

ANÁLISE DO CONFORTO TÉRMICO DO SISTEMA CONSTRUTIVO CONCRETO-PVC COMPARADO AO SISTEMA DE ALVENARIA CERÂMICA PARA CASAS POPULARES

VINICIUS MENDES DE SOUSA¹, GILBERTO ORLANDA DA SILVA², KLEBER DOS SANTOS ROSA VICENTE³

¹ Esp. Professor da Faculdade Pitágoras de Luziânia, vinicius.sousa@pitagoras.com.br

² Aluno da Engenharia Elétrica da Faculdade Pitágoras de Luziânia, gilberto.godasilva@gmail.com

³ Aluno da Engenharia Civil da Faculdade Pitágoras de Luziânia, 2mproducoesgold@gmail.com

Apresentado no
Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC
15 a 17 de setembro de 2021

RESUMO: No Brasil, há aplicação de modernas técnicas em algumas obras, contudo para casos gerais são aplicados métodos convencionais, os quais nem sempre são os melhores para o caso em construção. Uma das técnicas disponíveis, utiliza o Concreto-PVC, inovação que veio do Canadá desde 1998. O Concreto-PVC tem conceito simples, trata-se de um sistema de painéis leves de PVC, de encaixe simples e rápido, com altura e espessura variáveis, dependendo do projeto. Assim, esta pesquisa estabeleceu, por meio de metodologia quantitativa, avaliação do Concreto-PVC tomando como referência a alvenaria de fechamento convencional, com uso de tijolo furado, comparando, dadas as limitações de ferramental, o conforto térmico de ambos. Para avaliação do conforto térmico foram realizadas medidas de temperatura internas e externas à construção em Concreto-PVC e alvenaria. Os resultados apontam que para regiões com altas temperaturas, o sistema construtivo Concreto-PVC não é tão eficiente quanto o sistema de Alvenaria convencional.

PALAVRAS-CHAVE: Concreto-PVC, Conforto térmico, Viabilidade.

ANALYSIS OF THE THERMAL COMFORT OF THE CONCRETE-PVC CONSTRUCTIVE SYSTEM COMPARED TO THE CERAMIC MASONRY SYSTEM FOR POPULAR HOUSES

ABSTRACT: In Brazil, modern techniques are applied in some works, however for general cases conventional methods are applied, which are not always the best for the case under construction. One of the available techniques, uses PVC-Concrete, an innovation that came from Canada since 1998. PVC-Concrete has a simple concept, it is a system of light PVC panels, simple and quick fitting, with variable height and thickness, depending on the project. This research established, through quantitative methodology, the evaluation of PVC-Concrete taking as reference the conventional closing masonry, with the use of perforated brick, comparing, given the limitations of tooling, the thermal comfort of both. In order to assess thermal comfort, internal and external temperature measurements were made to the PVC-concrete and masonry construction. The results show that for regions with high temperatures, the Concrete-PVC construction system is not as efficient as the conventional Masonry system.

KEYWORDS: PVC-concrete, Thermal comfort, Viability.

INTRODUÇÃO

A bioclimatologia está fundamentada na busca da harmonia das edificações, com as condições do meio ambiente, procurando a otimização das relações entre o homem e o meio ambiente, reduzindo os impactos e melhorando as condições de vida e conforto dos habitantes (ROSSETI, 2009).

Conforme a NBR 15220-3 – Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social – o Brasil é formado por vários climas, sendo assim, a ABNT dividiu o território brasileiro em oito zonas bioclimáticas. Levando em consideração o clima de cada localidade, sendo a mesma classificação zonal para regiões que apresentam homogeneidade quanto aos dados coletados. Essa classificação fornece ideias de projeto para o clima local, de forma a entregar um melhor conforto térmico e melhoria da eficiência energética.

Temperatura é a característica de um determinado material que causa as noções de quente ou frio. Apesar de ser um conceito básico, sua definição é determinada por um conjunto de condições teóricas (princípios da termodinâmica), nesse caso, é importante apenas conhecer seu módulo e quantidade (ORDENES, 2008).

Segundo AMORIM (2011), radiação térmica é a emissão de temperatura de um corpo. Então, todos os corpos próximos a outros, e que possuem diferentes temperaturas, trocam calor através da radiação e pelo fluxo de calor que é interpretado como sendo a taxa líquida de energia na qual os corpos trocam entre si. Para calcularmos a taxa de fluxo de calor radiante (W), utilizamos a seguinte equação a seguir:

$$Q_{rad} = A_1 \sigma \epsilon_1 (T_1^4 - T_2^4)$$

Q_{rad} – Taxa de fluxo de calor radiante (W)

A_1 – Área de superfície que participa do processo de transferência (m^2).

σ – Constante de radiação, de Stefan-Boltzmann

ϵ_1 – Fator de emissividade da superfície

T_1 – Temperatura da superfície 1 (K)

T_2 – Temperatura da superfície 2 (K)

A emissividade proporciona um parâmetro de capacidade de emissão de energia de uma superfície associada de um corpo negro. Com valores que se deparam na faixa $0 \leq \epsilon \leq 1$, a emissividade vai depender do material da superfície e do seu acabamento.

Convecção é a transferência de calor nos líquidos ou gases. Então, caso o fluido escoe em uma superfície sólida, estando o líquido e a superfície sólida com temperaturas distintas, ocorrerá a troca de calor entre ambos (FUTURENG, 2014).

Para calcularmos a taxa de fluxo de calor trocado por convecção, utilizará a equação a seguir:

$$Q_{conv} = \bar{A} \bar{h} (T_1 - T_2)$$

Q_{conv} – Taxa de fluxo de calor transferido por convecção (W)

\bar{A} – Área da superfície que participa do processo de transferência de calor (m^2)

\bar{h} – Coeficiente médio de transferência de calor por convecção

T_1 – Temperatura da superfície (K)

T_2 – Temperatura do fluido circundante (K)

O coeficiente médio de transferência de calor por convecção provém do fluido escoado na superfície.

Segundo ORDENES (2008), a condução térmica está associada ao transporte de energia térmica (calor), através de um meio sólido ao gradiente de temperatura, definido como positivo no sentido de maior a menor temperatura de acordo com a Lei de Fourier.

OZISIK (1990), cita a Lei de Fourier, sendo uma taxa de fluxo de energia, sendo que em uma determinada direção, é proporcional à área normal à direção do fluxo. A Lei de Fourier pode ser expressa da seguinte forma:

$$Q_{cond} = \frac{Ak}{L} (T_1 - T_2)$$

Q_{cond} – Taxa de fluxo de calor transferida por condução (W)

A – Área da superfície que participa do processo de transferência

k – Condutividade térmica do material

L – Distância entre as superfícies

T1 – temperatura da superfície 1

T2 – temperatura da superfície 2

Conforme BEZERRA (2003), difusividade é a ligação entre condutividade e capacidade calorífica, determinada como sendo o produto do calor específico pela densidade do material. A difusividade é uma propriedade referente a propagação do calor em um determinado local, um processo de variações de temperatura relacionado com o tempo. A difusividade pode ser expressa da seguinte forma:

$$\alpha = \frac{k}{\rho C_p}$$

α – Difusividade térmica

k – Condutividade térmica

ρ – Densidade do material

c_p – Calor específico do material

De acordo com BEZERRA (2003), quando um sólido retém energia, a quantidade retida vai depender da capacidade térmica, características essas citadas que são denominados de inércia térmica. Então, materiais com elevada inércia diminuem a amplitude da oscilação das temperaturas no interior da edificação.

Conforme a ABNT (2005a), transmitância térmica é uma propriedade dos componentes construtivos associado a passagem de energia, que é atribuição dos materiais que a constituem. A transmitância está associada a espessura do componente e à condutividade térmica dos materiais que a compõem, mostrando a capacidade de transmitir maior ou menor energia (LAMBERTS, 2010). Para se calcular a transmitância pode ser aplicado ao método o de cálculo da NBR 15220-2 (ABNT, 2005a)

Segundo GUTIERREZ (2010), Fator Solar é a relação entre a radiação solar que incide sobre a superfície, e a quantidade de energia que passa ao interior da edificação. Existe uma diferença entre desempenho térmico e comportamento térmico, sendo que o comportamento térmico é o resultado físico apresentado pela edificação quando sujeitados às solicitações do clima externo e das condições de uso dos ambientes. Esse resultado pode ser encontrado nos fatores que possuem variação de temperatura e umidade que são transmitidos pelas vedações (LAMBERTS, 2010).

Segundo MELO (2007), as normas de desempenho térmico existem desde 1970, e vem ganhando reconhecimento e sendo empregadas nas construções. Recentemente, já existe muitas normas ou legislações relacionadas ao desempenho térmico. As normas brasileiras que tratam sobre o desempenho térmico são a NBR 15220 – Desempenho Térmico de Edificações, e a NBR 15575: Edificações habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho.

O canadense Vic de Zen foi quem desenvolveu o sistema construtivo Concreto-PVC, no início da década de 80, chegando ao Brasil em 1998. O sistema construtivo Concreto-PVC é um sistema modular, construído com painéis de PVC, que possui um encaixe simples, com espessuras e alturas variáveis, conforme características dos projetos, que por fim serão preenchidos por concreto e aço estrutural internamente (ZUTIN, 2010).

Segundo o Editorial da Braskem, os perfis do sistema construtivo Concreto-PVC, possuem espessuras de 64, 100 e 150 mm. Possui perfis de 100 e 150 mm possibilitam a construção de edificações de até 5 pavimentos (térreo mais 4 andares), segundo resultados obtidos em ensaios pelo laboratório da (UFRGS) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, que realizaram ensaios em paredes montadas de concreto-PVC com 750 mm de altura e 100 mm de espessura, obtendo resultados favoráveis, com cargas médias de colapso quanto à flambagem em torno de 2,2 MPa para H = 2,6 m, e = 7,5 cm e $F_{ck} = 15$ MPa, na qual possibilita o uso como paredes portantes para prédios de até 2 pavimentos. Já para paredes com H = 2,6, e = 10 cm e $F_{ck} = 20$ MPa, a resistência à compressão axial ficou em cerca de 2,6 MPa o qual possibilita a construção de prédios de até 4 pavimentos.

O concreto-PVC possui várias características como ótima durabilidade, estanqueidade, alta resistência devido ao concreto, resistência à ação de fungos e bactérias, resistência a intempéries (sol, chuva, vento e maresia) longo ciclo de vida (superior a 100 anos) não propaga chamas (autoextinguível), entre outras (MARTINS, 2010). Sendo importante ressaltar que a não propagação de chamas, ao contrário da madeira ou de vários outros materiais utilizados na construção civil, os produtos de PVC são autoextinguíveis. Conforme ensaio realizado pelo IPT (Instituto de Pesquisas Tecnológicas), o qual foi transcorrido por quatro horas, e as condições limites não foram alcançadas e o mesmo foi interrompido, sendo a resistência do painel ensaiado superior a quatro horas conforme recomendação da NBR 5628 (Componentes Construtivos Estruturais – Determinação da Resistência ao Fogo).

Para se executar a construção de uma edificação do sistema Concreto-PVC, exige uma série de projetos (topográfico, estrutural, hidrossanitário, elétrico, arquitetônico, entre outros), e esses projetos devem ser feitos um sobre o outro, para que não haja conflitos na hora da execução. Qualquer erro de compatibilização durante a obra pode acarretar prejuízos ao proprietário, além de uma provável demolição do que já foi construído.

Sendo assim, o principal objetivo desse artigo é avaliar o conforto térmico e a viabilidade técnica do sistema construtivo utilizando alvenaria em Concreto-PVC, tomando como referência alvenaria cerâmica aplicada em casas populares. Tendo como objetivos específicos: definir algumas propriedades térmicas; descrever o processo construtivo do sistema Concreto-PVC; apresentar vantagens e desvantagens do processo construtivo; elaborar gráficos com as medições feitas in loco; e comparar o conforto térmico entre os sistemas construtivos.

MATERIAL E MÉTODOS

O projeto de habitação foi feito para o sistema de alvenaria cerâmica, está incluso os projetos estruturais, arquitetônicos, hidrossanitários e elétricos. A habitação é composta por: uma sala de estar; um banheiro; uma cozinha e dois quartos. Totaliza uma área construída de 41,87 m². O padrão do acabamento desta casa é definido pela norma NBR 12721.

O conforto térmico do sistema construtivo Concreto-PVC, será avaliado através de uma análise comparativa em relação à parede de alvenaria cerâmica. Tal análise será feita com a ajuda das curvas de temperatura, traçadas segundo os dados que foram coletados em campo.

Os valores foram determinados a partir das características térmicas dos dois sistemas construtivos analisados, para mostrar a diferença entre cada um, tendo como objetivo a análise do conforto térmico das edificações construídas com os dois sistemas construtivos analisados, calculando a transmitância térmica, a capacidade térmica e o atraso térmico.

O levantamento de dados de temperatura interna e externa foi realizado in loco em duas unidades habitacionais. Foi adotado o período de um dia iniciando às 07hs até 17hs (não realizado em período maior, por ordens do dono da obra), as medições foram realizadas de 25/25 minutos, na parte interna e externa das edificações, foi usado um termômetro a laser, o qual foi mirado em vários pontos da parede, tanto interno como externo, executando esse processo, o próprio termômetro dava a média daqueles pontos coletados na parede.

Após esse levantamento essas medições foram transmitidas para o computador para serem analisadas. Na data na qual foi realizada a medição in loco, as habitações ainda estavam em fase de construção. Então, os ambientes que foram medidos estavam fechados e sem frestas nas aberturas, para que a ventilação não fosse um parâmetro a intervir.

Para o levantamento dos dados de temperatura interna e externa foi utilizado um termômetro a laser. O modelo utilizado foi o Termômetro Infravermelho MT-360, que registra temperaturas entre -30°C ~ 550°C com precisão de $\pm 2^\circ\text{C}$.

Após a coleta de todos os dados, para cada período de monitoramento, os valores resultantes, foram transferidos para o computador, com auxílio do programa de planilhas eletrônicas, para geração de gráficos, para serem retiradas as informações sobre as temperaturas a serem analisadas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A região de estudo foi Valparaíso de Goiás – GO. Conforme NBR 15220 - Desempenho térmico de edificações – Valparaíso-GO está situada na zona bioclimática de nº 4, as diretrizes construtivas para esta região são paredes leves e refletoras e cobertura leve isolada.

Para habitações edificadas em Valparaíso-GO, que pertence à zona bioclimática nº 4, a NBR 15220 recomenda que as vedações externas sejam paredes pesadas e cobertura leve isolada. A Tabela 1, especifica os valores limites de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar para que as vedações externas se enquadrem nestas categorias.

Tabela 1: Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para cada tipo de vedação externa.

VEDAÇÕES EXTERNAS	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA U (W/M ² .K)	ATRASO TÉRMICO φ (horas)	FATOR DE CALOR SOLAR (FS _o (%))
Parede leve	U ≤ 2,20	φ ≤ 6,5	FS _o ≤ 3,5
Cobertura leve isolada	U ≤ 2,00	φ ≤ 3,3	FS _o ≤ 6,5

Para a classificação dos sistemas em análise foram comparados os valores da NBR 15220-3, com a transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar dos materiais especificados para a execução das vedações externas, de acordo com os projetos. O fator de calor solar foi determinado com a expressão:

$$FS = 4 * U * \alpha$$

- α é a absorvância térmica e vale:
- $\alpha = 0,20$ para alvenaria convencional com pintura na cor Branca
- para telha cerâmica, $\alpha = 0,75$;
- para telha de fibrocimento, $\alpha = 0,75$;
- U é a transmitância térmica.

As casas edificadas na cidade de Valparaíso-GO têm paredes com espessura de 13 cm, e são feitas com blocos cerâmicos de 6 furos com revestimento de tinta, porém, a Norma NBR 15220-3 apresenta valores para alvenaria de blocos cerâmicos com furos a partir de 14 cm de espessura, foram considerados os valores estabelecidos pela norma. A cobertura que foi executada é a cobertura de telha de fibrocimento com forro de laje mista, com espessura de 0,7 cm e a laje com 12 cm, por ser um tipo de cobertura leve, ela atende os padrões da norma. Para estes materiais, são apresentados os valores de transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar na tabela abaixo.

Tabela 2: Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para alvenaria de blocos cerâmicos.

VEDAÇÕES EXTERNAS	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA U (W/m ² .K)	ATRASO TÉRMICO φ(horas)	FATOR DE CALOR SOLAR (FS _o (%))
Parede leve	2,48 U	3,3	1,98
Cobertura leve isolada	1,93 U	3,6	5,79

Comparando os resultados obtidos com os dados da Tabela 2, conclui-se que as paredes externas de alvenaria de blocos cerâmicos são leves, e a cobertura é leve isolada, fazendo com que esteja de acordo com a NBR 15220-3 para a zona bioclimática 4. Como na norma 15220-3 ainda não existe tais valores para análise do desempenho térmico do sistema Concreto-PVC, adotamos como verdade os valores obtidos pela pesquisa de Donadello, Nico-Rodrigues e Alvarez (2013). Para Transmitância térmica encontrado o valor de 3,14 W/m².K, ou seja, não atende o pré-requisito máximo da NBR, que é de 2,20 W/m².K, e o valor da absorvância térmica é de 0,9 (valor adimensional), logo, para o fator de calor temos que:

Tabela 3: Transmitância térmica, atraso térmico e fator de calor solar admissíveis para o Concreto-PVC

VEDAÇÕES EXTERNAS	TRANSMITÂNCIA TÉRMICA U (W/m ² .K)	ATRASO TÉRMICO φ(horas)	FATOR DE CALOR SOLAR (FS _o (%))
Parede leve	3,14 U	-	11,30
Cobertura leve isolada	1,93 U	3,6	5,79

Conclui-se que pelos padrões da NBR 15220-3, a parede de Concreto-PVC não seria a melhor opção para a zona bioclimática 4, nem para regiões com altas temperaturas.

A Tabela 4 e o Gráfico 01, apresentam as médias de temperaturas obtidas nas residências edificadas na cidade de Valparaíso-GO, as quais têm como material de vedação vertical paredes em Concreto-PVC e Alvenaria Convencional.

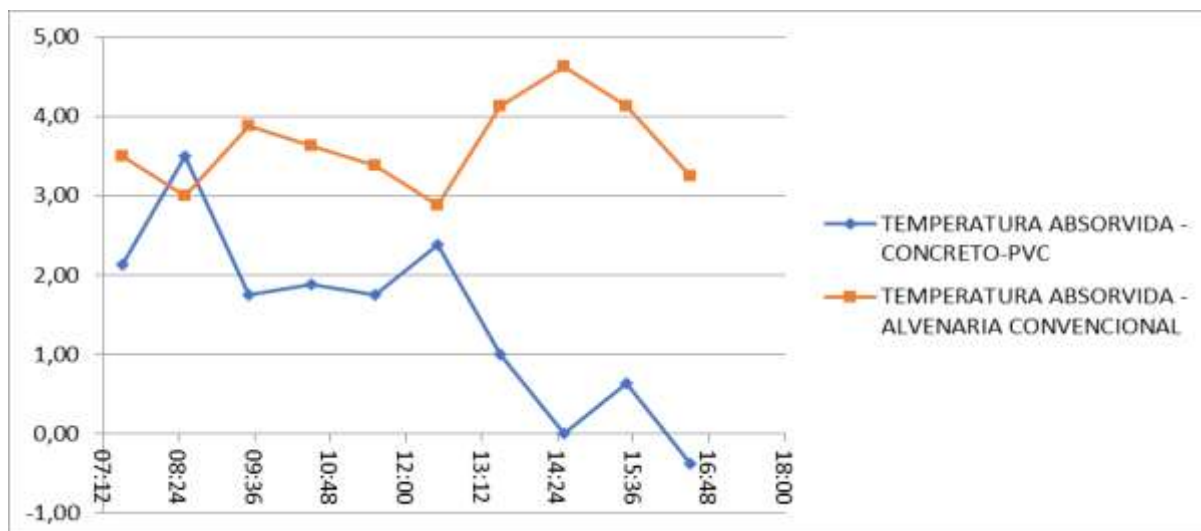


Figura 1: Gráfico com as temperaturas coletados do Concreto-PVC

Tabela 4: Média de temperatura nas paredes feitas de Concreto-PVC e Alvenaria Cerâmica

ORIENTAÇÃO DA FACHADA	CONCRETO-PVC PAREDE INTERNA (°C)	CONCRETO-PVC PAREDE EXTERNA (°C)	ALVENARIA CERÂMICA PAREDE INTERNA (°C)	ALVENARIA CERÂMICA PAREDE EXTERNA (°C)
Norte	27,50	28,50	28,75	32,20
Sul	26,50	27,80	28,30	31,85
Leste	28,40	30,90	30,40	33,95
Oeste	25,95	27,05	28,10	32,80

As temperaturas médias do ambiente, foram 29,90°C (Concreto-PVC) e 31,27°C (Alvenaria Cerâmica), podemos concluir que as paredes externas de ambos os sistemas absorveram uma parte da temperatura, fazendo assim, com que a temperatura interna ficasse abaixo da média da temperatura ambiente do lado de fora da casa.

Nos dois sistemas foram feitas medições das temperaturas de 07:00 às 17:00 horas, no período noturno, não foi possível realizar as medições.

Analisando primeiramente o sistema Concreto-PVC, observa-se nas Figuras 1 e 2, que as paredes feitas neste sistema, conforme já comprovado pela norma, não possuem boa absorção de temperatura, fazendo com que a sensação da temperatura interna da residência seja parecida com a temperatura ambiente, sendo assim, não é recomendada para regiões que possuem altas temperaturas na maior parte do ano.

Para as paredes executadas em alvenaria cerâmica, observa-se que as paredes externas possuem grande capacidade de absorver a temperatura ambiente, fazendo com que a residência apresente conforto térmico melhor que o Concreto-PVC.

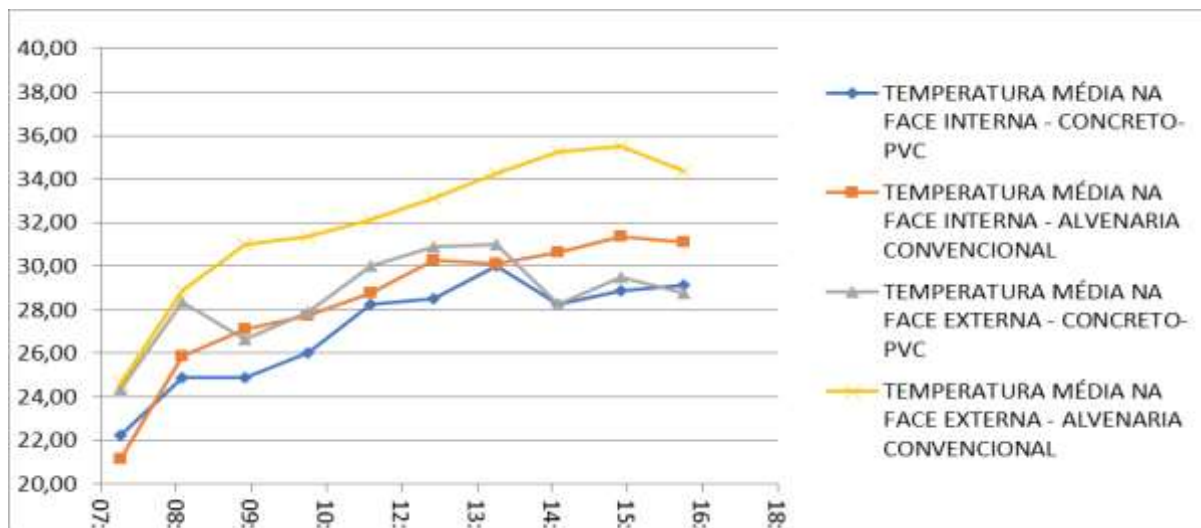


Figura 2: Gráfico com as temperaturas coletados da Alvenaria Cerâmica

As tabelas abaixo mostram as temperaturas coletadas em campo nos dois sistemas, com a temperatura ambiente, registrada na cidade de Valparaíso-GO.

Tabela 5: Temperaturas coletadas em Campo para o Sistema de Alvenaria Cerâmica

ALVENARIA CERÂMICA									
TEMPERATURAS DAS PAREDES EM GRAUS CELSIUS (°C)									
HORÁRIO DAS MEDIÇÕES	PAREDE LESTE		PAREDE SUL		PAREDE OESTE		PAREDE NORTE		TEMPERATURA AMBIENTE
	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	
07:30	20,5	23	21	24	21	24	22	27,5	21
08:30	26	28	26	29,5	25,5	29	26	29	26
09:30	29	34	26	29	27	30	26,5	31	29
10:30	30	34	26,5	29,5	27,5	31	27	31	31
11:30	32	35	27	29,5	28	32	28	32	33
12:30	33	35	29	32	29	33	30	32,5	34
13:30	32	36	30	33	28,5	34	30	34	35
14:30	32	35	30,5	35	29	36	31	35	34
15:30	32	35	31,5	36	30	36	32	35	34
16:30	32	32,5	31	35	31	36	30,5	34	33

Tabela 6: Temperaturas coletadas em Campo para o Sistema de Concreto-PVC

CONCRETO-PVC									
TEMPERATURAS DAS PAREDES EM GRAUS CELSIUS (°C)									
HORÁRIO DAS MEDIÇÕES	PAREDE LESTE		PAREDE SUL		PAREDE OESTE		PAREDE NORTE		TEMPERATURA AMBIENTE
	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	INT	EXT	
07:30	21	25	20,5	24	23,5	24	24	24,5	18
08:30	25	35	24,5	26	24	25	26	27,5	24
09:30	26	30	25	25,5	24	25	24,5	26	28
10:30	29	32	25	26	24	26	26	27,5	31
11:30	31	33	27	29,5	26	28	29	29,5	32
12:30	30,5	32	29	31	27	29,5	27,5	31	32
13:30	31	32	30	30,5	29	29,5	30	32	32
14:30	30	29,5	28	27,5	27	27,5	28	28,5	33
15:30	30,5	30	28,5	30	26,5	28	30	30	33
16:30	30	30,5	28	28	28,5	28	30	28,5	33

CONCLUSÃO

Este artigo, teve como principal objetivo avaliar o conforto térmico e a viabilidade técnica do sistema construtivo utilizando alvenaria em Concreto-PVC, apresentando as características, o método de execução, para avaliar a eficiência do mesmo em relação a outro método construtivo e sua aplicação em habitações.

O sistema concreto-PVC emprega perfis ou módulos de plástico encaixados uns nos outros preenchidos com concreto. O grande destaque desse sistema está nas características do PVC (estanqueidade, fácil limpeza, resistência mecânica e química), além da elevada durabilidade e eficiência do concreto.

O PVC e a camada de concreto protegem as barras de aço contra a ação dos fenômenos naturais, não sofrendo oxidação, além disso, o PVC é imune a fungos e bactérias, não propaga chamas (é considerado auto extingüível), e resistente a maioria dos reagentes químicos e as intempéries (sol, chuva, vento e maresia).

A diferença em relação a outros sistemas construtivos, é que o concreto-PVC dispensa os revestimentos adicionais como chapisco, reboco, emboço, pintura e cerâmicas. Em relação a execução de habitações, o sistema concreto-PVC não exige mão de obra especializada, apenas treinada.

De acordo a avaliação dos resultados obtidos, foi verificado que para o desempenho e conforto térmico, foi concluído que para a zona bioclimática 4, o melhor sistema que apresentou características normativas conforme a NBR 15220-3 e medições realizadas em campo, foi o sistema construtivo de alvenaria convencional, que apresentou bom isolamento térmico, fazendo com que a temperatura interna da residência apresentasse temperaturas inferiores e conseqüentemente maior conforto. O sistema Concreto-PVC apresentou baixo isolamento térmico, fazendo com que maior parte da temperatura ambiente fosse transmitida ao interior da residência, gerando assim um desconforto térmico

REFERÊNCIAS

- AMORIM, E. P. M. **Radiação Térmica**. 2011 – Universidade do Estado de Santa Catarina. Disponível em: <http://www.joinville.udesc.br/portal/professores/amorim/materiais/Aula_3_FEE0001.pdf>. Acesso em 20 abril 2020.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Desempenho térmico de edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. NBR 15520-2. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. NBR 15220-3. Rio de Janeiro, 2003.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Edificações habitacionais — Desempenho**. NBR 15575. Rio de Janeiro, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalações elétricas de baixa tensão**. NBR 5410. Rio de Janeiro, 1997.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Instalação Predial de Água Fria**. NBR 5626. Rio de Janeiro, 1998.
- BEZERRA, L. A. C. **Análise do desempenho térmico de Sistema construtivo de concreto com EPS como agregado graúdo**. 2003. Dissertação de Mestrado – Centro de Tecnologia da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Disponível em: <<http://repositorio.ufrn.br:8080/jspui/bitstream/123456789/15548/1/LucianoACB.pdf>>. Acesso em: 21 abril 2020.
- Diretrizes para Avaliação Técnica de Produtos – DIRETRIZ SINAT Nº 004. **Sistemas construtivos formados por paredes estruturais constituídas de painéis de PVC preenchidos com concreto**. 2010. Disponível em: <<http://www4.cidades.gov.br/pbqp-h/download.php?doc=e519e847-f322-4ce8-824f-13670ee6805c&ext=.pdf&cd=2784>>. Acesso em: 21 abril 2020.
- FUTURENG. **Convecção Térmica**. 2014. Disponível em: <<http://www.futureng.pt/conveccao>>. Acesso em: 23 abril 2020.

- GUTIERREZ G. C. **Ensaio experimental para medição do fator solar de sistemas de aberturas.** Artigo Científico - Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo Universidade de Campinas. Disponível em: <http://www.arq.ufmg.br/labcon/arquivos/ENCAC07_2110_2111.pdf>. Acesso em: 23 abril 2020.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** São Paulo: P.W., 1997, 192p.
- MELO, Ana Paula. **Análise da influência da transmitância térmica no consumo de energia de edificações comerciais.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Ana_Paula_Melo.pdf>. Acesso em: 21 abril 2020.
- ORDENES, M. **Transferência de Calor na envolvente da edificação.** Programa de Pós-Graduação - UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA MARIA – UFSM. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/Apostila_08.pdf>. Acesso em: 19 abril 2020.
- OZISIK, M.N. **Transferência de calor: um texto básico.** Ed. Guanabara Koogan S. A. Rio de Janeiro – RJ, 1990.
- ROSSETI, K. A. C. **Estudo do desempenho de coberturas verdes como estratégia passiva de condicionamento térmico dos edifícios na cidade de Cuiabá, MT.** 2009. 145f. Dissertação (Mestrado em Física e Meio Ambiente), Instituto de Física, Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2009.
- ZUTIN, R. **Sistema Construtivo de Habitações Populares Utilizando Perfis Modulares de PVC Preenchidos com Concreto.** 2010. Trabalho de Diplomação (Graduação em Engenharia Civil) – Universidade do Estado de Santa Catarina, 2010. Disponível em: <http://www.pergamum.udesc.br/dadosbu/000000/000000000001_1/0000110D.pdf>. Acesso em: 23 abril 2020.