



XIENCAC
ENCONTRO NACIONAL DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

VII ELACAC
ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO
NO AMBIENTE CONSTRUIDO

Búzios - RJ - 2011

EFEITO DA UTILIZAÇÃO DE VEDAÇÕES INTERNAS LEVES NA INÉRCIA TÉRMICA DE EDIFÍCIO COM SISTEMA CONSTRUTIVO EM CONCRETO

**Adriana C. de Brito(1); Maria Akutsu (2); Fulvio Vittorino (3); Marcelo de M. Aquilino (4)
Arlindo Tribess (5)**

- (1) Pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, Doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, adrianab@ipt.br
- (2) Pesquisadora do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, akutsuma@ipt.br
- (3) Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, fulviov@ipt.br
- (4) Pesquisador do Instituto de Pesquisas Tecnológicas, aquilino@ipt.br
- (5) Professor do Departamento de Engenharia Mecânica da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, atribess@usp.br

RESUMO

No setor da construção civil brasileira é crescente a utilização de sistemas construtivos racionalizados, com emprego de elementos pré-fabricados ou pré-moldados, diante de suas vantagens quanto à rapidez de execução e redução de custos. Muitos destes sistemas são constituídos por elementos de vedação leves, que favorecem ainda a diminuição das cargas nas fundações dos edifícios. Entretanto, se por um lado há vantagens construtivas e econômicas na utilização de componentes leves nas vedações, por outro, sua esbelteza pode prejudicar o desempenho térmico da edificação, dependendo das características climáticas do local de implantação. Dentre os fatores climáticos que influenciam a resposta térmica de uma edificação, destaca-se a amplitude diária da temperatura do ar, por estar relacionada à demanda por capacidade térmica dos componentes da envoltória. Geralmente, em locais com maior amplitude térmica diária, como é o caso de várias regiões brasileiras, onde esta amplitude é da ordem de 10°C ou mais, há necessidade de se empregar elementos com maior capacidade térmica, que conferem maior inércia térmica à edificação.

Neste trabalho são discutidos a influência das vedações internas leves em gesso acartonado na inércia térmica de habitação composta por sistema construtivo com paredes externas em painéis monolíticos de concreto e os impactos produzidos no desempenho térmico da edificação segundo os critérios estabelecidos na Norma ABNT NBR 15.575:2008. Foram analisadas também, a influência de duas soluções de forro para a cobertura com telhado em telhas cerâmicas: laje de concreto e gesso acartonado. Os resultados indicaram que o emprego de vedações internas leves diminuem a inércia térmica da edificação e, dependendo do caso, alteram o nível de desempenho térmico da edificação. Em locais com maior amplitude térmica diária, é importante a especificação mais cuidadosa das paredes externas e internas, considerando componentes com capacidade térmica maior, principalmente quando a cobertura da edificação for leve, sem elementos isolantes térmicos, aplicados em habitação com dimensões populares.

Palavras-chave: simulação computacional, inércia térmica, desempenho térmico.

ABSTRACT

Owing to their advantages of speed of execution and cost reduction, the use of industrialized construction systems, employing prefabricated or precast elements, is growing in Brazilian civil construction sector. Many of these systems are made of light infill-wall elements, which also favors the reduction of loads on the building's foundations. However, if on the one hand there are construction and economic advantages in the use of lightweight elements in walls, on the other, their thinness can affect the building thermal performance, depending on the climatic characteristics of the installation site. Among the climatic factors that influence

the thermal response of a building, the amplitude of daily air temperature variation stands out, as it is related to the requirements for heat capacity of the envelope components. Generally, in places with high thermal amplitude, as in several Brazilian regions, where this amplitude is about 10°C or more, there is need to use elements with a higher thermal capacity, which gives greater thermal inertia to the building. In this work we discuss the influence of lightweight internal seals in gypsum plasterboards on the thermal inertia in a housing construction system comprised of exterior walls on monolithic concrete panels and the impacts on the building thermal performance according to the criteria established in ABNT NBR 15.575:2008. We also evaluate the influence of two liner solutions to cover ceramic tile roofs: concrete slab and gypsum plasterboards. The results showed that the use of light internal seals decrease the thermal inertia of the building and depending on the case, change the level of thermal performance of the building. In locations with higher daily temperature ranges, it is important to specify more carefully the inner and outer walls, favoring components with higher thermal capacity, especially when the roof of the building is light and without thermal insulation elements, as is typical for housing with popular dimensions.

Keywords: computational simulation, thermal inertia, thermal performance.

1. INTRODUÇÃO

O setor da construção civil brasileira vem sendo impulsionado por um contexto sócio-econômico favorável, principalmente na área habitacional, onde é crescente a utilização de sistemas construtivos racionalizados, com emprego de elementos pré-fabricados ou pré-moldados, diante de suas vantagens quanto à rapidez de execução, maior produtividade, dentre outras (OLIVEIRA, 2009). Além disso, muitos destes sistemas são constituídos por elementos de vedação leves, que favorecem ainda a diminuição das cargas nas fundações dos edifícios, em comparação com sistemas tradicionais, reduzindo custos de execução.

Entretanto, se por um lado há vantagens construtivas e econômicas na utilização de componentes leves nas vedações, por outro, sua esbelteza pode prejudicar o desempenho térmico da edificação, dependendo das características climáticas do local de implantação. Esse fator pode também prejudicar o conforto térmico do usuário em edificações sem condicionamento de ar, ou repercutir em maior consumo de energia em edifícios climatizados (BRITO et al, 2010a).

Dentre os fatores climáticos que influenciam a resposta térmica de uma edificação, podem ser destacadas a temperatura e a umidade relativa do ar, a velocidade do vento, a radiação solar global e a amplitude térmica diária. Esta última está relacionada diretamente à demanda por capacidade térmica dos componentes da envoltória. Geralmente, em locais com maior amplitude térmica diária há necessidade de se empregar elementos com maior capacidade térmica, como é o caso de várias regiões brasileiras, onde a amplitude térmica diária é da ordem de 10°C ou mais (BRITO et al, 2010b).

Neste contexto, a Norma Brasileira ABNT NBR 15.575:2008 estabelece dois métodos para a avaliação de desempenho térmico de edifícios habitacionais: o método simplificado, que visa verificar se a edificação atende ao critério de nível de desempenho “Mínimo” e o detalhado, que visa verificar se a edificação atende aos critérios referentes aos níveis de desempenho classificados como “Mínimo”, “Intermediário” e “Superior”.

O método simplificado apresenta limites para duas propriedades térmicas das paredes externas: a transmitância térmica e a capacidade térmica; e limites apenas para a transmitância térmica de coberturas. Caso os componentes da envoltória de uma edificação, paredes externas e cobertura, não atendam aos limites estabelecidos para estas grandezas, é possível efetuar-se uma avaliação através do método detalhado, que consiste na simulação computacional do comportamento térmico do edifício ou em medição dos parâmetros térmicos no local.

Vale destacar que no método simplificado, não são apresentados critérios para as paredes internas e outros componentes como pisos, portas e janelas. No entanto, em uma análise pelo método detalhado, dependendo do sistema construtivo empregado e das condições climáticas do local, é possível observar uma grande influência das paredes internas no desempenho térmico global do edifício, o que, em alguns casos, pode repercutir no nível de desempenho térmico do edifício. Isso pode acontecer, por exemplo, se em local com alta amplitude térmica, numa edificação com paredes externas pesadas, forem utilizadas paredes internas mais leves.

Neste trabalho são discutidos os impactos do emprego de vedações internas leves em gesso acartonado na inércia térmica de habitação composta por sistema construtivo com paredes externas em painéis monolíticos de concreto. Foram consideradas também, duas soluções de forro para a cobertura com telhado em telhas

cerâmicas: a primeira com laje de concreto e a segunda, com forro de gesso acartonado. Foram determinados os impactos produzidos na temperatura do ar interior decorrentes das variações dos componentes das vedações internas e do forro.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é analisar o efeito da utilização de vedações internas leves na inércia térmica de edificação habitacional térrea e seu impacto no desempenho térmico da edificação conforme critérios previstos na Norma ABNT NBR 15.575:2008.

3. MÉTODO

Foram realizadas simulações computacionais de habitação térrea, em fase de projeto, de acordo com os parâmetros descritos no método detalhado da Norma ABNT 15.575:2008, com o emprego do Programa *EnergyPlus* (USDOE, 2010), que determina o comportamento térmico de edificações sob condições dinâmicas de exposição ao clima. Foram considerados os dados climáticos dos dias típicos de verão e de inverno da Cidade de São Paulo (Tabela 1), que está incluída na Zona Bioclimática 3, conforme a norma ABNT NBR 15.220:2005.

Foram determinados os valores horários da temperatura do ar no interior de salas e dormitórios, efetuando-se rotações da edificação, de maneira a considerar as piores condições de exposição para cada ambiente nos dias típicos de projeto, ou seja, janela dos dormitórios e salas voltadas para Oeste no dia típico de verão e para Sul no dia típico de inverno.

Tabela 1 – Dados de temperatura e radiação solar global incidente em superfície horizontal, para os dias típicos de verão e de inverno na cidade de São Paulo.

São Paulo	Temperatura máxima diária (°C)	Amplitude térmica diária (°C)	Temperatura de bulbo úmido (°C)	Radiação solar (Wh/m ²)
Verão	31,8	9,2	21,3	5180
Inverno	16,2	10	13,4	4418

Fonte: ABNT, 2007

3.1 Critérios de avaliação

Os resultados foram analisados com base nos critérios presentes na norma ABNT NBR 15.575:2008, que estabelecem o nível de desempenho da edificação em função do seu comportamento nos dias típicos de verão e de inverno, segundo três níveis: “M” (Mínimo), “I” (Intermediário) ou “S” (Superior), adotando-se como parâmetro de avaliação, a temperatura do ar interior.

Para a Zona Bioclimática 3, os critérios referem-se aos períodos de verão e inverno, conforme disposto a seguir:

- Verão:
 - ✓ Nível "M": quando o valor máximo diário da temperatura do ar interior é menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior e maior que o valor limite estipulado para o nível "I";
 - ✓ Nível "I": quando o valor máximo diário da temperatura do ar interior é pelo menos 2° C menor que o valor máximo diário da temperatura do ar exterior e maior que o valor limite estipulado para o nível "S";
 - ✓ Nível "S": quando o valor máximo diário da temperatura do ar interior é pelo menos 4° C menor que o valor máximo diário da temperatura do ar exterior;
- Inverno:
 - ✓ Nível "M": quando o valor mínimo diário da temperatura do ar interior é pelo menos 3° C maior que o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior e menor que o valor limite estipulado para o nível "I";
 - ✓ Nível "I": quando o valor mínimo diário da temperatura do ar interior é pelo menos 5° C maior que o valor mínimo máximo diário da temperatura do ar exterior e menor que o valor limite estipulado para o nível "S";

- ✓ Nível "S": quando o valor mínimo diário da temperatura do ar interior é pelo menos 7° C maior que o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior.

3.2 Descrição da edificação

A edificação adotada nas análises, conforme planta e corte apresentados na Figura 1, é composta por paredes internas e externas de concreto convencional, com espessura de 10 cm e acabamento em cores claras, laje horizontal de concreto com espessura de 10 cm e telhado com telhas cerâmicas. Foram consideradas também as seguintes variações:

- Paredes internas e externas de concreto com espessura de 20 cm, mantendo-se a laje da cobertura com 10 cm de espessura;
- Substituição das paredes internas de concreto por divisórias de gesso acartonado, nas duas opções de espessura das paredes;
- Substituição da laje por forro de gesso acartonado com 1,2 cm de espessura, nas duas opções de espessura das paredes;

As propriedades térmicas dos materiais dos componentes construtivos estão apresentadas na Tabela 2.

Embora as simulações compreendam a edificação como um todo, para efeito da avaliação de desempenho, foram analisados os dados obtidos na sala e no dormitório com condições térmicas mais críticas, ou seja, com maior proporção de área envidraçada em relação à área do ambiente, indicado como “Dormitório 1” na Figura 1. Além disso, nas simulações foram consideradas as janelas sem proteções solares internas, com sombreamento apenas pelos beirais do telhado e com ventilação dos ambientes a uma taxa de 1,0 ren/h (uma renovação do volume de ar do ambiente por hora).

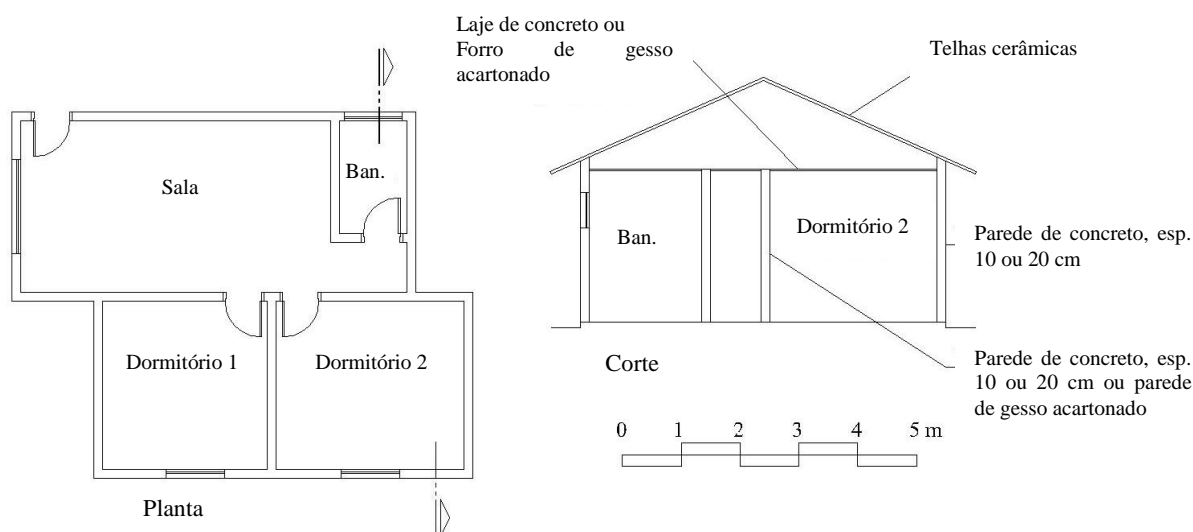


Figura 1 – Projeto arquitetônico da habitação considerado nas simulações

Tabela 2 – Propriedades térmicas dos materiais utilizados nos componentes

Material	Massa específica (kg/m ³)	Condutividade (W/(m.k))	Calor Específico (kJ/(kg.K))
Concreto	2400	1,75	1,0
Cerâmica	1600	0,90	0,92
Gesso Acartonado	1000	0,35	0,84

Fonte: ABNT, 2005

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Nas figuras 2 a 5 são apresentados, a título ilustrativo, gráficos com os valores horários da temperatura do ar exterior e interior nos ambientes analisados, sala e dormitório, referentes ao dia típico de verão, de modo a permitir uma comparação direta entre as respostas térmicas da edificação com as paredes internas em concreto e em divisórias de gesso acartonado, para as duas opções de cobertura.

Observa-se que as respostas térmicas dos dois recintos possuem a mesma tendência, porém, com efeitos mais pronunciados na sala, ou seja, temperaturas máximas diárias do ar superiores, decorrentes da maior penetração de energia solar no ambiente, devido à maior porcentagem de área envidraçada na fachada.

Constatou-se que nas situações em que são utilizadas paredes internas em gesso acartonado, independentemente da espessura das paredes externas de concreto ou do tipo de forro empregado, há um aumento significativo da temperatura máxima do ar interior e uma diminuição da temperatura mínima do ar interior, em comparação com os casos onde se considerou a utilização de paredes internas de concreto. Isto indica uma redução da inércia térmica da edificação com a utilização das paredes internas de gesso acartonado, o que é ainda mais evidente quando há emprego de forro de gesso acartonado na cobertura (Figuras 4 e 5).

Verificou-se também o impacto da redução da inércia térmica da edificação no atendimento dos critérios de desempenho térmico presentes na Norma ABNT NBR 15.575:2008, através da análise das tabelas 3 a 6. As Tabelas 3 e 4 apresentam a temperatura máxima diária do ar exterior e interior nos recintos analisados no dia típico de verão e as Tabelas 5 e 6, as temperaturas mínimas diárias do ar exterior e interior no dia típico de inverno. A indicação dos níveis de desempenho térmico atingidos é feita por meio das cores das células das tabelas onde estão contidos esses valores, a saber: preto - nível de desempenho térmico abaixo do “Mínimo”; cinza – nível de desempenho térmico “Mínimo” e branco – nível de desempenho térmico “Intermediário”.

Com base nas referidas tabelas, verifica-se que é obtido pelo menos o nível “Mínimo” de desempenho térmico em todas as situações consideradas, tanto no período de verão quanto de inverno, exceto no ambiente sala, onde, no período de verão, dependendo do tipo de parede interna e de forro empregado na cobertura, não há o atendimento ao nível “Mínimo” de desempenho térmico (Tabela 3).

Dessa forma, os resultados obtidos na sala, no período de verão, por serem mais críticos, são determinantes na avaliação do desempenho térmico do edifício de acordo com a Norma ABNT NBR 15.575:2008. No período de inverno, não se observaram diferenças significativas entre as diversas opções consideradas no estudo, embora seja perceptível a mesma tendência quanto aos efeitos verificados nos resultados das respostas térmicas na condição de verão.

Com utilização de laje de concreto na cobertura da edificação, com qualquer tipologia de paredes internas ou externas, o nível “Mínimo” de desempenho é plenamente atendido. Porém, os resultados são melhores quando todas as paredes são de concreto, principalmente com espessura de 20 cm. Com forro de gesso acartonado na cobertura, o nível de desempenho “Mínimo” é atingido somente com todas as paredes de concreto com espessura de 20 cm (Tabela 3).

No período de inverno, embora haja o atendimento do nível “Mínimo” de desempenho com qualquer tipologia de paredes ou forro, com emprego do forro de gesso acartonado na cobertura, os resultados são piores, principalmente com paredes externas de concreto com espessura de 10 cm e paredes internas de gesso acartonado (Tabela 5).

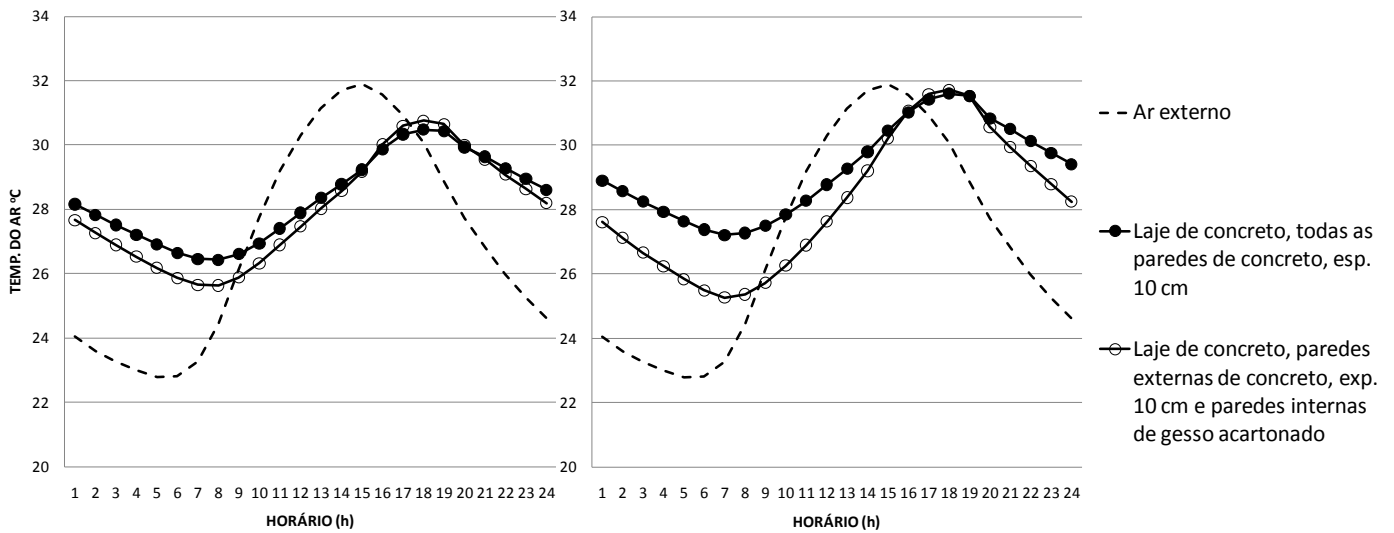


Figura 2 – Temperatura (°C) do ar exterior e interior do dormitório (à esquerda) e da sala (à direita), no dia típico de verão, com laje de concreto e paredes externas de concreto com 10 cm de espessura, para duas soluções de paredes internas: concreto com espessura de 10 cm e divisórias de gesso acartonado.

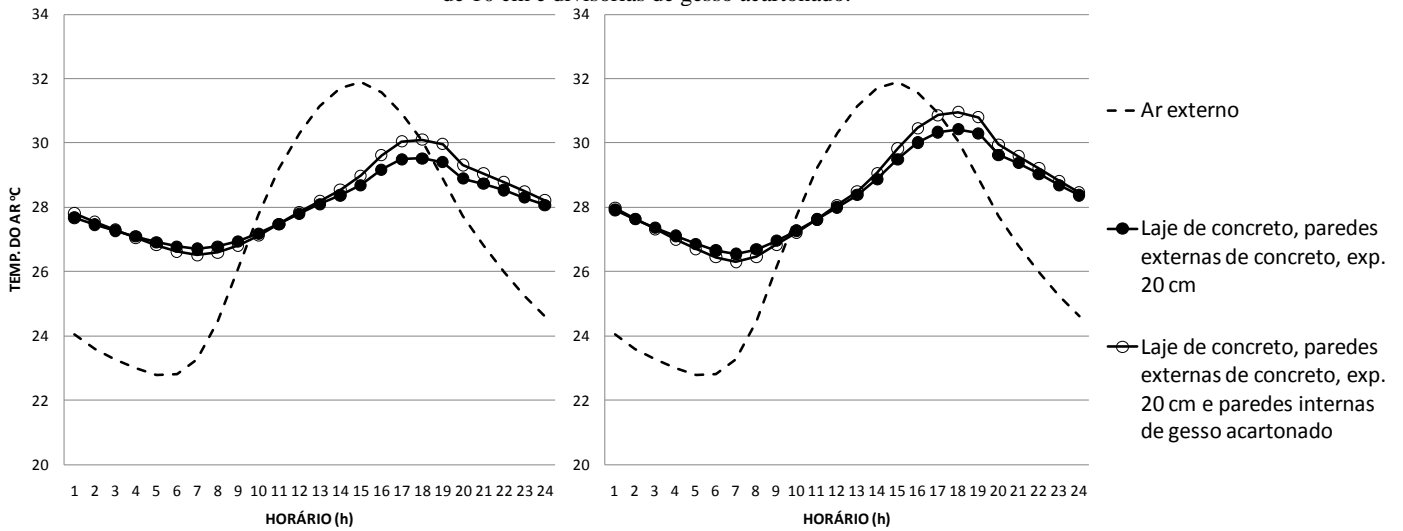


Figura 3 – Temperatura (°C) do ar exterior e interior do dormitório (à esquerda) e da sala (à direita), no dia típico de verão, com laje de concreto e paredes externas de concreto com 20 cm de espessura, para duas soluções de paredes internas: concreto com espessura de 20 cm e divisórias de gesso acartonado.

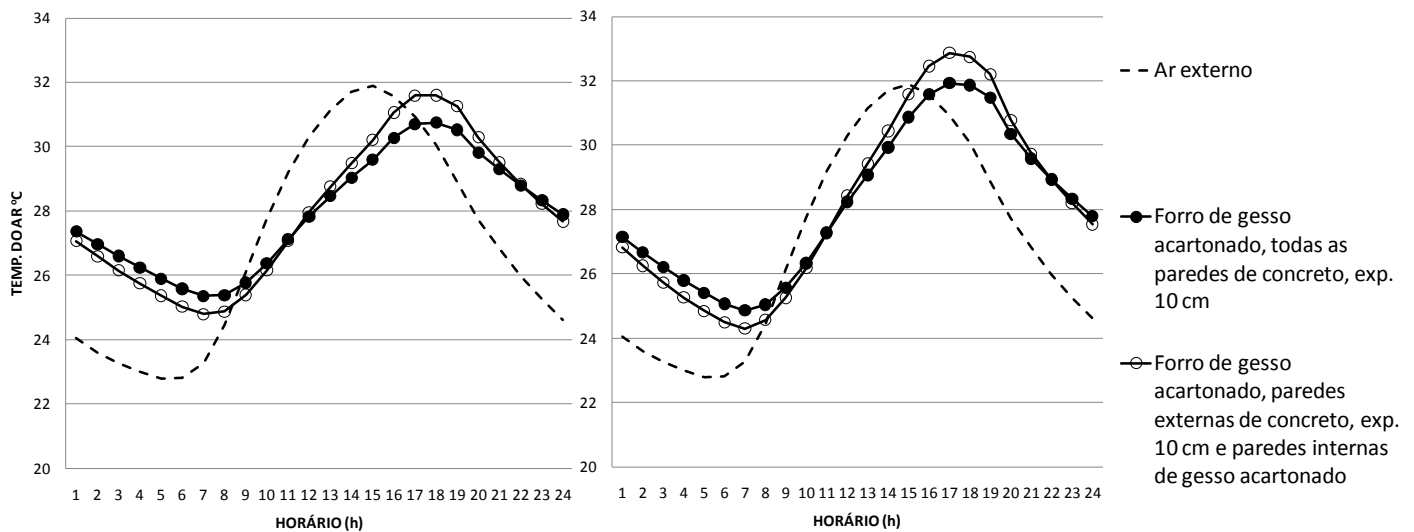


Figura 4 – Temperatura (°C) do ar exterior e interior do dormitório (à esquerda) e da sala (à direita), no dia típico de verão, com forro de gesso acartonado na cobertura e paredes externas de concreto com 10 cm de espessura, para duas soluções de paredes internas: concreto com espessura de 10 cm e divisórias de gesso acartonado.

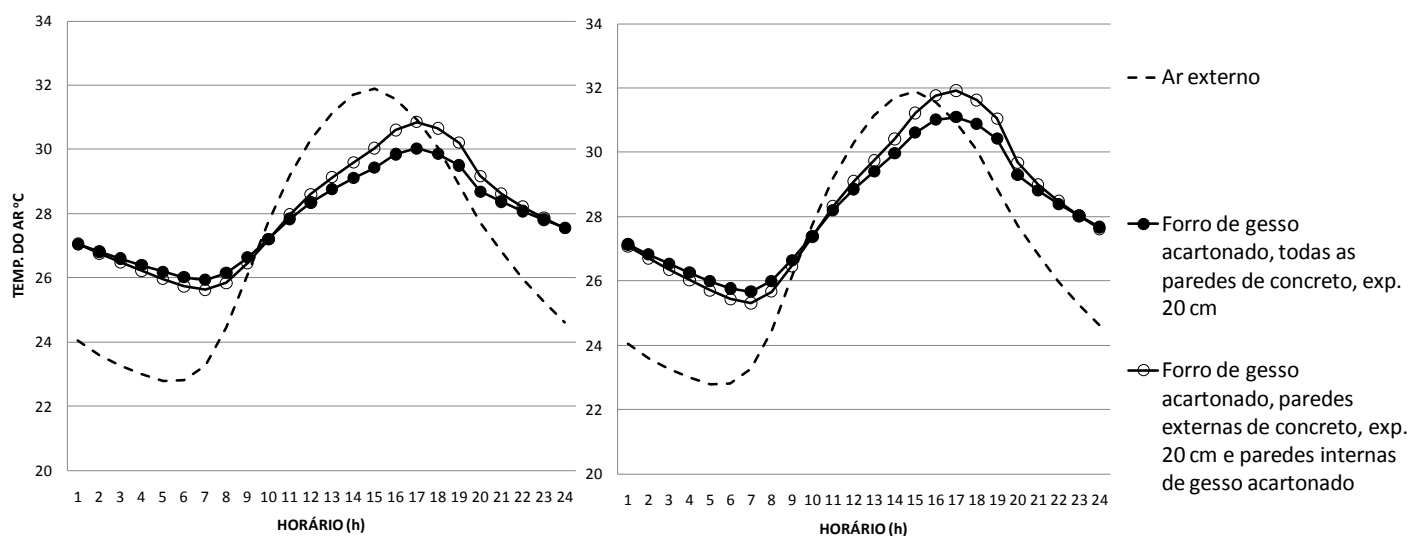


Figura 5 – Temperatura (oC) do ar exterior e interior do dormitório (à esquerda) e da sala (à direita), no dia típico de verão, com forro de gesso acartonado na cobertura e paredes externas de concreto com 20 cm de espessura, para duas soluções de paredes internas: concreto com espessura de 20 cm e divisórias de gesso acartonado.

Tabela 3 – Temperatura máxima (°C) do ar exterior e interior na sala no verão e níveis de desempenho

SALA	FORRO	
	Laje de concreto, esp. 10 cm	Forro de gesso acartonado
PAREDES		
externas e internas de concreto, esp. 10 cm	31.6	31.9
externas de concreto, esp. 10 cm, internas de gesso acartonado	31.7	32.9
externas e internas de concreto, esp. 20 cm	30.4	31.1
externas de concreto, esp. 20 cm, internas de gesso acartonado	31.0	31.9

Tabela 4 – Temperatura máxima (°C) do ar exterior e interior no dormitório no verão e níveis de desempenho

DORMITÓRIO	FORRO	
	Laje de concreto, esp. 10 cm	Forro de gesso acartonado
PAREDES		
externas e internas de concreto, esp. 10 cm	30.5	30.7
externas de concreto, esp. 10 cm, internas de gesso acartonado	30.8	31.6
externas e internas de concreto, esp. 20 cm	29.5	30.0
externas de concreto, esp. 20 cm, internas de gesso acartonado	30.1	30.9

Tabela 5 – Temperatura mínima (°C) do ar exterior e interior na sala no inverno e níveis de desempenho

SALA	FORRO	
	Laje de concreto, esp. 10 cm	Forro de gesso acartonado
PAREDES		
externas e internas de concreto, esp. 10 cm	10.1	9.5
externas de concreto, esp. 10 cm, internas de gesso acartonado	9.7	9.2
externas e internas de concreto, esp. 20 cm	11.2	10.4
externas de concreto, esp. 20 cm, internas de gesso acartonado	10.9	9.9

Tabela 6 – Temperatura mínima (°C) do ar exterior e interior no dorm. no inverno e níveis de desempenho

DORMITÓRIO	FORRO	
PAREDES	Laje de concreto, esp. 10 cm	Forro de gesso acartonado
externas e internas de concreto, esp. 10 cm	10.6	10.2
externas de concreto, esp. 10 cm, internas de gesso acartonado	10.3	9.6
externas e internas de concreto, esp. 20 cm	11.8	11.1
externas de concreto, esp. 20 cm, internas de gesso acartonado	11.4	10.6

Legenda

■ Não atende o nível “Mínimo” □ Atende o nível “Mínimo” □ Atende o nível “Intermediário”

5. CONCLUSÕES

O emprego de paredes internas de gesso acartonado, com menor capacidade térmica que as paredes externas de concreto, produziram uma diminuição na inércia térmica da edificação, comparando-se com a edificação com paredes internas de concreto, tanto com uso de laje de concreto na cobertura, quanto com forro de gesso acartonado, repercutindo em algumas situações, no não atendimento do nível “Mínimo” de desempenho térmico.

Portanto, paredes internas leves podem prejudicar a inércia térmica de uma edificação, dependendo das características das paredes externas, da cobertura, e do clima local.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT NBR 15220-3. **Desempenho térmico de edificações:**

_____. Parte 1: Definições, símbolos e unidades. ABNT, 2005.

_____. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. ABNT, 2005.

ABNT NBR 15575. **Edifícios Habitacionais de até Cinco Pavimentos** – Desempenho:

_____. Parte 1: Requisitos gerais. ABNT, 2008.

_____. Parte 4: Fachadas e paredes internas. ABNT, 2008.

ABNT. Projeto de Norma 02.136.01. **Edifícios Habitacionais até Cinco pavimentos** – Desempenho:

_____. Parte 1: Requisitos gerais NBR Proj. 02.136.01.001. Julho, 2007. 53p.

_____. Parte 4: Fachadas e paredes internas NBR Proj. 02.136.01.004. Julho, 2007. 38p.

_____. Parte 5: Coberturas NBR Proj. 02.136.01.007. Julho, 2007. 48p.

BRITO, A. C; AKUTSU, M.; VITTORINO, F. V.; AQUILINO, M. M. **Sustentabilidade e conforto ambiental em edificações**. Revista Techne v. 1 n.162. p. 62-65, 2010a.

BRITO, A. C; AKUTSU, M.; VITTORINO, F. V.; AQUILINO, M. M. Sugestões para revisão da Norma ABNT NBR 15.575:2008, referentes ao desempenho térmico. In: Encontro Nacional do Ambiente Construído – ENTAC, 2010b. Canela. **Anais:** ENTAC. Canela: ANTAC, 2010b. CD-Rom.

OLIVEIRA, Luciana. **Metodologia para o desenvolvimento de Projeto de Fachadas Leves**. Tese de Doutorado. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2009. 267 p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. ENERGYPLUS, Energy Simulation Software – Energy Efficiency and Renewable Energy – Building Technologies Program. Disponível em: <<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/>>. Acesso em 05/05/2010.