da qualidade de determinado

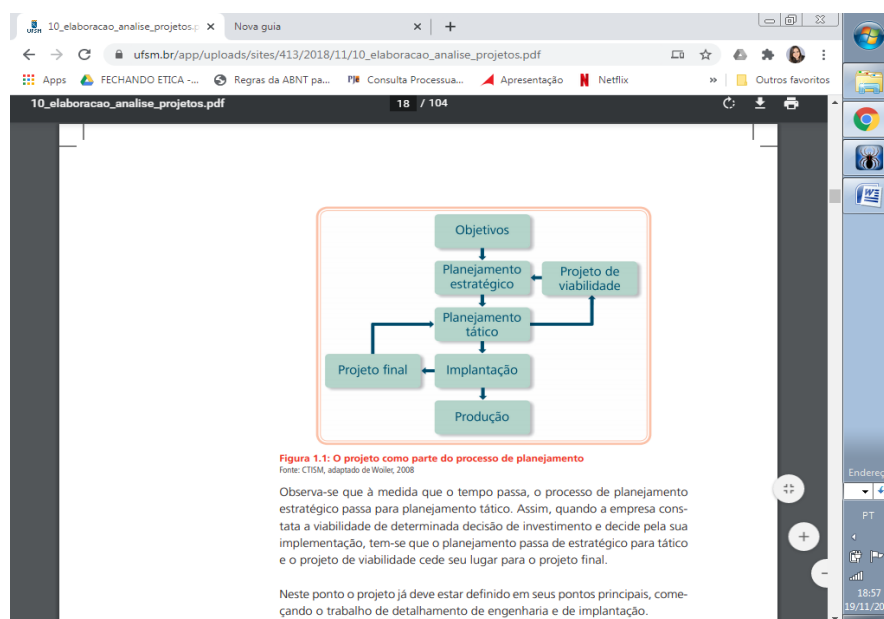
ambiente que poderá sofrer a execução de certos projetos ou ações, ou logo após a implementação dos mesmos.

Frente a isso, este projeto tem pretende analisar tudo que envolve o comparativo da estrutura de concreto armado tradicional e o ICF através do estudo de revisão bibliográfica. Pois, a grande preocupação de muitos profissionais é executar uma obra e correr o risco dela ser interrompida por motivos de irregularidades diante das condições dos impactos ambientais.

Vale lembrar, que a viabilidade técnica nas construções envolve também toda fase de viabilidade jurídica, fiscal, política, ambiental, mercadológica, operacional, logística e social. Assim, quando os profissionais responsáveis por essas obras possuem recursos disponíveis, isso os impede de criar falsas expectativas para executá-las, desenvolvendo assim, projetos seguros e entregando-os em tempo hábil.

Todavia, para que seja realizada a viabilidade técnica são necessários planejamentos estratégicos, uma vez que através desses tomam-se decisões de investimentos que possam ser compatíveis com os objetivos propostos. A figura a seguir mostra um exemplo dessas estratégias:

Figura 3. Projeto como parte do processo de planejamento



Fonte: WOILER (2008)

Como apresentado acima, para a elaboração da viabilidade dos projetos é feito todo um estudo e planejamento estratégico para garantir que não venha a causar sérios danos após as obras serem executadas. Não sendo diferente do estudo comparativo do concreto armado convencional e a estrutura de ICF, para ambos devem-se estudar os principais detalhes como

mateéria-prima, materiais indiretos e secundários, mão de obra e insumos a serem utilizados na produção.

Não obstante, este trabalho tem como foco todo o comparativo do que compõe um projeto de estrutura de concreto armado convencional e da estrutura de ICF, tendo como visão que o ICF reduz de maneira significativa os custos diretos e indiretos nas obras. Um dos objetivos desse tópico é mostrar através de dados globais essa viabilidade.

Portanto, para as construções de projetos de edificações torna-se inescusável a análise da viabilidade técnica e aplicável. O intuito dessa pesquisa visa verificar a viabilidade econômico-financeira entre os dois métodos estruturais, e posteriormente apresentar o parecer com base na pesquisa exposta.

## 5. METODOLOGIA

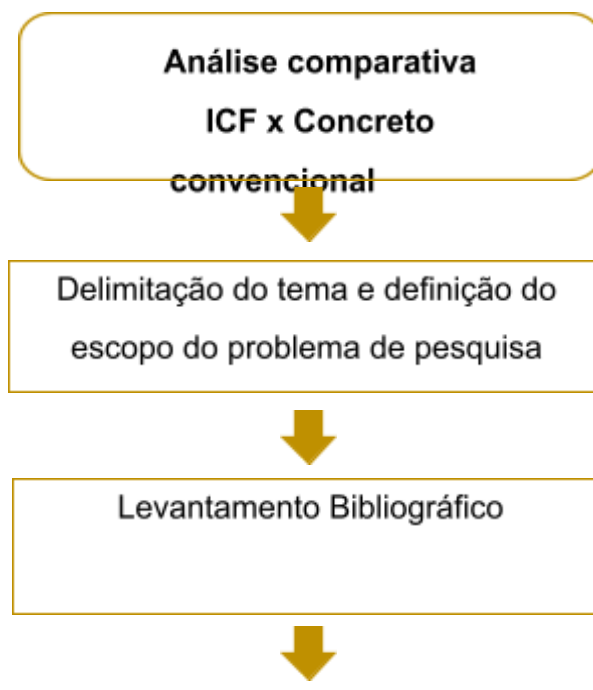
### 5.1. DELIAMENTO DA PESQUISA

De modo alcançar os objetivos propostos – apresentar, de forma comparativa, os sistemas construtivos Insulating Concrete Forms (ICF) e concreto armado convencional, o método de pesquisa aplicado foi qualitativo de natureza aplicada e exploratória. A escolha pela pesquisa do tipo qualitativa foi validada pela necessidade de utilizar técnicas e métodos que resultam em uma abordagem aprofundada e subjetiva sobre a temática, o que não é possível através de pesquisas quantitativas.

### 5.2. PROCEDIMENTOS METODOLOGICOS

Para melhor compreensão dos procedimentos metodológicos adotados para obtenção dos resultados foi elaborado o fluxograma apresentado na figura 4.

Figura 4. Métodos e técnicas de pesquisa aplicados



Fonte: Autor (2020)

Conforme o fluxograma demonstrado na figura 4, o estudo foi constituído por cinco etapas: Delimitação do tema e definição do escopo do problema, Levantamento bibliográfico, Análise comparativa entre os dois sistemas construtivos e Elaboração dos resultados e considerações finais.

A primeira etapa consistiu na identificação de uma temática geral a partir de revistas eletrônicas voltadas para inovações tecnológicas promissoras para a construção civil, buscando identificar a relevância da inovação para o desenvolvimento do segmento. Posteriormente, afinou-se a temática para o sistema ICF levantando o seguinte escopo do problema: “Sob ótica de viabilidade técnica, qual sistema construtivo apresenta maior vantagem: Sistema convencional de concreto ou o Sistema ICF?”. A acrescer, também foram definidas as motivações para a realização do estudo.

Partindo do problema de pesquisa levantado, iniciou a segunda etapa realizada sob supervisão do orientador do projeto durante os meses janeiro a março de 2021, sendo a base norteadora para as etapas posteriores. O levantamento bibliográfico promoveu a seleção de artigos científicos, monografias e produções acadêmicas disponibilizadas em acervos digitais utilizando como critério publicações a partir do ano de 2017. Nas buscas dos materiais, foram utilizadas as palavras chave: sistema ICF, inovações e construção civil, concreto convencional.

Os materiais selecionados foram agrupados em três eixos: O primeiro compreendeu as bases para a elaboração do referencial teórico sobre estruturas convencionais de concreto e o segundo publicações relacionadas ao sistema ICF voltados para conceitos iniciais e contextualização do tema. O último eixo reuniu estudos de caso comparativos entre empreendimentos de concreto convencional e ICF para as etapas de análises e

resultados/considerações finais, em especial a Monografia intitulada “Estudo de Métodos construtivos inovadores Com Poliestireno Expandido” por Vechiato (2017) , o estudo “Análise Comparativa dos Sistemas Construtivos em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Moldes Isolantes para Concreto (ICF)” desenvolvido por Jesus e Barreto (2018) para a revista eletrônica Engineering and Science e a Monografia “Análise de viabilidade econômica do método construtivo Insulated Concret Forms para construção de habitações” desenvolvida por Junior (2018).

As etapas finais dos procedimentos metodológicos (análise e elaboração dos resultados e considerações finais) partiram através da sumarização dos resultados obtidos pelos estudos de casos supracitados, destacando as principais particularidades de cada sistema bem como as vantagens e desvantagens da utilização do sistema ICF nas obras abordadas pelos autores.

### 5.3. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

O estudo realizado apresentou algumas limitações, dentre elas a ausência de publicações relacionadas ao tema o que justifica a utilização de apenas três estudos de casos. Outra limitação que é válida ressaltar refere-se aos orçamentos obtidos pelos autores que foram elaborados a partir da planilha de valores dos insumos e serviços SINAPI durante os anos de 2017 e 2018, o que resulta em uma discrepância entre os valores atuais fornecidos visto que tais dados são ajustáveis semestralmente. Dessa maneira, para dados mais precisos sobre os sistemas ICF e concreto convencional faz-se necessário a atualização de todos os elementos presentes na tabela de levantamento de custos e serviços utilizando como referência da tabela SINAPI do período que o estudo for realizado.

## 6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 6.1. ESTRUTURAS DE CONCRETO ARMADO CONVENCIONAL: CONCEITUAÇÃO E ASPECTOS TECNOLÓGICOS

Aurich et.al. (2014) define estruturas de concreto armado como “material complexo” por ser constituído pela união de dois materiais simples: concreto e aço. Tal união surgiu pela necessidade de absorção de esforços de tração e compressão simultaneamente por um mesmo elemento estrutural.

Ainda segundo Aurich et.al (2014), o advento do concreto armado surgiu pela:

“necessidade de criar-se um tipo de construção que, utilizando uma pedra artificial, apresentasse a durabilidade da pedra natural, tivesse a propriedade de ser fundida nas dimensões e formas desejadas e associando-se o aço a esta pedra artificial aproveitasse a alta resistência deste material, ao mesmo tempo que protegendo-o, aumentasse sua durabilidade” (Aurich et.al, 2014, p.2).

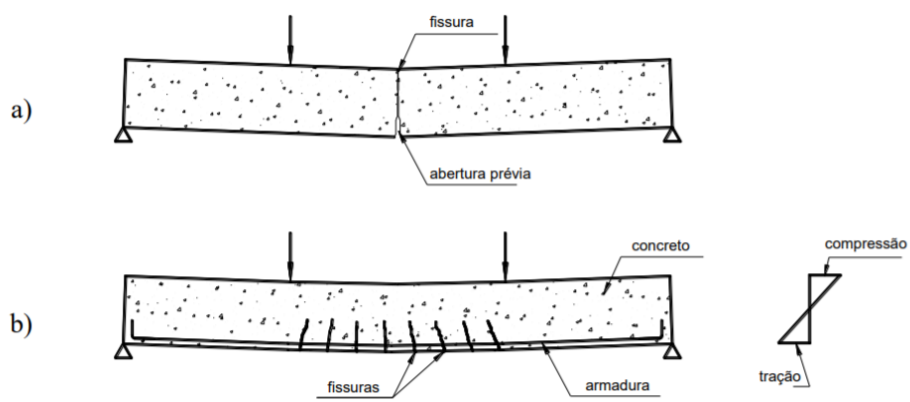
Botelho et.al (2017) afirma que “normalmente a peça estrutural tem só concreto na parte comprimida e tem aço na parte tracionada.” Contudo, os autores ainda afirmam que para fazer jus ao termo concreto armado, é necessário que o aço esteja sofrendo as deformações e trabalhando de maneira igual ao concreto sendo, portanto, necessário o maior nível de atritamento possível entre os dois elementos.

Para melhor entendimento do comportamento aço-concreto, tem-se a figura 5 que apresenta a comparação de uma viga de concreto sem armadura e uma viga de concreto armada.

Figura 5. Elemento estrutural (viga): a) sem armadura; b) com armadura



Fonte: Bastos (2019)



Quando as tensões sobre a viga atingem o estágio de ruptura, a viga sem armadura (figura 5. a) sofre ruptura brusca devido a tensão de tração superar a resistência do concreto. No caso da viga armada (figura 5.b), a presença da armadura devidamente posicionada onde acontece a atuação das forças de tração, permite elevar significativamente a capacidade de resistir aos esforços atuantes.

O Concreto armado é largamente utilizado, principalmente pelas suas vantagens em relação aos demais sistemas construtivos. Entre as principais vantagens, pode-se destacar: Flexibilidade, Monolitismo, Economia e Simplicidade, Incombustibilidade e Maior resistência a choques e vibrações.

### **Flexibilidade**

Por ser um material adaptável e moldável, é permitido as estruturas de concreto armado atender diferentes formatos, superar grandes vãos e permite a perfeita execução de balanços variados desde que haja o correto dimensionamento dos elementos estruturais para a absorção das solicitações atuantes.

### **Monolitismo**

Conforme afirma Aurich et.al (2014), “o concreto armado é próprio para estruturas monolíticas (sem juntas) que por serem muitas vezes hiperestáticas, apresentam uma elevada reserva de capacidade resistente e segurança”.

### **Economia**

Por ser constituído de materiais simples e convencionais, não há a necessidade de custos de transportes de materiais de uma localização a outra bem como, devido a popularidade dos materiais como agregados e cimento, é possível encontrar ótimos preços de mercado.

Além disso, após a execução, os custos de conservação das estruturas são menores que estruturas metálicas principalmente por não precisar, por exemplo, de cuidados periódicos de cobertura dos elementos estruturais.

### **Simplicidade**

Estruturas de concreto armado não necessitam de números semelhantes de mão de obra especializada como em estruturas metálicas pela facilidade de execução dos elementos estruturais.

### **Incombustibilidade**

Diferentemente de estruturas executadas em aço, a má condutibilidade térmica do concreto permite que as peças tenham maior resistência a altas temperaturas ocasionadas pelo fogo.

Aurich et.al (2014) afirma que:

Para incêndios de curta duração, o fogo afeta só as camadas externas, até uma profundidade de 50 a 100 mm provocando fissuras superficiais seguidas de descascamentos que podem deixar as armaduras expostas ao calor e ao fogo. A resistência do concreto não se reduz até 200°C, é de 80% de uma resistência normal aos 300°C e de 50% aos 500°C. O aquecimento do aço é particularmente perigoso, porque com temperaturas acima de 400°C o aço perde rapidamente sua resistência, chegando a valores da ordem de 40% de sua resistência a frio quando atinge a 600°C (AURICH et. al, 2014, p.3).

### **Maior resistência a choques e vibrações**

Quando devidamente projetadas, obras de artes especiais em concreto armado que são submetidas a cargas móveis sofrem menos movimentações e impactos do que estruturas executadas em aço sendo, portanto, capazes de resistir choques e vibrações.

Embora tenha ficado explícito as vantagens tecnológicas das estruturas em concreto armado, estas por sua vez também apresentam desvantagens que devem ser atentadas pelos projetistas. Dentre as desvantagens, pode-se destacar:

- a. O peso próprio da estrutura é relativamente superior à estruturas executadas em aço devido a massa específica ser de ordem 25 kN/m<sup>3</sup> o que solicita maior capacidade de suporte das fundações e do solo;
- b. Os ambientes das edificações são mais suscetíveis a desconfortos causados por elementos sonoros e acústicos, uma vez que as vedações sem finalidade portante serem de menor espessura;
- c. O tempo para finalização do projeto é maior pela necessidade do tempo de cura do concreto;
- d. Estruturas de concreto armado tem potencial de gerar grandes volumes de resíduos causando maiores impactos ambientais;
- e. Em obras de demolição, os custos são mais elevados pela dificuldade de execução;
- f. Por ser comumente utilizado concreto armado moldado in loco, há maior possibilidade de redução da resistência por falhas durante os processos de mistura e cura.
- g. O custo do projeto pode ser mais oneroso pela necessidade do uso de fôrmas de madeiras ou metálicas;
- h. Seções dos pilares são maiores em concreto armado do que pilares em aço para construções de múltiplos pavimentos.

## 6.2. ESTRUTURA ICF: CONCEITUAÇÃO E ASPECTOS TECNOLÓGICOS

O sistema Insulated Concrete Forms (ICF), conhecido também como “In Concrete” e “Eco block”, contempla um dos maiores avanços tecnológicos desenvolvido para as edificações uma vez que este se apresenta como uma solução capaz de não somente alcançar, mas também de elevar as condições exigidas de habitabilidade especificada pela NBR 15575.

Largamente utilizado na Europa e Estados Unidos, o sistema ICF é constituído pela união de dois materiais com propriedades inerentes para o bom desempenho e durabilidade das construções: o Poliestireno expandido (EPS) e o concreto armado. Semelhante a um “lego gigante” conforme afirma o construtor especialista e responsável por grandes obras em ICF no



Canadá Larry Stoodley , esta solução é constituída por fôrmas em EPS que substituem os materiais de alvenaria convencional e preenchidas com concreto armado resultando em um conjunto de vedação monolítico, resistente e eficiente (ver figura 6).

Figura 6. Concretagem das vedações

Fonte: Texiglass (2010)

Segundo a construtora brasileira Isocret (2021), as estruturas de ICF são executadas da seguinte maneira:

As Formas Isocret-ICF são constituídas de um bloco de poliestireno expandido isotérmico de 1.19m de comprimento por 30cm de altura, com paredes externas de 40 mm cada e alma com furações para receber o concreto armado. Sua forma plana facilita a montagem, bem como a estocagem, apresentam encaixes laterais em forma de macho e fêmea (saliências e reentrâncias) que geram o intertravamento das Formas, não sendo necessário à utilização de argamassa para suas uniões, as Formas Isocret-ICF possuem canaletas que substituem as formas na moldagem de vergas, contra-vergas e cintas de amarração (Isocret, 2021).

Atualmente existem três tipos de ICF conforme a espessura do concreto armado que preenche as fôrmas sendo identificadas como 1ª, 2ª e 3ª geração denominadas Screen Grid, Waffle Grid e Flat, respectivamente. Os modelos ICF de primeira geração Screen Grid possuem colunas tanto verticais como horizontais com áreas interiores sólidas; Já os modelos considerados de segunda geração chamados de Waffle Grid são responsáveis em criar nervuras capazes de aumentar a espessura da camada de concreto em alguns pontos específicos. Por último, tem-se os modelos de terceira geração chamados Flat que são usualmente aplicados em zonas de movimentações sísmicas ou precipitações de grande intensidade devido a resistência estrutural ocasionada pela camada de concreto de espessura uniforme em todos os pontos da vedação.

Dentre as principais vantagens da adoção deste sistema construtivo, é possível destacar: Versatilidade, Rapidez, Desempenho térmico, Desempenho acústico, Desempenho arquitetônico, Redução de resíduos, Sustentabilidade e Produtividade.

### **Versatilidade**

Um dos destaques do sistema ICF é sua versatilidade que permite a adequação do projeto devido a flexibilidade das peças de EPS, característica que o sistema convencional de alvenaria não oferece.

### **Rapidez**

Obras em ICF possuem tempo de execução menor do que os demais sistemas construtivos devido ao fato que os elementos de fundações, alvenaria e estrutura são executados simultaneamente.

Além disso, a construtora Isocret (2021) afirma que “O cronograma da obra não é alterado em dias de chuvas pois o sistema permite a execução e continuidade dos trabalhos requerendo o mínimo de material de proteção”.

### **Desempenho térmico**

As vedações das fôrmas de EPS possuem capacidade de reter a incidência de calor nas partes externas, reduzindo significativamente o desempenho térmico nos interiores dos ambientes – Há possibilidade de redução de até 35° C para as vedações externas e até 15° para internas.

### **Desempenho acústico**

As propriedades isolantes presentes nas fôrmas de EPS proporcionam aos ambientes a redução significativa dos ruídos, evitando o desconforto aos usuários. Conforme especifica a construtora Isocret (2021), vedações de ICF executadas com espessura igual a 14 cm são capazes de atingir índice de redução sonora (Rw) de 35 dB.

### **Desempenho arquitetônico**

Em países desenvolvidos, o sistema ICF ganhou notoriedade pela sua capacidade de atender diferentes tipos de projetos arquitetônicos, não sendo limitados como estruturas de concreto convencional. Essa solução permite diferentes concepções arquitetônicas, desde as mais simples até as mais ousadas, como paredes de diferentes angulações e curvas. Mesmo diante à diferentes concepções arquitetônicas, o ICF não interfere nos acabamentos sendo possível mantê-los completamente uniformes.

### **Redução de resíduos**

Fazendo parte do eixo de “inovação sustentável”, além das fôrmas de EPS serem 100% recicláveis e sustentáveis – o EPS não contém produtos tóxicos ao meio ambiente nem a camada de ozônio em sua composição, os canteiros de obras produzem menor volume de resíduos principalmente por utilizar fôrmas incorporadas, excluindo totalmente a utilização de fôrmas.

### **Sustentabilidade**

Obras executadas neste sistema possuem potencial de atingir os mais altos de índices de certificações sustentáveis pelas suas características de ecoeficiência, incluído SKA Ranting (Sistema Britânico), Leed for Homes (USGBC) e Referencial Casa (BRGBC) (MAZUCO, 2018).

## Produtividade

Devido a facilidade construtiva, o ICF permite que os índices de produtividade sejam maiores dentro do canteiro do que em canteiros de obras com sistemas convencionais, principalmente pela execução de múltiplas etapas. A construtora Isocret (2021), “a produtividade é quatro vezes maior do que o sistema de alvenaria convencional, com a produção de 27,4 m<sup>2</sup>/jornada (de oito horas, com três homens)”.

Mesmo diante as inúmeras vantagens, o sistema Insulated Concrete Forms apresenta algumas particularidades inerentes ao seu comportamento e execução que podem ser vistas como desvantagens em relação aos demais métodos construtivos e dessa maneira, há a resistência das empresas em adotar tal solução. Entre as desvantagens, pode-se citar:

- a. Limitação do número de pavimentos que serão executados, por isso o ICF é comumente utilizado em edificações residenciais térrea;
- b. As fundações de ICF, geralmente, são rasas (radier e sapata) por não se adequar a fundações profundas (estacas e tubulão);
- c. Procedimentos de difícil execução para casos de reposicionamento de esquadrias (janela e porta) pela necessidade de cortar as vedações sólidas;
- d. Em território brasileiro, pela sua pouca aplicabilidade, os custos de mercado são mais onerosos do que os materiais tradicionais;
- e. As manutenções devem ser realizadas apenas por empresas especializadas em ICF;
- f. Necessário o acompanhamento de profissionais especialistas em todas as etapas da obra;

### 6.3. ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO TÉRMICO

Os dados a seguir foram extraídos dos estudos de Jesus e Barreto (2018) e Junior (2018).

A fim comparar qual método construtivo que melhor atenderia as condições de desempenho térmico para um mesmo empreendimento, Jesus e Barreto (2018) aplicou o método simplificado redigido pela norma técnica NBR 15575 – Desempenho de edificações habitacionais – para determinação da variável transmitância térmica (U) especificados para sistemas de vedações externas.

Transmitância térmica refere-se ao quociente entre a quantidade de calor que ultrapassa uma superfície a um dado período de tempo. Basicamente, é a capacidade do componente construtivo em conduzir calor da face externa para a face interna.

Os valores mínimos exigidos pela NBR 15575 estão apresentados no quadro 1.

Quadro 1. Valores mínimos de Transmitância térmica para vedações externas

Fonte: NBR 15575 (2013)

Valores obtidos para transmitância térmica nas avaliações simplificadas segundo as diferentes zonas bioclimáticas brasileiras estão descritos no quadro 2.

Quadro 2. Valores de transmitância térmica obtidos por Jesus e Barreto (2018)

	MATERIAL DO SISTEMA DE VEDAÇÃO	U (W/m <sup>2</sup> .K)	Z1, Z2 U ≤ 2,5	Z3,Z4,Z5,Z6,Z7 e Z8 α <sup>a</sup> ≤ 0,6, U ≤ 3,7	Z3,Z4,Z5,Z6,Z7 e Z8 α <sup>a</sup> > 0,6, U ≤ 2,5
Sistema convencional de concreto	Alvenaria em blocos cerâmicos 14x19x29cm e espessura de 19 cm	2,48 <sup>b</sup>	Atende	Atende	Atende
Sistema ICF	Alvenaria em fôrmas de ICF	0,42 <sup>c</sup>	Atende	Atende	Atende

Transmitância Térmica U W/m <sup>2</sup> .K		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	α <sup>a</sup> ≤ 0,6	α <sup>a</sup> > 0,6
	U ≤ 3,7	U ≤ 2,5
<sup>a</sup> α é absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.		

	120x30x14cm e espessura de 18 cm				
<sup>a</sup> : fator de absorção de radiação da superfície externa da vedação; <sup>b</sup> : variável fornecida pela norma técnica NBR 15220-2; <sup>c</sup> : variável do ICF obtida por Leão (2015).					

Fonte: Jesus e Barreto (2018)



A transmitância térmica de um componente construtivo é inversamente proporcional a espessura da vedação, ou seja, sistemas de vedação externos com maiores espessuras detêm menores valores de transmitância térmica. Dessa maneira, tanto o sistema convencional de concreto e o sistema ICF atenderam os requisitos mínimos estabelecidos em norma contudo mesmo com espessura menor em 1 cm, o ICF se mostrou a solução com melhor desempenho térmico do que o concreto convencional sendo tal fato justificado pelas excelentes propriedades termo isolantes do EPS.

Nos estudos de Junior (2018) resultados semelhantes foram encontrados (ver quadro 3). Diferentemente de Jesus e Barreto (2018), o autor utilizou como referência em suas análises comparativas o valor máximo de transmitância térmica de 3,70 W/m<sup>2</sup>.K. descritos em literatura e documentos técnicos.

Quadro 3. Valores de transmitância térmica obtidos por Junior (2018)

	<b>Transmitância térmica (W/m<sup>2</sup>.K)</b>	<b>Transmitância térmica máxima U ≤ 3,7</b>
Sistema convencional de concreto	2,48	Atende
Sistema ICF	0,42	Atende

Fonte: Junior (2018)

Segundo Junior (2018), o sistema ICF é uma solução capaz de reduzir em 83% a transmissão de calor entre os elementos de vedação resultando em uma redução de até 15° C na temperatura interna dos ambientes na edificação. Assim como os estudos de Jesus e Barreto (2018), ambos os componentes construtivos atenderam os valores de referência contudo o ICF, pelas propriedades do EPS, demonstrou melhor desempenho térmico.

De maneira a demonstrar a capacidade de reduzir temperaturas o que consequentemente reduz a quantidade de aparelhos para tratamento da qualidade do ar, o autor elaborou o quadro 4 com a comparação do uso de condicionadores de ar para os dois sistemas estudados.

Quadro 4. Consumo de ar condicionado para os sistemas de concreto convencional e o sistema ICF

<b>Dimensionamento médio para ambientes residenciais expostos ao sol da tarde o dia todo</b>		
<b>Área</b>	<b>Sistema convencional</b>	<b>Sistema ICF</b>
9 m <sup>2</sup>	9000 BTUs	7000 BTUs
12 m <sup>2</sup>	10000 BTUs	
20 m <sup>2</sup>	12000 BTUs	
25 m <sup>2</sup>	15000 BTUs	
30 m <sup>2</sup>	18000 BTUs	9000 BTUs
40 m <sup>2</sup>	21000 BTUs	10000 BTUs
50 m <sup>2</sup>	30000 BTUs	12000 BTUs
60 m <sup>2</sup>	30000 BTUs	15000 BTUs
70 m <sup>2</sup>	30000 BTUs	21000 BTUs

Fonte: Junior (2018)

#### 6.4. ANÁLISE COMPARATIVA DO DESEMPENHO ACÚSTICO

Os resultados descritos nesse item foram extraídos dos estudos de Junior (2018).

Desempenho acústico é uma condição exigida para as edificações para promover o

máximo de conforto aos usuários primando a qualidade sonora dentro dos ambientes. A partir desse contexto, Junior (2018) apresentou uma análise comparativa entre os sistemas convencional de concreto e o ICF a fim de apontar qual destes melhor atende as condições mínimas exigidas em norma sobre transmissão sonora dos componentes de vedação utilizados.

Para o tratamento dos resultados, o autor consultou os valores mínimos aceitáveis estabelecidos na norma técnica NBR 15575 – Desempenho de edificações habitacionais, tomando o valor de referência de 45dB para ruídos aéreos.

Quadro 5. Valores de transmitância sonora obtidos por Junior (2018)

	<b>Desempenho sonoro (dB)</b>	<b>Desempenho sonoro mínimo 45 dB</b>
Sistema convencional de concreto	42	Não atende
Sistema ICF	65	Atende

Fonte: Junior (2018)

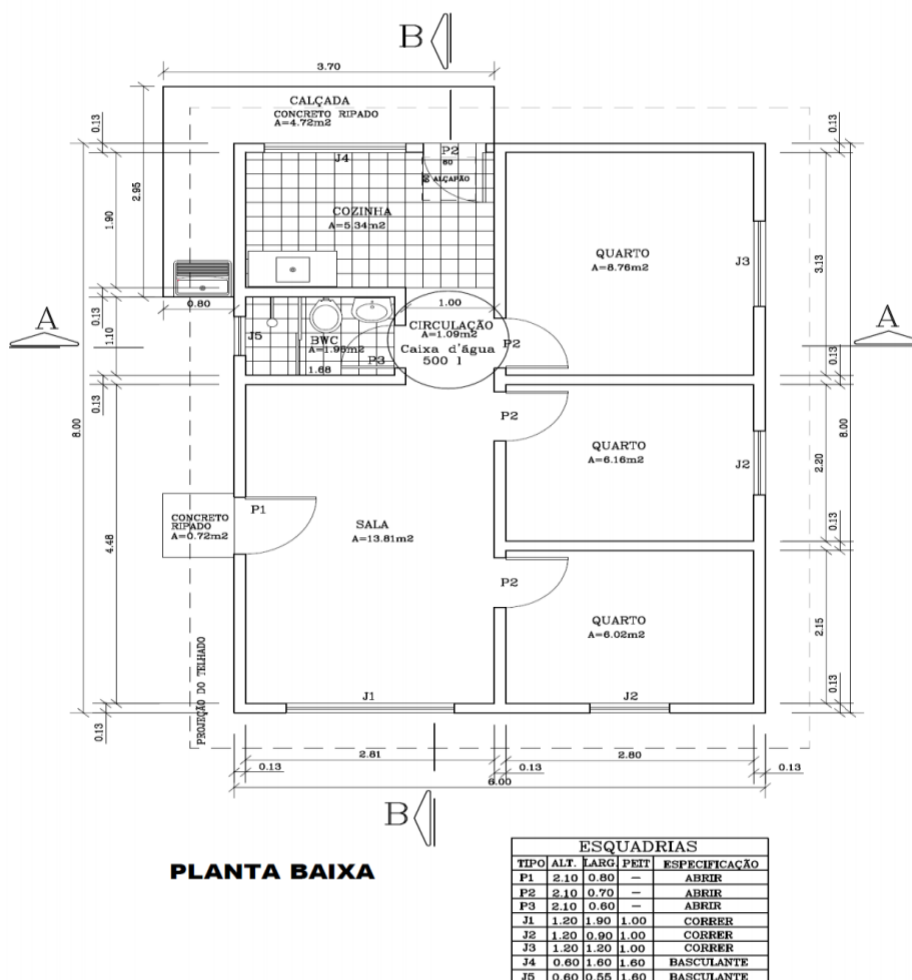
É possível constatar pelos dados mostrados no quadro 5 a eficiência do sistema ICF em relação ao sistema convencional de concreto, uma vez que o mesmo apresentou um valor superior a 23 dB em transmitância sonora quando comparado ao segundo. Nota-se também que o sistema de vedação convencional em concreto deveria ser recalculado por não atender as exigências mínimas estabelecidas em norma para desempenho sonoro, o que compromete as condições de conforto dentro dos ambientes. De acordo com Beutel (2016), conforme citado por Junior (2018), o desconforto provocado por ruídos intensos pode agravar sintomas relacionados à ansiedade, à instabilidade emocional, às alterações de humor, ao estresse e ao nervosismo. Diante dessa situação, o sistema construtivo ICF é uma opção extremamente eficaz na diminuição dessas agressões sonoras.

## 6.5. ANÁLISE COMPARATIVA DE CUSTOS

Como parte do estudo desenvolvido por Jesus e Barreto (2018) foram elaborados dois levantamentos de custos para um mesmo empreendimento do Programa de Habitação Social de Santa Catarina (COHAB-SC) a fim de comparar qual sistema construtivo apresenta-se como a solução de menor custo.

Refere-se ao objeto de estudo um projeto de residência unifamiliar do tipo térrea com área total de 48 m<sup>2</sup> e pé direito de 2,4 m, compreendendo áreas sociais (sala de estar, cozinha e área de serviço) e áreas privativas (três quartos e um banheiro para uso comum). A planta baixa da residência orçada está descrita na figura 7.

Figura 7. Objeto de estudo para as análises



Fonte: COHAB/SC (2004).

Fonte: COHAB-SC (2004) apud Jesus e Barreto (2018)

O memorial descritivo com o elencamento de todos os insumos, serviços e etapas construtivas presentes na etapa de execução para o sistema convencional de concreto e o sistema ICF pode ser conferido no anexo A.

Resumo orçamentários de ambos os métodos construtivos estão apresentados no quadro 6.

Quadro 6. Orçamentos dos métodos ICF e Concreto convencional

	<b>Sistema convencional de Concreto</b>	<b>Sistema ICF</b>
Superestrutura	R\$11.258,85	R\$14.847,05
Revestimentos	R\$10.141,86	R\$11.935,70
Custo total	R\$21.400,71	R\$26.782,85

Fonte: Jesus e Barreto (2018)

Constata-se pelos resultados apontados no quadro 6 que o sistema convencional de concreto se apresenta como a solução menos onerosa, uma vez que o sistema ICF em relação aos custos totais se mostrou superior a 25,15% em relação ao método convencional. As maiores disparidades deram-se na etapa de Superestrutura em que o ICF apresentou um custo superior de 31,87% (R\$3.588,2), tal fato que pode ser justificado pelo sistema de concreto usufruir de métodos simplificados e materiais convencionais o que são consequentemente de menor custo no mercado. Valores semelhantes foram obtidos por Junior (2018), dados que serão descritos a seguir.

Os resultados alcançados por Junior (2018) foram referentes ao estudo orçamentário comparativo para obra residencial proposta por duas empresas: a primeira empresa apresentou modelo em concreto convencional enquanto a segunda um modelo de empreendimento em sistema ICF sendo ambas com área construída total de 215,8 m<sup>2</sup>. O projeto desejado pela a contratante refere-se a um projeto residencial de padrão médio com áreas sociais (varanda/garagem, entorno, cozinha, hall, copa/estar) e privativas (dois quartos de solteiro, um quarto suíte e três banheiros). A planta baixa da residência orçada bem como a maquete eletrônica com detalhamento arquitetônico utilizada nos estudos de Junior (2018) pode ser conferida no anexo C e D, respectivamente.

No quadro 7 estão descritos, resumidamente, os valores finais apresentados pelas duas empresas para o empreendimento proposto pela contratante.

Quadro 7. Resumo orçamentário do sistema ICF e concreto convencional

	<b>Sistema convencional de Concreto</b>	<b>Sistema ICF</b>
Custo por m <sup>2</sup>	R\$932,25	R\$ 735,00
Transporte	–	R\$ 12.600,00
Custo total	R\$ 70.872,34	R\$ 122.848,71

Fonte: Junior (2018)

Através dos dados supracitados no quadro 7, é possível notar que a utilização do sistema ICF no modelo do empreendimento proposto aumentou o custo final da obra em 55% em relação a obra executada em sistema convencional mesmo que o custo do metro quadrado do mesmo seja inferior em 26,84%.

#### 6.6. ANÁLISE COMPARATIVA DA PRODUTIVIDADE

Os resultados descritos nesse item foram obtidos nos estudos de Jesus e Barreto (2018).

Lean Construction é um conceito que vem sendo implantando por grandes construtoras que visam otimizar processos durante a execução de obras pensando na redução dos impactos ambientais gerados. Com técnicas adequadas de gestão, a Lean construction promove o aumento da produtividade e eficiência dos serviços prestados por excluir o máximo de desperdícios (insumos, tempo e dinheiro) possíveis. Pensando nisso, Jesus e Barreto (2018) em seus estudos proporam identificar o método construtivo que mais se adequa as condições de “construção enxuta” através da elaboração do elencamento dos fluxos físicos de produção para os sistemas de concreto convencional e ICF.

Os fluxos físicos elaborados pelo autor estão apresentados nas figuras 8 e 9.

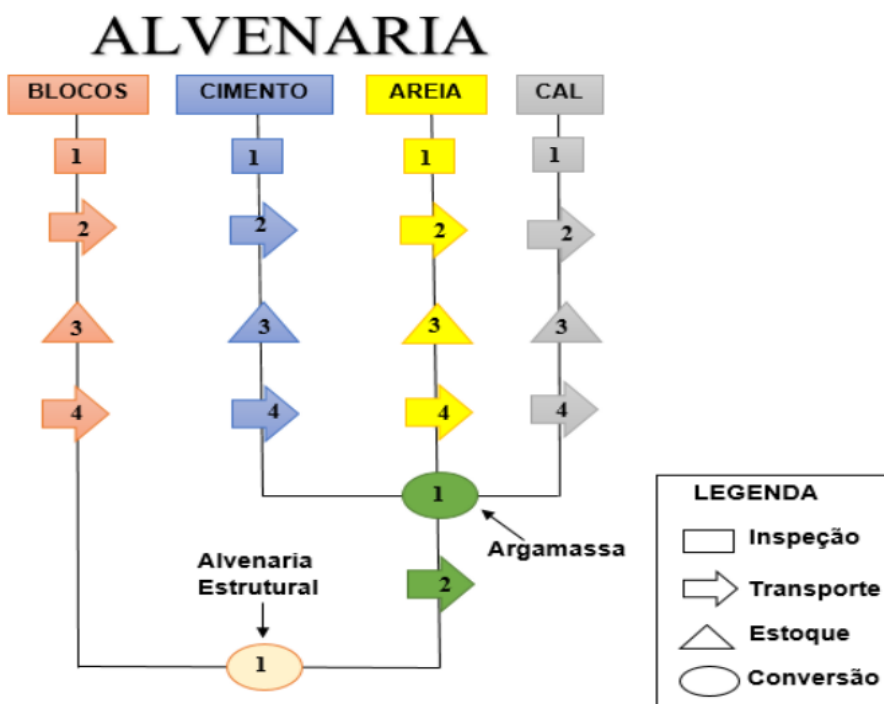
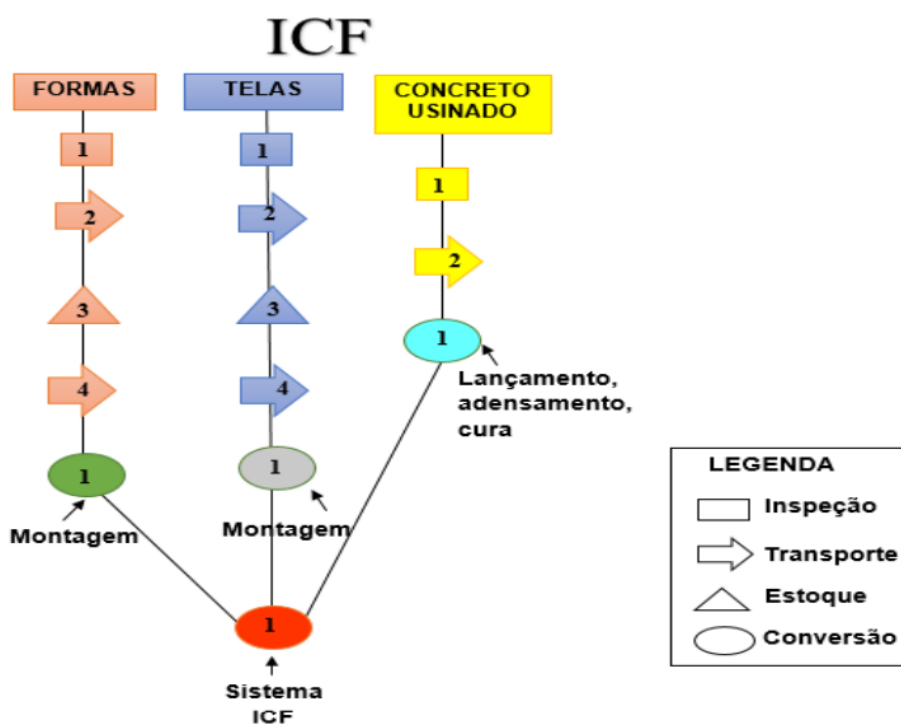


Figura 8. Fluxo dos processos para execução do sistema convencional de concreto



Fonte: Jesus e Barreto (2018)

Figura 9. Fluxo dos processos para execução do sistema ICF

Fonte: Jesus e Barreto (2018)

A partir dos fluxos presentes nas figuras 8 e 9, fica evidente que o sistema construtivo que se adequa a filosofia de Lean Construction é o ICF por ser a solução capaz de otimizar os processos realizados dentro do canteiro de obras para obtenção do produto final. Segundo as análises de Jesus e Barreto (2018) o sistema convencional de concreto detém em totalidade 19 atividades sendo 17 que não agregam valor ao produto final enquanto o sistema ICF possui no total 14 atividades com apenas 10 sem valor ao produto.

Dessa maneira, constata-se que o método ICF é uma tecnologia inovadora que proporciona melhor eficiência e maior contribuição na produtividade no canteiro de obra principalmente por reduzir atividades e excluir processos/ações desnecessárias no fluxo de produção.



## 7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A inserção de técnicas e métodos inovadores no segmento da construção é, antes de tudo, um indicador fundamental para a consolidação das empresas diante aos desafios presente no mercado. Do ponto de vista externo, o investimento em inovação não só impulsiona o desenvolvimento do setor como um todo, mas também funciona como diferencial competitivo capaz de aumentar a produtividade da empresa, otimizar custos e processos bem como promover a conquista de novos consumidores e expansão do ramo de atuação.

Com o desenvolvimento do presente estudo, foi possível apresentar um dos conceitos mais inovadores da construção moderna: o sistema construtivo Insulating Concrete Forms (ICF). Para alcançar os objetivos propostos, elaborou-se uma revisão literária aprofundada embasada em estudos de casos sobre o sistema ICF quando comparado ao sistema de concreto – método usualmente utilizado em diferentes tipos de obras pela facilidade construtiva. Dessa maneira, foram analisados cinco critérios indispensáveis para projetos de engenharia: custo, desempenho térmico, desempenho acústico e produtividade.

Quanto as questões de custo, foi possível constatar que o sistema ICF é a solução mais onerosa quando comparada ao sistema de concreto armado convencional principalmente por ser uma tecnologia pouco reconhecida o que dificulta competir com materiais e métodos convencionais que são de menor custo pela usabilidade no segmento.

Em relação ao desempenho térmico, foi comprovado o potencial do sistema de fôrmas de EPS em promover ambientes com melhor conforto térmico aos usuários quando comparado ao sistema convencional de concreto devido a capacidade do componente construtivo ICF em reduzir a transmissão de calor pelas vedações. Assim, comprova-se também o potencial de reduzir o consumo energético de uma edificação em ICF por evitar o uso contínuo de aparelhos para tratamento da qualidade do ar em períodos com altas temperaturas.

Nas análises sob ótica de desempenho acústico, o sistema de concreto não atendeu os critérios mínimos exigidos em norma enquanto o sistema ICF não só atendeu o valor mínimo exigido como também apresentou transmitância sonora superior de 23 dB demonstrando sua ótima capacidade isolante a elementos sonoros externos a edificação.

No tocante ao indicador produtividade, constatou-se que o sistema que se adequa a filosofia “Construção enxuta” é o ICF uma vez que foi comprovado que este reduz significativamente processos e atividades que não agregam ao produto final. Assim, o método

ICF se apresenta como a solução com maior potencial para elevar os níveis de produtividade nos canteiros de obras.

Diante aos resultados apresentados, tem-se a constatação que o sistema construtivo Insulated Concrete Forms é relativamente mais caro que o sistema convencional de concreto, porém os valores superiores investidos são convertidos em eficiência a longo prazo durante a vida útil da edificação, condição não oferecida em construções com concreto convencional.

### 7.1. RECOMENDAÇÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Como forma de complementar e acrescer o estudo desenvolvido, pode-se registrar tais recomendações para pesquisas futuras com o intuito de oferecer embasamento teórico a respeito do sistema ICF:

- Comparar parâmetros construtivos não abordados como resistência ao fogo, cargas de ruptura e resistência à materiais hidrófugos;
- Avaliar a capacidade de desempenho arquitetônico de edificações em ICF;
- Elaborar cronogramas de obras para um mesmo empreendimento nos sistemas ICF e concreto convencional de maneira a identificar qual método oferece menor tempo de serviço para execução.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas - **NBR 6118(2014) - Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Armado**, 2014.

ANDRADE, B.S.Z. **Concreto armado: um estudo sobre o processo histórico, características, durabilidade, proteção e recuperação de suas estruturas**. Universidade Federal de Minas Gerais (Escola de Engenharia Departamento de Engenharia de Materiais e Construção) Curso de Especialização em Construção Civil, Rio de Janeiro - RJ, 2016.

AUGUSTO, E.; VELOIS, Q. **Concreto armado 1**. Centro Universitário – UNIFTC (Colegiado de Engenharia Civil), Vitória da Conquista – BA, 2019. Disponível em: <http://www.emilioqueiroz.com.br/wp-content/uploads/2018/08/Aula-1-Conceitos.pdf>. Acesso em: 20 Out. 2020.

AURICH ET.AL, 2014. **Propriedades e características dos materiais concreto e aço**. Disponível em: [https://www.politecnica.pucrs.br/professores/giugliani/ARQUITETURA\\_-\\_Sistemas\\_Estruturais\\_II/01\\_Propriedade\\_e\\_Caracteristica\\_dos\\_Materais.pdf](https://www.politecnica.pucrs.br/professores/giugliani/ARQUITETURA_-_Sistemas_Estruturais_II/01_Propriedade_e_Caracteristica_dos_Materais.pdf). Acesso: 11 mai. 2021.

BASTOS, P.S.S. **Fundamentos do concreto armado**. Faculdade de Engenharia (Universidade Estadual Paulista – UNESP) Departamento de Engenharia Civil, Bauru, SP, 2019.

BONATTO, H. **Caderno de orientações para a contratação de obras e serviços de engenharia – edificações**. – Curitiba, PR: NJA-PGE, 2012. Disponível em: [https://www.crea-pr.org.br/ws/phocadownload/cadernos/caderno\\_01\\_estudo\\_de\\_viabilidade.pdf](https://www.crea-pr.org.br/ws/phocadownload/cadernos/caderno_01_estudo_de_viabilidade.pdf). Acesso em: 20 Out. 2020.

BROM, L. G.; BALIAN, J. E. A. **Análise de investimentos e capital de giro: conceitos e aplicações**. São Paulo: Saraiva, 2007.

CARDOSO, R.V. **Projeto estrutural em concreto armado**. Curso de graduação em Engenharia Civil – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, 2013.

CRUZ, F.C. *Et al.* **Identificação e avaliação de impactos ambientais: estudo de caso**. Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas – UFSM, Santa Maria, 2014.

ENDE, M.V.; REISDORFER, V.K. **Elaboração e análise de projetos. Rede e-Tec Brasil**. Santa Maria – RS, 2015. Disponível em: [https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/11/10\\_elaboracao\\_analise\\_projetos.pdf](https://www.ufsm.br/app/uploads/sites/413/2018/11/10_elaboracao_analise_projetos.pdf). Acesso em: 17 Nov. 2020.

FIGUEIREDO, A.D. **Concreto com Fibras**. In: ISAIA, Geraldo Cechella. **Concreto: Ensino, Pesquisa e realizações**. São Paulo: Ibracon, 2005. V2, Cap. 39, p. 1195-1224.

GONÇALVES, C.J. **Construção Modular – Análise Comparativa de Diversas Soluções**. Dissertação apresentada à Universidade de Aveiro. Aveiro, 2013. Disponível em: <<https://ria.ua.pt/handle/10773/11666>>. Acesso em 14 de outubro 2020.

ICF BUILDER. **History of ICF's. The insulating concrete forms magazine**. 2011. Disponível em: <<https://www.icfmag.com/2011/02/history-of-icfs/>>. Acesso em: 14 out. 2020.

JESUS, A.T.C; BARRETO, M.F.F.M. **Análise Comparativa dos Sistemas Construtivos em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Moldes Isolantes para Concreto (Icf)**. Disponível em: <https://periodicoscientificos.ufmt.br/ojs/index.php/eng/article/view/6926>. Acesso em: 22 Out. 2020.

JUNIOR, A.P. **Análise de viabilidade econômica do método construtivo insulated concrete forms para construção de habitações**. 2018. Disponível em: [https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4277/2/AchillesPBJ\\_MONO.pdf](https://repositorio.ufersa.edu.br/bitstream/prefix/4277/2/AchillesPBJ_MONO.pdf). Acesso em: 22 Out. 2020.

PINHEIRO, L. M. *et al.* **Estruturas de concreto**. USP – EESC – Dep. Eng. de Estruturas, 2004. Disponível em: <http://www.fec.unicamp.br/~almeida/ec702/EESC/introducao.pdf>. Acesso em: 20 Set. 2020.

TÉCHNE. **ICF – O sistema que utiliza fôrmas de isopor para a construção de paredes de concreto**. Construção Civil Pet, 2015. Disponível em: <https://pt.linkedin.com/pulse/icf-sistema-de-f%C3%B4rmas-termoac%C3%BAsticas-eps-para-paredes-or%C3%A7ati>. Acesso em: 20 Out. 2020.

VECHIATO, A.M.V. **Estudo de Métodos construtivos inovadores Com Poliestireno Expandido**. Monografia apresentada à Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2017. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/13412/1/metodosconstrutivosinovadorespoliestirenoexpandido.pdf>. Acesso em: 13 de abril de 2021.

WOILER, S.; MATHIAS, W. **Projetos: planejamento, elaboração, análise**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

## 9. ANEXOS

**ANEXO A – MEMORIAL DESCRITIVO DO SISTEMA ICF E CONCRETO CONVENCIONAL DOS ESTUDOS DE JESUS E BARRETO (2018)**

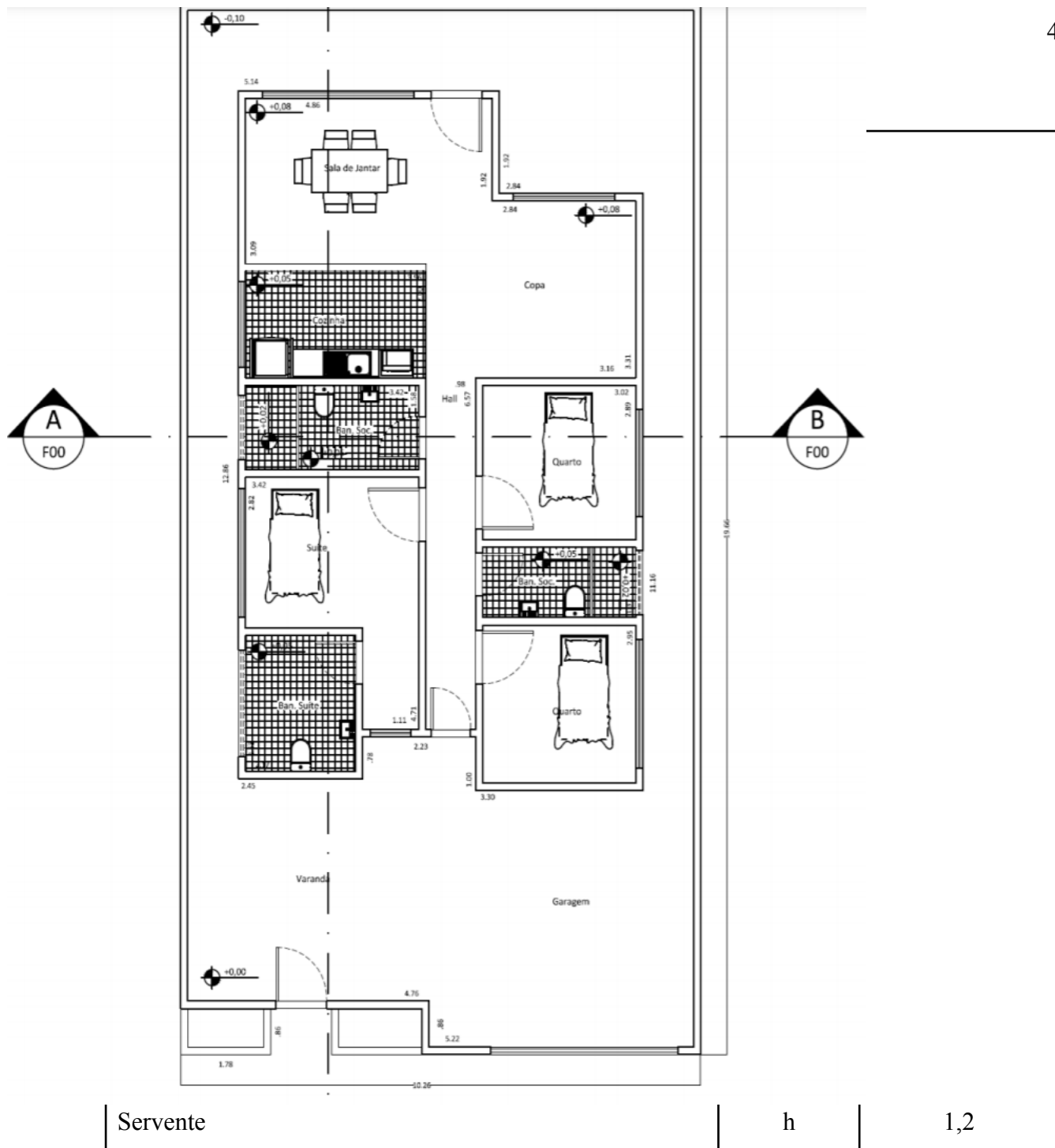
<b>SISTEMA ICF</b>	
<b>ETAPA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Estrutura/ Vedação	Fôrmas de EPS de 120x30x14cm, preenchidas com concreto usinado bombeado fck=20 MPa barras de aço Ø6,3mm para colocação nas posições vertical e horizontal e presilhas plásticas para a amarração dos aços em formato de uma grelha. Deve-se também colocar uma tela de poliestireno sobre as fôrmas para recebimento do revestimento.
Revestimento	Chapisco aplicado em fôrmas de EPS, com argamassa mista de cimento, areia média lavada e aditivo. Massa única aplicada em fôrmas de EPS, com argamassa mista de cimento, areia média lavada, aditivo para argamassas, vedalite aditivo plastificante e microfibras.
<b>SISTEMA DE CONCRETO CONVENCIONAL</b>	
<b>ETAPA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Estrutura/ Vedação	Cinta de amarração moldada in loco com utilização de blocos canaleta e concreto usinado bombeado fck=20 MPa
	Vergas e Contravergas pré-moldadas com transpasse de 30 cm para cada lado do vão sobre o qual está sendo executada
	Alvenaria executada com Blocos cerâmicos 14x19x29 cm, assentados com argamassa de revestimento com espessura de 25mm, interno e externo, de cimento, cal e areia, feita em betoneira na proporção 1:1:6
<b>(Continuação)</b>	

<b>(Continuação)</b>	
<b>ETAPA</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>
Revestimento	Chapisco aplicado em alvenaria (com presença de vãos) e em estruturas de concreto de fachada, com rolo para textura acrílica. Argamassa industrializada com preparo manual. Emboço ou massa única em argamassa traço 1:2:8, preparo manual, aplicada manualmente em panos de fachada com presença de vãos, espessura de 25mm (Revestimento externo).
	Chapisco aplicado em alvenaria e estruturas de concreto internas, com rolo para textura acrílica. Argamassa industrializada com preparo manual. Massa única, para recebimento de pintura, em argamassa traço 1:2:8, preparo manual, aplicada manualmente em faces internas de paredes, espessura de 20mm, com execução de taliscas (Revestimento interno).

Fonte: Jesus e Barreto (2018)

**ANEXO B – COMPOSIÇÃO ANALÍTICA ICF DOS ESTUDOS DE JESUS E  
BARRETO (2018)**

<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>UNIDADE</b>	<b>COEFICIENTE</b>
<b>ESTRUTURA/VEDAÇÃO (m<sup>2</sup>)</b>		
Fôrmas de EPS 120x30x14cm	unidade	3,00
Barra de aço CA-50, Ø6,3mm, dobrado e cortado, com 105cm, a ser colocada no posicionamento vertical	barra	5,00
Barra de aço CA-50, Ø6,3mm, dobrado e cortado, com 105cm, a ser colocada no posicionamento horizontal	barra	3,00
Presilhas para amarração dos ferros	unidade	15,00
Concreto classe de resistência C20, com brita 0 e 1, slump=100 +/- 20mm, exclui serviço de bombeamento (NBR 8953)	m <sup>3</sup>	0,07236
Tela de poliestireno	m <sup>2</sup>	2,16
Pedreiro	h	0,385
Servente	h	0,192
<b>REVESTIMENTO – CHAPISCO (m<sup>2</sup>)</b>		
Cimento Portland composto CP II-32	kg	5,0
Areia média – posto jazida/ fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	m <sup>3</sup>	0,0069
Aditivo para argamassas	m <sup>3</sup>	0,0002
Pedreiro	h	0,108
Servente	h	0,054
<b>REVESTIMENTO – REBOCO (m<sup>2</sup>)</b>		
Cimento Portland composto CP II-32	kg	5,0
Areia média – posto jazida/ fornecedor (retirado na jazida, sem transporte)	m <sup>3</sup>	0,018
Aditivo para argamassas	m <sup>3</sup>	0,0002
Vedalite aditivo plastificante	m <sup>3</sup>	0,000015
Microfibra	kg	0,012
Pedreiro	h	1,0



Fonte: Jesus e Barreto (2018)

**ANEXO C – PLANTA BAIXA DOS ESTUDOS DE JUNIOR (2018)**

Fonte: Junior (2018)



**ANEXO D – MAQUETE ELETRÔNICA DOS ESTUDOS DE JUNIOR (2018)**

Fonte: Junior (2018)