

ESTUDO DE VIABILIDADE PARA UTILIZAÇÃO DO MÉTODO CONSTRUTIVO INSULATED CONCRETE FORMS (ICF), PARA EXECUÇÃO DE UMA EDIFICAÇÃO NA REGIÃO NOROESTE DO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL ATRAVÉS DO SISTEMA CONSTRUTIVO DE PAREDES AUTOPORTANTES EM CONCRETO ARMADO

Feasibility study for use of the Constructive Method Insulated Concrete Forms (ICF), for the Execution of a Building in the Northwest Region of the State of Rio Grande do Sul Through the Constructive System of Self-Supporting Reinforced Concrete Walls

João Victor Pereira Pavan ¹, Priscila Cristina Henke ²



PALAVRAS CHAVE:

Fôrma de Concreto Isolado;
 Construção Modular;
 Fôrmas Termoacústicas em EPS;
 Construção Inovadora;
 Tecnologia Modular.

KEYWORDS:

Insulated Concrete Forms;
Modular Construction;
Thermoacoustic Formwork in EPS;
Innovative Construction;
Modular Technology.

RESUMO: Buscando ampliar o conhecimento acerca de sistemas e métodos construtivos mais eficazes, prezando pela sustentabilidade, oferecendo benefícios como produtividade, economia financeira e redução de resíduos provenientes da construção, mas principalmente, conforto térmico e acústico, identificou-se no mercado a metodologia construtiva *Insulated Concrete Forms* (ICF), empregada pela empresa ARXX Brasil. Esta metodologia, originalmente americana, é adotada no sistema construtivo de paredes em concreto, que por sua vez, permite a execução de edificações autoportantes, proporcionando altos índices de conformo térmico e acústico. As fôrmas utilizadas na execução das paredes são fabricadas em EPS (Poliestireno Expandido), tendo suas faces fixadas por meio de componentes denominados “*fingers*”, os quais são considerados no cálculo estrutural da parede. As paredes são facilmente montadas, como peças de lego, as quais se encaixam umas com as outras por meio de encaixes do tipo macho-fêmea. A partir deste contexto, o presente estudo focou em apresentar esta metodologia inovadora, demonstrando sua aplicabilidade por meio de um estudo comparativo com o sistema construtivo convencional, amplamente utilizado no Brasil. A partir disso, foram obtidos resultados significativos que demonstram que a metodologia ARXX ICF é a mais viável de ser utilizada, principalmente em regiões em que as estações do ano são bem definidas, como por exemplo, os estados localizados na região sul do Brasil.

ABSTRACT: *Seeking to expand knowledge about more effective construction systems and methods, valuing sustainability, offering benefits such as productivity, financial savings and reduction of waste from construction, but mainly, thermal and acoustic comfort, the Insulated Concrete construction methodology was identified on the market. Forms (ICF), employed by the company ARXX Brasil. This methodology, originally American, is adopted in the concrete wall construction system, which in turn allows the execution of self-supporting buildings, providing high levels of thermal and acoustic conformity. The molds used in the construction of the walls are manufactured in EPS (Expanded Polystyrene), with their faces fixed using components called “fingers”, which are considered in the structural calculation of the wall. The walls are easily assembled, like Lego pieces, which fit together using male-female fittings. From this context, the present study focused on presenting this innovative methodology, demonstrating its applicability through a comparative study with the conventional construction system, widely used in Brazil. From this, significant results were obtained that demonstrate that the ARXX ICF methodology is the most viable to be used, especially in regions where the seasons are well defined, such as the states located in the southern region of Brazil.*

* Contato com os autores:

Publicado em 30 de dezembro de 2023

¹ e-mail: viic7or97@gmail.com (J. V. P. Pavan)

Discente do Curso de Engenharia Civil pela Faculdade Santo Ângelo (FASA)

² e-mail: priscilahenke@sejafasa.com.br (P. C. Henke)

Docente em Engenharia Civil na Faculdade Santo Ângelo (FASA)

1. INTRODUÇÃO

Nunca antes houve tanta discussão global sobre sustentabilidade como nos últimos tempos. Isso se deve ao fato de que o mundo está passando por um processo acelerado de inovação tecnológica. Com isso, buscar formas mais eficientes de lidar com os recursos naturais disponíveis, além do desenvolvimento de tecnologias capazes de substituir ou reaproveitar esses recursos, evoluindo para a preservação do nosso planeta, se faz necessário.

A relação entre sustentabilidade e construção civil está ligada diretamente aos impactos ambientais que a construção acarreta ao meio ambiente. No Brasil, por exemplo, a construção civil é uma das principais fontes de geração de resíduos, responsável por aproximadamente 50% dos sólidos gerados, segundo o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil 2020, publicado pela Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE).¹ A busca por meios construtivos mais sustentáveis, engloba um conjunto de práticas que visa projetar, construir e operar edificações de forma a minimizar o impacto ambiental, promover a eficiência no uso de recursos e melhorar a qualidade de vida das pessoas envolvidas.

O sistema construtivo convencional, onde utiliza-se estrutura em concreto armado e paredes de vedação em alvenaria, é o mais utilizado no Brasil para execução de edificações comerciais e residenciais. Este sistema gera inúmeros impactos ambientais e grande volume de resíduos, considerando todo o seu processo, que vai desde a extração de matéria-prima até a execução da obra (ROTH e GARCIAS, 2009).²

Por conta disso, a utilização de outros sistemas e metodologias construtivas que buscam reduzir o consumo de materiais, minimizar o impacto ambiental, e proporcionar melhores níveis de conforto às edificações, são fundamentais. Em virtude disso, passou a ser adotado em diversos lugares do mundo, assim como no Brasil, outros sistemas construtivos.

Como exemplo de sistema construtivo inovador, buscando como alternativa a redução dos impactos ocasionados pelo sistema convencional, temos o sistema em paredes de concreto armado, utilizando a metodologia *Insulated Concrete Forms (ICF)*, empregado pela empresa ARXX Brasil.³ A qual dispõem de fôrmas termoacústicas em EPS (Poliestireno Expandido), visando a construção de paredes em concreto armado revestidas com material isolante, proporcionando resistência estrutural e melhores níveis de conforto às edificações.

Essa abordagem apresenta inúmeras vantagens e promove novas perspectivas para o setor da construção civil no Brasil. Além da total reciclabilidade das fôrmas utilizadas, trata-se de uma metodologia limpa, eficiente e leve. Ela também se destaca pela baixa condutividade termo/acústica, impermeabilidade e pela redução dos prazos de execução das obras, significativa minimização de desperdícios e um aproveitamento mais eficaz da mão de obra (SANTOS, 2020).⁴

2. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente trabalho propõe uma análise de um estudo de caso que aborda a construção de um modelo de residência unifamiliar. Serão considerados o emprego do sistema em paredes autoportantes em concreto armado por meio da metodologia ICF da empresa ARXX Brasil e o sistema convencional em

¹ ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil** – 2.8 Resíduos de construção e demolição (RCD). Brasil, 2020.

² ROTH, C. D. G.; GARCIAS, C. M. Construção Civil e a Degradação Ambiental. *Desenvolvimento em Questão*, n. 7, jan./jun 2009. ISSN 13.

³ ARXX BRASIL – Redefinindo a Construção. **Revista Institucional 2023**. GRUPO BAUEN, Copyright, 2016. Vila Velha - ES.

⁴ SANTOS, C. C. T. SISTEMA CONSTRUTIVO INSULATED CONCRETE FORMS (ICF): ESTUDO DE CASO. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Faculdade Doctum, Juiz de Fora – MG, 2020.

estruturas de concreto armado com vedação em tijolos/blocos de alvenaria. O objetivo é apresentar dados técnicos e orçamentários de forma comparativa.

Para isso, foi realizado contato com a empresa ARXX Brasil, localizada na cidade de Vila Velha no estado do Espírito Santo, com objetivo de obter dados e custos envolvidos no processo construtivo em ICF. Quanto a obtenção de dados da metodologia convencional, utilizou-se o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2023), do estado do Rio Grande do Sul.

Em seguida, foi realizado um estudo orçamentário e de benefícios térmicos e acústicos utilizando as duas metodologias e sistemas construtivos. Para assim, poder compreender se o método da ARXX ICF proporciona benefícios em relação ao sistema convencional, quando comparados os dois sistemas. O desenvolvimento do presente trabalho tem como finalidade ampliar os conhecimentos técnicos quanto ao método construtivo *Insulated Concrete Forms* (ICF) a partir dos blocos/fôrmas da empresa ARXX Brasil, utilizados para execução do sistema de paredes autoportante em concreto armado.

A presente pesquisa tem caráter exploratório, a qual propõem conhecer e analisar as características, materiais e componentes do método, de forma qualitativa e quantitativa. Buscando identificar se este apresenta benefícios suficientes para ser substituído pelo sistema e metodologia convencional na execução de uma edificação modelo, no estado do Rio Grande do Sul.

2.1 DADOS DO PROJETO

Para realizar o cálculo de custos e efetuar a comparação entre os sistemas construtivos em estudo, desenvolveu-se um projeto modelo de uma residência unifamiliar com área total de 148,33 m². O projeto compreende uma construção térrea, contendo uma sala de estar, uma cozinha/sala de jantar, um quarto, uma suíte, um banheiro social, uma área de serviço e uma garagem, conforme Figura 1. Ainda, para fins de orçamento, foi considerado um período de 8 horas/dia durante 120 dias para execução da edificação modelo, comparando valores de mão de obra dos sistemas em análise.

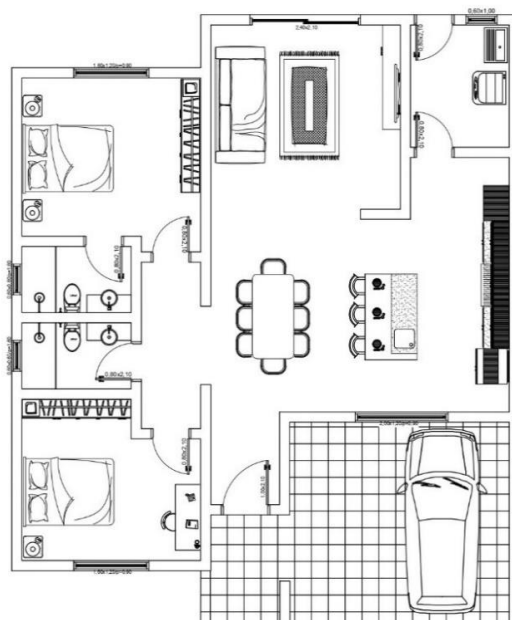


FIGURA 1: Planta Baixa Humanizada da Edificação Modelo

FONTE: A autoria Própria (2023)

É possível verificar na Tabela 1 a distribuição de áreas da edificação residencial unifamiliar.

TABELA 1: Distribuição de áreas

Cômodo	Área (m ²)
Garagem	27,32
Hall de Entrada	3,26
Cozinha/Sala de Jantar	32,61
Sala de Estar	18,65
Área de Serviço	6,22
Circulação	5,46
Quarto 01	13,37
Banheiro Social	3,70
Suíte Casal	15,00
Banheiro (Suíte)	3,70

FONTE: Autoria Própria (2023)

2.2 DETALHAMENTO DOS SISTEMAS CONSTRUTIVOS

Neste trabalho, foram adotadas fôrmas termoacústicas de poliestireno expandido (EPS), ARXX PRIME (AP100) - RETAS e ARXX PRIME (AP190) - CANTO, caracterizadas por serem, ambas com função estrutural, utilizadas como paredes autoportantes.

A fôrma AP100, tendo seu corte representado na Figura 3, possui dimensões de 120 x 60 x 23 cm (Comprimento, altura e largura), com peso de 4,5 kg/unidade, enquanto a fôrma AP190 possui dimensões de 90 + 45 x 60 x 23 cm (Comprimento, altura e largura), com peso de 4,1 kg/unidade. Ambas as fôrmas possuem chapas de EPS de 6,5 cm, recebendo internamente 0,072 m³ de volume de concreto. Dispõem de conectores plásticos de alta densidade que unem as chapas de EPS, sendo estes considerados no cálculo estrutural das paredes, suportando 235 kg/cm² de arrancamento, reduzindo a quantidade de aço de reforço tipo CA50.

Utilizou-se também a fôrma termoacústica ARXX VEDA (AV40) - RETA, empregada apenas na vedação das paredes, não sendo de caráter estrutural. Possui dimensões de 120 x 60 x 23 cm (Comprimento, altura e largura), com peso de 1,2 kg/unidade, tendo suas chapas de EPS 5 cm de espessura, recebendo internamente 0,024 m³ de volume de argamassa. Dispõem também de conectores plásticos de alta densidade que unem as chapas de EPS.

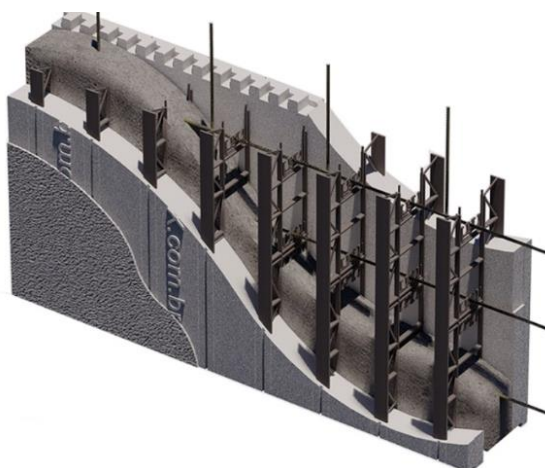


FIGURA 3: Tipologia das Fôrmas Termoacústicas ARXX PRIME

FONTE: ARXX Brasil (2023)

Para comparação, adotou-se no sistema convencional (estrutura em concreto armado e vedação de tijolos cerâmicos), tijolos cerâmicos de 6 furos, com dimensões de 9 x 14 x 19 cm (Largura, altura e comprimento), com peso de 1,8 kg, assentados na menor direção. Foi utilizado 1 cm de espessura de

argamassa de assentamento e 2,5 cm de argamassa de revestimento, tanto para paredes internas quanto externas. Totalizando 14 cm de espessura de parede revestida, conforme representado na Figura 4.

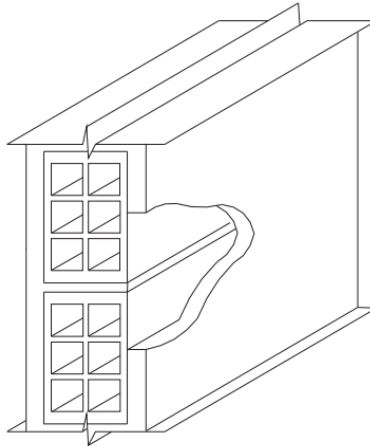


FIGURA 4: Tipologia da Parede Convencional
FONTE: NBR 15220 (ABNT, 2005)

2.3 DESEMPENHO TÉRMICO

De acordo com SIQUEIRA (2005), a avaliação do desempenho térmico de uma edificação engloba a resposta global do projeto arquitetônico proposto em relação às trocas térmicas entre o ambiente construído e o ambiente externo, onde a caracterização das condições climáticas locais é uma das etapas mais importantes.⁵

Quanto a avaliação do desempenho térmico das edificações, a influência das condições climáticas é crucial para a realização desta avaliação. Para avaliar o desempenho térmico de uma edificação em condições climáticas dinâmicas, é necessário ter dados horários sobre radiação solar, temperatura do ar e umidade relativa, que nem sempre estão disponíveis. Portanto, é necessário obter esses dados a partir de valores disponíveis e tratá-los adequadamente para avaliar o desempenho térmico de edificações em dias típicos de projeto (SIQUEIRA, 2005).⁶

Os Engenheiros do LabEEE - UFSC (2016), citam que:

A parte 4 da NBR 15575 trata dos sistemas de vedações verticais internas e externas (SVVIE) dos edifícios habitacionais de até cinco pavimentos, que além da volumetria e da compartimentação dos espaços internos do imóvel, integram-se de forma muito estreita aos demais elementos da construção, recebendo influências e influenciando o desempenho do edifício habitacional. Mesmo sem função estrutural, as vedações podem atuar como contraventamento de estruturas reticuladas, ou sofrer as ações decorrentes das deformações das estruturas, requerendo assim uma análise conjunta do desempenho dos elementos que interagem. As vedações verticais exercem ainda importantíssimas funções de estanqueidade, à água, isolamento térmico e acústico, capacidade de fixação de peças suspensas e compartimentação em casos de incêndio (UFSC, 2016).⁷

De acordo com a NBR 15.575 (ABNT, 2021), A transmitância térmica de componentes, de ambiente a ambiente, é o inverso da resistência térmica total [...].⁸ Percebe-se a partir disto, que quanto maior é o valor de transmitância térmica de um determinado material, maior é a facilidade com que este transfere calor para

⁵ SEQUEIRA, A. P. C. T. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações** – Revista Escola de Minas, 2005.

⁶ SEQUEIRA, A. P. C. T. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações** – Revista Escola de Minas, 2005.

⁷ LabEE. **DESEMPENHO TÉRMICO**. Laboratório de Eficiência Energética de Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

⁸ NBR 15575 - Edificações habitacionais — Desempenho. Rio de Janeiro. ABNT, 2013.

o meio. Para efeito de comparação, usou-se os desempenhos térmicos dos tijolos cerâmicos, adotados no sistema convencional em comparação com as fôrmas de EPS da ARXX ICF.

Quanto ao método de avaliação, a NBR 15220-2 (ABNT, 2022) trata dos procedimentos de cálculo a serem realizados para encontrar tais valores. Porém, a comparação de desempenho térmico dos componentes em análise, se darão a partir de dados já disponibilizados, seja pela ABNT NBR 15220-3 (ABNT, 2005) para o tijolo cerâmico, como também pelo Manual Técnico da ARXX Brasil para as fôrmas termoacústicas.

A NBR 15575-4 (ABNT, 2021), fornece os valores máximos e mínimos de transmitância térmica de paredes externas, que podem ser considerados aceitáveis no interior de uma edificação para as zonas bioclimáticas brasileiras estabelecidos na ABNT NBR 15575-3 (ABNT, 2005), conforme demonstrado na Tabela 2.

TABELA 2: Transmitância térmica de paredes externas

Transmitância Térmica U [W/m ² .K]		
Zonas 1 e 2	Zonas 3, 4, 5, 6, 7 e 8	
U ≤ 2,5	$\alpha^a \leq 0,6$ U ≤ 3,7	$\alpha^a > 0,6$ U ≤ 2,5

α^a = é absortância à radiação solar da superfície externa da parede

FONTE: NBR 15575-4 (ABNT, 2021)

2.4 CONFORTO ACÚSTICO

Níveis de ruído acima dos limites aceitáveis pelos usuários não apenas causam desconforto, mas também interferem no desempenho de tarefas, na compreensão da fala e no sono. Além disso, de maneira geral, o ruído afeta negativamente a saúde e o bem-estar das pessoas. A exposição prolongada a ruídos intermitentes pode resultar em diversos efeitos psicofisiológicos, como estresse e hipertensão (FERRAZ, 2008).⁹

Conforme a NBR 15575 (ABNT, 2021), a edificação habitacional deve apresentar isolamento acústico adequado das vedações externas, no que se refere aos ruídos aéreos provenientes do exterior da edificação habitacional, e isolamento acústico adequado entre áreas comuns e privativas e entre áreas privativas de unidades autônomas diferentes.

A NBR 15.575-4 (ABNT, 2021), define dois critérios de avaliação: a Diferença Padronizada de Nível Ponderado (DnT,w), obtido em campo, e o Índice de Redução Sonora (Rw), obtido em laboratório. Em ambos os critérios são estabelecidos três níveis de desempenho: mínimo (M), intermediário (I) e superior (S).

Para a realização da análise do desempenho acústico das fôrmas termoacústicas ARXX PRIME e ARXX VEDA, bem como, do tijolo cerâmico, foram utilizados valores já estabelecidos para ambos os componentes.

Quanto ao desempenho acústico do tijolo cerâmico, foi utilizado para fins de comparação e avaliação, valor obtido a partir da análise laboratorial, utilizando o método do Índice de Redução Sonora (Rw), realizada por NETO e BERTOLI (2010). Onde buscou-se verificar se o desempenho acústico de paredes executadas com tijolos cerâmicos atendia aos níveis mínimos exigidos pela Norma de Desempenho Brasileira NBR 15575 (ABNT 2021).

Segundo NETO e BERTOLI (2010), o tijolo/bloco cerâmico em si não é o único responsável pelos valores de desempenho acústico. Contribuem para o desempenho também o tipo e a densidade de argamassa, a colocação da argamassa nas juntas e o próprio reboco.¹⁰

⁹ FERRAZ, R. ATENUAÇÃO DE RUÍDO DE IMPACTO EM PISOS DE EDIFICAÇÕES DE PAVIMENTOS MÚLTIPLOS. Dissertação de Pós Graduação em Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade Federal. Belo Horizonte, 2008.

¹⁰ NETO, F. F. M, BERTOLI, R, S. DESEMPENHO ACÚSTICO DE PAREDES DE BLOCOS E TIJOLOS CERÂMICO: UMA COMPARAÇÃO ENTRE BRASIL E PORTUGAL. Revista Online Ambiente Construído, 2010.

Conforme demonstrado na Tabela 3, é possível verificar para as vedações externas (fachadas), a Diferença Padronizada de Nível Ponderado ($D_{2mnT,W}$) para ensaios de campo e o Índice de Redução Sonora (R_w).

TABELA 3: $D_{2mnT,w}$ e R_w de vedações externas (fachadas)

Classe de ruído	Localização da habitação	$D_{2mnT,W}$ dB	R_w dB ^a	Nível de desempenho
I	Habitação localizada distante de fontes de ruído intenso de quaisquer naturezas.	≥ 20	≥ 25	M
		≥ 25	≥ 30	I
		≥ 30	≥ 35	S
II	Habitação localizada em áreas sujeitas a situações de ruído não enquadráveis nas classes I e III.	≥ 25	≥ 30	M
		≥ 30	≥ 35	I
		≥ 35	≥ 40	S
III	Habitação sujeita a ruído intenso de meios de transporte e de outras naturezas, desde que esteja de acordo com a legislação.	≥ 30	≥ 35	M
		≥ 35	≥ 40	I
		≥ 40	≥ 45	S

NOTA: Os valores de desempenho de isolamento acústico medidos no campo ($D_{nT,w}$ e $D_{2m,nT,w}$) tipicamente são inferiores aos obtidos em laboratório (R_w). A diferença entre estes resultados depende das condições de contorno e execução dos sistemas (ver ISO 15712 e EN 12354).

R_w com valores aproximados.

2m – distância da vedação externa.

FONTE: NBR 15575-4 (ABNT, 2021)

2.5 PRODUTIVIDADE

Neste trabalho, a produtividade a ser considerada, será a de mão-de-obra, que segundo SOUZA (2015), pode ser medida através da Razão Unitária de Produção (RUP), sendo a forma mais direta de se medir a quantificação de mão-de-obra necessária, que é expressa em homens-hora demandados para se produzir 1 metro quadrado.¹¹

Segundo SANTOS (2020), a Razão Unitária de Produção Diária é calculada a cada período de um dia de trabalho.¹² Na metodologia do SINAPI, cada composição aferida apresenta coeficientes determinados estatisticamente a partir de amostra composta por, no mínimo, 10 diferentes obras representativas do território nacional, constituída de medições diárias pelo prazo mínimo de 5 dias em cada uma.

Buscando realizar o comparativo de produtividade da mão de obra empregada para execução de ambos os sistemas, utilizou-se os valores já fornecidos nos Manuais Técnicos da ARXX Brasil, os quais trazem também valores de produtividade do sistema convencional.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 DESENVOLVIMENTO DOS CÁLCULOS

Quanto aos custos de composições e materiais do sistema convencional, composto por estrutura de concreto armado e alvenaria de vedação, foi utilizado como base de cálculo, o Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil (SINAPI, 2023).

Na obtenção de dados quanto ao peso em Kg de aço a ser considerado na estrutura (vigas e pilares), utilizou-se o software Eberick no dimensionamento, o qual gera em seu relatório de cálculo, a quantidade e bitola de vergalhões a serem considerados nas armaduras negativas e positivas de acordo com os esforços

¹¹ SOUZA, L. E. U. COMO MEDIR A PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL. Universidade de São Paulo. São Paulo – SP, 2015.

¹² SANTOS, C. C. T. SISTEMA CONSTRUTIVO INSULATED CONCRETE FORMS (ICF): ESTUDO DE CASO. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Faculdade Doctum, Juiz de Fora – MG, 2020.

solicitantes que foram considerados na estrutura. Em contrapartida, os custos de composições e materiais para o sistema em paredes autoportantes em concreto armado, por meio do método ARXX ICF, foram fornecidos pela empresa ARXX Brasil, visto estes dados não estarem disponíveis para consulta pública.

3.2 DETALHAMENTO DE CUSTOS

Neste item serão apresentadas as planilhas orçamentárias com valores específicos para o sistema convencional, quanto para o sistema de paredes autoportantes utilizando a metodologia construtiva ARXX ICF. Além disso, é apresentada a planilha orçamentária com os valores de composições, materiais e serviços aplicados a ambos os sistemas, para efeito de comparação do custo final.

3.3 SISTEMA CONSTRUTIVO CONVENCIONAL (ESTRUTURA EM CONCRETO E VEDAÇÃO CERÂMICA)

Na Tabela 4, é possível verificar de forma resumida, os custos referentes aos itens correspondentes ao sistema convencional.

TABELA 4: Orçamento Estimado para o Sistema Convencional		
Item	Descrição	Custo Total
1.0	Supraestrutura	R\$ 71.620,45
2.0	Paredes e Painéis	R\$ 20.006,96
3.0	Revestimento Interno	R\$ 24.696,15
4.0	Revestimento Externo	R\$ 9.555,00
5.0	Instalações Elétricas	R\$ 8.166,53
6.0	Instalações Hidráulicas	R\$ 7.210,22
Custo Total da Obra		R\$ 141.255,31

FONTE: Autoria Própria com base nos dados do SINAPI (10/2023)

3.4 SISTEMA EM PAREDES DE CONCRETO ARMADO (FÔRMAS DE EPS EM ARXX ICF)

Na Tabela 5, é possível verificar de forma resumida, os custos referentes aos itens correspondentes ao sistema em paredes autoportante, utilizando a metodologia ARXX ICF.

TABELA 5: Orçamento Estimado para o Sistema em Paredes Autoportante - ARXX ICF		
Item	Descrição	Custo Total
1.0	Supraestrutura	R\$ 73.129,85
2.0	Paredes e Painéis	R\$ 10.289,62
3.0	Revestimento Interno	R\$ 23.383,84
4.0	Revestimento Externo	R\$ 9.555,00
5.0	Instalações Elétricas	R\$ 7.690,21
6.0	Instalações Hidráulicas	R\$ 6.928,24
Custo Total da Obra		R\$ 130.976,76

FONTE: Autoria Própria com base nos dados fornecidos pela ARXX Brasil (10/2023)

3.5 ITENS COMUNS APLICADOS AOS DOIS SISTEMAS

Na Tabela 6, é possível verificar de forma resumida, os custos referentes aos itens que se aplicam aos sistemas em análise.

TABELA 6: Orçamento Estimado para Ambos os Sistemas em Análise

Custos das Etapas Aplicadas aos Dois Sistemas Construtivos		
Item	Descrição	Custo Total
1.0	Mão de Obra	R\$ 72.326,40
2.0	Infraestrutura	R\$ 19.781,99
3.0	Esquadrias	R\$ 16.940,81
4.0	Cobertura	R\$ 40.583,35
5.0	Impermeabilizações	R\$ 3.701,33
6.0	Forros	R\$ 5.428,90
7.0	Pisos	R\$ 15.981,52
8.0	Pintura	R\$ 6.900,0
9.0	Acabamentos	R\$ 3.460,32
10.0	Instalações de Esgoto e Águas Pluviais	R\$ 6.696,47
11.0	Louças e Metais	R\$ 2.373,90
Custo Total da Obra		R\$ 194.174,99

FONTE: Aatoria Própria com base nos dados do SINAPI (10/2023)

3.6 Sistemas Comparativo de custos

Na Tabela 7 é apresentado o comparativo final entre as estimativas de custos para execução da edificação modelo adotada neste estudo de viabilidade.

TABELA 7: Comparativo entre Estimativa de Custos dos Sistemas em Análise

Sistema	Estimativa de Custo (R\$)	Diferença (R\$)	Variação (%)
Convencional em estrutura de concreto armado e vedação em alvenaria	141.255,31	10.278,55	-7,27
Paredes Autoportantes em ARXX ICF	130.976,76		

FONTE: Aatoria Própria (2023)

Conforme o comparativo apresentado na Tabela 7, verifica-se uma variação no custo estimado de -7,276 % entre os dois sistemas, que corresponde a uma economia de R\$ 10.278,55 adotando a metodologia ARXX ICF.

3.7 DESEMPENHO TÉRMICO

Foi considerado no presente estudo, a zona bioclimática 2, conforme classificação definida pela ABNT NBR 15220¹³ e ABNR NBR 15575-3, visto nela encontrar-se a região noroeste do estado do Rio Grande do Sul (em análise). A partir disto, o valor máximo de transmitância térmica (U) adotado para esta análise, foi de 2,5 W/m².K.

Os valores de transmitância térmica (U) das paredes de alvenaria (Tijolo cerâmico de 14 cm de espessura) e das paredes em concreto armado (Fôrmas termoacústicas ARXX ICF) adotadas, podem ser verificados na Tabela 8.

¹³ NBR 15220 –Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro. ABNT, 2005.

Tabela 8: Valores de Transmitância Térmica

Fôrma Termoacústica ARXX PRIME/ARXX VEDA	
Transmitância Térmica	U = 0,24 W/m ² .K
Espessura da Parede	23 cm
* Valor obtido por meio dos Manuais Técnicos da ARXX BRASIL (2013)	
Tijolo Cerâmico de 6 Furos	
Transmitância Térmica	U = 2,48 W/m ² .K
Espessura da Parede	14 cm
*Valor obtido por meio da ABNT NBR 15220 (2003)	

FONTE: Autoria Própria (2023)

A partir dos valores obtidos, é possível verificar na Tabela 9 o comparativo entre as transmitâncias térmicas (U) de ambos os materiais.

TABELA 9: Comparativo de Valores de Transmitância Térmica (U)

Sistema	Transmitância Térmica (W/m ² .K)	Transmitância Máxima (W/m ² .K)	Diferença (W/m ² .K)	Varição (%)
Paredes em ARXX ICF	0,24	2,5	2,24	-90
Alvenaria Convencional	2,48			

FONTE: Autoria Própria (2023)

Diante do exposto, é possível verificar a diferença significativa dos valores de transmitância entre os sistemas construtivos. O sistema utilizando as fôrmas termoacústicas da ARXX Brasil, representam uma eficiência de 90% a mais que o sistema convencional, resultando em elevado conforto térmico, podendo ainda reduzir o uso de aparelhos de ar-condicionado, gerando outros ganhos, como por exemplo, economia com energia elétrica.

3.8 CONFORTO ACÚSTICO

Tanto edificações residenciais, quanto comerciais, devem dispor de materiais com bom isolamento acústico, de modo a permitirem baixa transmissão sonora entre ambientes internos, ou externos para internos. De forma resumida, os usuários desejam que o mínimo de sons externos ultrapasse as paredes de suas residências (OLIVEIRA, 2021).¹⁴

Compreendida a importância do desempenho acústico para as edificações, foi realizado comparativo entre os valores de desempenho dos sistemas em estudo. Para realização do comparativo, adotou-se o valor mínimo de conforto definido pela NBR 15575 (ABNT, 2021), buscando identificar se os sistemas atendem ao valor mínimo recomendado pela norma.

Na Tabela 10 verificam-se os valores disponibilizados nos manuais técnicos da empresa ARXX Brasil, mediante ensaios realizados pela própria empresa para com seus materiais. Ainda, a obtenção dos resultados apresentados, quanto ao desempenho acústico das paredes executadas com as fôrmas termoacústicas ARXX ICF, são atingidos quando utilizados materiais de revestimento nas faces em EPS da parede.

TABELA 10: Desempenho Acústico - Fôrmas ARXX Brasil

Fôrma Termoacústica ARXX PRIME	
Espessura da Parede	23 cm
Desempenho Acústico	até 65 dB
Fôrma Termoacústica ARXX VEDA	
Espessura da Parede	14 cm
Desempenho Acústico	até 55 dB

FONTE: Adaptado do Manual Técnico da ARXX Brasil (2023)

¹⁴ OLIVEIRA, B, V, J. ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DE ICF E TIJOLOS CERÂMICOS A PARTIR DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS E ACÚSTICAS. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, 2021.

Na Tabela 11 verifica-se o resultado encontrado por NETO e BERTOLI (2010), a partir dos ensaios realizados utilizando os equipamentos do laboratório da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), para o sistema convencional¹⁵.

TABELA 11: Desempenho Acústico - Tijolo Cerâmico

Tijolo Cerâmico Furado	
Espessura da Parede	14 cm
Desempenho Acústico	até 39 dB

FONTE: Adaptado de NETO E BERTOLI (2010)

Na Tabela 12 é possível verificar o comparativo final realizado entre os sistemas convencional e o sistema de paredes autoportantes, utilizando a fôrma termoacústica ARXX AP, possuindo estas, função estrutural.

TABELA 12: Comparativo de Transmissão Sonora

Sistema	Desempenho Acústico (dB)	Desempenho Mínimo (dB)	Diferença (dB)	Varição (%)
Paredes em ARXX AP	65	45	-26	66,6
Alvenaria Convencional	39			

FONTE: Autoria Própria (2023)

Na Tabela 13, a seguir, é possível verificar o comparativo final realizado entre os sistemas convencional e o sistema de paredes autoportantes, utilizando a fôrma termoacústica ARXX AV, possuindo estas, função de vedação.

TABELA 13: Comparativo de Transmissão Sonora

Sistema	Desempenho Acústico (dB)	Desempenho Mínimo (dB)	Diferença (dB)	Varição (%)
Paredes em ARXX AV	55	45	-16	41
Alvenaria Convencional	39			

FONTE: Autoria Própria (2023)

Observando a Tabela 12 e 13, é possível constatar que as paredes autoportantes utilizando a metodologia construtiva ARXX ICF, possuem uma eficiência muito superior a das paredes executadas por meio do sistema convencional. As fôrmas termoacústicas ARXX AP 100/190 por exemplo, correspondem a um percentual de 66,6% mais eficientes acusticamente do que o sistema convencional, enquanto as fôrmas termoacústicas ARXX AV 100, correspondem a 41% mais eficientes.

Também, é possível verificar que o valor de desempenho acústico obtido em decibéis (dB), para as paredes convencionais, mediante análise laboratorial, está abaixo do mínimo exigido pela Norma de Desempenho ABNT NBR 15575 (2013). O que descaracteriza esta espessura de parede, por meio dos materiais nela utilizados, como uma tecnologia construtiva capaz de proporcionar conforto aos usuários.

3.8 PRODUTIVIDADE

Sabendo-se da importância de reduzir o tempo gasto com a execução da obra, buscando a redução de custo com mão de obra, analisou-se a demanda de homens-hora (Hh) necessário para executar 1 m² de parede, para os sistemas em estudo. Para isso, utilizou-se os dados fornecidos no Manual Técnico da empresa ARXX Brasil (2023).¹⁶

¹⁵ NETO, F. F. M, BERTOLI, R, S. DESEMPENHO ACÚSTICO DE PAREDES DE BLOCOS E TIJOLOS CERÂMICO: UMA COMPARAÇÃO ENTRE BRASIL E PORTUGAL. Revista Online Ambiente Construído, 2010.

¹⁶ ARXX BRASIL – Redefinindo a Construção. Manual Técnico 2023. GRUPO BAUEN, Copyright, 2016. Vila Velha - ES.

Na Tabela 14 é possível verificar os valores de produtividade, tanto para as fôrmas da ARXX ICF, quanto para o sistema convencional, utilizando tijolos/blocos como material de vedação de paredes.

TABELA 14: Comparativo entre fatores de produtividade de mão de obra

PAREDE DE VEDAÇÃO		
Tipo de Bloco	ARXX VEDA	Alvenaria Convencional
Mão de Obra	0,38 Hh/m ²	1,22 Hh/m ²
PAREDES ESTRUTURAIS		
Tipo de Bloco	ARXX PRIME/STEEL	Alvenaria Convencional
Mão de Obra	0,38 Hh/m ²	1,42 Hh/m ²

FONTE: Adaptado do Manual Técnico da ARXX Brasil (2023)

Na Tabela 15 verifica-se o comparativo de produtividade entre o sistema convencional (tijolos cerâmicos) e o sistema autoportante, utilizando as fôrmas de vedação ARXX AV 100.

TABELA 15: Comparativo de Produtividade

Sistema	Demanda (Hh/m²)	Diferença (Hh/m²)	Variação (%)
Paredes em ARXX AV	0,38	0,84	221,1
Alvenaria Convencional	1,22		

FONTE: Autoria Própria (2023)

Na Tabela 16 verifica-se o comparativo de produtividade entre o sistema convencional (tijolos cerâmicos) e o sistema autoportante, utilizando as fôrmas estruturais ARXX AP 100/190.

TABELA 16: Comparativo de Produtividade

Sistema	Demanda (Hh/m²)	Diferença (Hh/m²)	Variação (%)
Paredes em ARXX AP	0,38	1,04	273,7
Alvenaria Convencional	1,42		

FONTE: Autoria Própria (2023)

Na Tabela 17 é possível verificar a quantidade de blocos necessários em cada um dos sistemas em análise, considerando para cada um, 2% de perda, de modo a comparar o peso total de blocos necessários para execução da edificação modelo através dos sistemas construtivos em estudo. Isso porque, a produtividade está relacionada com diversos fatores, como por exemplo: quantidade de material, o peso e a praticidade na execução.

TABELA 17: Quantidade de Blocos Necessários para cada Sistema Construtivo

Sistema	Quantidade (und)	Peso Total (Kg)	Diferença (Kg)	Variação (%)
Paredes em ARXX ICF	468	1.480,3	15.196,7	91,12
Alvenaria Convencional	9.265	16.677		

FONTE: Autoria Própria (2023)

Analisado as tabelas 16 e 17, é possível constatar que a metodologia ARXX ICF, empregada no sistema construtivo em paredes autoportante, mais uma vez mostrou-se eficiente em relação ao sistema convencional. A diferença entre os fatores de produtividade do sistema convencional, quando comparado às fôrmas estruturais ou de vedação da ARXX Brasil, está diretamente ligado a quantidade de blocos ou tijolos cerâmicos que correspondem às fôrmas ARXX.

Mediante os valores obtidos, é notório que a metodologia ARXX ICF gera maior economia produtiva em sua execução, quando comparado ao sistema convencional, reduzindo o tempo e custos da obra com mão de obra. Além disso, as fôrmas termoacústicas ARXX, em sua totalidade, são 91,12% mais leves que os tijolos convencionais, gerando maior praticidade executiva e redução no tempo de execução.

4. CONCLUSÕES

Buscando ampliar as áreas de conhecimento e o estudo de novas tecnologias, visto que cada vez mais tem se discutido formas mais sustentáveis e benéficas de se edificar. Prezando pelo bem estar dos usuários, gerando benefícios como conforto e economia financeira, o presente trabalho foi de grande relevância, contribuindo significativamente para a construção do conhecimento técnico como Engenheiro Civil. Isso porque, o mesmo possibilitou que se conhecesse mais sobre a metodologia construtiva ICF e os benefícios proporcionados pela mesma.

No presente trabalho, procurou-se reunir informações a respeito da metodologia ICF por meio da empresa ARXX Brasil, que utiliza esta metodologia na construção do sistema em paredes autoportantes em concreto armado. A partir das informações obtidas, foram realizadas análises comparativas de desempenho térmico, conforto acústico, produtividade e economia financeira. Para fins de comparação, foi realizado análise do sistema convencional em estruturas de concreto e paredes de vedação em alvenaria, analisando as mesmas características para execução de uma edificação modelo.

A partir das análises comparativas e resultados encontrados no presente estudo, verificou-se que o sistema em paredes autoportantes em ARXX ICF possui uma redução de 90% na transmitância térmica que o sistema convencional. Além disso, possui desempenho acústico superior ao convencional, representando um aumento de 66,6%. Outro fator importante é a produtividade construtiva, analisada por meio da demanda de homens-hora (Hh), que representou 273,7% a menos do que o convencional. A metodologia ARXX proporciona também maior velocidade na execução da edificação, considerando uma redução total no peso dos materiais utilizados, de 91,12% em relação aos tijolos convencionais. Quanto a comparação de custos, verificou-se uma redução de 7,27% em relação ao convencional, resultando em uma economia financeira de R\$ 10.278,55.

Diante do exposto, fica claro que a metodologia construtiva ARXX ICF, além de benefícios térmico/acústico e de produtividade, gera mais economia financeira se comparado ao sistema e metodologia convencional. Portanto, é evidente e necessária a recomendação e adoção desta tecnologia, principalmente em regiões como o estado do Rio Grande do Sul, que é caracterizado por estações bem definidas. No geral, conclui-se com base nas análises e estudos realizados que o ICF possui melhor desempenho, deixando claro sua superioridade e benefícios aos usuários.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE. **Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil – 2.8 Resíduos de construção e demolição (RCD)**. Brasil, 2020.

_____. **NBR 15575 - Edificações habitacionais — Desempenho**. Rio de Janeiro. ABNT, 2021.

_____. **NBR 15220 –Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro. ABNT, 2005.

ARXX BRASIL – Redefinindo a Construção. **Revista Institucional 2023**. GRUPO BAUEN, Copyright, 2016. Vila Velha - ES. Disponível em: <<https://arxx.com.br/>>. Acesso em: 10 de junho de 2023.

ARXX BRASIL – Redefinindo a Construção. **Manual Técnico 2023**. GRUPO BAUEN, Copyright, 2016. Vila Velha - ES. Disponível em: <<https://arxx.com.br/>>. Acesso em: 10 de junho de 2023.

FERRAZ, R. **ATENUAÇÃO DE RUÍDO DE IMPACTO EM PISOS DE EDIFICAÇÕES DE PAVIMENTOS MÚLTIPLOS**. Dissertação de Pós Graduação em Engenharia de Estruturas da Escola de Engenharia da Universidade Federal. Belo Horizonte, 2008.

LabEE. DESEMPENHO TÉRMICO. Laboratório de Eficiência Energética de Edificações da Universidade Federal de Santa Catarina, 2016.

NETO, F. F. M, BERTOLI, R, S. **DESEMPENHO ACÚSTICO DE PAREDES DE BLOCOS E TIJOLOS CERÂMICO: UMA COMPARAÇÃO ENTRE BRASIL E PORTUGAL**. Revista Online Ambiente Construído, 2010.

OLIVEIRA, B, V, J. **ANÁLISE COMPARATIVA DO USO DE ICF E TIJOLOS CERÂMICOS A PARTIR DAS PROPRIEDADES TÉRMICAS E ACÚSTICAS**. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Universidade do Sul de Santa Catarina, 2021.

ROTH, C. D. G.; GARCIAS, C. M. **Construção Civil e a Degradação Ambiental**. Desenvolvimento em Questão, n. 7, jan./jun 2009. ISSN 13.

SANTOS, C. C. T. **SISTEMA CONSTRUTIVO INSULATED CONCRETE FORMS (ICF): ESTUDO DE CASO**. Monografia (Bacharel em Engenharia Civil) – Faculdade Doctum, Juiz de Fora – MG, 2020.

SEQUEIRA, A. P. C. T. **Dados climáticos para avaliação de desempenho térmico de edificações** – Revista Escola de Minas, 2005. Disponível em: < <https://www.scielo.br/j/rem/a/sNXPhzMmBvGKvjfDKMsNQH/?lang=pt#>>. Acesso em 02 de junho de 2023.

SOUZA, L. E. U. **COMO MEDIR A PRODUTIVIDADE DA MÃO-DE-OBRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL**. Universidade de São Paulo. São Paulo – SP, 2015.