

## CONTRIBUIÇÃO NO ESTUDO DE PROPRIEDADES FÍSICO TÉRMICAS DO SOLO CIMENTO PARA O DESEMPENHO TÉRMICO DAS EDIFICAÇÕES

**Katia R. Didoné (1); Ana Paula da Silva Milani (2); Geovani Ferreira Alves(3)**

(1) Arquiteta, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Eficiência Energética e Sustentabilidade, katiadidone@hotmail.com

(2) Dra, Professora do Departamento de Engenharia Civil, ana.milani@ufms.br

(3) PhD, Professor do Departamento de Engenharia Civil, geovani.alves@ufms.br

Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Faculdade de Engenharias, Arquitetura e Urbanismo e Geografia – Cidade Universitária s/n, Cx Postal 549, Campo Grande–MS, 79070-900, Tel.: (67) 3345 7230

### RESUMO

Existem poucos estudos científicos demonstrando o comportamento térmico de edificações construídas com o material solo cimento, há publicações com valores distintos de propriedades físico térmicas do material, que por sua vez, geram a dúvida de qual referência utilizar no planejamento de edificações que atendam o desempenho térmico exigido pelas normas vigentes. Com isso, o objetivo deste trabalho foi validar e indicar valores de propriedades físico térmicas do material solo cimento para uso no planejamento de edificações inseridas na Zona Bioclimática 6. Para tal foi realizado uma revisão bibliográfica para buscar valores de propriedades físico térmicas do material solo cimento; foi selecionada uma edificação construída em paredes de solo cimento para ser o objeto de estudo e posteriormente, realizados cálculos pelo método prescritivo, em conformidade com a NBR 15220 (ABNT 2005), e medições *in loco* na edificação em estudo. Para validar e indicar tais referências bibliográficas ao contexto bioclimático brasileiro foi verificada a correlação entre o parâmetro atraso térmico obtido pelo método prescritivo e pelo método de medições *in loco*, a partir da edificação alocada na Zona Bioclimática 6 com envelope vertical construído em solo cimento. Com os resultados obtidos foi possível indicar o uso dos valores de propriedades físico térmicas para o material solo cimento, sendo eles: densidade 1890 kg/m<sup>3</sup>, condutividade térmica 0,38 W/(m.K) e calor específico 1,30 kJ/(kg.K). Visto isso, acredita-se que utilizando estas referências, no planejamento de edificações inseridas na zona bioclimática 6, torna-se possível prever o desempenho térmico que a mesma poderá apresentar posteriormente a sua construção.

Palavras-chave: desempenho térmico, propriedades físico térmicas, solo cimento.

### ABSTRACT

There are few scientific studies demonstrating the thermal behavior of buildings built with cement solo material, there are publications with different values of thermal physical properties of the material, which in turn generate the doubt which reference to use in planning buildings that meet the thermal performance required by current regulations. Thus, the goal from work was to validate and indicate thermal values of physical properties of the soil cement materials for use in planning inserted in buildings Bioclimatic Zone 6. For such a literature review was conducted to check values of thermal physical properties of soil cement materials ; It selected a building built in soil cement walls to be the object of study and subsequently performed calculations by the prescriptive method in accordance with the NBR 15220 (ABNT 2005), and on-site measurements in the building under study. To validate and display such references to the Brazilian bioclimatic context was verified the correlation between thermal lag parameter obtained by the prescriptive method and the method of in situ measurements from the building allocated in Bioclimatic Zone 6 with vertical envelope built in soil cement. With the results we indicate the use of thermal physical property values for the solo material cement, namely: density 1890 kg / m<sup>3</sup>, thermal conductivity 0.38 W / (mK) and specific heat 1.30 kJ / (kg .K). Since it is believed that using these references, the planning of bioclimatic inserted buildings in zone 6, it becomes possible to predict the thermal performance that may later present the same construction.

Keywords: thermal performance, physical and thermal properties, soil-cement.

## 1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista que a energia incorporada no funcionamento de uma edificação, durante o seu ciclo de vida, é muito maior do que a energia consumida durante a fase de construção reforça a importância da correta especificação dos materiais de construção bem como suas características e desempenho (MARTÍN, MAZZARÓN e CAÑAS, 2010). Assim, planejar a edificação com soluções construtivas e materiais adequados a realidade local podem corroborar com o efetivo desempenho térmico da edificação.

No meio científico há poucos estudos sobre o desempenho térmico de edificações construídas com o material solo cimento e ainda publicações que disponibilizam distintos valores de propriedades físico térmicas do material solo cimento. A partir dos divergentes valores referentes à densidade, condutividade térmica e calor específico do material solo cimento geram-se dúvidas na escolha de qual referência utilizar no planejamento de edificações, pois com o uso de determinadas propriedades físico térmicas pode-se chegar a um desempenho térmico satisfatório as Normas, mas posteriormente a construção verificar que a edificação apresenta um comportamento térmico diferente do planejado pelo método prescritivo, resultando em um planejamento fracassado. No cenário destas incertezas, Laaroussi et al. (2014) realizaram uma pesquisa com ênfase na compatibilidade entre os resultados de propriedades térmicas de materiais cerâmicos obtidas através do método prescritivo e do método de medições experimentais, sendo verificado um nível elevado de confiabilidade dos resultados obtidos. O interesse pelo estudo foi de encontro aos novos regulamentos criados pelo governo marroquino, para aumentar a eficiência energética e a sustentabilidade de novas edificações, para tanto, os referidos autores disponibilizaram valores de propriedades térmicas dos blocos cerâmicos, com embasamento científico, para profissionais utilizarem com segurança no exercício profissional.

No estudo relacionado ao desempenho térmico é importante o conhecimento das propriedades físico térmicas dos materiais e fechamentos, pois permitem estabelecer estratégias para que o edifício responda de maneira eficiente às variações do clima, visto que o envelope da edificação é responsável pelas trocas térmicas entre o meio externo e interno (KAPPAUN, 2012). Na tabela 01 são demonstrados valores referentes às propriedades físico térmicas publicadas pelos autores mencionados para o material solo cimento.

Tabela 01: Propriedades físico térmicas do material solo cimento.

Referências	Densidade ( $\rho$ ) (kg/m <sup>3</sup> )	Condutividade térmica ( $\lambda$ ) (W/(m.K))	Calor específico (c) (kJ/(kg.K))
Marques, Castro e Isaac (2009)	1890	0,38	1,30
Meukan et al. (2004)	1807	0,95	0,90
Ferreira (2003)	1868	0,49	0,75
Adam e Jones (1995)	1820	0,41	0,83
Adam e Jones (1995)	1920	0,55	0,83
Adam e Jones (1995)	1840	0,51	0,83
Walker e Maniatidis (2003)	1800	0,52	1,83

Visto os distintos valores de propriedades físico térmicas do material solo cimento, a diversidade de solos na composição do material solo cimento e pelos restritos ensaios laboratoriais referentes ao material contribuem para as dúvidas no exercício projetual, pois o projetista precisa elaborar propostas que atendam as normas vigentes, - NBR 15.220, parte 2 e 3 (ABNT 2005), e NBR 15.575 (ABNT 2013); logo os resultados do comportamento da edificação utilizando as referências disponíveis ainda é subjetivo e apenas informativo.

## 2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho foi validar e indicar valores de propriedades físico térmicas do material solo cimento para uso como referência no planejamento de edificações inseridas na Zona Bioclimática 6.

## 3. MÉTODO

### 3.1 Métodos de avaliação

Os estudos iniciaram com uma revisão bibliográfica para à coleta de referências de valores de propriedades físico térmicas do material solo cimento. Para validar e indicar tais referências bibliográficas ao contexto bioclimático brasileiro foi verificada a correlação entre o parâmetro atraso térmico obtido pelo método prescritivo e pelo método de medições *in loco*, a partir do estudo de caso de uma edificação residencial alocada na Zona Bioclimática 6 com envelope vertical construído em solo cimento.

O método prescritivo foi baseado na normativa NBR 15220 (ABNT 2005) parte 2 e 3, onde foram realizados cálculos prescritivos utilizando os valores das propriedades físicos térmicas do material solo cimento

encontrados na revisão bibliográfica; e as características construtivas dos elementos da edificação em estudo. Com isso, foram encontrados para a parede da edificação os parâmetros de resistência térmica do material, resistência térmica da parede, resistência térmica total, transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar.

O método de medições *in loco* foi realizado a partir da coleta de dados das variáveis ambientais temperatura e umidade relativa do ar do entorno da edificação e do ambiente interno da edificação, bem como a temperatura na superfície interna da parede de solo cimento da edificação. Com os dados coletados da temperatura e umidade do ambiente externo, temperatura e umidade interna da edificação e temperatura da superfície interna da parede da edificação foi possível demonstrar o comportamento térmico apresentado pela edificação em determinado período e obter os parâmetros de atraso térmico e de amortecimento térmico.

### 3.1.1 Edificação selecionada para análise

Para validar as referências bibliográficas do material solo-cimento obtidas na revisão bibliográfica, foi selecionada uma edificação residencial unifamiliar, inserida na cidade de Campo Grande-MS, construída em paredes de solo cimento para a aplicação do método prescritivo e das medições *in loco*. Os estudos na edificação iniciaram após o processo construtivo estar concluído, com isso foram realizadas análises a fim de compreender os materiais e sistemas construtivos existentes. A edificação encontra-se inserida em um lote de pequenas dimensões, com áreas mínimas de permeabilidade do solo e rodeadas por muros altos com pequenas áreas de ventilação, características predominantes às edificações que vem sendo construídas no meio urbano da cidade. A residência possui programa de necessidades que contempla uma suíte, dois dormitórios, sala, cozinha, banheiro social, área de serviço e duas vagas de garagem. Devido à permanência nos espaços e a orientação solar, o dormitório da suíte foi o ambiente definido para monitoramento, e foi selecionada a parede que recebe a maior incidência solar diária para o posicionamento do termopar na superfície da parede de solo cimento.

A edificação em solo cimento é uma residência construída em sistema de vedação composto em alvenaria de blocos de solo cimento, onde os blocos apresentam dimensões de 15 x 7 x 30 cm, na face externa da parede encontram-se de forma aparente e na superfície interna do ambiente há reboco de 1 cm e pintura com tinta acrílica, configurando uma parede de espessura de 16 cm no total. Na figura 01 pode ser visualizado em perspectiva os blocos como elemento isolado e ao lado a imagem da parede rebocada em uma das faces.

Conforme as análises realizadas no material solo cimento, sobre a cor do bloco não há um valor preciso de absorvância disponível na NBR 15220 (ABNT 2005) para este material, no entanto através da tabela de cores disponibilizada por Dornelles (2008), nos cálculos prescritivos foram utilizados o  $\alpha = 0,65$ , sendo o valor que mais se aproxima da cor marrom-terrosa do solo em uso no estudo.

A cobertura é formada por laje de concreto de 12 cm de espessura, sendo uma estrutura de vigas treliçadas de concreto espaçadas com adição de isopor no encaixe entre elas, sendo 6 cm de espessura de isopor e sob esta mais 6 cm de espessura em concreto usinado. As tesouras do telhado, com inclinação de 40%, são compostas por estrutura metálica e cobertas com telha cerâmica vitrificada na cor branca, com absorvância de  $\alpha = 0,3$ . As portas internas e externas são em madeira e as janelas são em alumínio, com venezianas. O ambiente monitorado possui uma janela de 0,74 x 0,98 m de área livre de abertura, totalizando 0,725 m<sup>2</sup> para ventilação. Na figura 02 demonstra-se o ambiente monitorado, a orientação solar e o posicionamento dos sensores de medição, sendo o HOBO e o Data Logger a uma altura de 1,10 m do piso e a sonda, tipo termopar instalada na superfície interna da parede de solo cimento, a 1,50 m do piso.

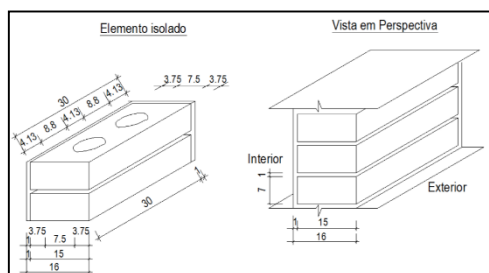


Figura 01: Perspectiva do elemento isolado e da parede de BTC.

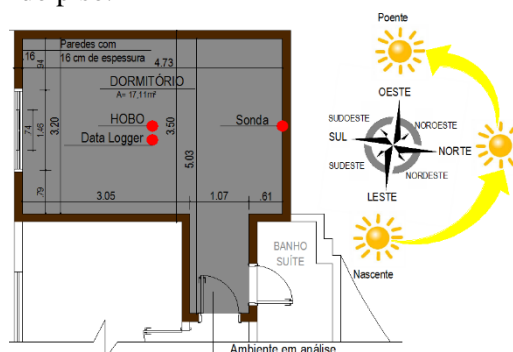


Figura 02: Ambiente monitorado e a orientação solar.

Contudo, pode-se ter ocorrido interferências do entorno da edificação, da cobertura e absorvância do material, mas estas não apresentaram-se de maneira significativa para o resultado final deste estudo.

### 3.2 Coleta e tratamento dos dados

As variáveis ambientais externas, assim como: temperatura do ar, umidade relativa, direção e velocidade do vento, radiação solar e índice pluviométrico; foram fornecidos pelo Centro de Meteorologia da Uniderp-Anhanguera e pelo Centro de Meteorologia de Mato Grosso do Sul (Cemtec-MS/Agraer), ambos localizados na cidade de Campo Grande e próximos ao local em estudo.

As medições *in loco* na edificação em solo cimento foram realizadas em dois períodos distintos, onde foi possível considerar válidos os dados do dia 22 de janeiro a 19 de fevereiro de 2014, caracterizando o período definido para o presente trabalho como verão; e do dia 2 a 28 de setembro de 2014, o período definido para este estudo como inverno/primavera. Em ambos os períodos monitorados a edificação permaneceu fechada, sem permitir o processo de ventilação seletiva no interior do ambiente, e desocupada para não apresentar interferências no parâmetro do atraso térmico da superfície da parede em solo cimento.

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

Para a coleta dos dados referentes a umidade relativa do ar foi utilizado o sensor modelo “HOBO”, sistema eletrônico de aquisição de dados fabricados pela empresa ONSET Computer Corporation, inserido no interior dos ambientes em análise. O sensor opera na faixa de umidade relativa de 0 a 95%, desde que não haja condensação.

Após realizadas as medições *in loco*, todos os dados salvos pelos sensores foram transferidos para os softwares específicos de cada sensor, posteriormente transferidos a base do programa Microsoft Excel, versão 2007. Com o auxílio do software R Core Team (2015) foram realizados os tratamentos estatísticos por análise de variância e através da média das temperaturas em determinado horário, posteriormente plotados os gráficos demonstrando o comportamento térmico das edificações.

## 4. ANÁLISE DE RESULTADOS

### 4.1 Método prescritivo de avaliação de desempenho térmico

No método prescritivo foram utilizadas as propriedades físico-térmicas do material solo-cimento, disponibilizadas na revisão bibliográfica, e as características construtivas da edificação para aplicação nas equações sugeridas pela norma vigente NBR 15220 (ABNT, 2005), a fim de obter o desempenho térmico da edificação em estudo. Com isso, na tabela 02 são apresentados os valores referentes à transmitância térmica, atraso térmico e fator solar das paredes externas de solo-cimento da edificação; sendo possível verificar que conforme a referência das propriedades físico-térmicas utilizadas resulta em desempenho térmico da edificação com parâmetros térmicos diferentes e com variabilidade significativa entre os resultados.

Tabela 02: Resultados dos parâmetros térmicos da parede externa da edificação em solo-cimento.

Referências	Transmitância Térmica (U)	Atraso térmico ( $\phi$ )	Fator solar (FS <sub>o</sub> )
	W/(m <sup>2</sup> .K)	(horas)	(%)
Marques, Castro e Isaac (2009)	1,81	4	4,72
Meukan et al. (2004)	2,04	2,76	5,31
Ferreira (2003)	2,66	2,26	6,9
Adam e Jones (1995)	1,88	3,07	4,89
Adam e Jones (1995)	2,15	2,80	5,60
Adam e Jones (1995)	2,08	2,83	5,41
Walker e Maniatidis (2003)	2,10	4,00	5,48

### 4.2 Método de medições *in loco* para avaliação do comportamento térmico

#### 4.2.1 Medições *in loco* da edificação em solo cimento

A partir dos registros obtidos nas medições *in loco* realizadas na edificação em solo cimento, os dados considerados válidos, foram organizados em formato de gráficos, sendo demonstradas as variáveis ambientais, representadas pela: temperatura do ar com a legenda Temp Ext, e umidade relativa do ar em Umid Ext; as variáveis térmicas do interior da edificação, representadas pela: temperatura com a legenda Temp Amb, e

umidade relativa em Umid Amb; e a variável de temperatura na superfície da parede em análise da edificação, designada Temp PA. Devido o período monitorado foi definido como período de verão as medições realizadas do dia 22 de janeiro a 19 de fevereiro de 2014; e período inverno/primavera as medições realizadas dos dias 2 a 28 de setembro de 2014.

#### 4.2.2 Período de Verão

Na figura 03 encontra-se a demonstração do comportamento térmico da edificação em solo cimento relacionando a temperatura em função do tempo.

Com os dados disponíveis pode-se perceber que a Temp Ext máxima atingiu 29,5 °C aproximadamente às 14 horas e 20 minutos do dia, e a temperatura máxima no interior do ambiente ocorreu aproximadamente às 20 horas e 30 minutos atingindo 29,70 °C, isso revela um atraso térmico próximo à 6 horas; e a temperatura máxima na superfície da parede chegou à 30,42 °C alcançada às 19 horas, com isso um atraso térmico de aproximadamente de 4 horas e 40 minutos. Assim, o pico das temperaturas máximas do ambiente interno e da superfície da parede foram superiores à própria temperatura externa, consequentemente, gerando um amortecimento térmico negativo.

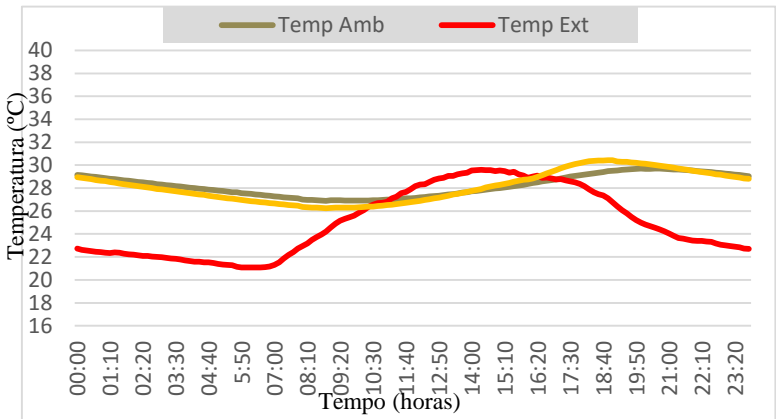


Figura 03: Temperaturas no período de verão.

Quanto às amplitudes térmicas, diferenças entre as temperaturas máximas e mínimas, externamente (Temp Ext) houve 8,51 °C de diferença, no ambiente (Temp Amb) apenas 2,80 °C de amplitude e a temperatura superficial na parede (Temp PA) obteve-se 4,17 °C de diferença, aparentemente baixas amplitudes, mas considerando que durante todo o dia apresentaram-se entre mínima de 26°C e máxima de 31°C, ocasionam ambientes condicionados a elevadas temperaturas durante as 24 horas do dia.

Portanto, o comportamento térmico apresentado demonstra que a Temp Amb atingiu valores superiores à temperatura máxima exterior, apesar de ter sido alcançada horas depois à Temp Ext, visto isso acredita-se que o material solo cimento possa apresentar melhor desempenho térmico quando trabalhado com volumes superiores de massa térmica. Outro fator que pode ter contribuído para determinado comportamento é o valor de absorvância do material, pois devido a tonalidade do material constituinte do bloco de solo cimento o coeficiente aproximado de absorvância encontra-se em 0,65, com isso o envelope da edificação absorve quantidades significativas da radiação incidente, consequentemente o índice de absorção do envelope é superior a reflexão do mesmo.

Na figura 04 encontra-se demonstrado o comportamento relacionando a umidade relativa do ar em função do tempo na edificação em solo cimento.

Através dos dados apresentados é possível perceber que a Umidade relativa do ambiente externo (Umid Ext) teve considerável amplitude, visto que alcançou picos de umidade máxima de 90% e mínima de 60%, chegando a variações em torno de 30%; no interior da edificação o comportamento foi diferente, pois apresentou variação entre 68% à 70%, apenas 2% de diferença para o período. Visto isso, é interessante lembrar que, durante o monitoramento *in loco*, não houve renovações de ar (ventilação) no interior da edificação contribuindo com a variação de amplitude apresentada.

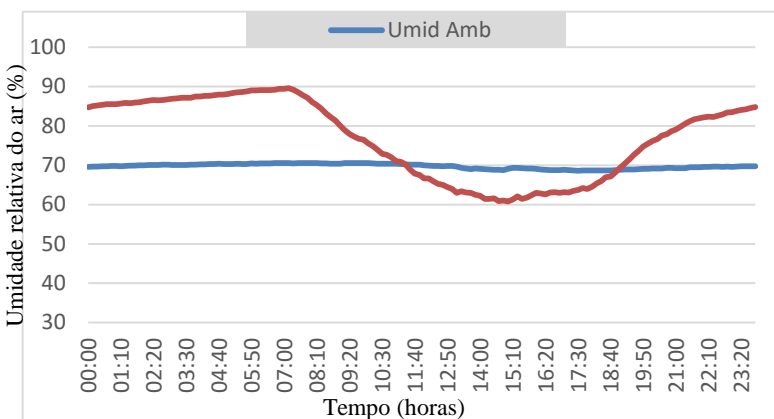


Figura 04: Representação da umidade relativa do ar no período de verão.

De qualquer maneira, com os dados disponíveis, torna-se possível visualizar que a umidade no ambiente apresenta comportamento praticamente constante. Devido a característica da porosidade do material ser superior frente aos demais materiais cerâmicos, acreditava-se que a umidade do ambiente interno pudesse demonstrar variações significativas para embasar as afirmativas referentes ao fenômeno de que a “parede respira”, o que não ocorreu. Este desempenho relacionado a umidade

relativa do ar provavelmente também ocorre devido a restrita espessura de material constituinte do bloco, pois se o mesmo fosse estruturado de com quantidade de massa superior o mesmo poderia trabalhar de forma diferente.

#### 4.2.3 Período de Inverno/Primavera

Na figura 05 encontra-se o comportamento térmico da edificação em solo cimento relacionando a temperatura em função do tempo.

Com os dados disponíveis pode-se perceber que a Temp Ext máxima atingiu 30,3 °C aproximadamente às 14 horas do dia, e a temperatura máxima no interior do ambiente ocorreu aproximadamente às 19 horas atingindo 27,7 °C, isso revela um atraso térmico próximo à 5 horas; e a temperatura máxima na superfície da parede chegou à 30,8 °C alcançada às 17 horas, com isso um atraso térmico de aproximadamente de 3 horas. Quanto às amplitudes térmicas, externamente (Temp Ext) houve 9,0 °C de diferença, no ambiente (Temp Amb) apenas 2,6 °C de amplitude e a temperatura superficial na parede (Temp PA) obteve-se 6,2 °C de diferença, aparentemente baixas amplitudes, mas considerando que durante todo o dia apresentaram-se entre mínima de 24°C e máxima de 31°C, ocasionam ambientes condicionados a elevadas temperaturas durante as 24 horas do dia também para o período do inverno/primavera.

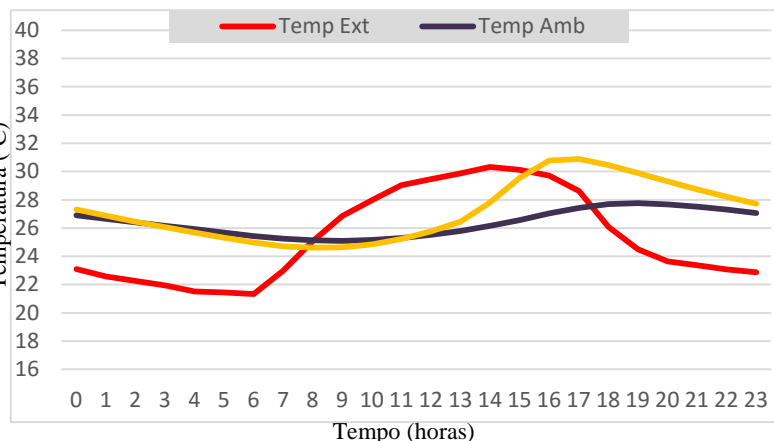


Figura 05: Temperaturas no período de inverno/primavera.

Na figura 06 encontra-se demonstrado o comportamento relacionando a umidade relativa do ar em função do tempo na edificação em solo cimento.

Através dos dados apresentados é possível perceber que a Umidade relativa do ambiente externo (Umid Ext) esteve mais baixa, alcançou umidade máxima de 66% e mínima de 43%; no interior da edificação não ocorreram significativas amplitudes, pois apresentou variação entre 54% à 56%, apenas 2% de diferença para o período. De qualquer maneira, com os dados disponíveis, torna-se possível visualizar que a umidade no ambiente apresenta comportamento praticamente constante.

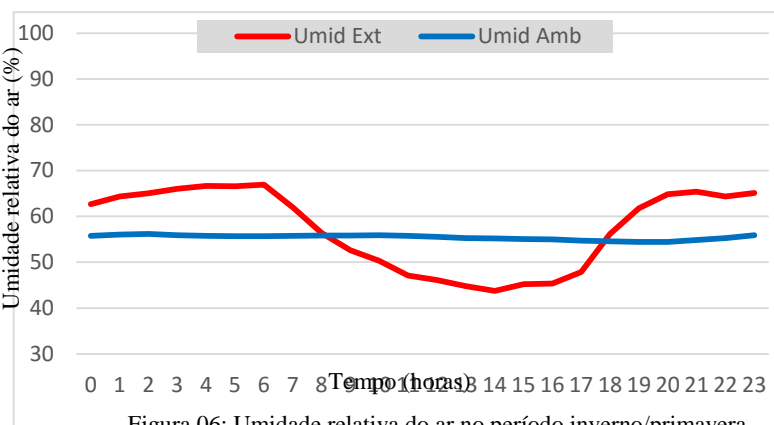


Figura 06: Umidade relativa do ar no período inverno/primavera.

### 4.3 Relação entre método prescritivo e medições *in loco*

Através dos resultados obtidos do parâmetro do atraso térmico no método prescritivo e no método de medições *in loco* pode-se analisar a validação das referências bibliográficas utilizadas nos cálculos prescritivos.

Na tabela 03 são demonstrados resumidamente os resultados do comportamento térmico da edificação em solo cimento, sendo possível visualizar os valores de temperaturas mínimas e máximas; umidade relativa do ar do ambiente externo e interno; amplitude térmica; atraso térmico e amortecimento térmico no ambiente interno e na superfície da parede da edificação.

Tabela 03: Síntese do comportamento térmico da edificação.

	Período de verão			Período inverno/primavera		
	Temp Ext	Temp Amb	Temp PA	Temp Ext	Temp Amb	Temp PA
Temperatura mínima (°C)	21,0	26,9	26,25	21,3	25,0	24,6
Temperatura máxima (°C)	29,5	29,7	30,42	30,3	27,7	30,8
Amplitude térmica (°C)		2,80	4,17		2,6	6,2
Atraso térmico (ϕ)		6 horas	4 hs 40 min		5 horas	3 horas
Amortecimento térmico (°C)		-0,12	-0,84		2,55	-0,54
Umidade relativa do ar mínima	60,0	68,00		43,0	54,0	

Umidade relativa do ar máxima	90,0	70,00	66,0	56,0
-------------------------------	------	-------	------	------

A edificação em solo cimento apresentou, nas medições *in loco*, um atraso térmico na superfície da parede de aproximadamente 4 horas. Na tabela 02, através dos calculados pelo método prescritivo para o atraso térmico da edificação, segundo as referências pesquisadas, apenas Marques, Castro e Isaac (2009) e Walker e Maniatidis (2003) chegaram no valor aproximado do comportamento térmico apresentado pela edificação; os demais disponibilizam valores que minoraram o comportamento térmico da edificação demonstrando um atraso térmico inferior ao verificado.

No entanto, torna-se necessário ressaltar que Walker e Maniatidis (2003) disponibilizaram informações de um solo característico de outro país, e ainda, em faixas de valores para a densidade e condutividade térmica do material, onde foram utilizadas as médias destes valores para realização do método prescritivo. Com isso, percebe-se um resultado aproximado de desempenho, mas talvez não característico a situação do bloco de solo cimento obtido no país de realização da pesquisa. Contudo, para a indicação como referência dos valores de propriedades físico térmicas do material solo cimento, para o método prescritivo, acredita-se ser conveniente sugerir o uso das referências de Marques, Castro e Isaac (2009), pois os mesmos utilizaram em seus experimentos solos arenosos, também característicos ao solo encontrado na região de Campo Grande, e demonstraram valores específicos para cada propriedade.

Sobre a umidade relativa no ambiente interno da edificação, o comportamento apresentou-se de maneira constante para ambos os períodos analisados, fato não esperado. Acredita-se que o envelope da edificação em solo cimento também possua interferência da restrita espessura das paredes, pois devido à quantidade de massa do material no bloco, possa ocorrer um número reduzido de poros no seu interior, não tendo influencia suficiente para realizar número considerável de trocas térmicas com o ambiente, apresentando um comportamento praticamente constante.

No verão houve mais horas de atraso térmico em ambas as edificações, com isso acredita-se que o desempenho térmico apresentado ocorra devido ao clima quente e úmido característico da estação, onde a umidade relativa do ar apresenta-se superior, contribuindo para a redução do fluxo de calor para o interior da edificação, pois parte deste calor será dissipado no aquecimento e evaporação da água contida nos poros dos materiais cerâmicos.

## 5. CONCLUSÕES

A aplicação do método prescritivo e de medições *in loco* demonstraram relação de compatibilidade para apresentar o desempenho térmico da edificação em solo cimento, sendo possível indicar o uso dos valores de propriedades físico térmicas para o referido material. Com isso, no planejamento de edificações em solo cimento, inseridas na zona bioclimática 6, podem ser utilizadas as referências de Marques, Castro e Isaac (2009), sendo os seguintes valores: densidade 1890 kg/m<sup>3</sup>, condutividade térmica 0,38 W/(m.K) e calor específico 1,30 kJ/(kg.K). Visto isso, acredita-se que utilizando estas referências no planejamento de edificações seja possível prever o desempenho térmico que a mesma poderá apresentar posteriormente a sua construção.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- \_\_\_\_\_. Rio de Janeiro. **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.
- ADAM, E.A.; JONES, P.J. **Thermophysical properties of stabilized soil building blocks**. Building and Environment, vol. 30, pag. 245-253, Nov. 1995.
- DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA**. 2008. 152 p. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.
- FERREIRA, Regis de Castro. **Desempenho físico-mecânico e propriedades termofísicas de tijolos e minipainéis de terra crua tratada com aditivos químicos**. 2003, 229 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2003.
- KAPPAUN, K. **Avaliação do Desempenho térmico em edificações de blocos estruturais cerâmicos e de blocos estruturais de concreto para a zona bioclimática 2 brasileira**. 2012, 125 p. Dissertação de mestrado - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

- MARQUES, W; CASTRO, R; ISAAC, M. Desempenho térmico de alvenaria de solo-cimento e sua Adequação ao zoneamento bioclimático brasileiro. In: X ENCAC - Encontro Nacional De Conforto No Ambiente Construído. Anais... cidade: ENCAC, 2009.
- LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano e PEREIRA, Fernando. Eficiência Energética na Arquitetura. PW Gráficos e Editores Associados Ltda. São Paulo. 1997.
- MEUKAM et. al. **Thermo physical characteristics of economical building materials**. Construction and Building Materials, vol. 18, pag 437–443, Mar. 2004.
- OLIVEIRA, S. M. **Avaliação de blocos e tijolos cerâmicos do estado de Santa Catarina**. 1993, 164 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1993.
- SILVA, C. G. T. **Conceitos e Preconceitos relativos às Construções em Terra Crua**. 2000, 155 f. Dissertação (Mestrado em Saúde Pública) - Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2000.
- TORGAL, F. P.; JALALI S. **Earth construction: Lessons from the past for future eco-efficient construction**. Construction and Building Materials, vol. 29, pag. 512 –519, Dez. 2012.
- WALKER, P.; MANIATIDIS, V., 2003, **A Review of Rammed Earth Construction** For DTi Partners in Innovation Project - Developing Rammed Earth for UK Housing. Department of Architecture & Civil Engineering, University of Bath, London, UK.