



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO
TOCANTINS
CAMPUS PALMAS
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA CIVIL**

ANNA FLÁVYA SILVA PEREIRA

**SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL COMPOSTO DE BLOCOS DE EPS
PREENCHIDOS COM CONCRETO E REVESTIMENTO DE ARGAMASSA -
*INSULATED CONCRETE FORM (IFC)***

PALMAS

2024

ANNA FLÁVYA SILVA PEREIRA

**SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL COMPOSTO DE BLOCOS DE EPS
PREENCHIDOS COM CONCRETO E REVESTIMENTO DE ARGAMASSA -
*INSULATED CONCRETE FORM (IFC)***

Trabalho de conclusão de curso
apresentado como requisito parcial para
obtenção do título de Bacharel no Curso
Superior de Engenheiro Civil do Instituto
Federal do Tocantins, Campus Palmas.

Orientador: Prof. Dr. Gilson Marafiga
Pedroso

PALMAS

2024

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Bibliotecas do Instituto Federal do Tocantins

P436s Pereira, Anna Flávya Silva
 Sistema de vedação vertical composto de blocos de EPS preenchidos
 com concreto e revestimento de argamassa - Insulated Concrete Form (IFC) /
 Anna Flávya Silva Pereira. – PALMAS, TO, 2024.
 53 f. : il. color.

 Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Civil) –
 Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins, Campus
 Palmas, PALMAS, TO, 2024.

 Orientador: Dr. Gilson Marafiga Pedroso

 1. Aspectos gerais do sistema ICF. 2. Etapas construtivas do sistema ICF.
 3. Sustentabilidade. I. Pedroso, Gilson Marafiga. II. Título.

CDD 624

A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio, deste documento é autorizada para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica do IFTO com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

FOLHA DE APROVAÇÃO

ANNA FLÁVYA SILVA PEREIRA

SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL COMPOSTO DE BLOCOS DE EPS PREENCHIDOS COM CONCRETO E REVESTIMENTO DE ARGAMASSA - *INSULATED CONCRETE FORM (IFC)*

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Coordenação do curso de
Engenharia Civil Instituto Federal do
Tocantins - Campus Palmas, como
exigência à obtenção do grau em
Engenheiro Civil.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA AVALIADORA

Documento assinado digitalmente
 GILSON MARAFIGA PEDROSO
Data: 28/06/2024 09:50:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Gilson Marafiga Pedrosa
Orientador

Documento assinado digitalmente
 OCTAVIANO SIDNEI FURTADO
Data: 28/06/2024 13:15:17-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Me. Octaviano Sidnei Furtado
Avaliador 1

Documento assinado digitalmente
 MOACYR SALLES NETO
Data: 28/06/2024 11:35:46-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Moacyr Salles Neto
Avaliador 2

RESUMO

Novas pesquisas têm se dedicado a ampliar nossa compreensão sobre métodos construtivos mais eficientes e mais sustentáveis, gerando assim uma onda de inovações tecnológicas neste campo. Com este propósito, surge o sistema de vedação vertical com blocos de EPS preenchidos com concreto, conhecido como Insulated Concrete Forms (ICF). Este sistema inovador proporciona várias vantagens, incluindo a redução de carga nas fundações, diminuição do tempo de construção, baixa condutibilidade térmica, redução de resíduos e menor absorção de umidade. Com este intuito, o presente trabalho focou em explorar as etapas do sistema construtivo de vedação vertical em ICF, abordando seus processos e técnicas atuais no Brasil, visando fornecer informações que ajudem os profissionais do setor a compreender melhor as opções disponíveis para vedações verticais. O estudo detalhado do sistema ICF, incluindo suas etapas construtivas, busca fomentar a compreensão e a adoção dessa tecnologia, promovendo a evolução e ganhos de produtividade no setor.

Palavras-chaves: Insulated Concrete Forms (ICF). Poliestireno Expandido (EPS). Sustentabilidade.

ABSTRACT

New research has been dedicated to expanding our understanding of more efficient and sustainable construction methods, thus generating a wave of technological innovations in this field. For this purpose, the vertical placement system arises with EPS blocks required with concrete, known as Insulated Concrete Forms (ICF). This innovative system provides several advantages, including reduced load on foundations, reduced construction time, low thermal conductivity, reduced waste, and lower moisture absorption. With this aim, this work focused on exploring the stages of the vertical sealing system in ICF, addressing its current processes and techniques in Brazil, aiming to provide information that helps professionals in the sector better understand the options available for vertical sealing. The detailed study of the ICF system, including its construction stages, seeks to encourage understanding and adoption of this technology, promoting evolution and productivity gains in the sector.

Keywords: Insulated Concrete Forms (ICF). Expanded Polystyrene (EPS). Sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Alvenaria Estrutural -----	15
Figura 2 - Exemplificação do processo do sistema de alvenaria estrutural -----	16
Figura 3 - Exemplificação do processo do sistema de alvenaria convencional -----	17
Figura 4 – Sistema de vedação convencional -----	18
Figura 5 – Parede de concreto moldada in loco -----	19
Figura 6 – Exemplificação do processo em parede de concreto -----	20
Figura 7 – Paredes de concreto moldadas in loco -----	20
Figura 8 – Vedação em <i>Steel Frame</i> -----	21
Figura 9 – Estrutura em <i>Steel Frame</i> -----	22
Figura 10 – Casa Micura em <i>Stell Frame</i> -----	23
Figura 11 – Sistema em <i>Drywall</i> -----	24
Figura 12 – Detalhe de vedação em <i>Wood Frame</i> -----	25
Figura 13 – Sistema em ICF -----	27
Figura 14 - Exemplificação do processo de construção do ICF -----	28
Figura 15 - Dimensões do bloco de EPS-----	30
Figura 16 - Dimensões do bloco de EPS -----	30
Figura 17 - Dimensões do bloco de EPS -----	31
Figura 18 – Marcação primeira fiada -----	32
Figura 19 – Chumbamento das armaduras -----	32
Figura 20 - Ligação entre paredes a 90 graus -----	33
Figura 21 – Posicionamento da armadura horizontal -----	33
Figura 22 – Assentamento segunda fiada -----	33
Figura 23 – Espaçador plástico -----	34
Figura 24 – Vão portas e janelas -----	34
Figura 25 – Lançamento do concreto -----	34
Figura 26 – Paredes concretadas -----	35
Figura 27 – Concretagem da laje -----	35
Figura 28 - Embutimento das instalações -----	36
Figura 29 - Chapisco das paredes -----	36
Figura 30 - Tela de aço galvanizado -----	37
Figura 31 - Aplicação de argamassa -----	37
Figura 32 – Dimensões do bloco de centro -----	38

Figura 33 – Dimensões do bloco de canto -----	38
Figura 34 – Fixação barras de ferro -----	39
Figura 35 – Assentamento primeiro bloco -----	39
Figura 36 – Assentamento primeira fiada -----	40
Figura 37 – Segunda fiada -----	40
Figura 38 – Terceira fiada -----	40
Figura 39 – Armações -----	41
Figura 40 – Reforço nos recortes dos blocos -----	41
Figura 41 – Ancoragem dos blocos -----	42
Figura 42 - Preenchimento em terços -----	43
Figura 43 – Concretagem -----	43
Figura 44 – Vibração com lixadeira orbital -----	43
Figura 45 – Instalações -----	44
Figura 46 – Instalações antes da concretagem -----	44

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Especificações do concreto -----	31
---	----

LISTA DE SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
DATEC	Documento de Avaliação Técnica
EPS	Poliestireno Expandido
ICF	Insulated Concrete Forms
IPT	Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo
SINAT	Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais
SINDUSCON	Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Tocantins
PVC	Policloreto de Vinilo
OSB	Oriented Strand Board

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA	10
1.2. JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA	11
1.3. OBJETIVOS	12
1.3.1. Objetivo geral	12
1.3.2. Objetivo Específico	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1. NORMAS PERTINENTES AO TEMA	13
2.2. SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA E EXTERNA	14
2.2.1. Alvenaria Estrutural	14
2.2.2. Concreto Armado reticulado com vedação convencional	16
2.2.3. Paredes de Concreto	18
2.2.4. <i>Steel Frame</i>	21
2.2.5. <i>Drywall</i>	23
2.2.6. <i>Wood frame</i>	25
2.2.7. Sistema de vedação vertical em ICF (Insulated Concrete forms)	26
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	29
4. DETALHAMENTO DO SISTEMA CONSTRUTIVO	29
4.1. Processo construtivo da empresa A	29
4.2. Processo construtivo da empresa B	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES	45
REFERÊNCIA	46

1. INTRODUÇÃO

A cadeia da indústria da construção civil vem buscando cada dia mais por alternativas que facilitem a execução, promovendo uma maior produtividade e reduzindo a perda de materiais. Contudo, nos dias de hoje, ainda predomina os métodos tradicionais de alvenaria com blocos cerâmicos para construção de residências no fechamento e isolamento das edificações (BORTOLOTTI, 2015). Onde tal metodologia consiste em um sistema completamente manual, de baixa produtividade e que gera um grande volume de resíduos causando alto índice de poluição ambiental (PRUDÊNCIO, 2013). Mas para Klein e Maronezi (2013), este sistema apresenta muitas vantagens, entre elas destacam-se: durabilidade, boa resistência a choques, altas temperaturas e a facilidade de obtenção dos materiais.

Os métodos construtivos praticados no Brasil, em toda sua cadeia de produção, provocam muitos danos ambientais, pois, utilizam-se matérias-primas não renováveis e geram resíduos em grande quantidade (GARCIAS e ROTH, 2009). Sendo assim, torna-se necessário a implementação de alternativas mais sustentáveis, tendo em vista que o processo utilizado no Brasil atualmente não é o mais conveniente (LUEBLE, 2004).

Desta forma, surge o sistema de vedação vertical composto de blocos de EPS preenchidos com concreto, também chamado de sistema ICF, da sigla na língua inglesa, *Insulated Concrete Forms* (ICF), que são formas de poliestireno expandido, preenchido com concreto, podendo-se formar paredes de vedação e/ou paredes estruturais. Segundo Lueble (2004), o sistema apresenta grandes vantagens, como a economia no dimensionamento das fundações, devido à redução de carga comparado ao sistema convencional com blocos cerâmicos, redução de até 70% do tempo da obra, a baixa condutibilidade térmica e baixa absorção de umidade.

Sendo assim, o presente trabalho teve como objetivo explorar as etapas do sistema construtivo de vedação vertical em ICF, abordando seus processos e técnicas atualmente adotadas no país, buscando reunir informações que possam contribuir para a compreensão dos atores da cadeia produtiva, no contexto das opções existentes para o mercado de vedações verticais de edifícios.

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO HISTÓRICA

Ainda que pareça uma tecnologia inovadora, o sistema construtivo em ICF teve sua primeira patente em 1967 no Canadá pelo o empreiteiro Werner Gregori, onde desenvolveu a ideia durante as férias na praia, vendo crianças construírem castelos de areia com um refrigerador de espuma plástico mantendo as bebidas geladas. Em um ano, o canadense desenvolveu o primeiro ICF, chamando de “Foam Form”, onde cada bloco media 16 polegadas de altura por 48 polegadas de comprimento com um intertravamento macho e fêmea, laços de metal e núcleo de grade de waffle (ICF Builder Magazine, 2017).

O maior desafio enfrentado na época, foi conseguir comprovar a legitimidade do produto e a aceitação pelas companhias de seguros e nos códigos de incêndio. Houve bastante resistência pelos empreiteiros na época, pois não queriam mudar a forma em que estavam acostumados a construir, mas com a facilidade de instalação, o sistema ganhou espaço no mercado (ICF Builder Magazine, 2011).

De acordo com Isocret do Brasil apud Bastos Junior (2018), o sistema construtivo chegou ao Brasil na década de 1990, como um avanço na concepção construtiva da época. O sistema foi analisado e testado pelo Instituto de Pesquisas Tecnológicas de São Paulo (IPT-SP) e pela Universidade de Campinas (Unicamp) com o intuito de proporcionar um salto qualitativo nas inovações do setor da construção civil, no qual tiveram resultados satisfatórios. Os produtos são fabricados de acordo com a ISO 9002 e as normas ASTM (EUA) e ABNT (BRASIL).

Atualmente no mercado brasileiro, através da pesquisa bibliográfica e contato com profissionais de mercado, notam-se gargalos na cadeia do sistema em ICF, pela falta de normalização específica. Alguns fabricantes, apoiam-se na norma de paredes de concreto (ABNT NBR 16055/2012), entretanto, outros buscam certificações técnicas de mercado como as Diretrizes Técnicas (DATEC¹/SINAT²).

¹ Documento de Avaliação Técnica (DATEC) é um documento técnico que contém resultados de uma avaliação técnica e condições de execução/preparo, uso e manutenção (IPT, 2023).

² Sistema Nacional de Avaliações Técnicas de Produtos Inovadores e Sistemas Convencionais (SINAT) é um sistema que avalia produtos inovadores utilizados no processo de construção e que não possuem normas técnicas estabelecidas pela ABNT (GOV, 2020).

1.2. JUSTIFICATIVA E PROBLEMA DE PESQUISA

O atual processo de construção utilizado no Brasil não é o mais apropriado à realidade, isto porque, com o decorrer dos anos, surgem novas exigências tecnológicas, sejam elas para obterem maiores resultados, para atenderem hábitos populacionais ou para reduzirem custos (LUEBLE, 2004).

Na presente questão, podem haver visões diferentes do autor acima, já que sistemas ditos convencionais também podem ser de alguma forma racionalizados, otimizando processos e técnicas, com determinadas evoluções e resultados. A diversidade de sistemas construtivos certamente pode contribuir para uma saudável concorrência que possa trazer mais opções para os usuários, que são a ponta e a razão do processo, neste recorte da cadeia produtiva.

Conforme Siqueira (2017), o sistema construtivo em ICF demorou a ser aderido e pouco utilizado no Brasil, devido à grande resistência pela adoção do método. A alternativa vem se mostrando bastante eficaz em diversos quesitos, mas sua rapidez de execução e diminuição de resíduos tem se destacado, além da durabilidade, leveza e isolamento termoacústico (ABRAPEX, 2016).

Considerando o contexto da cadeia produtiva da construção brasileira, onde uma importante camada ainda trata com sistemas ditos convencionais, a inserção de sistemas construtivos de vedação vertical industrializados ou inovadores, com as devidas referências técnicas, é de grande relevância para a melhoria dos números da referida cadeia.

Assim, estudar o sistema de vedação vertical composto de blocos de EPS preenchidos com concreto e revestimento de argamassa - *Insulated Concrete Forms (ICF)*, faz parte do esforço de vários componentes do *construbusiness*³, no qual meio acadêmico tem relevante papel, no sentido de contribuir para a evolução e ganhos de produtividade, no contexto social, econômico, com foco em conceitos como sustentabilidade do sistema.

Na esteira da discussão, neste recorte da cadeia produtiva, busca-se contribuir para o entendimento dos atores envolvidos, no sentido de compreender os aspectos construtivos deste novo sistema de vedação vertical, demonstrando a partir do estudo do passo a passo

³ *Construbusiness*: “O termo *construbusiness* representa, de forma ampla, a complexa cadeia da construção civil” (VASCONCELOS, CRUZ e SANTOS)

construtivo do sistema em ICF, as características que tem levado o mercado brasileiro a utilizar de forma crescente a presente solução construtiva.

1.3. OBJETIVOS

Os objetivos deste trabalho são apresentados a seguir.

1.3.1. Objetivo geral

Este trabalho tem como finalidade descrever as etapas construtivas do sistema de vedação vertical composto de blocos de EPS preenchidos com concreto - *Insulated Concrete Forms (ICF)*.

1.3.2. Objetivo Específico

- Explorar os aspectos gerais do sistema ICF;
- Analisar e descrever as etapas construtivas do sistema desde a fase inicial de projeto até a finalização da obra, no recorte da análise como vedação vertical de edifícios.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. NORMAS PERTINENTES AO TEMA

Segundo o SINDUSCON (2013), a extensa cadeia produtiva do sistema construtivo no Brasil, tem-se mostrado cada vez mais inovador, de modo que apresentam uma evolução dos processos de forma consistente, no sentido de compreender novas tecnológicas e técnicas, que eleva o nível aos mesmos patamares dos países de primeiro mundo. Neste contexto, entende-se que é de suma importância a incorporação de um conjunto de normas para assegurar todo o setor, reduzindo quaisquer vulnerabilidades de futuras edificações, assegurando ao empreendimento qualidade, conforto, segurança e qualidade.

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) é um dos fóruns oficiais responsáveis pela elaboração, controle e atualização do arcabouço normativo, no qual tem papel crucial de garantir a qualidade do processo construtivo no país (SINDUSCON, 2013).

O sistema construtivo em ICF ainda não possui normas técnicas específicas para execução no Brasil. Porém, segundo Isocret do Brasil (2018), o sistema construtivo com ICF se enquadra em diversas normas de regulamentação das construções e é compreendida em jurisdições variadas. O sistema em questão atende as seguintes normas:

- Norma de desempenho e eficiência energética da NBR 15575 - Edificações Habitacionais.
- DIRETRIZ SINAT 11/2014, que aborda a construção de paredes utilizando EPS.
- ABNT NBR 6118/2014 - Projetos de estruturas de concreto - procedimento
- ABNT NBR 16055/2012 - Paredes de Concreto moldada no local para construção de edificações - Requisitos e Procedimentos
- ABNT 12655/2022 - Concreto de cimento portland - Preparo, controle, recebimento e aceitação - Procedimentos

Conforme já citado anteriormente, tem-se ainda uma certa confusão com relação a qual norma o sistema se aplica e também, atores da cadeia que estão buscando normalização através dos DATECs/SINATs, já numa clara direção de uma futura norma específica sobre o tema.

Em concordância, ainda no ano de 2023, uma empresa do estado de Mato Grosso, que

executa edificações com o método do ICF, realizou uma avaliação técnica do sistema com o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) (DATEC N° 045), onde tal avaliação foi realizada para a normatização do sistema em questão, podendo-se ser aplicada somente pela empresa, que é a única responsável pela qualidade do produto. A avaliação técnica foi obtida de acordo com a Diretriz SINAT N° 011 - “Paredes, moldadas no local, constituídas por componentes de poliestireno expandido (EPS), aço e argamassa, microconcreto ou concreto” e de acordo com a norma ABNT NBR 15575 (parte 1, 2 e 4).

Nota-se também, a partir das pesquisas realizadas junto ao mercado, de gargalos relativos aos agentes financiadores como a CAIXA, por exemplo, que em algum momento teve alguma dificuldade para referenciar o sistema, mas que com as últimas iniciativas do mercado em busca de normatizar o sistema, tem facilitado os canais de financiamento entre instituição financeira e consumidor final.

2.2. SISTEMA DE VEDAÇÃO VERTICAL INTERNA E EXTERNA

2.2.1. Alvenaria Estrutural

Segundo Kalil (2007), a alvenaria estrutural está presente há muitos anos, porém somente na década de 80 que a mesma veio se tornar mais visível no Brasil. Assim, construtores viram a alternativa como uma oportunidade de crescimento e investiram na tecnologia. Apesar de ser uma técnica construtiva tradicional, estes investimentos ao longo dos anos proporcionaram maiores variabilidade de blocos, de diferentes tamanhos e resistência, possibilitando otimizar o processo construtivo em alvenaria estrutural (NETO, PELOSO e CARVALHO, 2015).

A alvenaria estrutural trata-se de um o sistema construtivo que aliado a outros elementos estruturais são capazes de absorver e resistir a cargas e distribuí-las ao longo do plano da parede, ou seja, paredes com funções estruturais denominadas autoportantes (ROMAN, 1999).

Este sistema não utiliza-se pilares, vigas, pois a resistência depende unicamente dos elementos utilizados que podem ser compostos por: blocos de concretos, blocos cerâmicos ou tijolos cerâmicos maciços no qual estas unidades devem agir como uma combinação para suportar à compressão (NETO, PELOSO e CARVALHO, 2015)

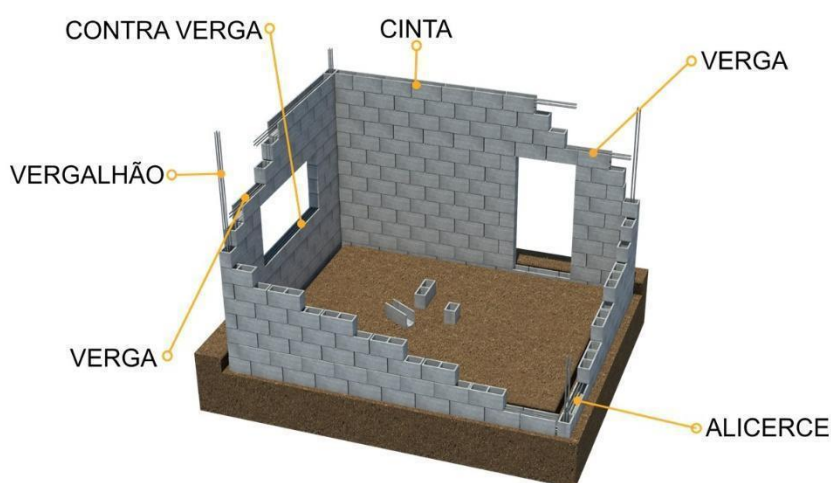
Entretanto, o sistema estrutural possui algumas particularidades que devem ser consideradas ao aderir ao sistema, principalmente em edifícios que estejam localizados áreas

de instabilidade, como por exemplo, possíveis abalos sísmicos, pois o sistema não apresenta resistência a grandes esforços de tração. No entanto, no Brasil não há incidência de causas relacionadas a esta exemplificação (NASCIMENTO, 1999).

Por outro lado, Klein e Maronezi (2013), relatam sobre as principais vantagens deste sistema, que se destacam a durabilidade, resistência a choque, vibrações, altas temperaturas, conforto térmico e acústico e facilidade dos insumos.

Diante as vantagens do processo de alvenaria estrutural citado no parágrafo anterior, observou-se no Brasil uma crescente demanda da adoção deste sistema, pois além de apresentar vantagens referentes à qualidade, possuem também redução dos custos da obra pois há menor consumo de aço, diminuição da espessura da argamassa de revestimento, ou até mesmo a ausência (NETO, PELOSO e CARVALHO, 2015).

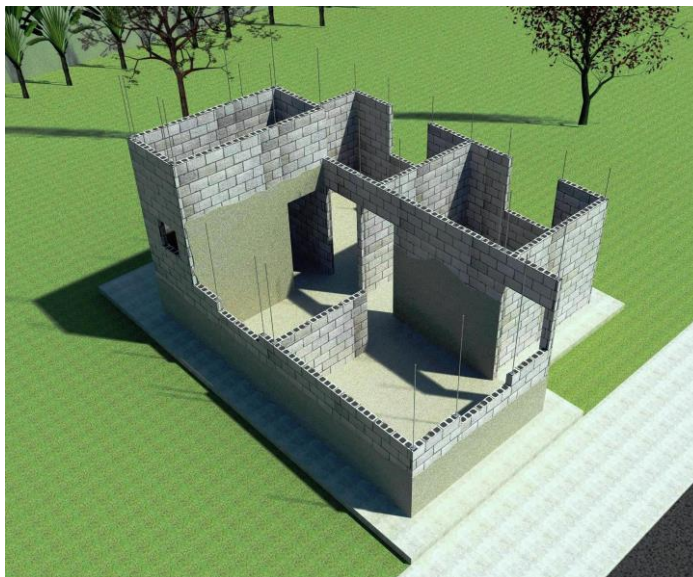
Figura 1 – Alvenaria Estrutural



Fonte: Construindo Casas

A figura acima ilustra uma alvenaria estrutural de bloco de concreto, formando um conjunto monolítico entre os elementos estruturais com a função de resistir aos esforços presentes em um projeto. Além disso, o sistema traz em sua essência uma compatibilidade com os projetos elétricos, hidráulicos e arquitetônicos (FERREIRA, 2010). Por outro lado, Alves (2015) relata sobre a baixa agilidade do processo e tecnologia como principais desvantagens deste sistema.

Figura 2 - Exemplificação do processo de construção de alvenaria estrutural



Fonte: Pedroso, 2015

Na execução da alvenaria estrutural são utilizados blocos que devem apresentar aspecto homogêneo e compacto, com arestas vivas, sem danos, sem trincas e textura áspera para a boa aderência de revestimentos. A ligação dos blocos é feita a partir do uso de argamassa de assentamento, que tem função de vedar os espaços, impedindo a passagem de vento e água nas edificações (ARAÚJO E ARAÚJO, 2020).

2.2.2. Concreto Armado reticulado com vedação convencional

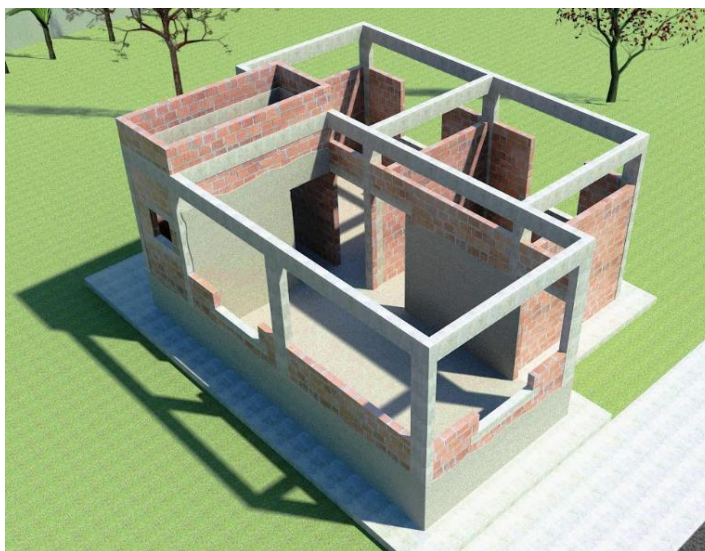
Segundo Pedroso (2015), a alvenaria convencional é o sistema de maior adoção no Brasil, no qual é difundida em todas as regiões do país, por se tratar de um sistema ligado ao conjunto de estruturas formado por interações entre os pilares, vigas e lajes, de modo que este sistema é responsável pela vedação compondo o conjunto estrutural da obra.

Deste modo, na alvenaria convencional as funções de resistência a cargas são de responsabilidade do sistema estrutural, no qual estas funções são destinadas para os pilares, e vigas, no qual os mesmos trabalham juntos, onde as barras de aço resistem à tração e o concreto resiste a compressão (ARAUJO E ARAUJO, 2020).

Segundo Bimbon (2015), pode-se observar que as principais funcionalidades da alvenaria convencional são para vedação e separação de ambientes, onde as paredes não resistem às cargas verticais além dos seus próprios pesos, tornando-o assim um sistema de vedação. Deste modo, as paredes servem exclusivamente para fechamentos e divisão dos

espaços, no qual os esforços são absorvidos através dos pilares, lajes e vigas (FERREIRA, 2015).

Figura 3. Exemplificação do processo do sistema de construção da alvenaria convencional.



Fonte: Pedroso, 2015

Os sistemas presentes na (figura 3), é um dos mais utilizados em projetos de residências de médio a alto padrão, no qual consiste na associação de sistema estrutural tradicional (vigas e pilares de concreto armado) e alvenaria de vedação (blocos de concreto ou cerâmicos) sem funções estruturais. De modo que, por não possuir funções estruturais, geralmente são cortadas para a passagem de tubulações hidráulicas e eletrodutos (PIANCA, 1978).

Os elementos utilizados neste sistema, geralmente, são blocos ou tijolos industrializados de formatos de paralelepípedo, facilmente manuseáveis, que podem ser vazados, perfurados ou maciços e de diferentes composições de fabricação. Os blocos diferenciam-se dos tijolos pela sua dimensão de tamanho. A argamassa é o elemento de assentamento em lâmina endurecida, intercalada ou aderente, no qual às unidades garantem a continuidade sem separações do conjunto (ARAÚJO E ARAÚJO, 2020).

O sistema também deve incluir o encunhamento na junção entre a parede e os elementos estruturais, como vigas ou o fundo das lajes, para assegurar a estabilidade da estrutura.

Figura 4. Sistema de vedação convencional.



Fonte: Pedroso, 2015

Na figura 4, observa-se que os blocos cerâmicos estão introduzidos entre os pilares e vigas, protegendo a estrutura de ações atuantes, além de preencher os espaços. Nesta etapa é indispensável a verificação e avaliação do nivelamento, alinhamento e esquadros das paredes. Para o assentamento da alvenaria é de suma importância a realização do planejamento e detalhamento dos projetos construtivos para evitar desperdício de material (SOUSA, 2020).

Este sistema de bloco cerâmico é considerado um processo artesanal, pois necessita assentar um bloco por vez diante da linha da parede conforme Santiago (2010). É um sistema lento e demanda maiores quantidade de mão de obra comparado com qualquer sistema de pré-moldado, além de destacar-se pelo alto índice de quebras, retrabalhos, desperdícios e falta de padronização dos componentes de alvenaria. (SOUSA, 2020).

2.2.3. Paredes de Concreto

Paredes de concreto são fôrmas moldadas in loco, preenchidas com concreto auto adensável, com armações e instalações elétricas e hidráulicas já embutidas no interior. Neste aspecto, a mesma constitui-se em um sistema de vedação e elemento estrutural. A concretagem das paredes se dá simultaneamente com as lajes, e em seguida são retiradas as fôrmas deixando as paredes preparadas para receberem a finalização e acabamento final.

Figura 5 - Parede de concreto moldada in loco



Fonte: Pedroso, 2015

O sistema construtivo ganhou destaque na década de 80 após a extinção do Banco Nacional de Habitações (ANB), dando origens às tecnologias que fossem capazes de racionalizar a produção, otimizar as atividades e reduzir custos (SACHT, ROSSIGNOLO e BUENO apud MACEDO, 2016).

Quando o processo iniciou no Brasil, as paredes de concreto não eram projetadas para exercer função estrutural, em razão de não existirem estudos e normas que atestassem a funcionalidade e segurança. Atualmente, com a norma em vigor, as paredes de concreto são armadas e exercem função estrutural (NUNES, 2011).

Essa alternativa de sistema construtivo de vedação tem como regulamentação a ABNT NBR 16055:2012, a qual define os requisitos imprescindíveis para os aspectos estruturais (PEDROSO, 2015). De acordo com a NBR 16055, os elementos que compõem o sistema são basicamente o concreto, fôrma e armação. Estes componentes em conjunto devem ser projetados para resistir todas as ações que sobre ela produzem efeitos significativos tanto na construção, quanto para a vida útil da edificação.

O sistema de construção com paredes de concreto permite executar com agilidade em obras de grandes escalas como condomínios, vilas e outros. Assim, as paredes e os outros componentes estruturais são moldados in loco, com a utilização de fôrmas adaptadas para cada projeto (MACÊDO, 2016).

Figura 6 – Exemplificação do processo de parede de concreto

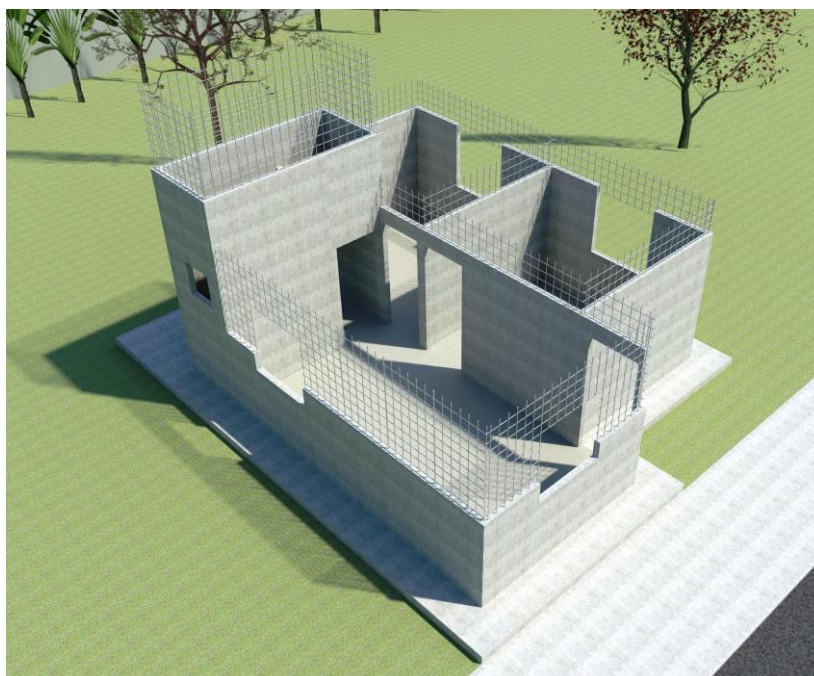


Fonte: Faria, 2009

Na figura acima, as instalações de elétrica e hidráulica já estão embutidas internamente. A definição se as instalações devem ser embutidas ou não, são decisões do projetista estrutural, visto que o embutimento pode interferir na estrutura.

Na figura a seguir, as paredes de concreto estão armadas, com o objetivo de resistir aos esforços de tração para tornar a edificação mais resistente.

Figura 7 - Paredes de concreto moldados in loco



Fonte: Pedroso, 2015

2.2.4. *Steel Frame*

O sistema em *Steel Frame* consiste em estruturas de perfis de aço zincado por imersão a quente ou por eletrodeposição e formados a frio, unidos por parafusos autobrocantes e pinos especiais, criando painéis de paredes, estrutura de lajes e cobertura, preparado para receber os esforços dissipados pela estrutura (CAIXA, 2003).

Figura 8 - Vedação em *Steel Frame*



Fonte: Pedroso, 2015

A vedação desta estrutura é composta por chapas cimentícias, gesso acartonado, PVC, OSB, e outros componentes que formam painéis. Esta vedação é complementada por elementos que sejam capazes de certificar a estanqueidade das ações provenientes da variação de temperatura, servindo como mantas para isolamento acústico, a fim de atender os requisitos mínimos de desempenho (PEDROSO, 2015).

Tal sistema é utilizado para a composição de treliças, vigas e outros componentes estruturais, onde estes elementos em união são capazes de resistir aos esforços solicitados pela estrutura. O mesmo é caracterizado como um sistema de alta industrialização que possibilita uma construção com uma velocidade considerável (CRASTO, 2005).

Ainda para Crasto, a escolha da mão de obra e dos materiais empregados para a execução do sistema são de suma importância para garantir a qualidade da construção. Sendo assim, para que o sistema cumpra as funções estabelecidas, é necessário que os componentes estejam bem interligados entre si, para garantir o desempenho projetado e que os materiais

utilizados sejam adequados.

Figura 9 - Estrutura em *Steel Frame*



Fonte: Pedroso, 2015

A leveza da estrutura é vista como uma vantagem na sua utilização, em razão do aço ser distribuído através das paredes, tendo resultado nas fundações, onde ocorre um alívio das cargas. Apesar de ser uma vantagem, esta qualidade pode-se mostrar desvantajosa em relação a sua leveza pois, por ser uma estrutura leve, possui um número máximo de andares, limitando em cinco pavimentos (BASSO *et al*, 2014).

O sistema é bastante consolidado em países desenvolvidos, mas teve seu crescimento muito demorado no Brasil, onde as primeiras edificações construídas em *steel frame* foram por construtores do Sul e no Sudeste da região (OLIVEIRA, 2012).

Na figura abaixo, busca-se apresentar uma estrutura em *Steel Frame*, mostrando a função dos elementos estruturais dos perfis de aço. Para dizer o essencial, *steel frame* é uma estrutura composta por vigas, lajes e pilares de aço que interligados resistem às cargas e esforços gerados pela edificação.

Figura 10 - Casa Micura *Steel Frame*



Fonte: Portal Metálica, 2021

2.2.5. *Drywall*

Drywall é um sistema muito utilizado na construção de paredes não estruturais, forros, shafts e revestimentos para ambientes internos e externos, podendo ser para área seca e/ou molhada. A expressão *drywall* traduzida para a linguagem inglesa significa “parede seca” (JUNIOR, 2008).

O começo do uso das placas de gesso se deu no início do século XX, nos Estados Unidos. A utilização repercutiu em grande escala e disseminou-se muito nos países desenvolvidos. No Brasil, a técnica começou a ser empregada em meados de 1972, quando as primeiras placas de gesso foram produzidas. Todavia, mesmo com toda repercussão nos exemplares de arquitetura brasileira, a tecnologia só foi introduzida com produção em larga escala na década de 90 (REIS, MAIA e MELO, 2003).

As chapas de *drywall* são compostas por placas de gesso parafusadas em perfis de aço galvanizados, acessórios de fixação e insumos, que em conjunto tem um bom resultado em resistência mecânica e acústica (COMAT, 2009-2012). De acordo com LESSA (2005), existem três tipos de placas de gesso fabricadas para uso: a standart para ambientes secos, como salas e quartos; a chapa verde (RU) para ambientes úmidos; e a chapa rosa (RF) para ambientes externos com exigência de resistência a propagação de fogo.

A principal distinção entre os métodos construtivos em Drywall e Steel Frame está na finalidade de aplicação. O drywall é destinado para uso interno e externo em construções, sendo utilizado para divisórias ou acabamentos. Por outro lado, o Light Steel Frame é um sistema

estrutural completo que emprega perfis de aço para suportar não apenas a estrutura principal, mas também pode ser aplicado de forma abrangente em fachadas.

Figura 11 - Sistema em *Drywall*



Fonte: R CERVELLINI, 2016

O *drywall* é um material muito versátil, que possibilita uma obra organizada e limpa, constituído de diversos componentes que trazem bons resultados à obra. O sistema é completamente industrializado, resultando em maior produtividade, redução das cargas, o que interfere no custo final da obra (CHAGAS, SANTOS e FERREIRA, 2021)

Berres *et al* (2017) afirma que o sistema de construção em *drywall* é normatizado pela ABNT NBR 15575, garantindo os parâmetros de resistência mecânica, resistência ao fogo e resistência acústica. Afirma-se também que o método em comparação com a alvenaria, é menos resistente a impactos, porém atende a todos os requisitos estabelecidos em norma.

Segundo Chagas, Santos e Ferreira (2021), as paredes em *drywall* podem ser bastante resistentes, suportando diversos pesos e dimensões. A fixação de elementos geralmente é feita nas chapas de aço ou em reforços aplicados na parede. Ocasionalmente, alguns objetos necessitam de suportes específicos na fixação, como mão francesas, cantoneiras e outros.

Esta tecnologia está ganhando espaço no mercado e sendo muito adotada por arquitetos e engenheiros, por ser um sistema que não utiliza-se de argamassa para execução, gerando menos entulho e causando um baixo impacto ambiental, além de que os materiais utilizados, como o aço, são totalmente recicláveis. (SANTOS E SOUZA, 2014).

2.2.6. Wood frame

Por décadas o sistema *Light Wood frame* (LWF) tem sido uma tecnologia importante adotada nos países desenvolvidos da Europa, Oceania e América do Norte, no qual 90% das construções americanas estão inseridas dentro do sistema. Segundo os dados históricos, os primeiros índices do uso deste sistema construtivo de pré-fabricação foram em 1578, levada da Inglaterra para o Canadá (SOUZA, 2013).

A técnica surgiu com o desenvolvimento da industrialização na construção civil, onde as pessoas queriam construir de forma rápida, reduzindo os custos, mas que fossem resistentes a ações adversas e mantivessem a qualidade. Porém, naquela época utilizava-se pouco aço, devido ao elevado preço e a ausência do material. Desta forma, o *Wood Frame* era o mais utilizado, em que a madeira leve e as mais resistentes destacavam-se (ALLEN e THALLON apud OLIVEIRA E NETO, 2019).

Light Wood Frame é um sistema construtivo que predomina técnicas e materiais diferentes do processo construtivo predominante no Brasil. O material principal utilizado no sistema é a madeira, no qual se aplicam como sistema estrutural do projeto. Esta introdução de técnicas industrializadas permitiu a redução do custo e a facilidade operacional de montar e desmontar (SOTSEK, 2018).

Figura 12. Detalhe de vedação externa.



Fonte: www.ipog.edu.br (2014).

Neste sistema, a madeira enquadra-se como o principal material utilizado no processo construtivo encaixados entre si em posições horizontais, verticais ou inclinadas, no qual as paredes são preenchidas através de argamassas, pedras ou tijolos.

A construção do sistema em *Wood Frame* pode ser executado de forma manual, onde a obra se torna um grande serviço de carpintaria. Pode-se também ser executada de forma industrializada, onde alguns elementos estruturais e as paredes são fabricados em uma indústria e transportados por guindaste para a obra, fazendo a encaixe das peças (CARDOSO, 2015).

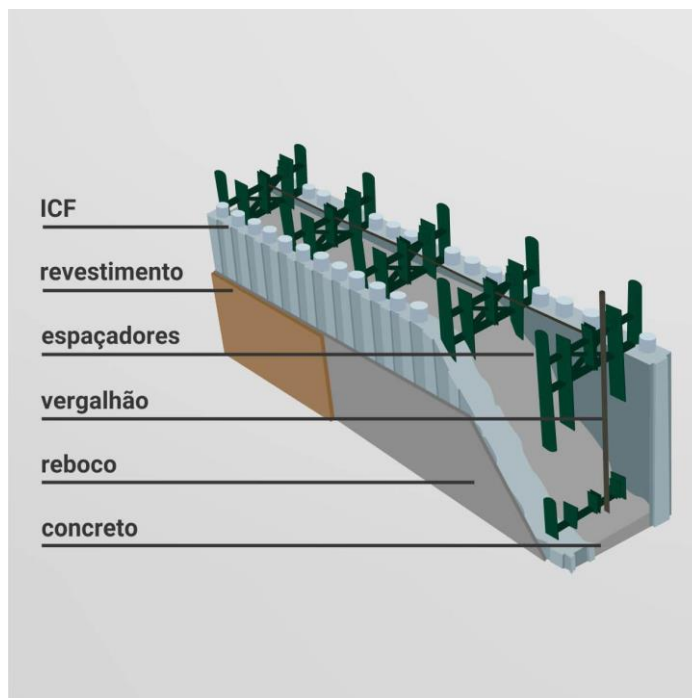
Segundo Sotsek (2018), o sistema *Wood Frame* apresenta algumas vantagens como: limpeza da obra durante o processo, pré-construção em ambiente industrializado, otimizando o processo construtivo, matéria prima renovável na construção civil, estabilidade de preços dos materiais e flexibilidade de projeto. No entanto, a mão de obra necessita ser especializada, limitando o avanço deste sistema no Brasil, além das limitações de alturas dos edifícios, que chegam até 5 pavimentos.

Este sistema no Brasil, possui uma norma específica para normatização do método construtivo (ABNT NBR 16936:2023) - Edificações em Light Wood Frame). Esta norma estabelece os critérios técnicos e os requisitos necessários para a construção de edificações utilizando este método, assegurando a qualidade, segurança e durabilidade das construções.

2.2.7. Sistema de vedação vertical em ICF (*Insulated Concrete forms*)

O ICF, do inglês Insulated Concrete Forms, é um sistema composto de dois painéis de EPS (poliestireno expandido), com ligações de plástico ou aço, formando assim uma fôrma para concreto isolante (ICF MAGAZINE, 2021).

O EPS (Poliestireno Expandido) é um hidrocarboneto puro composto por carbono, hidrogênio e 98% de ar, tornando-se um material endurecido e leve. Poliestireno são esferas pequenas de 0,5 mm a 2,4 mm, com gás pentano (C₅H₁₂), onde tal, faz o material se expandir. Ainda, o poliestireno é resistente ao mofo, bolor, umidade, cupim e infestação de insetos (BASTOS JUNIOR, 2018).

Figura 13 - Sistema em ICF

Fonte: Fase ICF, 2019

A utilização das fôrmas de EPS foi disseminado na Europa por volta dos anos 50, com a intenção de criar algo inovador, com custos reduzidos, termoacústicos e sustentáveis, a fim de tentar diminuir os danos das construções causados por desastres naturais, como: terremotos e as baixas temperaturas (BASTOS JUNIOR, 2018).

As fôrmas de ICF são painéis conectados que são empilhados a seco, preenchidos com concreto por bombeamento e lançamento do local, podendo ser orientadas de forma horizontal, vertical ou em painéis rígidos maiores e com o vergalhão pré posicionado. Os blocos se encaixam tipo lego, que fazem a fôrma de concreto para paredes de vedação ou de estrutura (PIERSON, 2021).

Segundo Antunes e Junior (2021), o sistema construtivo em ICF pode ser muito inovador para a cadeia da construção civil, pois se trata de uma alternativa bastante resistente comparada a outros métodos construtivos, além de trazer um conforto térmico e acústico para o empreendimento, redução dos custos e de resíduos, impactando no custo indireto da construção.

“O sistema ICF é composto por paredes estruturais, escadas, lajes estruturais e cobertura. Tendo como objetivo a diretriz das paredes internas e externas, as quais constituem a vedação vertical, tendo como função estrutural e autoportante” (JUNIOR, 2018).

Figura 14 - Exemplificação do processo de construção do ICF



Fonte: Isocret do Brasil, 2020

No recorte da análise como vedação vertical, as paredes em ICF agem como vedação e estrutura, reduzindo os esforços e cargas atuantes nos pilares e vigas, concedendo redução das cargas estruturais totais do edifício. Destaca-se também a diminuição do uso de fôrmas de madeira para moldagem, pois com o sistema, após a concretagem, não é necessário retirar as fôrmas de EPS, assim, reduzindo o desperdício de materiais (ISOCRET DO BRASIL, 2022).

Este sistema de construção admite qualquer tipo de fundação, mas as mais indicadas são as do tipo radier e sapata corrida, pois de acordo com Jesus e Barreto (2018), estas fundações permitem realizar as marcações dos perímetros de paredes e colaboram na orientação das fôrmas.

Na sequência deste trabalho, conforme descrito na metodologia, o sistema em ICF será explorado em todo o seu passo a passo executivo, mediante documentos e normas até então existentes no país, configurando então as atividades que serão executadas a partir da defesa do TCC 1, no decorrer do TCC 2.

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Para desenvolvimento deste trabalho, foi utilizado a metodologia de pesquisa qualitativa, que tem como característica a objetivação de fenômenos, hierarquização das ações de descrever, explicar e compreender (GERHARDT e SILVEIRA, 2009).

Esta pesquisa se orienta pela revisão da literatura que abrange a consulta em artigos científicos, monografia, teses, dissertações e documentos de fonte eletrônica.

A revisão literária contempla informações baseadas acerca dos sistemas de vedações verticais presentes atualmente na cadeia produtiva da construção, no qual foi fundamental para a compreensão das características, história e utilização de cada método construtivo.

Para o TCC2 foi abordado de forma detalhadamente as etapas construtivas para a execução de paredes com o sistema em ICF - *Insulated Concrete Forms*, buscando explorar o passo a passo construtivo da vedação vertical em obras brasileiras, buscando contextualizar aspectos de projeto e execução, envolvendo os atores da cadeia produtiva.

A exploração de aspectos relacionados a orçamento e estudos comparativos aplicados não foram escopos deste trabalho, sendo objetos de pesquisas futuras, sendo o foco principal, a discussão do passo a passo construtivo.

4. DETALHAMENTO DO SISTEMA CONSTRUTIVO

A seguir serão apresentados os passos a passos construtivos para a execução do sistema ICF - *Insulated Concrete Forms* de duas respectivas empresas: Empresa A e Empresa B.

4.1. Processo construtivo da empresa A

A empresa, originária no Mato Grosso, é reconhecida como uma referência em construções sustentáveis no Brasil. Ela atende aos requisitos estabelecidos pela Diretriz Sinat nº 011 e pela norma ABNT NBR 15575 em termos de desempenho de suas edificações. Esse reconhecimento foi comprovado por laudos elaborados nos laboratórios do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT).

A seguir será apresentado um passo a passo executivo, com base no documento Datec nº 045, onde as etapas construtivas das paredes, especialmente, foco deste trabalho, serão demonstradas.

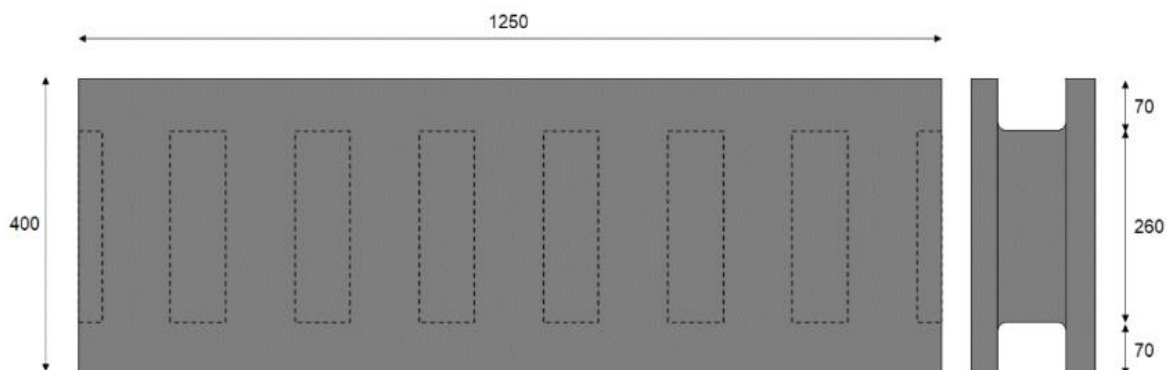
As paredes estruturais da empresa A são moldadas in loco a partir do preenchimento

dos vazios dos blocos de EPS com concreto e barras de aço da armadura. As paredes apresentam espessura total de 230 mm, sendo 180 mm de espessura do bloco e 25 mm de revestimento em cada uma das faces do bloco.

A empresa A utiliza um revestimento de 25mm em cada face do bloco, porém, isso não está em conformidade com os requisitos mínimos estabelecidos pela ABNT NBR 13749:2013. Segundo essa norma, os revestimentos internos devem ter espessura entre 5mm e 20mm, enquanto os revestimentos externos podem variar entre 20mm e 30mm, o que está dentro dos limites aceitáveis.

Os blocos de EPS apresentam dimensões nominais de 1250 mm de comprimento, 400 mm de altura e 180 mm de largura (Figura 15), com 7 furos verticais de 100 x 100 mm e dois rebaixos longitudinais de 70 x 100 mm, sendo um no topo e outro na base do bloco (Figura 16). Há também sulcos verticais de 5 mm de profundidade e 6 mm de largura na superfície, espaçados a cada 18 mm (Figura 17).

Figura 15 - Dimensões do bloco de EPS

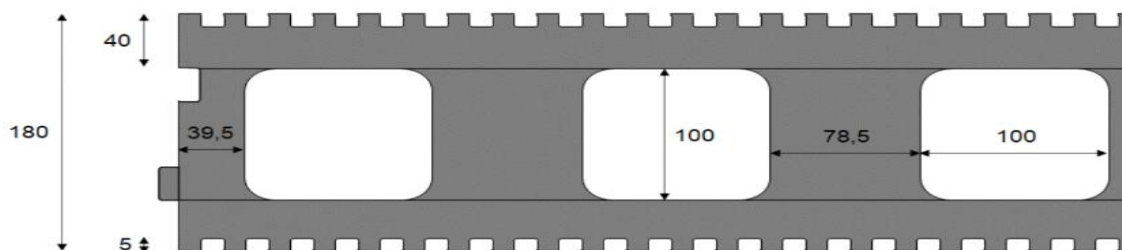


Fonte: DATEC nº 045, 2023

Figura 16 - Dimensões do bloco de EPS



Fonte: DATEC nº 045, 2023

Figura 17 - Dimensões do bloco de EPS

Fonte: DATEC nº 045, 2023

O concreto utilizado para preencher os vazios dos vãos do bloco é um concreto convencional, de classe de consistência S160, seguindo a ABNT NBR 7212 e as especificações para cada classe de agressividade ambiental da ABNT NBR 6118.

Tabela 1 - Especificações do concreto

Especificação	Classe de Agressividade Ambiental (ABNT NBR 6118)		
	I	II	III
Relação a/c	$\leq 0,65$	$\leq 0,60$	$\leq 0,55$
f_{ck} mínimo	C20	C25	C30

Fonte: DATEC nº 045, 2023

As armaduras verticais das paredes são constituídas de barras de aço de CA50 com Ø8 mm a cada 360 mm e comprimento correspondente a toda altura do pavimento a ser executado. As barras são centradas nos furos verticais dos blocos de EPS e ancoradas com resina epóxi no elemento de fundação em uma profundidade de 150 mm.

Embora a empresa tenha padronizado seus processos, é essencial considerar as cargas e as distribuições de tensões para dimensionar corretamente a ancoragem, o espaçamento e o diâmetro das armaduras.

As armaduras horizontais são constituídas de barras de aço de CA50 de Ø6,3 mm a cada fiada de blocos. A armadura horizontal é centrada no rebaixo horizontal dos blocos superior e inferior. Para o posicionamento das armaduras horizontais, usa-se espaçadores de plásticos de 50 mm.

Para as armaduras de vãos de portas e janelas são utilizadas barras de aço de CA50 de Ø8 mm nas laterais e nas vergas e Ø6,3 mm nas contravergas.

Considerando o exposto, nota-se que o presente processo construtivo baseia-se na utilização do EPS como elemento de composição num primeiro momento da fôrma e posteriormente vai integrar-se à vedação vertical, num conjunto que deve atender às prescrições e parâmetros estruturais, com normativas, entre outros. Nesta direção, onde processos e técnicas construtivas que venham a agregar velocidade, racionalização, entre outros aspectos, podemos compreender que o sistema de vedação em ICF apresentado pode constituir-se de provável boa alternativa para incrementar produtividade a cadeia da construção brasileira, no contexto tratado.

a) Primeiramente é feita a marcação e o posicionamento provisório da primeira fiada de blocos (Figura 18) e o posteriormente o chumbamento da armadura vertical das paredes no elemento de fundação ou piso (Figura 19);

Figura 18 - Marcação primeira fiada



Fonte: Datec nº 45, 2023

Figura 19 - Chumbamento das armaduras



Fonte: Datec nº 45, 2023

A primeira etapa, que envolve a marcação e o posicionamento provisório da primeira fiada de blocos, é crucial para estabelecer a base sobre a qual toda a estrutura será construída. O chumbamento da armadura vertical nas paredes, posteriormente, proporciona a ancoragem necessária para garantir a estabilidade das paredes, especialmente em áreas sujeitas a forças externas, como ventos e movimentações do solo.

b) Em seguida, procede-se com o posicionamento definitivo dos blocos da primeira fiada, encaixando as laterais entre os blocos. A ligação entre paredes a 90 graus e entre paredes em T é feita pela armadura horizontal em formato de "L" de 300 x 300 mm a cada fiada de blocos (Figura 20). Seguidamente posiciona também as barras de armadura horizontal da primeira fiada (Figura 21) e prossegue-se com o assentamento da segunda fiada (Figura 22), por meio do encaixe dos blocos tanto na primeira fiada, já assentada, quanto o encaixe lateral

entre os blocos;

Figura 20 - Ligação entre paredes a 90 graus



Fonte: DATEC nº 045, 2023

Figura 21 - Posicionamento da armadura horizontal



Fonte: Datec nº 45, 2023

Figura 22 - Assentamento segunda fiada



Fonte: Datec nº 45, 2023

c) Para o posicionamento das barras de armadura horizontal utiliza-se o espaçador plástico, apoiado nos septos internos dos blocos (Figura 23). Prossegue-se o assentamento dos blocos com juntas de amarrações até a terceira fiada, repetindo-se a colocação dos blocos e armaduras horizontais. Nos vãos de portas e janelas são colocadas fôrmas de madeiras para conter o concreto (Figura 24);

Figura 23 - Espaçador plástico

Fonte: Datec nº 45, 2023

Figura 24 - Vão portas e janelas

Fonte: Datec nº 45, 2023

O espaçador plástico, apoiado nos septos internos dos blocos, desempenha um papel essencial no posicionamento preciso das barras de armadura horizontal, garantindo uma distribuição uniforme e adequada das forças ao longo da estrutura. A utilização de juntas de amarrações durante o assentamento dos blocos contribui para reforçar as conexões entre eles, minimizando o risco de deslocamentos e garantindo a estabilidade da parede como um todo.

d) Após finalizar a terceira fiada de blocos, inicia-se o processo de concretagem inicial das paredes até a terceira fiada, dando continuidade depois com o assentamento das demais fiadas e a concretagem complementar (Figura 25). O concreto pode ser lançado tanto manual quanto por bomba.

Figura 25 - Lançamento do concreto

Fonte: Datec nº 45, 2023

A concretagem inicial das paredes até a terceira fiada garante a estabilidade e resistência das paredes desde o início, estabelecendo uma base sólida para as camadas subsequentes de concreto. No entanto, é importante ressaltar que a escolha entre o lançamento manual do concreto e o uso de bombas pode ter implicações significativas na eficiência e na qualidade do trabalho. Embora o lançamento manual possa oferecer maior controle sobre o processo, o uso de bombas pode acelerar a execução e garantir uma distribuição mais uniforme do concreto, especialmente em áreas de difícil acesso.

e) Finalizada a execução das paredes (Figura 26) procede-se à execução da laje, normalmente constituída de laje mista com vigotas treliçadas apoiadas diretamente nas paredes e enchimento de blocos de EPS e posteriormente realiza-se a concretagem (Figura 27);

Figura 26 - Paredes concretadas



Fonte: Datec nº 45, 2023

Figura 27 - Concretagem da laje



Fonte: Datec nº 45, 2023

f) Em seguida da concretagem das paredes e lajes, é realizado o embutimento de eletroduto e sub-ramais da instalação de água no bloco de EPS. Para esta instalação, usa-se um cortador a fio quente para rebaixar o bloco (Figura 28)

g) Para o revestimento das paredes, usa-se o chapisco projetado para garantir a boa aderência dos revestimentos subsequentes (Figura 29)

Figura 28 - Embutimento das instalações

Fonte: Datec nº 45, 2023

Figura 29 - Chapisco das paredes

Fonte: Datec nº 45, 2023

O chapisco é fundamental para garantir uma boa aderência dos revestimentos subsequentes às paredes. Além disso, sua aplicação deve levar em consideração a qualidade e a durabilidade do material, bem como sua capacidade de resistir a condições climáticas adversas e outros fatores ambientais. Um chapisco de baixa qualidade ou mal aplicado pode comprometer a integridade dos revestimentos finais, resultando em problemas como descascamento, fissuras ou descolamento ao longo do tempo. Portanto, escolher um chapisco de alta qualidade e seguir as especificações do fabricante, pode garantir resultados duradouros e satisfatórios.

h) Após a aplicação do chapisco, uma tela de aço galvanizado é fixada sobre a superfície. Isso é feito atravessando o bloco de EPS com arame e prendendo a tela sobre o chapisco (Figura 30).

i) Segue-se com a aplicação da argamassa, podendo ser feita manualmente ou através de projeção (Figura 31). O revestimento deve ter uma espessura de 25 mm em cada face da parede. Para garantir essa medida, bem como o alinhamento e o prumo corretos, utilizam-se taliscas e mestras. Após a cura da argamassa, finaliza-se com o acabamento final.

Figura 30 - Tela de aço galvanizado

Fonte: Datec nº 45, 2023

Figura 31 - Aplicação de argamassa

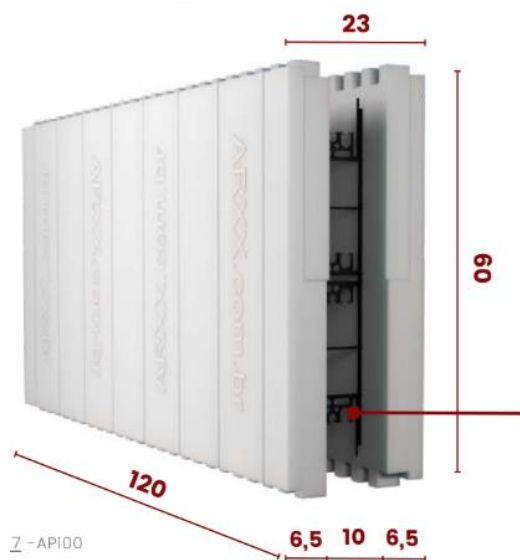
Fonte: Datec nº 45, 2023

4.2. Processo construtivo da empresa B

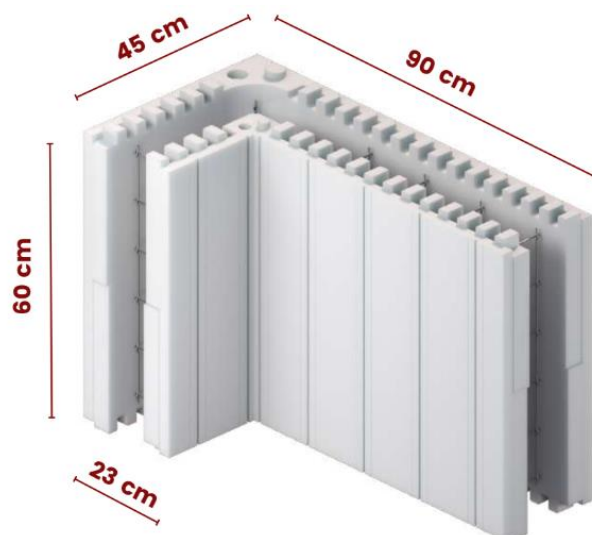
A empresa, sediada no Espírito Santo, é líder no mercado nacional e a única do nicho recomendada pela Sinduscon. Ao contrário da empresa A, esta empresa baseia-se na utilização das prescrições da norma de parede de concreto brasileira, no caso a ABNT NBR 16055:2012, e também as normas ABNT NBR 6118:2014, ABNT NBR 15575:2013, à qual apresentam o conjunto de requisitos para o sistema referido.

A seguir será detalhado o processo construtivo, baseado no Manual Técnico da ARXX de 2023, que se concentrará nas etapas de construção das paredes.

A empresa B utiliza o método onde as paredes são construídas no local, preenchendo os vazios dos blocos de EPS com concreto e inserindo barras de aço tanto na vertical quanto na horizontal. Essas paredes têm espessura total de 23 cm, sendo 65 cm em cada uma das faces do bloco, e 10 cm no interior do bloco, conectando as duas faces através de conectores. O bloco de centro apresenta dimensões nominais de 120 cm de comprimento, 60 cm de altura e 23 cm de espessura (Figura 32). Além dos blocos convencionais, a empresa também oferece um modelo específico chamado bloco de canto, proporcionando um reforço estrutural adicional e facilitando a instalação (Figura 33).

Figura 32 - Dimensões do bloco de centro

Fonte: Manual técnico ARXX, 2023

Figura 33 - Dimensões do bloco de canto

Fonte: Manual técnico ARXX, 2023

Embora os blocos das empresas A e B compartilham características semelhantes, suas distinções estéticas são perceptíveis. Enquanto a empresa A opta por uma abordagem com um bloco único, caracterizado por furos verticais estrategicamente posicionados, a empresa B adota uma estrutura mais complexa. Seus blocos são compostos por dois painéis de EPS entrelaçados por conexões de plástico ou aço. Além disso, a empresa B oferece um bloco específico para cantos, em formato de L. Essa consideração estética não é encontrada na oferta da empresa A.

a) De acordo com o manual do fabricante, antes de começar a montar os blocos, é essencial nivelar o piso para garantir que a estrutura fique reta e evitar problemas durante a montagem. A marcação das paredes deve estar precisa de acordo com o projeto, garantindo que estejam perfeitamente alinhadas e nas medidas corretas. Recomenda-se o uso de linha de giz para marcar as faces internas das paredes na fundação, assegurando o alinhamento adequado.

b) Os furos onde serão fixadas as barras de ferro são marcados e perfurados utilizando uma furadeira martetele. Essa perfuração é feita de acordo com as orientações fornecidas pelo projetista e as barras são fixadas com adesivo epóxi estrutural (Figura 34). Para garantir a posição correta das barras de aço, corte e posicione nos arranques anéis de tubo de pvc de 40 mm de diâmetro e 5 cm de comprimento. Esta prática facilitará a colocação das barras de aço verticais paralelamente aos arranques quando as fiadas estiverem montadas.

Figura 34 - Fixação barras de ferro



Fonte: Sinduscon na prática, 2021.

c) Antes de assentar o primeiro bloco, é necessário retirar os dentes de encaixe da forma de EPS que ficará em contato com a fundação, pois isso impedirá que haja vazamento do concreto durante o processo de concretagem das paredes (Figura 35).

Figura 35 - Assentamento primeiro bloco



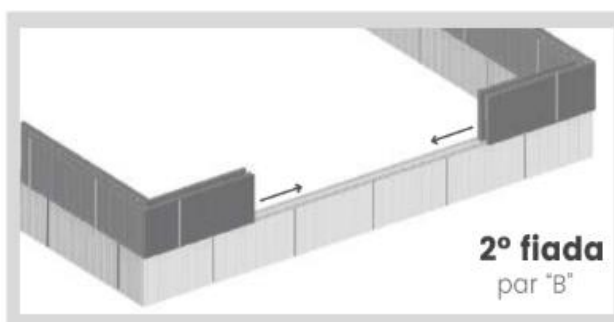
Fonte: Sinduscon na prática, 2021

d) O início da montagem da primeira fileira deve ser feito pelos blocos de canto. Após posicionar e fixar os blocos de canto, procede-se com a instalação dos blocos de fechamento, que também fazem parte da primeira fileira. Nesta primeira fiada, todos os blocos devem ser amarrados uns aos outros (pelos seus conectores), utilizando arame recozido ou abraçadeira de nylon. Durante a fixação desses blocos, é fundamental prestar atenção às aberturas de portas, garantindo que os blocos se encaixem corretamente ao redor dessas áreas (Figura 36).

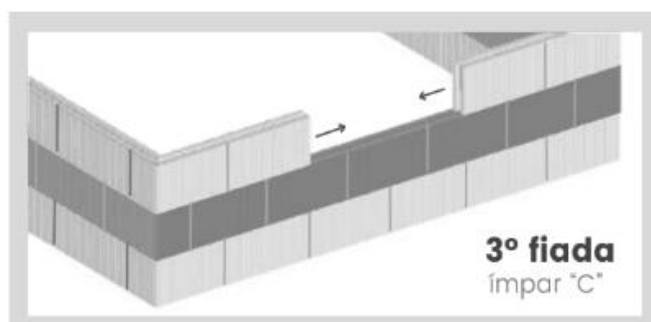
Figura 36 - Assentamento primeira fiada

Fonte: ARXX, 2023

e) Após as amarrações da primeira fiada estarem concluídas de forma adequada, é fundamental realizar uma verificação minuciosa do esquadro e do nível dessa primeira fiada. Essa etapa é essencial para garantir que a estrutura esteja corretamente alinhada e nivelada antes de prosseguir com o posicionamento da segunda fiada. A colocação da segunda fiada também se dá partindo dos cantos para o centro da parede, neste caso apenas invertendo o sentido dos blocos para amarração das fiadas, alinhando os conectores e vértices durante a montagem.

Figura 37 - Segunda fiada

Fonte: Manual técnico ARXX, 2023

Figura 38 - Terceira fiada

Fonte: Manual técnico ARXX, 2023

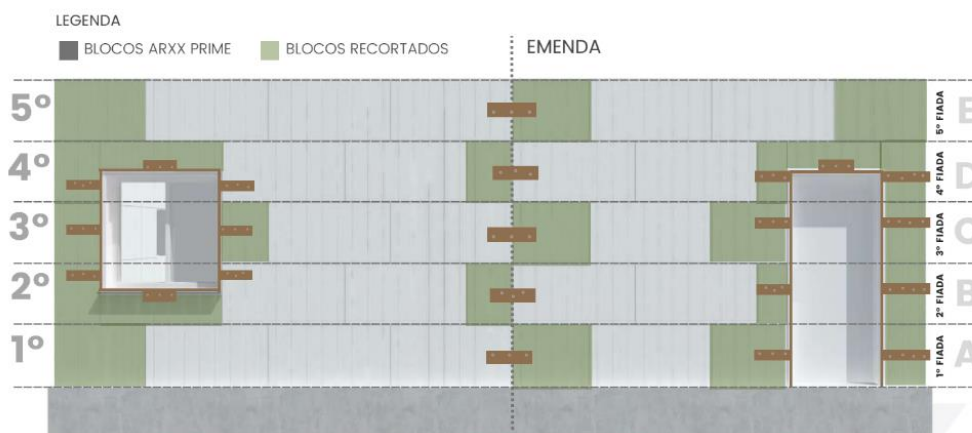
f) Após a inserção da fiada e as respectivas amarrações, inicie a colocação dos aços horizontais (Figura 39). As barras de aços horizontais são encaixadas nos conectores em cada uma das fiadas.

Figura 39 - Armações

Fonte: Pacheco, 2020.

g) Seguindo a montagem iniciando sempre pelos cantos, os recortes dos blocos serão posicionados mais ao centro da parede, garantindo os alinhamentos dos conectores e o maior aproveitamento dos blocos. Em todos os recortes, deve-se fazer um reforço das emendas utilizando madeiras parafusadas entre dois conectores do bloco recortado e dois conectores do bloco adjacente (Figura 40).

Observa-se que o posicionamento dos recortes dos blocos mais ao centro da parede não apenas assegura o alinhamento preciso dos conectores, mas também otimiza o aproveitamento dos blocos disponíveis, resultando em uma construção mais eficiente e econômica. Além disso, o reforço das emendas nos recortes dos blocos com madeiras parafusadas proporciona uma conexão sólida e segura entre os blocos, aumentando ainda mais a resistência e estabilidade da parede.

Figura 40 - Reforço nos recortes dos blocos

Fonte: Manual técnico ARXX, 2023

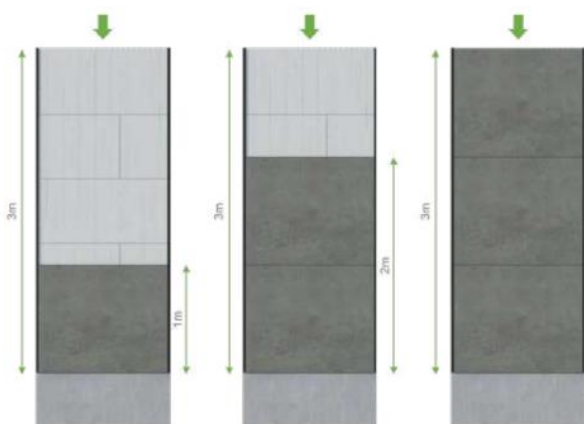
h) Para garantir o perfeito alinhamento vertical das paredes, é necessário realizar a fixação dos sistemas de escoramento a partir da terceira fiada. O espaçamento máximo entre as escoras deve ser de 2,10 metros, em medidas múltiplas de 15 centímetros, e estas devem ser instaladas em locais vulneráveis a deformações. As réguas de suporte devem ser fixadas em todas as fiadas utilizando parafusos auto atarraxantes de 8 milímetros. Na primeira e última fiada, a régua deve ser fixada com dois parafusos para garantir uma ancoragem mais segura. Essas medidas garantem a estabilidade e o alinhamento adequado das paredes durante o processo de construção (Figura 41).

Figura 41 - Ancoragem dos blocos



Fonte: ARXX, 2020.

i) Em seguida, realiza-se a concretagem única dos blocos, dividida em terços (Figura 42) . É recomendado utilizar uma lixadeira orbital em contato direto com a superfície do bloco ou um vibrador de imersão equipado com uma agulha de diâmetro máximo de 30 mm. Isso auxilia na compactação do material, eliminando bolhas de ar e assegurando uma boa aderência entre o concreto ou argamassa e os blocos de ICF. Este método resulta em uma estrutura mais sólida e resistente.

Figura 42 - Preenchimento em terços

Fonte: Manual técnico ARXX, 2023

Figura 43 - Concretagem

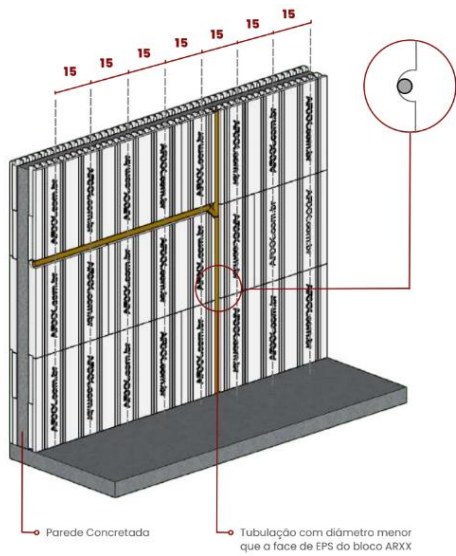
Fonte: Manual técnico ARXX, 2023

Figura 44 - Vibração com lixadeira orbital

Fonte: Manual técnico ARXX, 2023

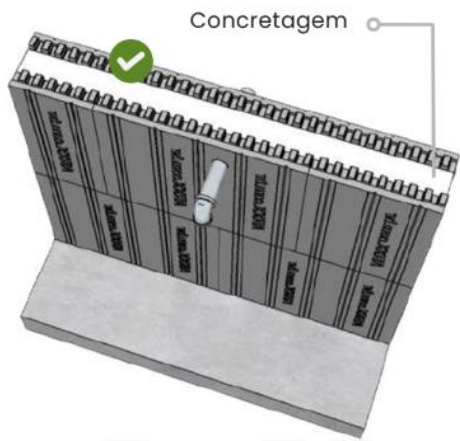
j) Após a concretagem das paredes, pode-se iniciar com as instalações elétricas e hidráulicas. Os cortes para embutimento dessas instalações são feitas na face do bloco, podendo ser realizadas com ferramentas adequadas, como faca quente, serrotes de poda, serras ou facas. Com as tubulações instaladas, é importante vedar adequadamente as aberturas do bloco para garantir a integridade do térmico e acústico. Nos casos em que se faz necessária a passagem de tubulações através das paredes, é possível realizar uma perfuração transversal ao bloco, utilizando por exemplo uma ferramenta “serra-copo”. Esta perfuração deve ser prevista em projeto e executada antes da concretagem para que não seja necessário romper a parede para realizar o trabalho (Figura 45 e 46).

Figura 45 - Instalações



Fonte: Manual técnico ARXX, 2023

Figura 46 - Instalações antes da concretagem



Fonte: Manual técnico ARXX, 2023

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E CONCLUSÕES

No desenvolvimento deste trabalho, constatou-se que o sistema ICF (Insulated Concrete Forms) utiliza blocos de EPS (poliestireno expandido) preenchidos com concreto armado para paredes de vedação e/ou estrutural. Esses blocos moldam o concreto e proporcionam propriedades termoacústicas superiores às paredes.

Com o intuito de apresentar o novo método construtivo, foi detalhado o passo a passo executivo seguido por duas empresas do mesmo setor, que apesar de empregarem processos construtivos semelhantes, possuem particularidades distintas que foram cuidadosamente analisadas.

Ambas as empresas demonstram um compromisso com a qualidade e a eficiência na construção de alvenarias de vedação utilizando o sistema ICF. Cada abordagem possui suas particularidades e vantagens, adaptando-se às necessidades e exigências específicas de cada projeto.

O método construtivo demonstra uma série de etapas precisas e interdependentes que garantem a eficiência e a qualidade da construção. Desde a marcação inicial e o chumbamento da armadura vertical, passando pelo posicionamento definitivo dos blocos e a integração das armaduras horizontais, até a concretagem das paredes e lajes, cada etapa é essencial para a estabilidade e durabilidade da estrutura.

Concluiu-se que o sistema apresenta várias vantagens, destacando-se a rapidez na execução, conforto termoacústico nas edificações, redução de resíduos e flexibilidade na escolha da fundação, acabamento e cobertura (Lueble 2004; ABRAPEX, 2016).

Em suma, o sistema ICF se apresenta como uma solução construtiva que pode ser inovadora e eficaz, que pode atender às demandas modernas de sustentabilidade e eficiência, podendo garantir conforto aos edifícios. Compreende-se que o sistema tem muito potencial de evolução no Brasil, devido a grande demanda por habitações e outras tipologias da cadeia construtiva, assim como a presente evolução técnica dos atores envolvidos.

REFERÊNCIAS

ABRAPEX. **Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. Aplicações do EPS na construção civil.** São Paulo, 2016

ALVES, Letícia Pereira. **Comparativo do custo benefício entre o sistema construtivo em alvenaria e os sistemas Steel Frame e Wood Frame.** Revista Especialize On-line IPOG - Goiânia - Edição nº 10 Vol. 01/ 2015.

ANTUNES, D.A.L.;JUNIOR J.C.C. **Análise comparativa dos sistemas construtivos em alvenaria convencional e insulating concrete forms (icf).** TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Universidade do Sul de Santa Catarina, Palhoca, 2021.

ARAUJO E ARAUJO, 2020. **Análise comparativa de projeto e execução de estruturas em alvenaria convencional e alvenaria estrutural.**

BASTOS JUNIOR . **Análise de viabilidade econômica do método construtivo insulated concrete forms para construção de habitações.** Mossoró, 2018.

BERRES, Eduardo Garmatz; CAETANO, Breno Zeuli; RIBEIRO, Guilherme; DIAS JUNIOR, Luis Carlos. **Análise comparativa de execução de fechamento interno em alvenaria e dry wall em edificações residenciais.** In: CONGRESSO NACIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA. 17. 2017. Anais... São Paulo: SEMESP; UNÍITALO, 2017. Disponível em:
<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/19085/1/TCC%20FINAL%20%281%29.pdf>. Acesso em: 20 de maio de 2023

BIMBON. **Diferença entre alvenaria convencional e alvenaria estrutural.** 2012. Disponível em:<http://www.bimbon.com.br/arquitetura/entenda_a_diferenca_entre_construcao_convencional_e_alvenaria_estrutural.pdf> Acesso em: 14 de maio de 2023.

CAIXA. **Sistema construtivo utilizando perfis estruturais formados a frio de aço revestidos – Requisitos e condições mínimos para financiamento pela Caixa / Caixa**

Econômica Federal. – Brasília, DF : CAIXA, 2003, Acesso em: 22 de Maio de 2023.

COMAT, 2009-2012. Disponível em: <https://www.sinduscon-mg.org.br/wp-content/uploads/2012/04/QUALIMAT-Sistema-Drywall.pdf>. Acesso em 17 de Maio de 2023

CONSTRUINDO CASAS, **Alvenaria Estrutural**. 2021. Disponível em: <https://construindocasas.com.br/blog/construcao/alvenaria-estrutural/>. Acesso em: 18 de Maio de 2023

CRASTO, R. C. M. **Arquitetura e tecnologia em sistemas construtivos industrializados: light steel framing**. 2005. Disponível em: <https://www.repositorio.ufop.br/handle/123456789/6246> Acesso em 16 de Maio de 2023

DE JESUS, Andressa Tainara Campelo; BARRETO, Maria Fernanda Fávero Menna. **Análise Comparativa dos Sistemas Construtivos em Alvenaria Convencional, Alvenaria Estrutural e Moldes Isolantes para Concreto (Icf)**. 2018.

FLICK, Uwe. **Introdução à pesquisa qualitativa**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 405 p. Tradução: Joice Elias Costa.

GOV. Sistema nacional de avaliações técnicas de produtos inovadores e sistemas convencionais. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/mdr/pt-br/assuntos/habitacao/pbqp-h/sinat-sistema-nacional-de-avaliacoes-tecnicas-de-produtos-inovadores-e-sistemas-convencionais#:~:text=O%20SiNAT%20%C3%A9%20um%20sistema,e%20avalia%20o%20seu%20desempenho>. Acesso em: 23 de Maio de 2023

ICF Builder – **The Insulating Concrete Forms Magazine. História dos ICF's**. Disponível em: <https://www.icfmag.com/2011/02/history-of-icfs/>. Acesso em: 01 de maio de 2023.

ICF Builder – **The Insulating Concrete Forms Magazine. ICF celebra 50 anos**. Disponível em: <https://www.icfmag.com/2017/01/icfs-celebrate-50-years/>. Acesso em: 01 de maio de 2023.

IPT. Soluções IPT.2023. Disponível em: [https://www.ipt.br/solucoes/426-sinat_inovador.htm#:~:text=Documento%20de%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20T%C3%A9cnica%20\(DATec,e%20manuten%C3%A7%C3%A3o%20do%20produto%20inovador](https://www.ipt.br/solucoes/426-sinat_inovador.htm#:~:text=Documento%20de%20Avalia%C3%A7%C3%A3o%20T%C3%A9cnica%20(DATec,e%20manuten%C3%A7%C3%A3o%20do%20produto%20inovador). Acesso 22 de Maio de 2023

ISOCRET DO BRASIL. Disponível em: <<https://isocret.com.br/>>. Acesso em 17 de Maio de 2023

JUNIOR, José Antonio Morato. **Divisórias de Gesso Acartonado: Sua utilização na construção civil**. 2008. 74 p.- Monografia (Graduação) - Universidade Anhembimorumbi, São Paulo, 2008

KLEIN, B. G; MARONEZI, V. **Comparativo orçamentário dos sistemas construtivos em alvenaria convencional, alvenaria estrutural e light steel frame para construção de conjuntos habitacionais**. 2013. 141 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

LESSA, G. A. D. T. **Drywall em edificações residenciais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação). Universidade Anhembimorumbi. São Paulo, 2005

MACEDO, J. S. de. **Um estudo sobre o sistema construtivo formado por paredes de concreto moldadas no local**.2016. Disponível em: <http://ct.ufpb.br/ccec/contents/documentos/tccs/2015.2/um-estudo-sobre-o-sistema-construtivo-formado-por-paredes-de-concreto-moldadas-no-local.pdf>

NIEHUES, K.T. **Alvenarias estruturais x alvenarias convencionais uma análise orçamentária**. Trabalho de conclusão de curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de bacharel em Engenharia Civil, da Universidade Paraense, Campus de Toledo. Paraná, 2018. Acesso em 14 de Maio 2023.

NUNES, Valmiro Quefren Gameleira. **Análise estrutural de edifícios de paredes de concreto armado**. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Estruturas) Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, São Paulo 2011.

OLIVEIRA E NETO, 2019. **Método construtivo da estrutura wood frame**. Disponível em: <https://servicos.unitoledo.br/repositorio/bitstream/7574/2368/1/TCC%20-%20AMANDA%20CAMARGO%20DE%20OLIVEIRA.pdf> . Acesso em: 21 de Maio de 2023

OLIVEIRA NETTO, A. A. de. **Metodologia da pesquisa científica: guia prático para a apresentação de trabalhos acadêmicos**. 3. ed. rev. e atual. Florianópolis: Visual Books, 2008.

OLIVEIRA, G. V. **Análise comparativa entre o sistema construtivo light steel framing e o sistema construtivo tradicionalmente empregado no nordeste do brasil aplicados na construção de casas populares**. 2012. Disponível em <https://www.yumpu.com/pt/document/read/12567288/analise-comparativa-entre-o-sistema-construtivo-light-steel-framing->. Acesso 16/05/2023

PEDROSO, G. M. **Avaliação de ciclo de vida energético (acve) de sistemas de vedação de habitações**, 2015. Tese de Doutorado em construção civil departamento de engenharia civil e ambiental. Brasília.

PIERSON, R. J. **The History of ICFs**. 2021. Disponível em: <http://www.icf-green-building-systems-ga.com/insulating-concrete-forms-green-building-materials-information-georgia/history-of-insulated-concrete-forms.html>.

PRUDÊNCIO, M. V. M. V. **Projeto e Análise comparativa de custo de uma residência unifamiliar utilizando os sistemas construtivos convencional e light steel framing**. 2013. 66f. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso, Graduação 98 em Engenharia de Produção Civil) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2013.

REIS, R. S.; MAIA, A. R.; MELO, P. S. F. **Diagnóstico da utilização de vedações Verticais em painéis de gesso acartonado pela indústria da construção civil no mercado Baiano**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização). Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2003.

ROMAN, H.R.; ARAÚJO, H.N.; MUTTI, C.N. **Construindo em alvenaria estrutural**. Florianópolis: editora da UFSC, 1999.

SANTOS, E. I. F. dos; SOUZA, H. P. **A utilização e técnicas construtivas em drywall**. Monografia (Graduação) - Instituto Doctum de Educação e Tecnologia, Caratinga, 2014

SINDUSCON **Principais normas técnicas**. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/5457704/mod_page/content/9/Principais%20Normas%20T%C3%A9cnicas%20%20Edifica%C3%A7%C3%B5es%20%28CBIC%2C%202013%29.pdf

SIQUEIRA, Thais Elenize de. **Análise de desempenho e custos de sistema de vedação em EPS**. 2017. 116 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2017. Disponível em [:https://www.icfmag.com/2021/07/intro-to-icfs-and-alternative-icfs/](https://www.icfmag.com/2021/07/intro-to-icfs-and-alternative-icfs/).

SOTSEK, N. C.; SANTOS, A. de P. L. **Panorama do sistema construtivo *light wood frame* no Brasil. Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 3, p. 309-326, 2018. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000300283>

SOUZA, L. G. **Análise comparativa do custo de uma casa unifamiliar nos sistemas construtivos de alvenaria, madeira de lei e Wood Frame**. Florianópolis, SC. 2013. Instituto de PósGraduação IPOG.

Sistema Construtivo ARXX: obra sustentável e eficiente energeticamente. Obra prima, 2020. Disponível em: <https://blog.obraprima.eng.br/sistema-construtivo-arxx/>. Acesso em: 25/04/2024.

ARXX: Redefinindo construção. Paredes Termoacústicas de Concreto Armado, 2021. Disponível em: [/https://unipratica.blob.core.windows.net/unipratica/Arquivo-IntroduoaParedesTermoacsticasdeConcretoArmado%20-%20688-125803.pdf](https://unipratica.blob.core.windows.net/unipratica/Arquivo-IntroduoaParedesTermoacsticasdeConcretoArmado%20-%20688-125803.pdf). Acesso em: 26/04/2024.

ARXX: Redefinindo construção. **Guia rápido para instalação para bloco de ICF ARXX**, 2021. Disponível em:

<https://unipratica.blob.core.windows.net/unipratica/Infografico-ParedesTermoacsticasdeConcretoArmado%20%20-%2079-010140.pdf>. Acesso em: 26/04/2024.

O sistema ICF. FASE ICF, 2019. Disponível em: <https://faseicf.com.br/>. Acesso em 27/04/2024

ARXX. **Manual Técnico ARXX**, 2023. Disponível em: <https://pt.scribd.com/document/683576912/MANUAL-TECNICO-ARXX-D-0-MA-0001-3>. Acesso em: 27/04/2024