

## XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção  
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

# DESEMPENHO TÉRMICO POR MEIO DE MEDIÇÕES *IN LOCO* DE EDIFICAÇÕES CONSTRUÍDAS EM PAREDES DE CONCRETO NA ZONA BIOCLIMÁTICA 6 E 8<sup>1</sup>

DIDONÉ, Katia Rosa (1); MILANI, Ana Paula da Silva (2); BERTOCINI, Sandra Regina (3)

(1) UCDB, e-mail: katiadidone@hotmail.com; (2) UFMS, e-mail: ana.milani@ufms.br; (3) UFMS, e-mail: sandra.bertocini@ufms.br

### RESUMO

Há a carência de estudos relacionados ao comportamento térmico de edificações em paredes de concreto, dentro desta premissa, o trabalho teve por objetivo estudar o comportamento térmico de edificações construídas no sistema construtivo de paredes monolíticas de concreto para analisar a influência das variáveis construtivas tipo de janela, de pintura e de cobertura no ambiente construído frente às variáveis do zoneamento bioclimático 6 e 8. Para tal, foram selecionadas residências unifamiliares não ocupadas, construídas em paredes de concreto de 10 cm de espessura, em diferentes cidades no estado do Mato Grosso do Sul. Foram realizadas medições *in loco* no interior destas edificações, obtendo-se as variáveis de temperatura do ar interno e externo e temperatura da superfície interna das paredes. Por meio das características construtivas destas edificações e as aferições de temperaturas foram verificados os níveis de desempenho térmico, segundo critérios de normas brasileiras, e percebido a significativa influência nas soluções construtivas utilizadas no forro e cobertura das edificações com o sistema construtivo em paredes de concreto.

**Palavras-chave:** Comportamento térmico. Paredes de concreto. Atraso térmico.

### ABSTRACT

There is a lack of studies related to the thermal behavior of buildings in concrete walls, within this premise, the study aimed to study the thermal behavior of buildings built in the building system of monolithic concrete walls, to analyze the influence of constructive type variables window, paint and cover the built environment facing the bioclimatic zoning variables 6 and 8. for such households were selected not occupied single family, built on concrete walls 10 cm thick, in different cities in the state of Mato Grosso South. In situ measurements were performed inside these buildings, obtaining the variables of temperature of the internal and external air and temperature of the inner surface of the walls. Through the constructive characteristics of these buildings and the measurements of temperature were checked levels of thermal performance of the same, according to criteria in the standard Brazilian, and noticed a significant influence on the solutions used in the lining of the buildings with the building system concrete walls.

**Keywords:** Thermal performance. Concrete walls. Thermal delay.

<sup>1</sup>DIDONÉ, Katia Rosa; MILANI, Ana Paula da Silva; BERTOCINI, Sandra Regina. Desempenho térmico por meio de medições *in loco* de edificações construídas em paredes de concreto na zona bioclimática 6 e 8. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2016.

## 1 INTRODUÇÃO

O conceito de desempenho térmico e comportamento térmico apresentam distinções entre eles, segundo Lamberts et al. (2010), a resposta física que a edificação apresenta, quando submetida às solicitações do clima externo, variáveis climáticas, e às condições de uso dos ambientes, é denominada comportamento térmico e pode ser identificada observando-se fatores como a variação da temperatura e umidade do ambiente interno ou dos fluxos de calor transmitidos através dos fechamentos. Quando estes fatores são analisados com o enfoque ao atendimento das exigências de conforto dos usuários tem-se a avaliação do desempenho térmico. Este parâmetro é um dos requisitos a serem atendidos pelas edificações para estarem de acordo com a norma NBR 15575 (ABNT, 2013).

Segundo Givoni (1998), o efeito quantitativo da massa no desempenho térmico das edificações depende da interação entre a massa e a condutividade térmica do material que formam os elementos, assim como da posição relativa das diferentes camadas, com diferentes massas e resistências térmicas. E durante o processo de transmissão de calor, a amplitude de variação da temperatura interna e externa define o amortecimento térmico que ocorre na edificação (DORNELLES, 2004).

Devido a carência de informações relacionadas ao comportamento térmico de edificações, neste estudo serão analisadas edificações construídas em paredes monolíticas de concreto, localizadas na zona bioclimática 6 e 8, a fim de verificar o seu comportamento térmico e avaliar o desempenho térmico segundo a norma NBR 15575 (ABNT, 2013).

## 2 OBJETIVOS

Estudar o comportamento térmico de edificações construídas no sistema construtivo de paredes monolíticas de concreto a fim de analisar a influência das variáveis construtivas no ambiente construído, bem como verificar o desempenho térmico das edificações, segundo critérios da norma NBR 15575, frente às variáveis do zoneamento bioclimático 6 e 8.

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Materiais e Métodos

Os estudos iniciaram com a análise da norma NBR 15575 e os parâmetros indicativos de desempenho térmico para edificações localizadas na zona bioclimática 6 e 8. Para atender aos objetivos estabelecidos, dos métodos disponíveis pela normativa foi definido a aplicação do método de medições *in loco* para verificar o comportamento térmico das edificações, e foram selecionadas unidades habitacionais inseridas na zona bioclimática 6 e 8, com envelope vertical construído em paredes de concreto maciço de 10 cm de espessura.

Conforme apresentado pela norma, a avaliação do desempenho térmico deve utilizar os dados climáticos da cidade onde está localizada a edificação em estudo. Segundo classificação do Zoneamento Blioclimático Brasileiro disponibilizado pela NBR 15220 (ABNT 2005): o município de Campo Grande está inserido na zona bioclimática 6; Corumbá está inserida na zona bioclimática 8; e a cidade de Sidrolândia não dispõem de dados climáticos específicos, mas devido a proximidade ao município de Campo Grande e a altitude compatível, a cidade foi avaliada conforme o clima típico da zona bioclimática 6.

### 3.1.1 Edificações selecionadas

As edificações em análise encontram-se inseridas em conjuntos habitacionais e apresentam programa de necessidades semelhantes: sala e cozinha integradas, dois dormitórios e banheiro. O dormitório de cada edificação, na condição mais extrema ao calor, foi definido para a instalação dos equipamentos de medição *in loco*.

As edificações analisadas são compatíveis no uso da solução paredes monolíticas em de concreto, com espessura de 10 cm, densidade média de 2250 kg/m<sup>3</sup>; e utilizam de revestimento cerâmico no piso. As edificações distinguem-se quanto o tipo de materiais utilizados na cobertura, forro e as janelas especificadas para os ambientes dos dormitórios.

#### 3.1.1.1 Edificação em Campo Grande

A edificação apresenta 44 m<sup>2</sup> de área construída e em um pavimento. As paredes receberam no seu interior acabamento em massa corrida PVA, espessura 2 mm, e pintura com tinta latex; acabamento externo com massa texturizada, espessura 0,5 cm, na cor bege, que segundo a tabela disponibilizada por Dornelles (2008), o valor de absorção que mais se aproxima da cor utilizada no local encontra-se no valor 0,4. A laje de piso e forro foram executadas com laje pré-moldada de concreto, espessura de 10 cm. A cobertura possui estrutura de vigas metálicas, cobertura em telha ondulada de fibrocimento, espessura 6 mm e absorção solar média de 0,3. As esquadrias metálicas: janelas em alumínio instaladas em 2 folhas, uma fixa e uma móvel com vidro e com veneziana em chapa metálica; portas externas metálicas e internas de madeira. Na figura 01 pode-se visualizar a planta baixa da edificação, orientação solar e o ambiente onde foram instalados os sensores de medição *in loco*.

#### 3.1.1.2 Edificação em Sidrolândia

A edificação apresenta 60 m<sup>2</sup> de área construída: a laje de piso em revestimento cerâmico; as paredes receberam no seu interior acabamento em massa corrida PVA, espessura 2 mm, e pintura com tinta latex, o acabamento externo com massa texturizada, espessura 0,5 cm, em cor clara de absorção 0,3; o forro da edificação em PVC, espessura 10 mm, cobertura possui estrutura de vigas metálicas e telhas cerâmicas, tipo

romana, e absorção solar média de 0,75; as esquadrias: janelas em alumínio instaladas em 2 folhas, uma fixa e uma móvel com vidro e sem veneziana; portas externas metálicas e internas de madeira. Na figura 02 pode ser visualizado a planta baixa, a orientação solar e o ambiente onde foram instalados os sensores de medição *in loco*.

Figura 01- Planta baixa esquemática da edificação em Campo Grande.

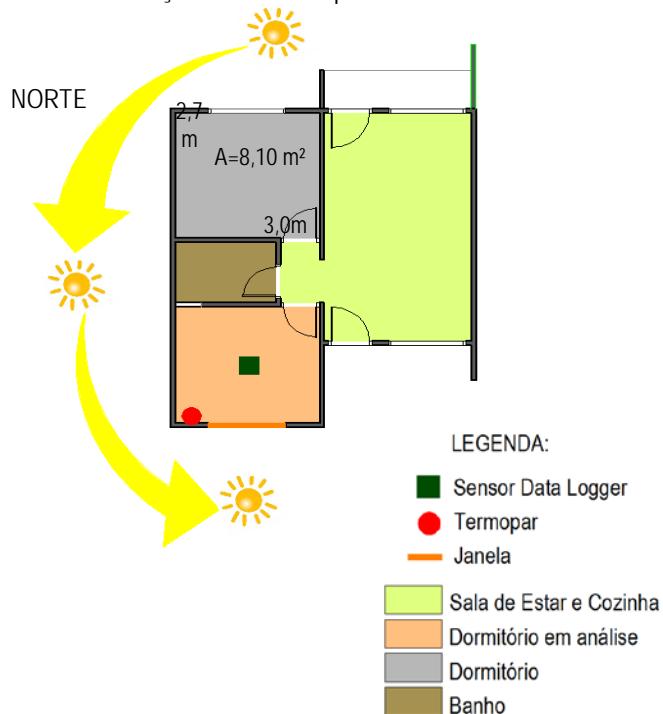
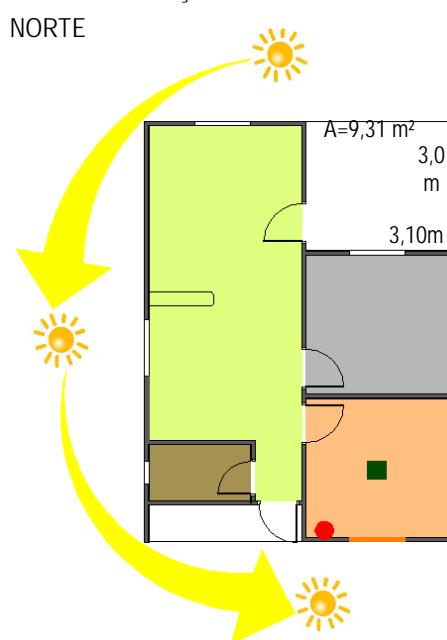


Figura 02 - Planta baixa esquemática da edificação em Sidrolândia.



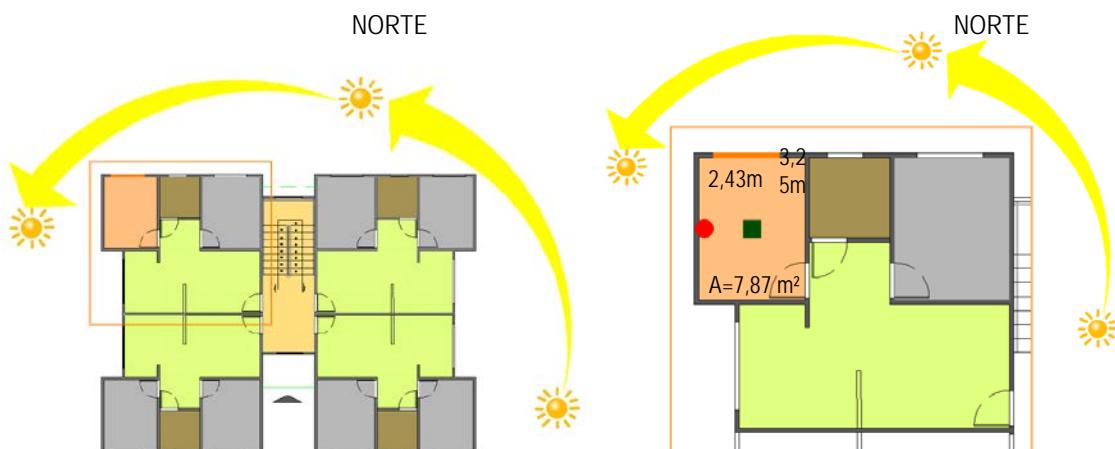
### 3.1.1.3 Edificação em Corumbá

A edificação possui dois pavimentos e quatro unidades habitacionais por andar configurando oito apartamentos por edificação (Figura 3). As paredes receberam no seu interior acabamento em massa corrida PVA, espessura 2 mm, e pintura com tinta latex; acabamento externo com massa texturizada, espessura 1 cm, na cor clara de absorção solar 0,3.

A laje de piso e de teto do 1º pavimento tipo dos apartamentos foram executadas com lajes pré-moldada para piso, com trilhos de concreto e placas de poliestireno (EPS) tipo 2F, densidade média do EPS de 25 kg/m<sup>3</sup>, espessura total da laje de 10 cm. A cobertura possui estrutura de vigas em madeira de pinnus, cobertura em telha ondulada de fibrocimento, espessura 6 mm e absorção solar média de 0,3, e manta metalizada dupla face, espessura 2mm, instalada em toda a cobertura. Os oitões das coberturas, tanto internos como externos, foram executados em alvenaria tradicional em blocos cerâmicos (dimensões 9x19x19cm). As esquadrias: janelas em alumínio instaladas em 2 folhas, uma fixa e uma móvel com vidro, com veneziana em chapa metálica e portas internas de madeira. Na figura 03

pode ser visualizada a planta baixa do pavimento tipo, a unidade selecionada de 43,55 m<sup>2</sup>, a localização dos equipamentos de medição e a orientação solar da edificação.

Figura 03 - Planta baixa esquemática da edificação em Corumbá, a unidade habitacional monitorada e orientação solar.



### 3.1.2 Coleta e tratamento de dados

As medições *in loco* foram realizadas com os ambientes desocupados e o processo construtivo concluído. Devido a quantidade de equipamentos disponíveis no período de monitoramento e as condições das variáveis climáticas externas, as medições nas edificações ocorreram em datas distintas e promoveram quantidade diferente de dados. O monitoramento ocorreu com todos os ambientes fechados, no entanto, nas edificações em Sidrolândia e em Corumbá, em determinado período, foi possível também realizar medições promovendo a ventilação a partir da abertura das portas e janelas da edificação por determinado período.

O método foi realizado a partir da coleta de dados das variáveis ambientais temperatura do ar no entorno da edificação e do ambiente interno da edificação, bem como a temperatura na superfície interna da parede de concreto. Dentre todo o período de medições *in loco* foram selecionados uma sequência de três dias com características semelhantes e analisado os dados do terceiro dia, configurando assim o dia típico do período monitorado, conforme recomendado pela NBR 15575 (ABNT, 2013).

Para obter os dados de temperatura do ar no ambiente e as trocas térmicas pela superfície da parede foi utilizado o equipamento tipo Data Logger, modelo 175T2 da marca Testo. Este sensor de Data Logger opera na faixa de temperaturas de - 40° C a +120° C, e armazena valores de - 40° C a + 75° C.

O sensor Data Logger ficou posicionado no centro do ambiente registrando os dados de temperatura, e o termopar, tipo T conectado ao sensor, ficou

fixo na parede armazenando a temperatura superficial interna da fachada selecionada, a fim de armazenar a passagem de calor pela superfície. Ambos os equipamentos ficaram posicionados na altura aproximada de 1,10 m do piso.

As variáveis ambientais de temperatura do ar externo foram fornecidas pelo Centro de Meteorologia de Mato Grosso do Sul (Cemtec-MS/Agraer), que por sua vez detém de estações meteorológicas nas cidades de Campo Grande, Sidrolândia e Corumbá.

## 4 RESULTADOS

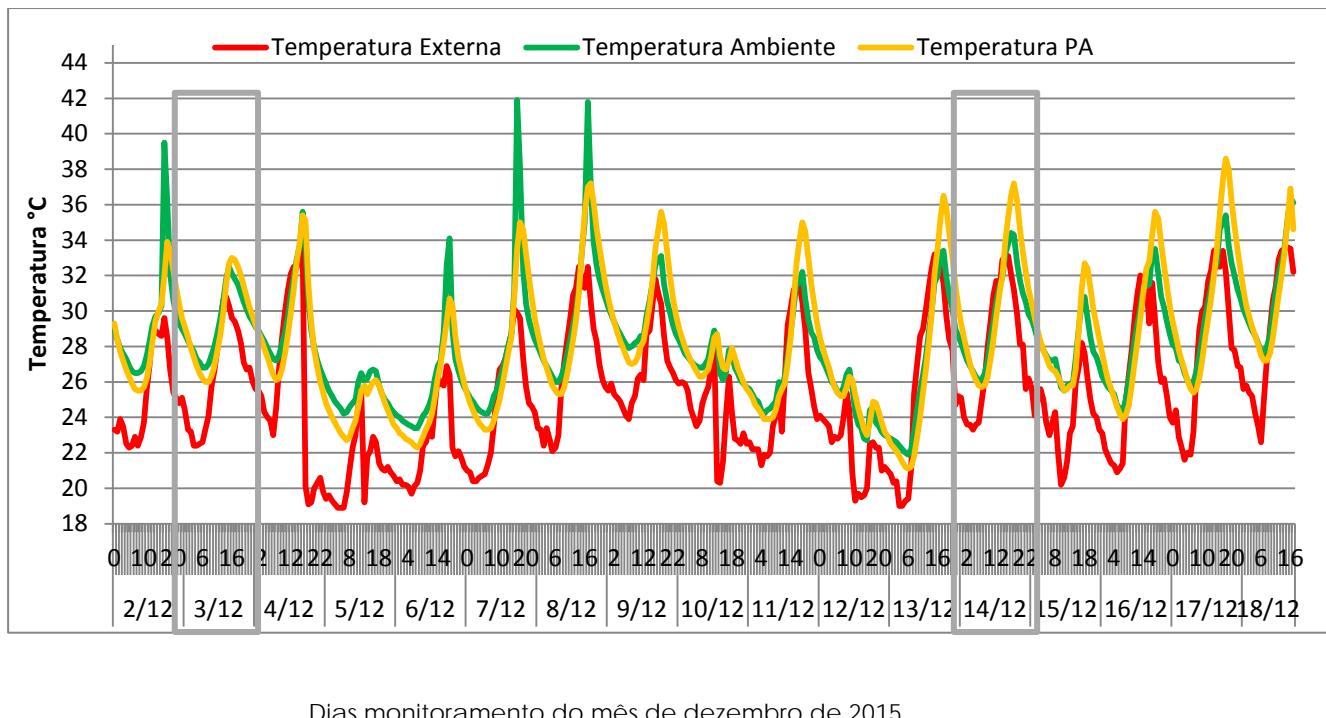
### 4.1 Medições *in loco* - Edificação em Sidrolândia

As medições *in loco* iniciaram no dia 1º de dezembro de 2015 com todas as aberturas da edificação fechadas. No dia 9 de dezembro as aberturas, portas e janelas, foram abertas promovendo a ventilação, e as medições foram finalizadas no dia 18 de dezembro de 2015 (figura 4).

Conforme demonstrado pela Figura 4 em todo o período de monitoramento: a temperatura externa demonstrou-se mais elevada no dia 18 de dezembro de 2015, onde atingiu aproximadamente 33,6°C, e a temperatura mínima no dia 5 de dezembro, que por sua vez, atingiu 18,9°C aproximadamente.

A temperatura do ar no ambiente interno apresentou a máxima temperatura no dia 7 de dezembro, onde alcançou 41,9°C, e a temperatura mínima de 21,9°C no dia 13 de dezembro; a temperatura na superfície da parede atingiu temperatura máxima de 38,6°C no dia 17 de dezembro e a temperatura mínima de 21,10°C também ocorreu no dia 13 de dezembro.

Figura 4 - Representação do comportamento térmico da edificação em Sidrolândia durante todo o período de monitoramento.



Com os dados disponíveis na Figura 5 pode-se perceber que a temperatura externa máxima atingiu 30,8°C às 14 horas do dia, e a temperatura máxima no interior do ambiente ocorreu, aproximadamente, às 15 horas atingindo 32,5°C, revelando um atraso térmico próximo à 1 hora apenas. A temperatura máxima na superfície da parede chegou à 33,0 °C, alcançada às 16 horas aproximadamente, com isso um atraso térmico de 2 horas. Apesar do atraso térmico no ambiente, a tempeartura interna atingiu 1,7°C mais elevada que o exterior, com isso houve um amortecimento térmico negativo. Quanto às amplitudes térmicas, externamente houve 8,4 °C, no ambiente interno 5,7 °C e na temperatura superficial na parede obteve-se 7,0 °C.

Na figura 6, a temperatura externa máxima atingiu 33,1°C, aproximadamente às 16 horas do dia, e a temperatura máxima no interior do ambiente ocorreu em torno das 17 horas atingindo 34,4°C, revelando um atraso térmico próximo à 1 hora; e a temperatura máxima na superfície da parede chegou à 37,2 °C, alcançada às 18 horas aproximadamente, com isso um atraso térmico de 2 horas. Apesar do atraso térmico no ambiente interno ter sido de uma hora, a temperatura interna atingiu 1,3°C mais elevada que o exterior, com isso houve um amortecimento térmico negativo. Sobre as amplitudes térmicas, externamente houve 9,8 °C, no ambiente interno 8,3 °C e na temperatura superficial na parede obteve-se 11,5 °C de diferença.

Figura 5 - Comportamento térmico da edificação em Sidrolândia com todas as aberturas fechadas.

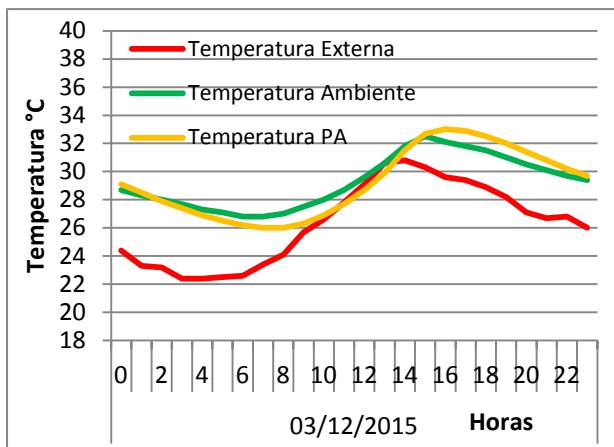
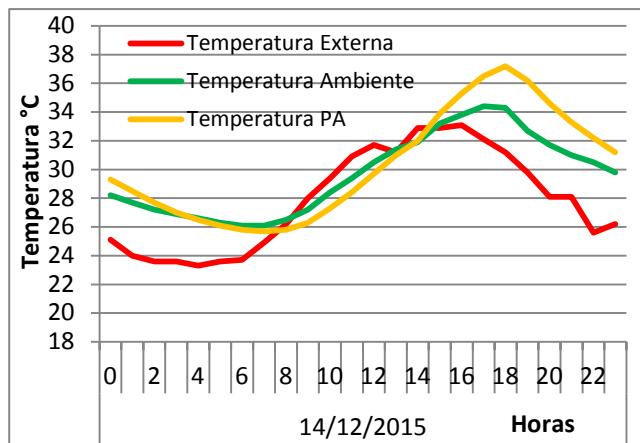


Figura 6 - Comportamento térmico da edificação em Sidrolândia com portas e janelas abertas.

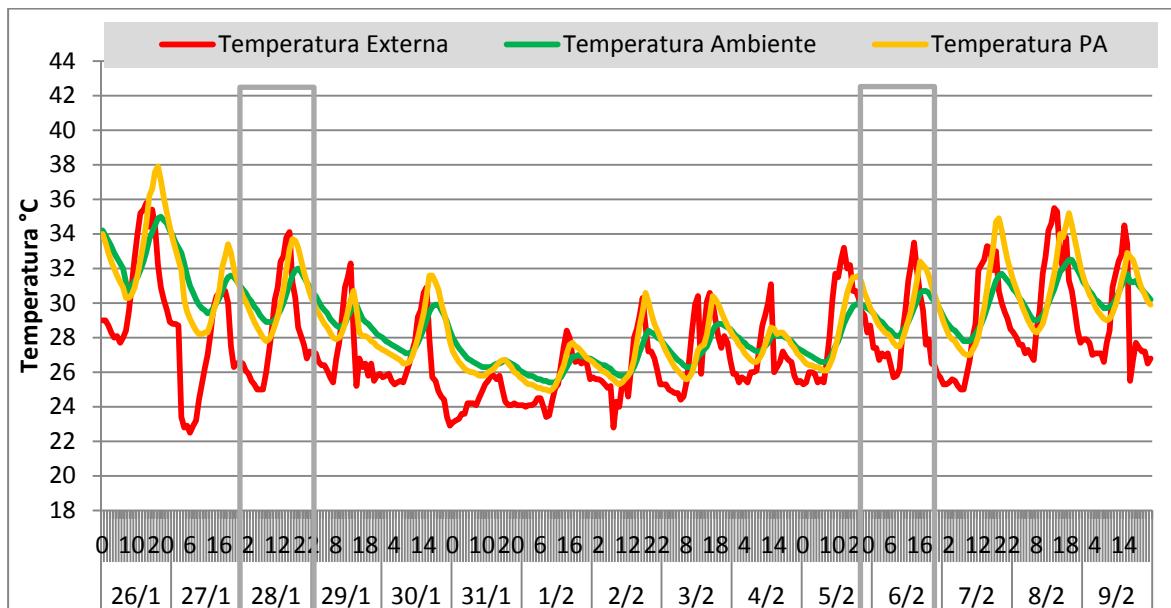


#### 4.2 Medições *in loco* - Edificação em Corumbá

As medições *in loco* iniciaram no dia 26 de janeiro de 2016 com todas as aberturas da edificação fechadas e no dia 4 de janeiro as aberturas de portas e janelas foram abertas promovendo a ventilação, e as medições finalizaram no dia 9 de fevereiro de 2016 (Figura 7).

Conforme demonstrado pelo figura 7, em todo o período de monitoramento a temperatura externa demonstrou-se mais elevada no dia 26 de janeiro de 2016, onde atingiu aproximadamente 35,8°C. Também neste dia foi registrado a temperatura mais elevada no ambiente interno e na temperatura da superfície da parede, sendo 35,0°C e 37,9°C, respectivamente. A temperatura mínima no ambiente externo foi registrada no dia 27 de janeiro, que por sua vez, atingiu 22,8°C; a temperatura mínima no ambiente interno e na superfície da parede foram registradas no dia 1º de fevereiro, onde atingiram 25,4°C e 24,9 °C, respectivamente.

Figura 7 - Representação do comportamento térmico da edificação em Corumbá durante todo o período de medições *in loco*.



Dias monitoramento do mês de janeiro e fevereiro de 2016

Com os dados disponíveis na Figura 8 pode-se perceber que a temperatura externa máxima atingiu 34,1°C aproximadamente às 16 horas do dia, e a temperatura máxima no interior do ambiente ocorreu em torno das 19 horas atingindo 32,0°C, revelando um atraso térmico próximo à 3 horas. A temperatura máxima na superfície da parede chegou à 33,7 °C aproximadamente às 17 horas, ou seja, atraso térmico de 1 hora. O amortecimento térmico no ambiente interno foi de 2,1°C. Neste dia, a amplitude térmica externa apresentou diferença de 9,1°C, e para o ambiente interno e a temperatura superficial na parede obteve-se diferença de 3,1 °C e 5,9°C, respectivamente.

Na figura 9 são disponibilizados os dados do comportamento térmico da edificação em Corumbá com a portas e janelas abertas. A temperatura externa máxima atingiu 33,5°C aproximadamente às 14 horas do dia, e a temperatura máxima no interior do ambiente ocorreu em torno das 17 horas atingindo 30,7°C, revelando um atraso térmico próximo à 3 horas. A temperatura máxima na superfície da parede chegou à 32,4 °C alcançada às 16 horas aproximadamente, com isso um atraso térmico de 2 horas. O amortecimento térmico no ambiente interno foi de 2,8°C. A amplitude térmica no ambiente externo foi de 7,8°C, no ambiente interno de 2,6 °C e na temperatura superficial na parede obteve-se 4,9°C de diferença.

Figura 8 - Representação do comportamento térmico da edificação em Corumbá com todas as aberturas

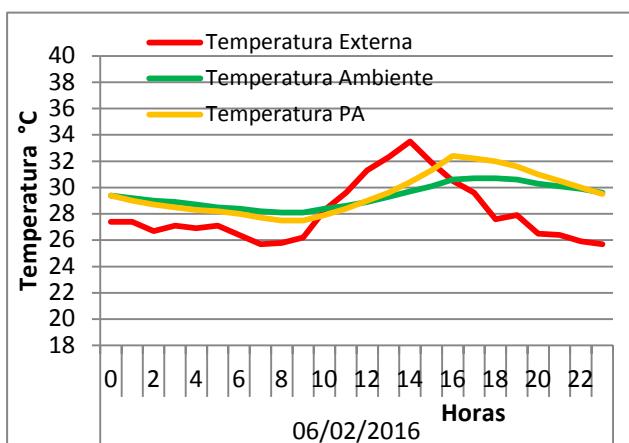
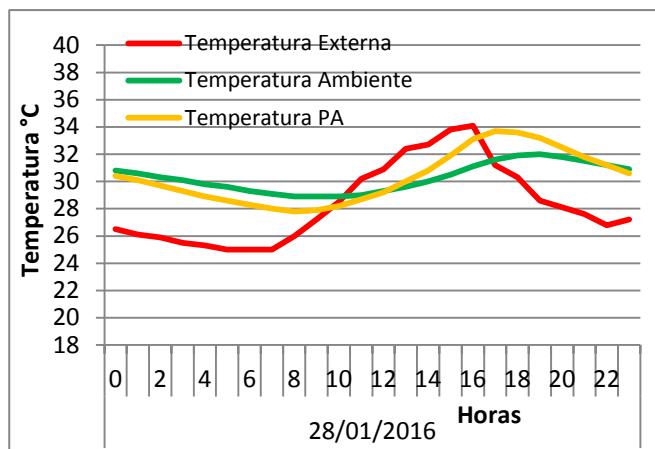


Figura 9 - Representação do comportamento térmico da edificação em Corumbá com ventilacão.



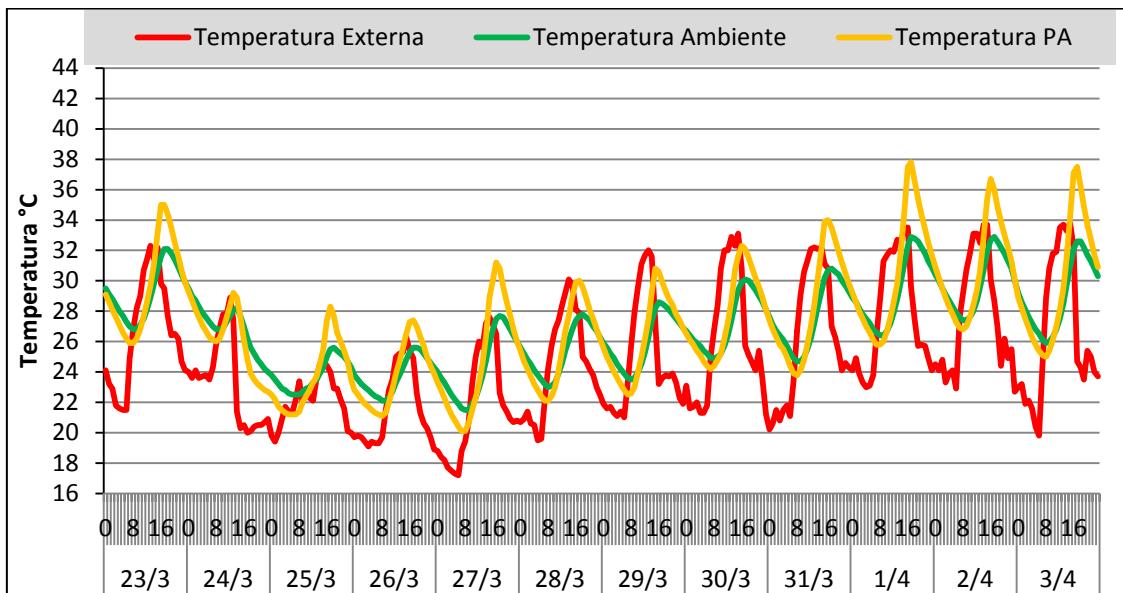
#### 4.3 Medições *in loco* - Edificação em Campo Grande

As medições *in loco* iniciaram no dia 23 de março de 2016 e finalizaram no dia 3 de abril de 2016. Foram registrados dados apenas com as aberturas da edificação fechadas, por motivos já mencionados (Figura 10).

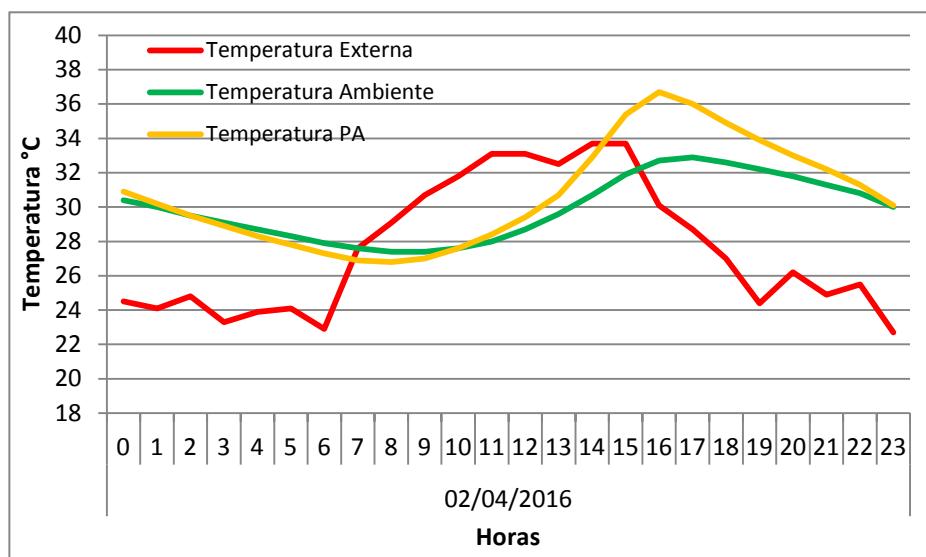
Conforme demonstrado pela Figura 10, em todo o período de monitoramento a temperatura externa demonstrou-se mais elevada no dia 3 de abril de 2016, onde atingiu aproximadamente 33,8°C. No dia 1º de abril foram registradas as temperaturas mais altas no ambiente interno e na superfície da parede, sendo elas 32,9°C e 37,8°C, respectivamente; a temperatura mínima no ambiente externo, no ambiente interno e na superfície da parede ocorreram no dia 27 de março, onde foram registradas 17,2°C, 21,5°C e 20,1°C respectivamente.

Na figura 11 a temperatura externa máxima atingiu 33,7°C aproximadamente às 14 horas do dia, e a temperatura máxima no interior do ambiente ocorreu em torno das 17 horas, atingindo 32,9°C, revelando um atraso térmico próximo à 3 horas. A temperatura máxima na superfície da parede chegou à 36,7°C, alcançada às 16 horas aproximadamente, e com isso um atraso térmico de 2 horas. O amortecimento térmico no ambiente interno foi de 0,8°C. A amplitude térmica no ambiente externo foi de 10,8°C, no ambiente interno 5,5°C e na temperatura superficial na parede obteve-se 9,9°C de diferença.

Figura 10 - Comportamento térmico da edificação em Campo Grande durante todo o período de medições in loco.



Dias monitoramento do mês de março e abril de 2016  
Figura 11 - Representação do comportamento térmico da edificação em  
Campo Grande.



## 5 DISCUSSÕES

Por meio dos resultados de representação do dia típico do período monitorado foi possível perceber que, em todas as edificações em estudo, a temperatura máxima do ar no ambiente externo ocorreu em determinado horário do dia e após 2 horas, aproximadamente, a superfície da parede atingiu a sua temperatura máxima. Com isso, acredita-se que as paredes de concreto maciço de 10 cm apresentam, na zona bioclimática 6 e 8, um atraso térmico de aproximadamente 2 horas.

A partir dos comportamentos térmicos demonstrados foi possível verificar que as paredes de concreto maciço de 10 cm nas edificações em Campo Grande e em Corumbá apresentaram considerável capacidade térmica, pois foi evidenciado um atraso térmico de aproximadamente 3 horas no interior dos ambientes monitorados e amortecimento térmico no ambiente de 2 a 3°C. No entanto, a edificação em Sidrolândia, que apresenta forro de PVC em sua cobertura, resultou em um atraso térmico no ambiente de apenas uma hora e amortecimento térmico negativo (aquecimento), ou seja, a temperatura interna do ambiente monitorado atingiu até 1,7°C mais elevada que a temperatura do ar no exterior. Portanto, acredita-se que os resultados superiores, demonstrados nas edificações em Campo Grande e em Corumbá, foram obtidos devido ao uso de forro de laje de concreto como constituinte da cobertura.

A utilização do forro de laje de concreto nas edificações construídas com paredes de concreto maciço de 10 cm demonstraram um desempenho térmico significativo e mais eficiente para o uso na zona bioclimática 6 e 8, e os resultados obtidos corroboram com o mencionado na NBR 16055 (ABNT, 2012), que por sua vez, orienta a construção de edificações em paredes de concreto e recomenda o uso de forro de laje de concreto como solução construtiva para a composição das edificações.

Considerando os critérios de desempenho térmico disponibilizados pela NBR 15575 (ABNT, 2013): o ambiente monitorado na edificação em Corumbá apresentou temperaturas de até 2,8°C abaixo da temperatura máxima no exterior, com isso a edificação pode ser classificada com um desempenho térmico intermediário segundo a normativa; na edificação em Campo Grande, o ambiente monitorado apresentou uma temperatura interna máxima de 0,8°C abaixo da temperatura externa máxima do dia, o que segundo os critérios da norma a edificação apresenta um desempenho térmico mínimo; no ambiente da edificação em Sidrolândia, todas as temperaturas internas máximas foram superiores às temperaturas do ambiente externo durante todo o período monitorado, ou seja, todos os dias ocorreram aquecimento térmico, consequentemente, a edificação não enquadra-se nos critérios estabelecidos pela normativa.

Conforme mencionado anteriormente, a edificação em Sidrolândia não apresenta laje de concreto na sua cobertura e por meio dos resultados obtidos foi verificado que este é um fator preponderante no sistema construtivo paredes de concreto maciço. A edificação também se distingue

das demais pelas suas janelas não apresentarem venezianas e apenas estrutura de alumínio e vidro. Desta forma a incidência de radiação solar para o interior do ambiente torna-se um fator significativo para o aumento da temperatura interna na edificação. Visto isso, percebe-se que a edificação em Sidrolândia não atende à recomendações da NBR 15220 (ABNT, 2005) para a zona bioclimática 6, pois não há a possibilidade de sombreamento das aberturas e ventilação seletiva por meio de venezianas. Contudo, acredita-se que as especificações para projeto precisam ser elaboradas considerando o sistema construtivo, a forma e as normativas vigentes.

As zonas bioclimáticas 6 e 8 são caracterizadas por clima quente e esta característica pode ser verificada nas medições *in loco* realizadas por meio dos registros de elevadas temperaturas do ar no ambiente externo. A edificação em Campo Grande e em Corumbá atendem aos critérios da norma de desempenho térmico. No entanto, foi possível aferir que as temperaturas no ambiente interno também apresentaram-se elevadas, sendo que em diversos registros de temperaturas nas edificações em estudo encontram-se superiores aos indicados à zona de conforto sugeridos pela carta bioclimática adaptada de Givoni.

Portanto, percebe-se a necessidade de aperfeiçoar os parâmetros estipulados pela norma de desempenho térmico para a zona bioclimática 6 e 8, pois permitir que a temperatura nos ambientes internos de edificações sujeitos a elevadas temperaturas alcancem temperaturas iguais ao do ambiente externo podem promover ambientes condicionados a elevadas temperaturas em quase todos os períodos do dia, caso semelhante ao verificado nas edificações analisadas. Com isso, acredita-se que estimando parâmetros compatíveis com as zonas bioclimáticas 6 e 8 pode-se promover a construção de edificações mais eficientes e de qualidade construtiva, a fim de atender a função de abrigo com conforto a qualquer parcela da população.

## 6 CONTRIBUIÇÕES

As edificações construídas com o sistema construtivo de paredes monolíticas de concreto possuem potencialidade de bom desempenho térmico nas zonas bioclimáticas 6 e 8, sendo necessária a atenção a adoção de soluções construtivas adequadas como janelas compostas de materiais opacos e essencial aplicação de forro na cobertura com boas características térmicas de isolamento e de capacidade térmica.

No entanto, deve-se ressaltar que mesmo as edificações de concreto que apresentaram nível mínimo e intermediário nas zonas bioclimáticas 6 e 8 pelas normativas de desempenho brasileira, essas ainda devem se atentar a busca de soluções projetuais, construtivas e/ou uso de equipamentos para o alcance de maiores quantidades de horas-conforto ao usuário e temperaturas dentro da zona de conforto.

## REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: 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. Rio de Janeiro, 2005a.

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

\_\_\_\_\_. **NBR 15575**. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. C172d. Desempenho de edificações habitacionais: guia orientativo para atendimento à norma ABNT NBR 15575/2013./Câmara Brasileira da Indústria da Construção. Fortaleza: Gadioli Cipolla Comunicação, 2013.

\_\_\_\_\_. **NBR 16055**. Parede de concreto moldada no local para a construção de edificações — Requisitos e procedimentos. Rio de Janeiro, 2012.

DORNELLES, K. A. **Estudo de casos sobre a inércia térmica de edificações na cidade de São Carlos, SP**. 2004. 150 p. Dissertação (Mestrado em Construção Civil) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2004.

GIVONI, B. **Climate considerations in building and urban design**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1998.

LAMBERTS, R. et al. (Ed.). **Casa eficiente**: Bioclimatologia e desempenho térmico. v. 1. Florianópolis: UFSC/LabEEE. 2010.