

**Análise comparativa das propriedades térmicas dos métodos
construtivos insulated concrete forms e alvenaria convencional para
cidades de temperaturas elevadas**

**Comparative analysis of the thermal properties of insulated concrete
forms and conventional masonry construction methods for high-
temperature cities**

DOI:10.34117/bjdv7n10-176

Recebimento dos originais: 15/09/2021

Aceitação para publicação: 15/10/2021

Felipe Daniel Bastos Lopes

Bacharel em Engenharia Civil

Endereço: Rua Regina Lopes, n 3191, Bairro: Ininga

E-mail: felipedanielbastoslopes@outlook.com

Marco Antônio de Moura Fortes

Bacharel em Engenharia Civil

Endereço: Rua Nelson Mandela, 4205, Bairro Ininga, Teresina-PI

E-mail: fortes.marco@hotmail.com

Pedro Afonso de Araújo Costa

Bacharel em Engenharia Civil

Endereço: Cond. Dream Park Residence 5877, Bairro Gurupi, Av. Mirtes Melão

E-mail: pafonsoac18@gmail.com

Tiago de Macedo Lima Moura Fé

Bacharel em Engenharia Civil

Endereço: Edifício Opala 2600, Bairro Fátima, Av. Dom Severino, Teresina-PI

E-mail: tiagomacedofe@hotmail.com

Carol Chaves Mesquita e Ferreira

Mestrado

Instituição: Uninovafapi

Endereço: Rua Jornalista Dondon 2883 apto 205 CEP 64052-850

E-mail: carol_arqeng@yahoo.com.br

RESUMO

O mundo muda, as pessoas mudam e conseqüentemente a engenharia muda. A todo momento soluções são criadas agregando cada vez mais a construção civil. Nesse contexto o método construtivo Insulated Concrete Forms (ICF) surge como uma opção para regiões de clima agressivo. O presente estudo tem como objetivo realizar uma análise comparativa das propriedades térmicas entre o método ICF e o método de alvenaria convencional, através da coleta de dados executada por um sistema Arduino enquanto sua análise é realizada com o auxílio do Excel. Por ser uma pesquisa baseada em volume de dados coletados, possui natureza quantitativa e como o alvo de estudo é um tema pouco

conhecido e voltado para um caso específico, é possível definir que também se trata de um estudo de caso de natureza exploratória. Após realizado o experimento os resultados foram sólidos, com o ICF chegando a ser 7°C mais frio que a alvenaria durante as máximas temperaturas do dia, além de demonstrar uma variação de temperatura menor, o que é muito convincente quanto à eficiência desse método construtivo.

Palavras-Chave: Análise comparativa, Análise térmica, ICF, Alvenaria.

ABSTRACT

The world changes, people change, and consequently engineering changes. At every moment solutions are created adding more and more to civil construction. In this context, the Insulated Concrete Forms (ICF) construction method emerges as an option for regions with an aggressive climate. The present study aims to perform a comparative analysis of the thermal properties between the ICF method and the conventional masonry method, through data collection performed by an Arduino system while its analysis is performed with the help of Excel. As it is a research based on the volume of data collected, it has a quantitative nature, and as the target of the study is a little known theme and focused on a specific case, it is possible to define that it is also a case study of an exploratory nature. After performing the experiment the results were solid, with the ICF reaching 7°C colder than masonry during the maximum temperatures of the day, besides demonstrating a smaller temperature variation, which is very convincing as to the efficiency of this constructive method.

Keywords: Comparative analysis, Thermal analysis, ICF, Masonry.

1 INTRODUÇÃO

O mundo mudou e está sempre a mudar, de maneira espontânea a sociedade está sempre a se adaptar há situações desafiadoras e com o passar do tempo são criadas estratégias para a superação de desafios. A partir dessas estratégias se derivam diversas soluções que fazem parte do dia a dia da população, visualizadas em produtos consumidos, serviços contratados, atividades cotidianas, entre outras.

Todas as coisas remodelam-se, e de maneira ímpar a engenharia, apesar de ser um ramo conservador, nunca deixou de evoluir, deparando-se diversas vezes com novas ferramentas e materiais que trazem diversos tipos de conforto, facilidade na execução e menos impactos para o meio ambiente. Assim como métodos construtivos, que se aproveitam dessas novas ferramentas e materiais tornando-os ações coordenadas visando agregar no sentido custo-benefício e facilidade construtiva.

Tendo isso em mente, o método construtivo *Insulated Concrete Forms* (ICF) aparece como uma opção para esse objetivo. Esse método baseia-se em formas de Poliestireno Expandido (EPS). Essas formas possuem encaixes e dessa maneira funcionam como blocos de montar, tornando assim, o ato de construir uma casa a algo comparável a uma brincadeira de criança. Leve e de fácil transporte, esse método construtivo possui diversos benefícios, entre eles resistência a incêndios e isolamento termoacústico, algo muito bem-vindo para regiões castigadas por um clima intenso.

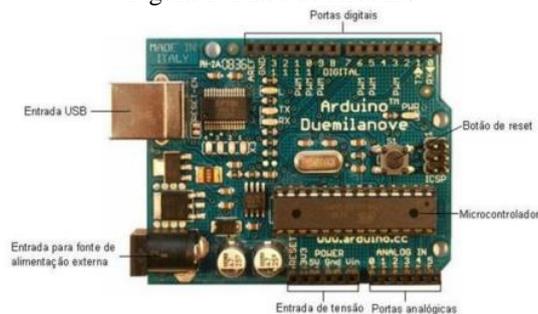
Seguindo esse contexto, o presente artigo busca analisar o isolamento térmico do método construtivo ICF e compará-lo com o método construtivo de alvenaria tradicional tendo como alvo cidades com temperaturas elevadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Diante da introdução do artigo é importante ressaltar que o mesmo utiliza uma abordagem baseada no volume de dados colhidos, ou seja, uma abordagem quantitativa. Além de que, como o alvo de pesquisa é um tema pouco conhecido e voltado para um caso específico, é possível definir que se trata de um estudo de caso de natureza exploratória.

Para realizar a coleta de dados foi utilizado um sistema Arduino, que se trata de uma plataforma de *hardware open source* que possui aplicação útil na criação de novos aparelhos que concedam algum tipo de relação com o ambiente. Através dele é possível que sensores e HD interajam entre si, viabilizando assim uma coleta de dados periódica desprovida de falha humana e um armazenamento seguro. Informações coletadas pelo sistema podem ser interpretadas por meio de programas de computadores, tornando assim, esse sistema capacitado para diversas funções. A seguir, na Figura 1 é apresentado uma placa de Arduino.

Figura 1: Placa de Arduino



Para a execução do experimento dispôs-se a produzir na cidade de Teresina-PI 2 protótipos com volume de 1m^3 , um de alvenaria convencional e outro usando formas ARXX VEDA, ambos cobertos por telhas termoacústicas. A escolha dessa linha é justificada por, tanto a alvenaria convencional, quanto a linha ARXX VEDA se tratarem de alvenarias de vedação, o que as posiciona como métodos construtivos de mesma função. A seguir, ilustrados pelas Figuras 2 e 3, os protótipos em execução e já finalizados.

Figura 2: Execução dos protótipos



Figura 3: Foto dos protótipos finalizados



A metodologia se baseia em uma coleta das temperaturas internas de ambos os protótipos e do ambiente externo durante 15 dias com intervalos de 10 minutos entre cada coleta, totalizando assim 2160 ciclos. Essa coleta foi realizada através de sensores e de um sistema de Arduino posicionados no local conforme será apresentado na Figura 4 e após os dados coletados foi dado início à análise dos dados obtidos de diversas maneiras.

Figura 4: Sistema após instalação



Inicialmente, criou-se um gráfico de temperatura em relação ao tempo e para completar essa análise foram criados gráficos de máximo, mínimo e média em relação aos dados iniciais.

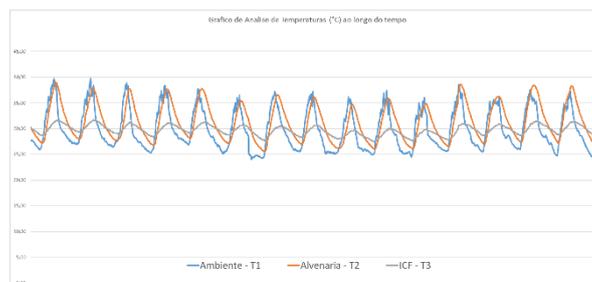
Em seguida, dividiram-se os dados de acordo com os turnos do dia, sendo que: Madrugada (00:00:00 às 05:59:59), Manhã (06:00:00 às 11:59:59), Tarde (12:00:00 às 17:59:59) e Noite (18:00:00 às 23:59:59).

Por fim, para verificar se a diferença entre os métodos construtivos tem relevância significativa na variação térmica entre os protótipos e o ambiente, foram realizados testes ANOVA para ambas as análises. É importante estar ciente de que o teste ANOVA se trata de um estudo para comparar 3 ou mais médias por meio da análise de variâncias amostrais, baseia-se em uma amostra extraída de cada grupo e foca em determinar se as diferenças entre as médias amostrais sugerem divergências significativas entre os grupos ou se essas diferenças são ocasionadas por outros fatores (Favero, 2017).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A seguir é apresentado o Gráfico 1 ilustrando a temperatura ao longo do tempo, em azul está a variação de temperatura do ambiente, em laranja a variação dentro do protótipo de alvenaria comum e em cinza a variação dentro do protótipo de ICF.

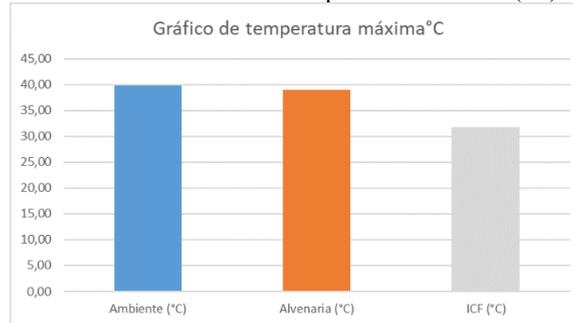
Gráfico 1: Análise de temperatura (°C) ao longo do tempo



Através do gráfico é possível notar que a temperatura interna dentro do protótipo de alvenaria oscila bastante, atingindo máximas que rivalizam com as mais altas temperaturas que o ambiente atinge. Enquanto a temperatura interna do protótipo de ICF é mais constante, demonstrando assim um conforto térmico mais eficiente.

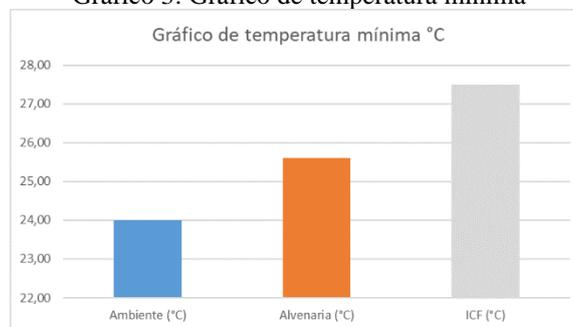
A seguir, ilustradas pelos gráficos 2, 3 e 4, as temperaturas máximas, mínimas e médias.

Gráfico 2: Gráfico de Temperatura máxima (°C)



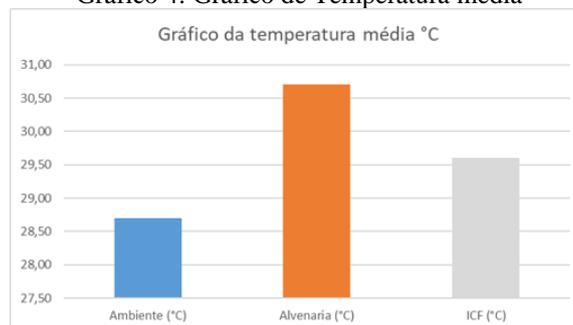
Através do Gráfico 2 é possível concluir que o ICF não atingiu temperaturas superiores a 32°C enquanto a Alvenaria aproxima-se dos 40°C, demonstrando que nas condições mais agressivas o ICF é mais eficiente do que o método convencional.

Gráfico 3: Gráfico de temperatura mínima



Com o auxílio do Gráfico 3, tornou-se nítido que o ICF não atingiu temperaturas inferiores a 27°C, o que confirma uma oscilação de temperatura inferior a 5°C evidenciando o grau do conforto térmico no interior da estrutura.

Gráfico 4: Gráfico de Temperatura media



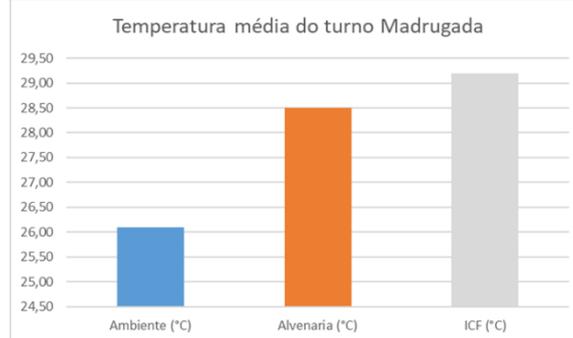
Por fim, com o Gráfico 4 se conclui que o interior de uma estrutura de ICF é mais frio do que o interior de uma estrutura de Alvenaria comum, já que o ICF possui temperatura média menor. A Tabela 1 a seguir apresenta com exatidão os valores apresentados nos gráficos.

Tabela 1: Comparação entre temperaturas

	Ambiente (°C)	Alvenaria (°C)	ICF (°C)
Máximo	39,80	39,00	31,70
Mínimo	24,00	25,60	27,50
Média	28,70	30,70	29,60

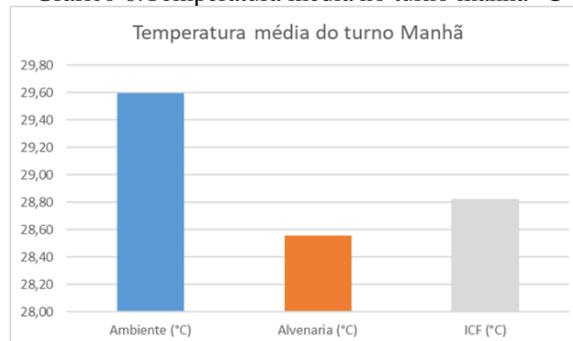
Com o fim da análise geral, iniciou-se a análise por turnos específicos, análise feita através dos gráficos 5 a 8 a seguir:

Gráfico 5: Temperatura média no turno madrugada °C



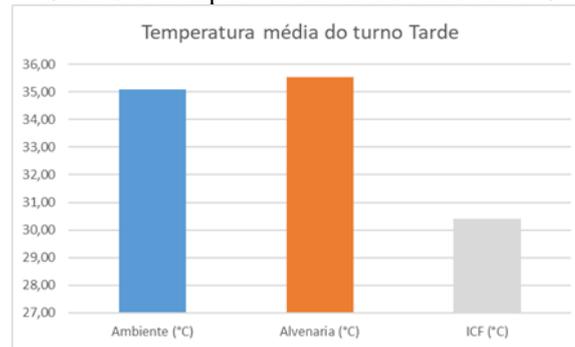
De acordo com o Gráfico 5 é possível notar que durante o período da madrugada o protótipo de alvenaria atingiu temperaturas mais agradáveis do que o protótipo de ICF. Contudo, essa diferença é inferior a 1°C.

Gráfico 6: Temperatura média no turno manhã °C



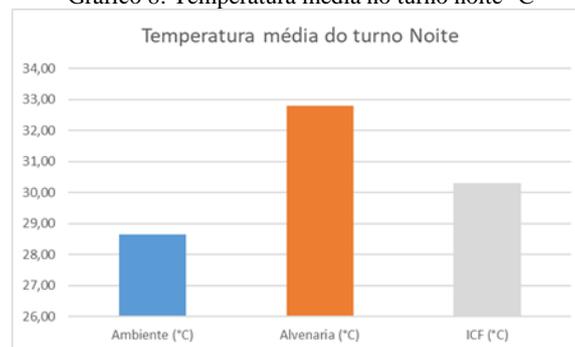
Através do Gráfico 6 é possível visualizar que as temperaturas dentro dos protótipos começam a se igualar. Durante esse turno o protótipo de alvenaria obteve melhores resultados, entretanto essa variação é inferior a 1°C.

Gráfico 7: Temperatura média no turno tarde °C



A partir do Gráfico 7 se visualiza o momento de maior discrepância entre os métodos construtivos. A alvenaria atinge uma temperatura média superior à temperatura média ambiente, enquanto o ICF obtém temperaturas mais agradáveis. A variação de temperatura entre os protótipos é superior a 5°C.

Gráfico 8: Temperatura média no turno noite °C



Finalmente, durante o turno noite, o protótipo de ICF continua a manter temperaturas mais agradáveis do que o seu concorrente, apesar dessa diferença ser menor do que durante o turno da tarde. Essa diferença é superior a 2°C, conforme apresentado no Gráfico 8.

A seguir se apresenta a Tabela 2 com todos os valores visualizados por esses gráficos

Tabela 2: Valores dos gráficos de turnos

	Madrugada	Manhã	Tarde	Noite
Média do Ambiente (°C)	26,10	29,60	35,09	28,66
Média da Alvenaria (°C)	28,50	28,56	35,54	32,78
Média do ICF (°C)	29,20	28,83	30,41	30,31

Por fim, conforme comentado anteriormente, realizou-se testes ANOVA em todos os grupos de dados trabalhados, tanto no geral assim como nos de turnos. Para se interpretar o teste ANOVA é preciso ter em mente que:

- Se $F > F$ crítico então o estudo tem relevância
- Se $P < 0,05$ essa relevância é comprovada

A Tabela 3 a seguir mostra o teste ANOVA realizado para o grupo geral:

Tabela 3: Análise ANOVA do turno geral
RESUMO

Grupo	Contagem	Soma	Média	Variância
Ambiente - T1	2189	65277,7	29,82079	15,04877
Alvenaria - T2	2189	68445,95	31,26814	12,2036
ICF - T3	2189	64925,9	29,66007	0,945206

ANOVA

Fonte da variação	SQ	gl	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	3434,189631	2	1717,095	182,6854	0	2,9971
Dentro dos grupos	61696,28463	6564	9,39919			
Total	65130,47426	6566				

Diante de um valor de F superior ao de F crítico foi possível afirmar que o estudo tem relevância, que foi confirmada já que o valor de P é inferior a 0,05.

Após realizada a análise para o grupo geral foi feito o mesmo teste para todas as situações específicas estudadas, e após essa aferição os resultados mantiveram-se constantes.

4 CONCLUSÃO

A partir da realização do presente artigo foi possível constatar que o método construtivo apresentado possui propriedades térmicas benéficas para construções em regiões de temperaturas elevadas. Dessa forma, é possível afirmar que o método Insulated Concrete Forms tem total capacidade de melhorar a qualidade de vida dos moradores de Teresina, já que construções utilizando esse método possuem uma oscilação térmica inferior se comparado ao método construtivo predominante da região, o de alvenaria convencional.

Além de uma oscilação inferior, sua temperatura média é mais agradável do que a de seu concorrente, e levando em consideração a possibilidade de combiná-lo com máquinas refrigeradoras, essa diferença tende a crescer. Também foi constatado que em apenas condições específicas o método de alvenaria convencional produziu temperaturas mais agradáveis do que o método ICF. Contudo, essa diferença é pequena, inferior a 1°C , e comparado ao desenvolvimento do método estudado em todas as situações, é concluído que o método Insulated Concrete Forms é superior no quesito de isolamento térmico.

É válido afirmar que esse estudo trouxe como benefício a comprovação de um método construtivo alternativo que possui melhores propriedades térmicas, capacitado para melhorar a qualidade de vida do usuário, é menos agressivo ao meio ambiente e baseado em um material reciclável.

Por fim, o presente trabalho abre portas para demais estudos envolvendo o método construtivo *Insulated Concrete Forms* tendo como alvo regiões de mesmo clima. Além disso, sugere-se para futuros estudos a análise das propriedades acústicas do método ICF, das propriedades térmicas em combinação com máquinas refrigeradoras, da resistência mecânica desse método construtivo alternativo, e de suas propriedades contra incêndios.

AGRADECIMENTOS

Gostaríamos de agradecer a Deus e nossas famílias, aos nossos amigos, agradecer também à Construtora ARXX por nos orientar, acompanhar o desenvolvimento desse projeto e nos disponibilizar tudo o que pedimos. Desde reuniões para esclarecimentos até o material empregado na construção.

REFERÊNCIAS

CAVALCANTE, M. A; TAVOLARO, C. R. C; MOLISANI, E. Física com Arduíno para iniciantes. Revista Brasileira de Ensino de Física, v.33, n.4, 4503. 2011. Acesso em: fevereiro, 2021

FAVERO, L. P. Manual de Análise de Dados - Estatística e Modelagem Multivariada com Excel®, SPSS® e Stata®. [Digite o Local da Editora]: Grupo GEN, 2017. 9788595155602. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595155602/>. Pág 240 Acesso em: 17 May 2021