



DISCUSSÃO DAS ESTRATÉGIAS PROPOSTAS PELO PROJETO DE NORMA DE DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES ATRAVÉS DE ESTUDO DE CASO

Iraci Pereira (1), Eleonora Sad de Assis (2)

(1) Curso de Ciências e Técnicas Nucleares (CCTN), Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, E-mail: iraci.pereira@uol.com.br

(2) Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo da Escola de Arquitetura da UFMG. Rua Paraíba, 697, Belo Horizonte, CEP: 30130140, MG – Brasil, Tel.: 31 32691823, E-mail: eleonorasad@yahoo.com.br

RESUMO:

Este trabalho apresenta uma discussão sobre as recomendações para o projeto arquitetônico existentes no Projeto de Norma de Desempenho Térmico de Edificações de Interesse Social. Esta discussão é baseada em simulações computacionais de um estudo de caso. A verificação da inadequação do coeficiente global de transmissão térmica recomendado para a cobertura, nesta cidade.

ABSTRACT:

This paper presents a discussion about the design recommendations adopted by the Project of the Norm for Thermal Performance of the Low-Cost Dwelling. This discussion is based on computational simulations of a case study. As a result, as the recommended coefficient of global thermal transmission for roofs was found inadequate for this city.

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho desenvolve uma discussão sobre as diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo que são recomendadas no Projeto de Norma de Desempenho Térmico de Edificações – Parte 3: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social (ABNT, 1998), com o objetivo de avaliar sua aplicabilidade para o caso de Belo Horizonte. É importante ressaltar que zoneamento bioclimático e os requisitos de desempenho térmico de envoltórias exigidos nesta norma são os mesmos adotados pelo Projeto de Norma Desempenho de Edifícios Habitacionais de até 5 pavimentos (ABNT, 2002) .

Para isso, foram feitas simulações de desempenho energético de uma edificação, localizada na cidade de Belo Horizonte, na qual foram reproduzidas as diretrizes propostas pelo referido projeto de norma, visando a avaliação do impacto da adoção destas medidas no conforto térmico do edifício.

O estudo de caso foi desenvolvido para o projeto arquitetônico do Centro de Demonstração e Pesquisa Aplicada em Eficiência Energética da UFMG (CDPAEE/UFMG), dentro de uma parceria de cooperação técnica entre a Companhia Energética de Minas Gerais S.A. (CEMIG) e três instituições de ensino superior de Belo Horizonte: a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), a Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais (PUC-MG) e o Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (CEFET – MG). No projeto deste edifício foi utilizado um sistema construtivo proposto para a habitação de interesse social no estado de Minas Gerais, de modo a avaliar sua adequação, do ponto de vista do conforto ambiental, a esse tipo de edificação.

Para se realizar a simulação desta edificação optou-se pela utilização do *software* EnergyPlus[®], que é um programa bastante completo para a análise de desempenho de edificações, desenvolvido e distribuído pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos (DOE). Este programa foi escolhido devido à sua maior flexibilidade nas simulações e devido à sua maior precisão na simulação de ambientes condicionados naturalmente.

1.1 Procedimento utilizado

- 1) Construção do modelo virtual do CDPAEE/UFGM no EnergyPlus® com suas características originais e sua simulação. Os resultados desta simulação constituem o Caso de Referência, com o qual serão comparados os demais casos simulados.
- 2) Definição dos demais casos que reproduzam as diretrizes construtivas propostas pelo Projeto de Norma de Desempenho e suas respectivas simulações no EnergyPlus®.
- 3) Comparação dos resultados, avaliando o desempenho térmico dos ambientes no Caso de Referência e nos demais casos simulados.

2 SIMULAÇÕES REALIZADAS

2.1 Período Simulado

Foram realizadas no EnergyPlus® simulações anuais, considerando o ano climático de referência (1995). Para comparação dos resultados obtidos, foram selecionados os dias médios das semanas típicas do período de temperaturas extremas quentes e frias. Estes dias são:

- *Período extremo quente: 12 de janeiro;*
- *Período extremo frio: 07 de junho.*

2.2 A Edificação Simulada

O projeto arquitetônico original do Centro de Demonstração e Pesquisa Aplicada em Eficiência Energética, CDPAEE/UFGM, foi desenvolvido por alunos bolsistas do Centro de Treinamento, Experimentação e Prestação de Serviços (CETEPS), do Departamento de Tecnologia da Arquitetura e do Urbanismo da Escola de Arquitetura da UFGM, orientados pelo Arq. Ricardo Orlandi França e pela Prof^a. Eleonora Sad de Assis. A planta do CDPAEE é apresentada na Figura 1 e a maquete eletrônica, na Figura 2.

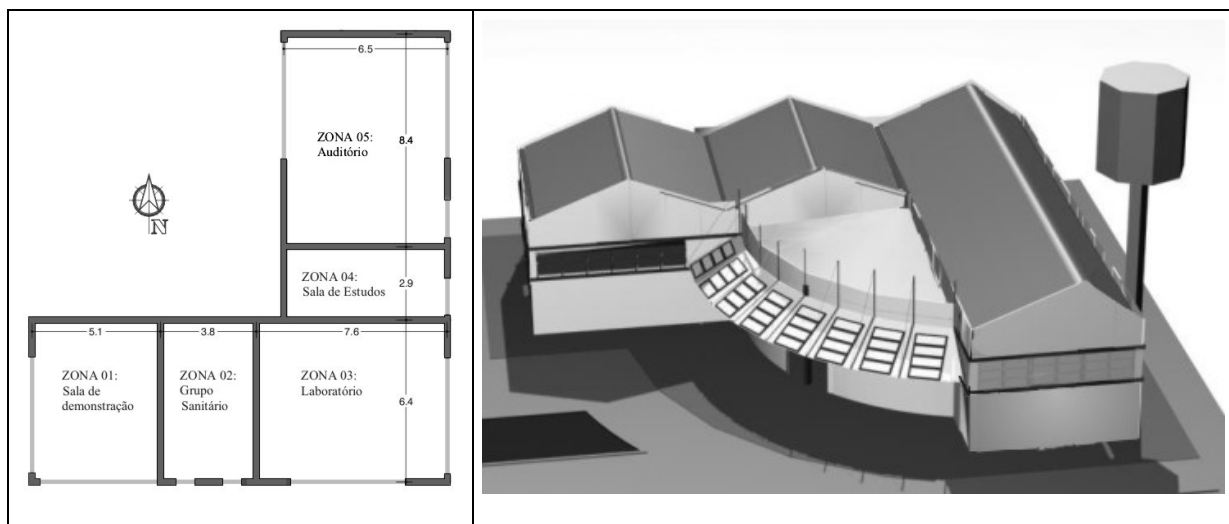


Figura 1: Planta do CDPAEE. Fonte: Pereira, 2004. **Figura 2: Maquete eletrônica do CDPAEE. Fonte: Pereira, 2004.**

O Centro foi concebido para utilizar um dos sistemas construtivos atualmente empregados no Estado de Minas Gerais para a habitação de interesse social: estrutura metálica com vedações externas em chapas metálicas com núcleo de poliestireno expandido (EPS). O objetivo desta escolha é avaliar o desempenho ambiental do sistema.

Além disso, este edifício incorpora no seu projeto parâmetros de conforto ambiental e eficiência energética. As principais características da edificação são listadas a seguir:

- 1) *Ventilação natural dos ambientes;*
- 2) *Forma em “L”, com fachadas voltadas para N, S, L e O;*

- 3) *Uso de cores claras nas superfícies externas: $\alpha = 0,2$;*
- 4) *Paredes: placas metálicas com núcleo em EPS:
 $K = 0,704 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ e $\varphi = 1,85$ horas;*
- 5) *Cobertura: placas metálicas com núcleo em EPS (5 cm) e forro em gesso:
 $K = \uparrow 0,527 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, $\downarrow 0,501 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ e $\varphi = 6,4$ horas;*
- 6) *Dispositivos de proteção solar nas aberturas das fachadas leste e oeste;*
- 7) *Utilização de prateleiras de luz para otimizar o desempenho do sistema de iluminação natural.*

Estas características correspondem ao primeiro caso simulado no EnergyPlus®, o que será citado como Caso 1: Referência. Além do caso de referência, foram realizadas outras simulações, que são descritas nos itens seguintes.

2.3 Caso 2: Influência da inércia térmica das paredes

O Caso 2 avalia, especificamente, o desempenho de paredes com inércia térmica conjugadas com coberturas isoladas. Esse conjunto de envoltórias é o recomendado para utilização em residências pelas Tabelas de Mahoney (KOENIGSBERGER et al, 1977), para edificações localizadas em cidades com clima semelhante ao de Belo Horizonte, que são também base das recomendações fornecidas pelo Projeto de Norma de Conforto Térmico (ABNT, 1998), em sua Zona Bioclimática 4.

No projeto original do CDPAEE/UFMG, as paredes especificadas possuem atraso térmico menor do que o recomendado no Projeto de Norma de Conforto Térmico; por isso, como estratégia para condicionamento passivo a ser simulada, foi escolhida uma parede que possui as características apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Propriedades físicas recomendadas pelo Projeto de Norma de Conforto Térmico

Vedações externas	K [W/(m ² .K)]	φ (horas)
Parede: Pesada	$K \leq 2,20$	$\varphi \geq 6,5$

Fonte: ABNT, 1998

A parede escolhida está nos quadros de materiais do Projeto de Norma de Conforto Térmico, cujas propriedades são apresentadas na Tabela 2. A cobertura, neste caso, é a mesma do caso de referência: placas Dänica, $K = 0,704 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Todas as demais características simuladas são as mesmas do Caso 1.

Tabela 2: Propriedades térmicas de uma parede de tijolo maciço

DESCRIÇÃO	K [W/(m ² .K)]	φ [horas]
Parede de tijolos maciços, assentados na maior dimensão. Espessuras: Tijolo: 10x6x22cm; argamassa de assentamento: 1 cm; emboço: 2,5 cm. Espessura total: 27,0 cm.	2,25	6,8

Fonte: ABNT, 1998

2.4 Caso 3: Avaliação dos materiais propostos pelo Projeto de Norma de Desempenho Térmico:

Esta hipótese estudada avalia o uso de materiais com as características recomendadas pelo Projeto de Norma de Desempenho Térmico (ABNT, 1998), que sugere que as edificações residenciais, a serem construídas em cidades com clima semelhante ao do Ano Climático de Referência, possuam as características apresentadas na Tabela 3.

Tabela 3: Propriedades físicas recomendadas pelo Projeto de Norma de Conforto Térmico para envoltórias

Vedações externas	K (W/m ² .K)	φ (horas)
Parede: Pesada	$K \leq 2,20$	$\varphi \geq 6,5$
Cobertura: Leve Isolada	$K \leq 2,00$	$\varphi \leq 3,3$

Fonte: ABNT, 1998

É importante destacar que esta tabela do Projeto de Norma de Desempenho Térmico (ABNT, 1998), apresenta um valor único para o coeficiente global de transmissão térmica da cobertura, não diferenciando os valores para fluxo descendente (ganho térmico) ou ascendente (perda térmica) para planos horizontais.

Neste caso, as envoltórias simuladas são paredes de tijolo maciço, apresentadas no Caso 2, aliadas à cobertura mostrada na Tabela 4. Esta cobertura também foi retirada dos quadros de materiais do Projeto de Norma de Conforto Térmico. Novamente, todas as demais características do modelo simulado neste caso permanecem idênticas às do Caso 1.

Tabela 4: Propriedades térmicas de uma cobertura de telha cerâmica

DESCRIÇÃO	K [W/(m ² .K)]	φ [horas]
Cobertura de telha cerâmica com forro de madeira. Espessuras: telha: 1 cm; forro de madeira: 1,0 cm	2,00	1,3

Fonte: ABNT, 1998

3 RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Neste item, os gráficos que mostram os resultados das simulações são apresentados por zona, permitindo a comparação do desempenho de cada estratégia. Os gráficos apresentados são:

- ✓ *Variação horária da temperatura do ar (°C), para período extremo quente (12 de dezembro) e período extremo frio (06 de junho);*
- ✓ *Ganho térmico horário através das superfícies opacas, para os períodos extremos, do Caso 1 (de Referência) e o dos Casos 2 e 3;*
- ✓ *Diagrama bioclimático de Givoni com os pares psicrométricos, temperatura do ar (°C) e umidade absoluta (g/ kg ar seco) inseridos para cada hora dos períodos extremos.*

3.1 Zona 01: Sala de demonstração:

As características deste ambiente que foram simuladas no EnergyPlus® são:

- 03 Fachadas externas, voltadas para norte, oeste e sul;
- 02 Águas de telhado, voltadas para norte e sul
- 02 Janelas nas fachadas oeste e sul
- Fachada oeste com proteção solar externa.
- Volume: 135m³;
- Áreas: piso: 33m², janelas: 10m², parede externa: 61m²;
- Ocupação: Pessoas 5; Iluminação artificial: 8,58 W/m²;
- Fluxo de ar estimado: 0,53 m³/s

Os resultados das simulações são apresentados em forma de gráficos nas figuras seguintes. A variação horária da temperatura do ar no período extremo quente e frio na Zona 1 sem ocupação é apresentada na Figura 3 e a variação da temperatura na Zona 01 ocupada é apresentada na Figura 4.

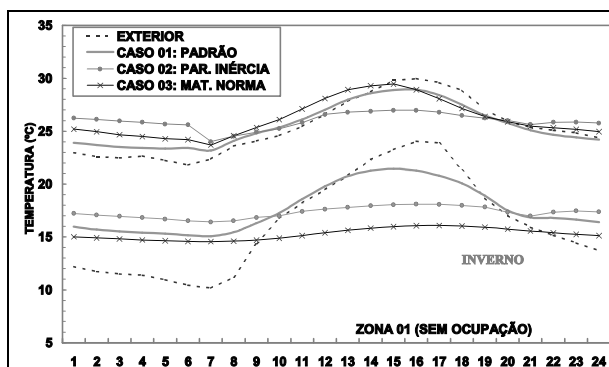


Figura 3: Variação horária da temperatura do ar da Zona 1 sem ocupação.

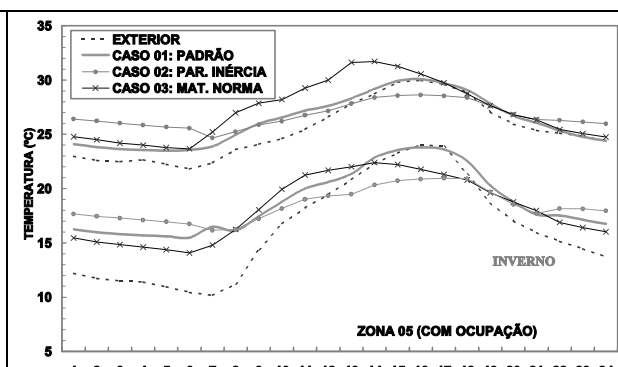


Figura 4: Variação horária da temperatura do ar da Zona 1 com ocupação.

Para se avaliar a provável sensação térmica experimentada pelos usuários da edificação, foram plotados os dados de temperatura e umidade do ar sobre o diagrama bioclimático de Givoni. A Figura 5 apresenta a variação horária do par psicrométrico no período extremo quente (12 de janeiro) e a Figura 6 apresenta a mesma variação para o período extremo frio (7 de junho). Em ambas figuras, os pares foram plotados sobre a carta psicrométrica, a qual, aparece ampliada, para facilitar a compreensão.

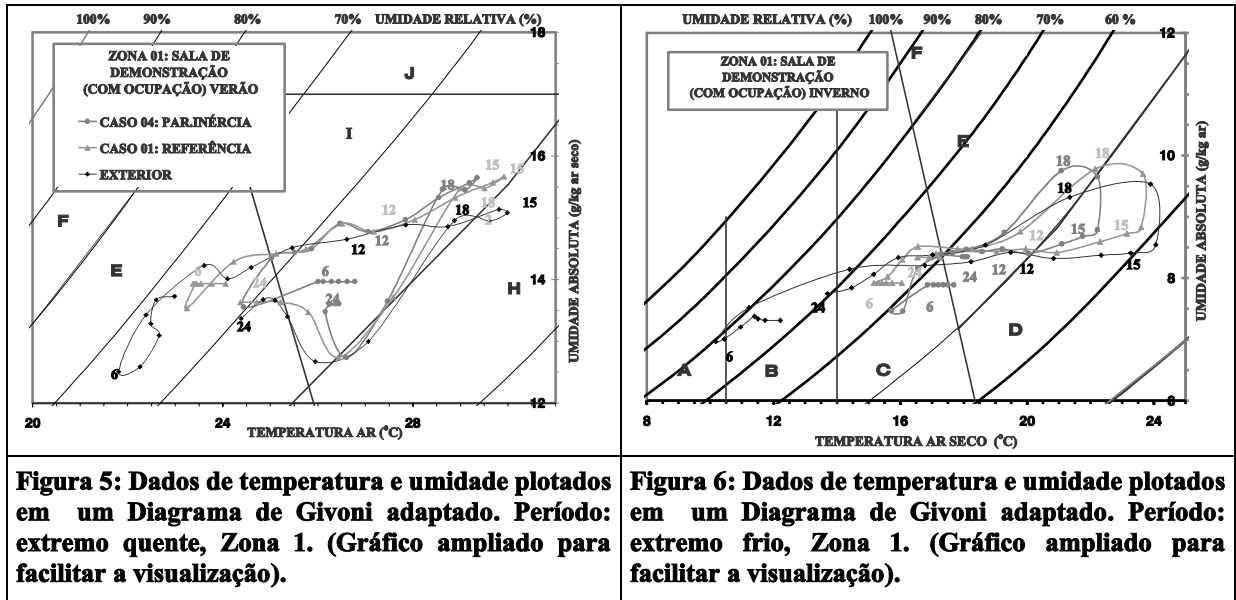


Figura 5: Dados de temperatura e umidade plotados em um Diagrama de Givoni adaptado. Período: extremo quente, Zona 1. (Gráfico ampliado para facilitar a visualização).

Figura 6: Dados de temperatura e umidade plotados em um Diagrama de Givoni adaptado. Período: extremo frio, Zona 1. (Gráfico ampliado para facilitar a visualização).

3.2 Zona 02: Grupo Sanitário

As características deste ambiente que foram simuladas no EnergyPlus® são:

- 02 Fachadas, voltadas para norte e sul;
- 02 Águas de telhado, para norte e sul;
- 01 Janela na fachada sul, sem proteção externa;
- Volume: 100,75 m³;
- Áreas: Piso: 24 m², Janelas: 2m², Parede externa: 28m²
- Ocupação: Pessoas 0; Iluminação artificial: 8,58 W/m²;
- Fluxo de ar estimado: 0,1 m³/s

A variação horária da temperatura do ar no período extremo quente e frio na Zona 2 sem ocupação é apresentada na Figura 7.

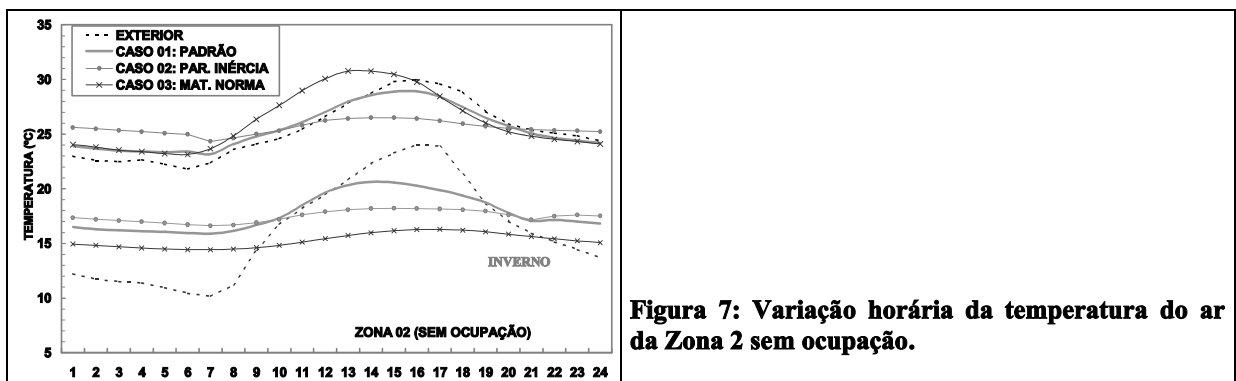


Figura 7: Variação horária da temperatura do ar da Zona 2 sem ocupação.

3.3 Zona 3: Laboratório

Características do ambiente:

- 02 Fachadas, voltadas para leste e sul;
- 02 Águas de telhado, para norte e sul
- 02 Janelas nas fachadas sul e leste, esta última com proteção externa;
- Volume: 201,5 m³;
- Áreas: Piso: 48,64 m², Janelas: 11,42m², Parede externa: 52,91m²
- Ocupação: Pessoas 10; Iluminação artificial: 8,31 W/m²;
- Fluxo de ar estimado: 1,34 m³/s

A variação horária da temperatura do ar no período extremo quente e frio na Zona 3 sem ocupação é apresentada na Figura 8 e a variação da temperatura na Zona 3 ocupada é apresentada na Figura 9.

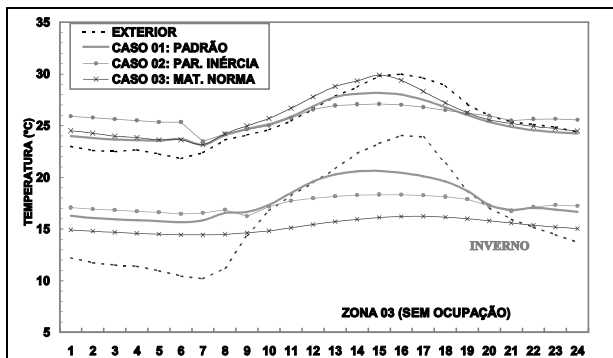


Figura 8: Variação horária da temperatura do ar da Zona 3 sem ocupação.

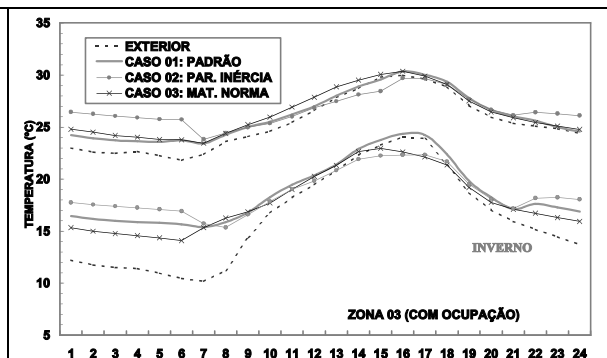


Figura 9: Variação horária da temperatura do ar da Zona 3 com ocupação.

A Figura 10 apresenta a variação horária do par psicrométrico, na Zona 3, no período extremo quente (12 de janeiro) e a Figura 11 apresenta a mesma variação para o período extremo frio (7 de junho). Em ambas figuras, os pares foram plotados sobre carta psicrométrica, a qual aparece ampliada, para facilitar a compreensão.

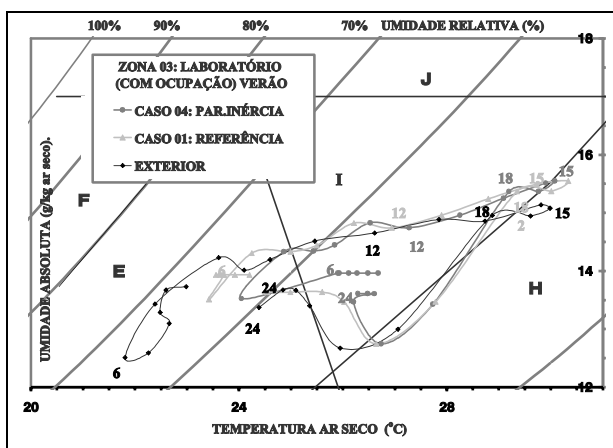


Figura 10: Dados de temperatura e umidade plotados em um Diagrama de Givoni adaptado. Período: extremo quente, Zona 3 (gráfico ampliado).

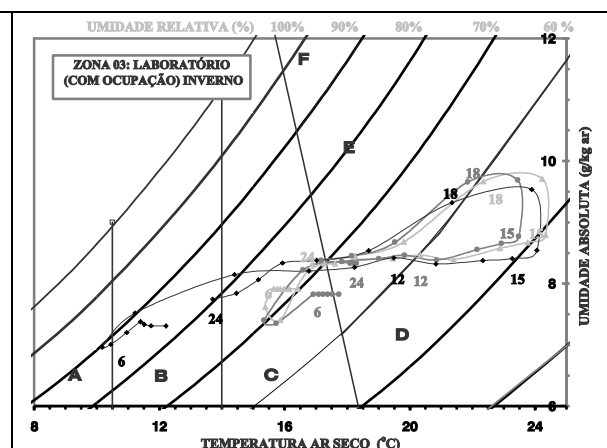


Figura 11: Dados de temperatura e umidade plotados em um Diagrama de Givoni adaptado. Período: extremo frio, Zona 3 (gráfico ampliado).

3.4 Zona 4: Sala de Estudos

Características do ambiente:

- 02 Fachadas, voltadas para leste e oeste;
- 01 Água de telhado, voltada para sul
- 01 Janela na fachada leste, com proteção solar externa;
- Volume: 73,1 m³;
- Áreas: Piso: 18,85 m², Janelas: 2,24m², Paredes externas: 24,19m².

- *Ocupação: Pessoas 5; Iluminação artificial: 8,52 W/m²;*
- *Fluxo de ar estimado: 0,25 m³/s*

A variação horária da temperatura do ar no período extremo quente e frio na Zona 4 sem ocupação é apresentada na Figura 12e a variação da temperatura na Zona 4 ocupada é apresentada na Figura 13.

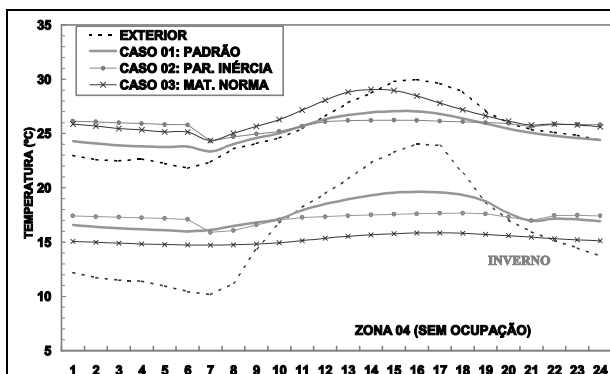


Figura 12: Variação horária da temperatura do ar da Zona 4 sem ocupação.

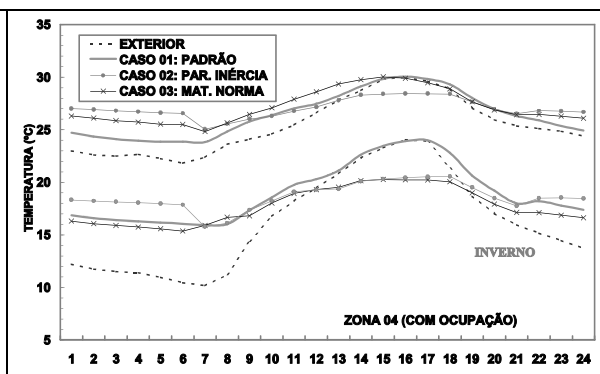


Figura 13: Variação horária da temperatura do ar da Zona 4 com ocupação.

A Figura 14 apresenta a variação horária do par psicrométrico, na Zona 4, no período extremo quente (12 de janeiro) e a Figura 15 apresenta a mesma variação para o período extremo frio (7 de junho). Em ambas figuras, os pares foram plotados sobre carta psicrométrica, a qual aparece ampliada, para facilitar a compreensão.

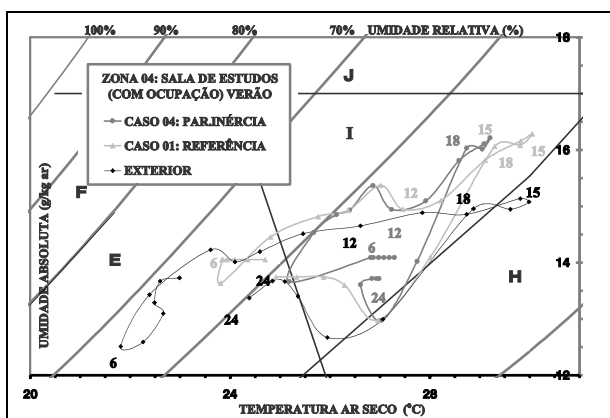


Figura 14: Dados de temperatura e umidade plotados em um Diagrama de Givoni adaptado. Período: extremo quente, Zona 4. (Gráfico ampliado para facilitar a visualização)

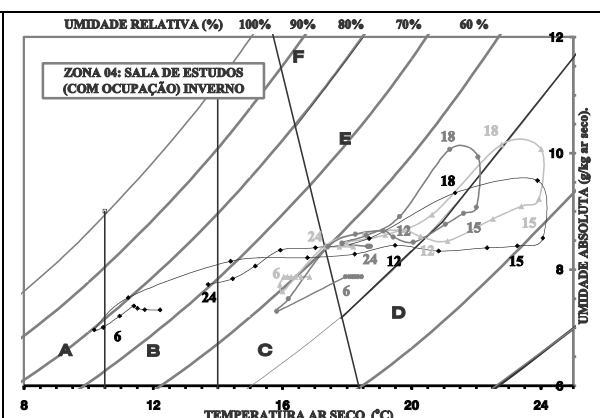


Figura 15: Dados de temperatura e umidade plotados em um Diagrama de Givoni adaptado. Período: extremo frio, Zona 4. (Gráfico ampliado para facilitar a visualização)

3.5 Zona 5: Auditório

Características do ambiente:

- *3 Fachadas, voltadas para norte, leste e oeste;*
- *1 Água de telhado, 1 para norte, 1 para sul;*
- *1 Janela na fachada oeste, 2 na leste, todas com proteção externa;*
- *Volume: 230 m³;*
- *Áreas: Piso: 54,6m², Janelas: 13,76 m², Paredes externas: 88,65 m²*
- *Ocupação: Pessoas 10; Iluminação artificial: 8,97 W/m²;*
- *Fluxo de ar estimado: 1,15 m³/s*

A variação horária da temperatura do ar no período extremo quente e frio na Zona 5 sem ocupação é apresentada na Figura 16 e a variação da temperatura na Zona 5 ocupada é apresentada na Figura 17.

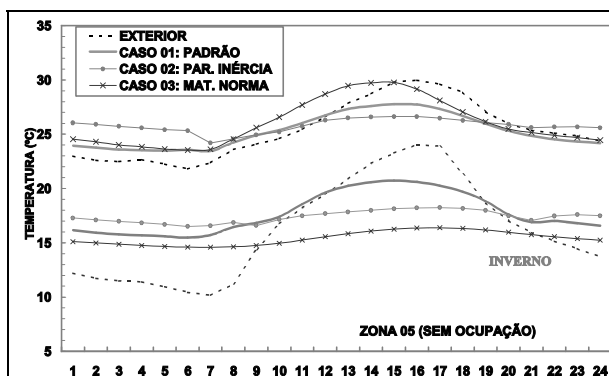


Figura 16: Variação horária da temperatura do ar da Zona 05 sem ocupação.

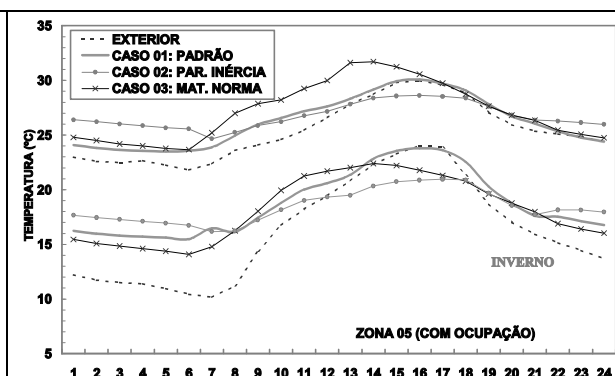


Figura 17: Variação horária da temperatura do ar da Zona 05 com ocupação.

A Figura 18 apresenta a variação horária do par psicrométrico, na Zona 5, no período extremo quente (12 de janeiro) e a Figura 19 apresenta a mesma variação para o período extremo frio (7 de junho). Em ambas figuras, os pares foram plotados sobre carta psicrométrica, a qual aparece ampliada, para facilitar a compreensão.

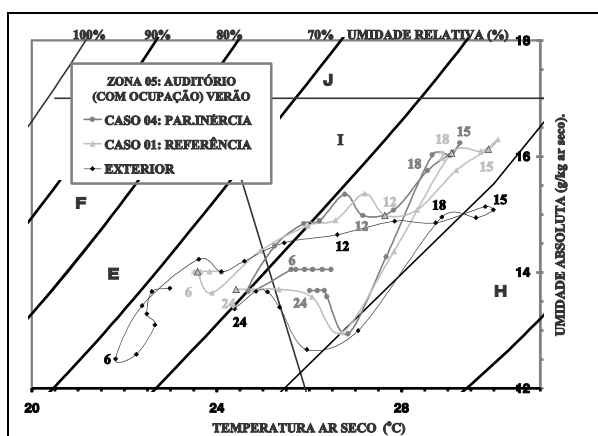


Figura 18: Dados de temperatura e umidade plotados em um Diagrama de Givoni adaptado. Período: extremo quente, Zona 5. (Gráfico ampliado para facilitar a visualização)

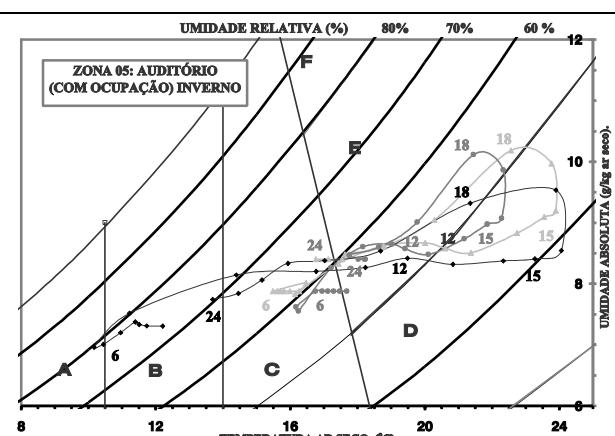


Figura 19: Dados de temperatura e umidade plotados em um Diagrama de Givoni adaptado. Período: extremo frio, Zona 5. (Gráfico ampliado para facilitar a visualização).

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS DAS SIMULAÇÕES

Observando os gráficos de variação da temperatura do ar nos ambientes sem ocupação no inverno (Figuras 11, 15, 16, 20 e 24), pode-se concluir que no Caso 3, paredes com inércia e sem isolamento da cobertura, a temperatura do ar das zonas tende a se estabilizar em torno de 15°C, muito frio para o conforto térmico. Já no Caso 2, paredes com inércia e com isolamento da cobertura, a temperatura do ar se estabiliza em torno de 17,5°C. No verão, o desempenho do Caso 3 é melhor do que o Caso de Referência, com temperatura se estabilizando em torno dos 26°C e o desempenho do Caso 2 tende, novamente, a ser inferior ao do Caso de Referência. Assim, o uso da inércia térmica nas paredes demonstrou só ser positiva quando utilizada conjuntamente com o adequado isolamento da cobertura (Caso 2).

Devido à maior incidência de radiação sobre a cobertura e ao acúmulo de calor nas paredes, a edificação permanece aquecida ao longo do dia, sendo tanto maior o aquecimento quanto maior for a incidência de radiação sobre a cobertura e menor o volume de ar do ambiente. Esta relação é

evidenciada comparando-se o desempenho da Zona 2 (Grupo Sanitário, Figura 15) com a Zona 4 (Sala de Estudos, Figura 20), ambas sem ocupação. Estas salas têm volume de ar e áreas de aberturas semelhantes; contudo, a Zona 2, no verão, tem desempenho pior, devido ao fato de ter maior área de cobertura e da Zona 4 possuir teto com uma única água voltada para o sul.

Quando consideramos os ambientes ocupados e o período do inverno (Figuras 12, 17, 21 e 25), os desempenhos do Caso 2 e do Caso 3 são mais semelhantes, ocorrendo uma redução no pico da temperatura do ar em até 4°C (Zona 4, Figura 21). Novamente estes resultados são influenciados pela orientação das coberturas. Contudo, esta semelhança de desempenhos não ocorre mais no período de verão. As temperaturas do ar no Caso 3 (sem isolamento) serão sempre superiores às do Caso de Referência (em torno de 1,5°C) no período diurno.

Quando se utiliza o isolamento da cobertura (Caso 2) observa-se que no verão ocorre uma redução na temperatura máxima alcançada no interior da edificação. Só que este benefício será muito dependente da carga térmica devido à ocupação (pessoas e iluminação) com relação ao volume de ar do ambiente. As zonas que possuem menor carga térmica de ocupação por volume de ar são, em ordem crescente, a sala de demonstração, a sala de estudos, o auditório e o laboratório (Zonas 1, 4, 5 e 3, respectivamente). Esta é a mesma relação de redução do pico da temperatura interna, sendo que, na Zona 3, praticamente a temperatura máxima é a mesma, comparando-se o Caso 2 com o Caso de Referência. Isso nos leva a concluir que o benefício trazido pelo uso de inércia nas paredes possui um limite relacionado com a densidade de ocupação do ambiente, a partir do qual seria preferível a utilização apenas do isolamento térmico e ventilação, para que a edificação não acumule calor excessivo no verão.

Com relação aos diagramas com os pares psicrométricos, figuras 13, 14, 18, 19, 22, 23, 26 e 27, estes devem ser estudados como complemento das informações obtidas dos gráficos de variação de temperatura, pois o algoritmo de solução escolhido para as simulações no EnergyPlus®, responsável pelo cálculo das trocas térmicas através das paredes, considera apenas o calor sensível. Devido a estas características do programa, os diagramas bioclimáticos fornecem uma indicação da variação da umidade do ar nos ambientes, além da resposta da provável sensação térmica dos usuários.

O fato de maior relevância observado ocorreu nos casos que consideraram a inércia térmica das paredes (Caso 2). Ao se avaliar apenas a variação da temperatura do ar no período de verão, percebe-se que houve uma redução no valor máximo da temperatura interna com relação à externa. Contudo, os diagramas de Givoni mostram que, na verdade, esta redução na temperatura não significou melhoria no desempenho térmico do ambiente, pois os pares psicrométricos permaneceram fora da zona de conforto térmico, o que indica que as soluções de condicionamento passivas adotadas não foram suficientes para garantir condições de conforto no interior dos ambientes.

5 CONCLUSÕES

De acordo com as simulações realizadas, observou-se que o valor do coeficiente global de transferência de calor (k , em $W/m^2.K$) para coberturas, sugerido pelo Projeto de Norma de Conforto Térmico, mostrou-se mais elevado do que o valor que seria apropriado para Belo Horizonte, pois verificou-se pelos resultados da simulação que os ambientes tornaram-se muito frios no inverno e muito aquecidos no verão. O Caso 2 (paredes com alguma inércia aliada a cobertura leve, refletora e isolada) demonstrou ser a melhor solução para ambientes que possuem menor ocupação.

Com relação aos ambientes não residenciais, os resultados apresentados demonstraram que o mais adequado não seria recomendar o uso de determinados materiais nas envoltórias, mas sim de desempenho energético das edificações, visto que a solução que se mostrou mais adequada para ambientes residenciais (utilização de paredes com inércia e coberturas isoladas e refletoras) depende da relação entre carga térmica e o volume de ar do ambiente, ou seja, da baixa ocupação dos ambientes.

As simulações dos ambientes do Auditório e do Laboratório podem ser tomadas como representativas para os ambientes não residenciais, que possuem maior densidade de ocupação e maior consumo de energia elétrica. Neste caso, considerando a ocupação, as envoltórias que se mostraram mais adequadas foram paredes e coberturas leves e isoladas, com as faces externas pintadas em cores claras. Isto porque estas envoltórias não permitem que a edificação acumule calor ao longo do dia, aquecendo

excessivamente o interior, além de permitir a ocupação em qualquer orientação de fachada, desde que esta possua proteção contra a incidência direta de radiação solar.

6 BIBLIOGRAFIA

ABNT. (1999) *Projeto 02:135.07-003: Desempenho Térmico de Edificações – Parte 03: Zoneamento Bioclimático Brasileiro e Diretrizes Construtivas para Habitações Unifamiliares de Interesse Social*. Rio de Janeiro. 9p. Disponível em <http://www.labeee.ufsc.br>. Acessado em 15/12/2002.

ABNT . (2002). *Projeto 02:136.01.001: Desempenho de Edifícios Habitacionais de até 5 pavimentos – Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro. 44 p.

COSTA, E.C. (1982) *Arquitetura Ecológica: Condicionamento Térmico Natural*. São Paulo: Editora Edgar Blücher.

GRINGS, E.T.O.; BEYER, P.O. (2003) Comparação entre resultados computacionais e experimentais do comportamento térmico de um ambiente. In: *VII Encontro Nacional e IV Encontro Latino Americano sobre Conforto no Ambiente Construído*. Curitiba, PR, Brasil. Curitiba, Anais..., 2003. p. 1074-1082.

ORLANDO LAWRENCE NATIONAL LABORATORY. (2003) *EnergyPlus Manual*. US Department of Energy.

PEREIRA, I. (2004) *Novas metodologias para simulação energética de edificações: Estudo de Caso*. 176 p. Jan, 2004. Dissertação (Mestrado em Ciências e Técnicas Nucleares) – Departamento de Engenharia Nuclear, Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais.