



XV Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Avanços no desempenho das construções – pesquisa, inovação e capacitação profissional

12, 13 E 14 DE NOVEMBRO DE 2014 | MACEIÓ | AL

ANÁLISE COMPARATIVA DE MODELAGENS DE ÁTICOS E ZONAS SUBTERRÂNEAS NO PROGRAMA ENERGYPLUS

MAZZAFERRO, Leonardo (1); SORGATO, Marcio José (2);

MELO, Ana Paula (3); LAMBERTS, Roberto (4)

(1) leomazzafferro_2970@hotmail.com; (2), marciosorgato@labeee.ufsc.br;

(3) apaula_melo@labeee.ufsc.br; (4), roberto.lamberts@ufsc.br

LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

UFSC - Universidade Federal de Santa Catarina

CTC/ECV/NPC/LabEEE, Caixa Postal 476 – CEP 88040-970

RESUMO

As simulações termo-energéticas de edificações demandam uma modelagem coerente com a realidade da edificação e uma correta inserção de dados de entrada para a obtenção de resultados confiáveis. Frente a isso, este estudo tem como objetivo comparar os resultados obtidos através de diferentes modelagens de áticos e zonas subterrâneas, no programa EnergyPlus. Para o desenvolvimento deste projeto de pesquisa, uma edificação residencial unifamiliar foi simulada para o clima de Florianópolis, Curitiba e São Luís. A modelagem do ático da edificação foi realizada de duas maneiras: considerando uma zona térmica, e uma resistência equivalente. Em relação à modelagem da zona subterrânea, determinou-se: uma câmara de ar inserida no piso e simulada com o pré-processador *Slab*, e uma zona térmica elaborada e simulada a partir do pré-processador *Basement*. As comparações da modelagem de coberturas e pisos foram realizadas com base nos graus-hora de resfriamento e aquecimento, para uma temperatura base de 26°C e 18°C, respectivamente. Através dos resultados, foi possível verificar a influência destas diferentes modelagens sobre o desempenho térmico da edificação. Os resultados respectivos às modelagens do ático comprovam que, para os climas analisados, a modelagem de uma camada equivalente apresentou os somatórios de graus-hora de resfriamento e aquecimento ligeiramente superiores em relação a modelagem da zona térmica. Os resultados referentes às modelagens da zona subterrânea demonstram que a inserção da câmara de ar no piso ocasionou maiores somatórios de graus-hora de resfriamento e menores somatórios de graus-hora de aquecimento, em relação aos modelos que consideram a zona térmica subterrânea.

Palavras-chave: Simulação térmica de edificações, Programa EnergyPlus, Desempenho térmico.

ABSTRACT

The building performance simulations require a correct modeling and an accurate data entry to obtain reliable results. The objective of the study is to compare the results obtained by different modeling of attics and basements, through the EnergyPlus program. For the development of this research, a dwelling was simulated for the climate of Florianópolis, Curitiba and São Luís. The modeling of the attic of the building was analyzed into two ways: as a thermal zone and as an equivalent resistance. Regarding the modeling of the subterranean zone, it was made as an air cavity inserted in the floor and simulated with the preprocessor Slab; and as a thermal zone determined and simulated from the preprocessor Basement. The comparisons of roofs and subterranean zone results were based on cooling and heating degree- hours for a base temperature of 26°C and 18°C, respectively. Through the results it was possible to observe the influence of these different modeling on the thermal performance of the building. The attic modeling results show that the modeling of an equivalent layer presented a total of degree- hours for heating and cooling slightly higher compared to the geometrical modeling, for all the climates analyzed. The results regarding the modeling of the subterranean zone demonstrate that the air cavity on the floor resulted in a higher total of degree- hours for heating and less for cooling compared to the thermal zone, for all the climates analyzed.

Keywords: *Computational simulation; Energyplus program; thermal performance.*

1 INTRODUÇÃO

A busca por soluções arquitetônicas energeticamente eficientes e climaticamente adequadas tem sido ponto de discussão no Brasil e no mundo (HENSEN e LAMBERTS, 2011). As medidas mais eficazes relacionadas à conservação e ao uso racional de energia no Brasil emergiram em virtude da crise de energia ocorrida em 2001 (BRASIL, 2001a), ocasionada por fatores como falta de investimento, escassez de chuvas e aumento do consumo de energia elétrica nos anos anteriores. Como consequência da crise, julgou-se importante estabelecer normas e regulamentações relacionadas à eficiência energética em edificações no país (BRASIL, 2001b). No final da década de 90 iniciou-se o desenvolvimento de normas de desempenho no Brasil. Em 2003, foi publicado o projeto de norma NBR 15220: Desempenho Térmico para Edificações (ABNT, 2003), posteriormente atualizada em 2005 (ABNT, 2005). Este projeto de norma define o zoneamento bioclimático brasileiro e as estratégias bioclimáticas para edificações de interesse social. Visando melhorar a qualidade das edificações residenciais brasileiras também foi publicada a norma NBR 15575:2008 – Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho (ABNT, 2008). Após anos de revisões e consultas públicas, entrou em vigor em Julho de 2013 a NBR 15.575:2013 – Edificações Habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013), estabelecendo requisitos mínimos de desempenho, vida útil e de garantia para os diversos sistemas que compõem as edificações residenciais unifamiliares e multifamiliares. De maneira geral, estas soluções construtivas visam a diminuição dos custos e a eliminação de desperdícios, sem perda da qualidade e conforto.

Os programas de simulação computacional permitem elaborar modelos representativos de edificações para uma análise termo-energética. O programa *EnergyPlus* (DOE, 2013) foi desenvolvido através da fusão dos programas DOE-2 e BLAST pelo *Lawrence Berkeley National Laboratory* (LBNL), em sociedade com outros laboratórios. Esta foi uma iniciativa do Departamento de Energia Norte-Americano, para estimular o desenvolvimento de um código computacional que fosse capaz de calcular não só a carga térmica da edificação, mas também que pudesse prever o consumo de energia de uma edificação condicionada. A simulação engloba as características da edificação e os dados climáticos para efetuar uma previsão termo-energética da edificação.

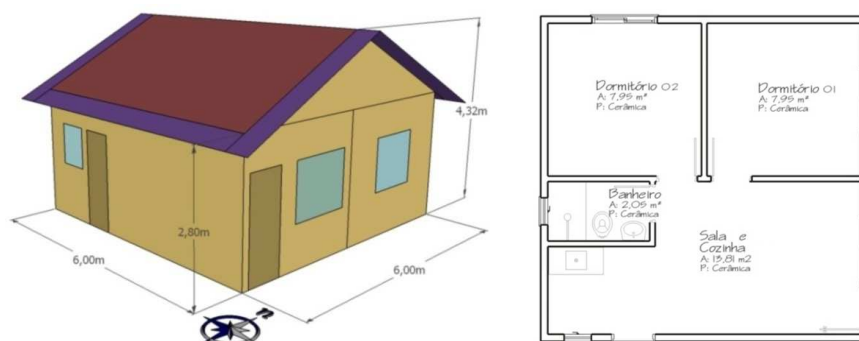
Dentre as opções de modelagem do ático das edificações no programa *EnergyPlus* destaca-se a modelagem através de coordenadas (caracterizando uma zona térmica) e a modelagem através de uma camada equivalente. Para as edificações em contato com o solo, pode-se considerar as temperaturas médias mensais do solo, ou obter resultados mais precisos através do uso de pré-processadores. As zonas subterrâneas podem ser modeladas como uma câmara de ar inserida no piso e simuladas com o pré-processador *Slab*, ou com a determinação de uma zona térmica e simulada a partir do pré-processador *Basement*. Tanto o pré-processador *Slab*, quanto o *Basement*, simulam a influência que o solo exerce nas temperaturas da edificação e vice-versa, caracterizando um processo iterativo. O *Slab* é utilizado em casos de edificações com piso em contato com o solo. Por outro lado, o *Basement* é utilizado em edificações que possuem partes enterradas, como por exemplo, um porão ou uma garagem. A envoltória, responsável pelos fluxos de calor entre os ambientes internos e externos, exerce uma forte influência no desempenho térmico da edificação. Através de uma correta modelagem dos elementos da envoltória, inclusive áticos e zonas subterrâneas (quando presentes), é possível obter resultados mais confiáveis e precisos. Frente a isso, este trabalho tem como objetivo comparar os resultados obtidos através de diferentes modelagens de áticos e zonas subterrâneas, no programa *EnergyPlus*.

2 MÉTODO

2.1 Características da edificação

Para comparar os resultados obtidos através de diferentes modelagens de coberturas e pisos no programa *EnergyPlus* versão 7.2, foi utilizada uma edificação residencial unifamiliar. A edificação apresenta 36m² de área construída, com 2 dormitórios, banheiro, sala e cozinha conjugadas. O projeto da edificação foi baseado no programa Nova Casa da Companhia de Habitação do Estado de Santa Catarina – (COHAB/SC). Foram definidas as seguintes zonas térmicas: Dormitório 01, Dormitório 02, Sala e Cozinha, Banheiro e ático (quando modelado). A edificação foi simulada para os climas de Florianópolis, Curitiba e São Luís, utilizando-se os respectivos arquivos climáticos do tipo TRY (*Test Reference Year*). A Figura 01 apresenta o modelo de edificação unifamiliar adotado para este estudo.

Figura 01. Modelo volumétrico e planta baixa da edificação unifamiliar.



2.2 Propriedades da envoltória

O piso da edificação é composto por uma laje maciça de concreto de 100 mm e piso cerâmico de 10 mm, resultando em um valor de transmitância térmica de 3,18 W/m².K. As paredes externas e internas possuem os mesmos componentes: tijolos cerâmicos de 8 furos com 100 mm de espessura e argamassa de 25 mm em ambos os lados, resultando em um valor de transmitância térmica de 2,34 W/m².K. A cobertura possui telha cerâmica de 10 mm. Os beirais do telhado, também compostos por telha cerâmica, possuem 50 cm de extensão e funcionam como sombreamento. O vidro adotado é do tipo simples com 3 mm de espessura, com fator solar de 0,87.

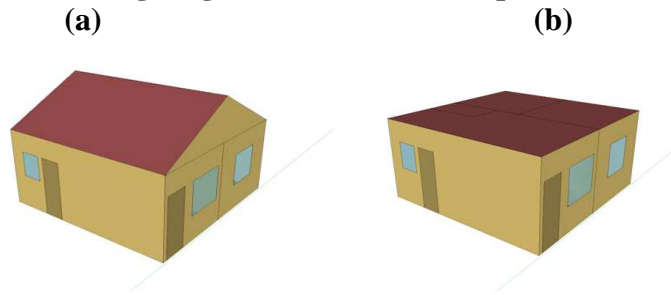
2.3 Ventilação, ocupação e rotinas

A edificação é naturalmente ventilada, sendo que as janelas permanecem abertas somente durante o dia, desde que a temperatura externa não seja inferior a 20°C. A ocupação total da edificação foi definida em um total de quatro pessoas, duas para cada dormitório. A rotina de ocupação dos quartos para os dias de semana é das 23h00 às 7h00 e nos finais de semana das 24h00 às 8h00. A rotina de ocupação da sala para os dias de semana é das 12h00 às 14h00 e das 19h00 às 23h00. A atividade metabólica foi estabelecida em 80 Watts/pessoa nos dormitórios e 110 Watts/pessoa na sala. O sistema de iluminação possui um total de 44 Watts nos dormitórios e 29 Watts na sala. Os equipamentos elétricos adotados foram de 30 Watts nos dormitórios e 90 Watts na sala (totalmente integrada com a cozinha).

2.4 Modelagem do ático

Com o objetivo de comparar os resultados de desempenho térmico, para diferentes modelagens de ático, optou-se em modelar o ático de duas maneiras distintas. Na primeira opção foi realizada a modelagem geométrica, considerando o ático uma zona térmica, conforme apresentado na Figura 02 (a). A segunda opção de modelagem, representada na Figura 02 (b), consiste na representação de uma camada equivalente, composta por: telha cerâmica, câmara de ar maior que 50 mm, laje maciça de concreto de 100 mm e forro de gesso com 30 mm. Esta camada equivalente foi elaborada com o objetivo de substituir a representação do ático. Quando o ático foi modelado como uma zona térmica, a transmitância térmica da cobertura foi de $5,05 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$, e a transmitância térmica da laje de concreto abaixo do ático é de $3,18 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Quando modelado como uma camada equivalente, a transmitância térmica da camada que representa o ático corresponde a $1,91 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. Ressalta-se nas modelagens de ático, para simplificar a análise, os beirais da cobertura foram removidos.

Figura 02. Modelagem geométrica/camada equivalente do ático.



Para avaliar o comportamento térmico da edificação ao longo do ano, dentre os resultados das comparações, foi analisada a temperatura operativa da sala e o somatório de graus-hora de resfriamento e aquecimento dos ambientes de permanência prolongada. O método dos graus-hora consiste em realizar um somatório anual de temperaturas operativas horárias que ultrapassaram a temperatura base definida, tanto para aquecimento quanto para resfriamento. A temperatura base de resfriamento foi definida em 26°C e a temperatura de base de aquecimento foi adotada como sendo 18°C . As análises de temperatura operativa foram realizadas durante três dias consecutivos para cada estação do ano (verão, inverno, primavera e outono).

2.5 Modelagem da zona subterrânea

Para comparar as diferentes maneiras de modelar uma zona subterrânea, foram elaborados dois modelos (Figura 3).

Figura 03. Modelagem com câmara de ar/geométrica da zona subterrânea.



O primeiro modelo, representado pela Figura 03 (a), foi considerada uma câmara de ar (maior que 5 cm) entre o piso cerâmico de 10 mm e a laje de concreto de 100 mm, que por sua vez, está em contato com o solo. Para esta modelagem adotou-se o pré-processador *GroundSlabPreProcessor*. O segundo modelo, representado pela Figura 03 (b), foi elaborado utilizando o pré-processador *GroundBasementProcessor* com uma zona subterrânea de 50 cm de espessura.

A modelagem da zona subterrânea representa um porão da tipologia analisada. Ressalta-se que na modelagem da zona subterrânea considerou-se o ático como uma zona térmica, para todos os modelos. Nas comparações, foram analisadas as temperaturas operativas da sala (durante três dias de cada estação do ano) e os graus-hora de resfriamento e de aquecimento dos ambientes de permanência prolongada (sala e dormitórios).

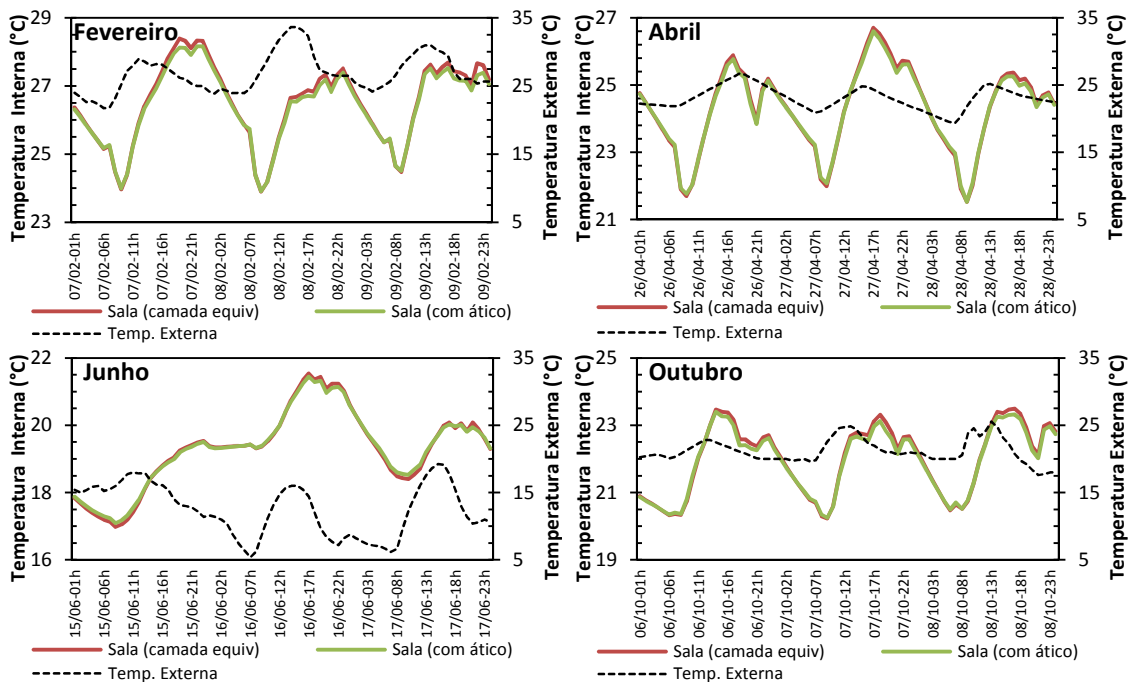
3 RESULTADOS

Os resultados das comparações, entre modelagens de áticos e pisos, foram organizados através de gráficos de temperatura operativa da sala e uma tabela de graus-hora de resfriamento e graus-hora de aquecimento da edificação. As diferenças de temperatura podem ser influenciadas pela diferença entre uma cobertura plana e outra cobertura com faces inclinadas para o sul e para o norte. Dentre os ambientes, foi analisada somente a temperatura operativa da sala, porque as variações de temperatura, entre os cômodos, foram mínimas uma vez que a edificação é ventilada naturalmente e as portas internas permanecem sempre abertas. As trocas de ar por hora na sala, ao longo do ano, em valores médios, foram de: 4,28 trocas de ar para Florianópolis; 3,24 trocas de ar para Curitiba; e 5,91 trocas de ar para São Luís.

3.1 Comparação entre modelagens do ático

Foram analisados os meses de Fevereiro, Abril, Junho e Outubro, buscando caracterizar as quatro estações do ano (Verão, Inverno, Outono e Primavera). A Figura 04 ilustra os resultados obtidos para o clima de Florianópolis. Optou-se em maximizar as Figuras 04 a 06 em determinados pontos para facilitar a visualização dos resultados.

Figura 04. Comparação entre modelagens do ático para Florianópolis.



As diferenças de temperatura, entre as modelagens de ático, para o clima de Florianópolis, foram mínimas. Ao longo do ano, a maior diferença de temperatura entre os modelos foi de 0,40°C. Durante o verão, outono e primavera, a edificação modelada com a camada equivalente apresentou temperaturas superiores no final da tarde, entre as 16 e 19 horas. No inverno, a edificação modelada com ático apresentou temperaturas levemente superior no início da manhã. Os resultados obtidos para o clima de Curitiba podem ser observados na Figura 05. E os resultados obtidos para São Luís estão apresentados na Figura 06.

Figura 05. Comparação entre modelagens do ático para Curitiba.

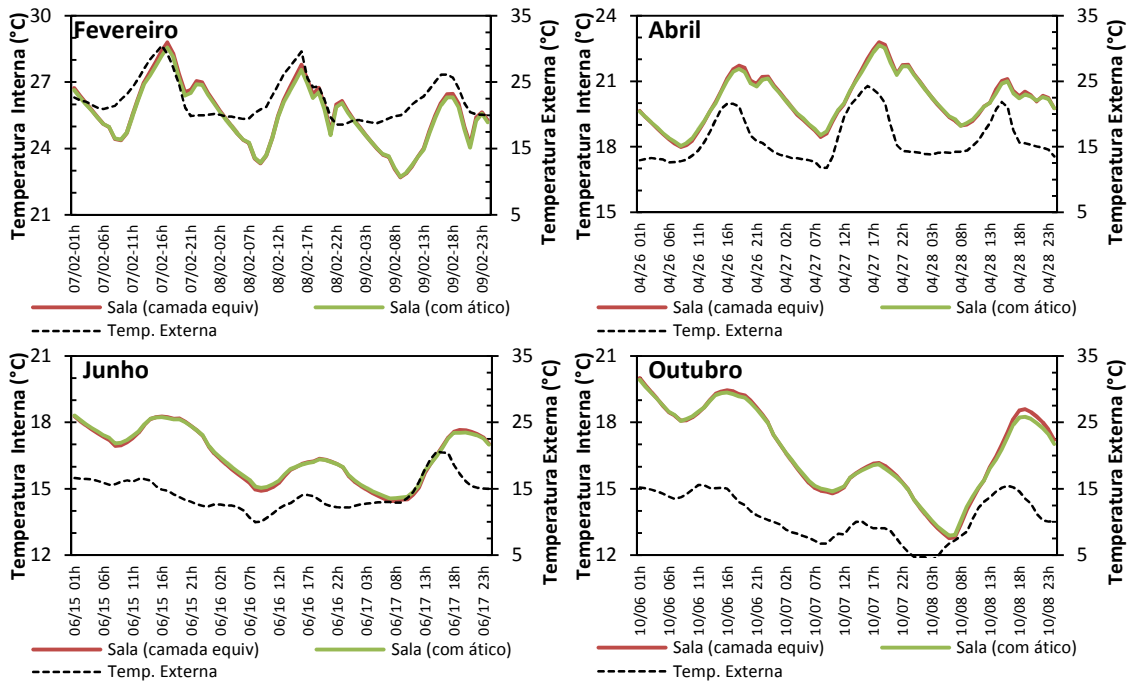
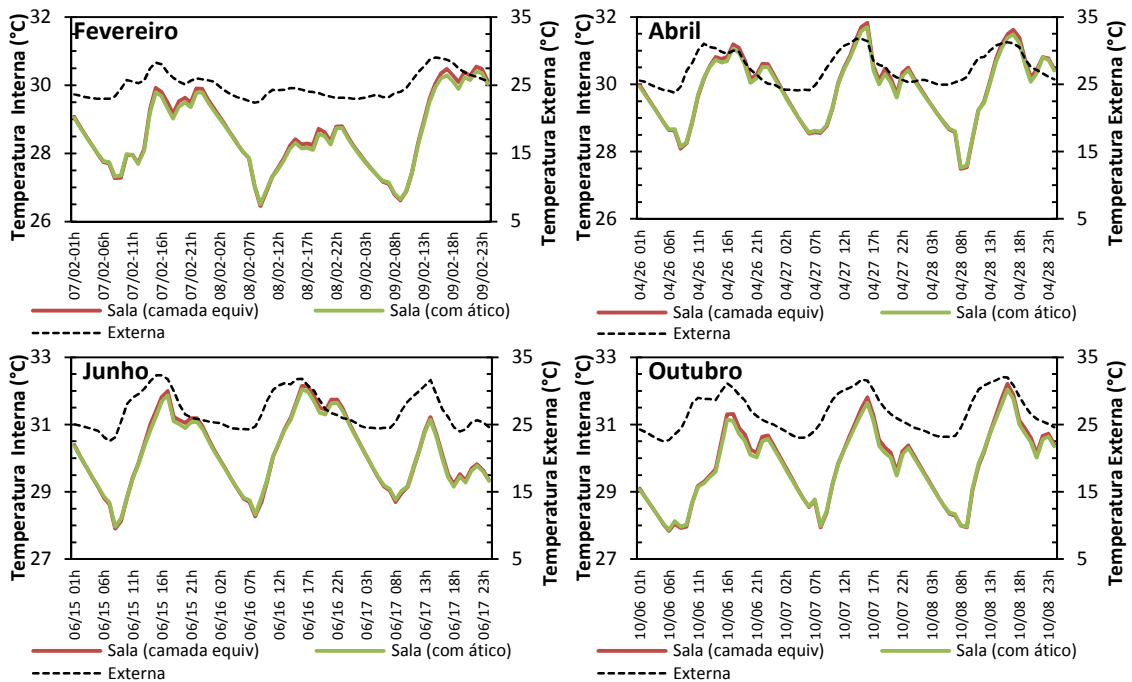


Figura 06. Comparação entre modelagens do ático para São Luís.



As diferenças de temperatura, entre as modelagens de ático, para o clima de Curitiba, também foram mínimas. Ao longo do ano, a maior diferença de temperatura entre os modelos foi de 0,48°C. Ao longo do ano, as diferenças entre temperaturas operativas, obedeceram a seguinte tendência: a edificação com a camada equivalente apresenta temperaturas superiores no final da tarde, mas apresentou temperaturas menores ao amanhecer.

As diferenças de temperatura, entre as modelagens de ático, para o clima de São Luís, também foram mínimas. No ambiente analisado, ao longo do ano, a maior diferença de temperatura entre os modelos foi de 0,37°C. Nas quatro estações, a edificação modelada

com camada equivalente apresentou temperaturas operativas levemente superiores durante o período da tarde, em relação ao caso modelado com ático.

3.2 Comparação entre modelagens da zona subterrânea

Novamente, foram analisados determinados meses, buscando caracterizar as quatro estações do ano. A Figura 07 ilustra os resultados obtidos para o clima de Florianópolis. Os resultados obtidos para o clima de Curitiba podem ser observados na Figura 08. E os resultados obtidos para o clima de São Luís estão apresentados na Figura 09. Optou-se em maximizar as Figuras 07 a 09 em determinados pontos para facilitar a visualização dos resultados.

Figura 07. Comparação entre modelagens da zona subterrânea para Florianópolis.

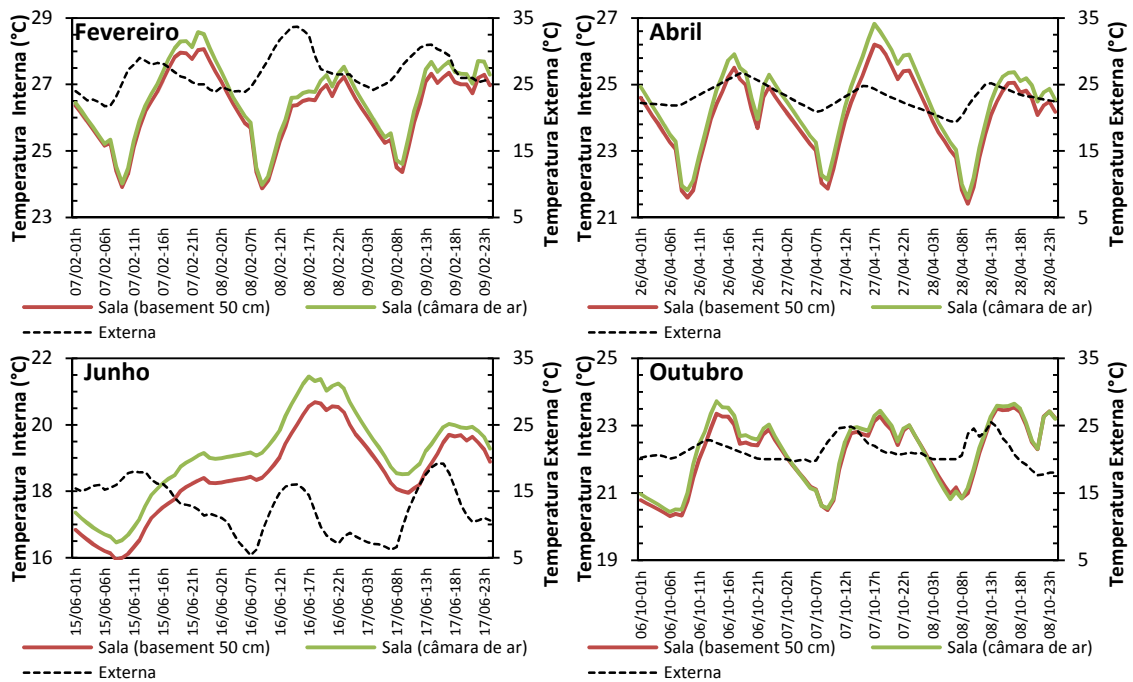


Figura 08. Comparação entre modelagens da zona subterrânea para Curitiba.

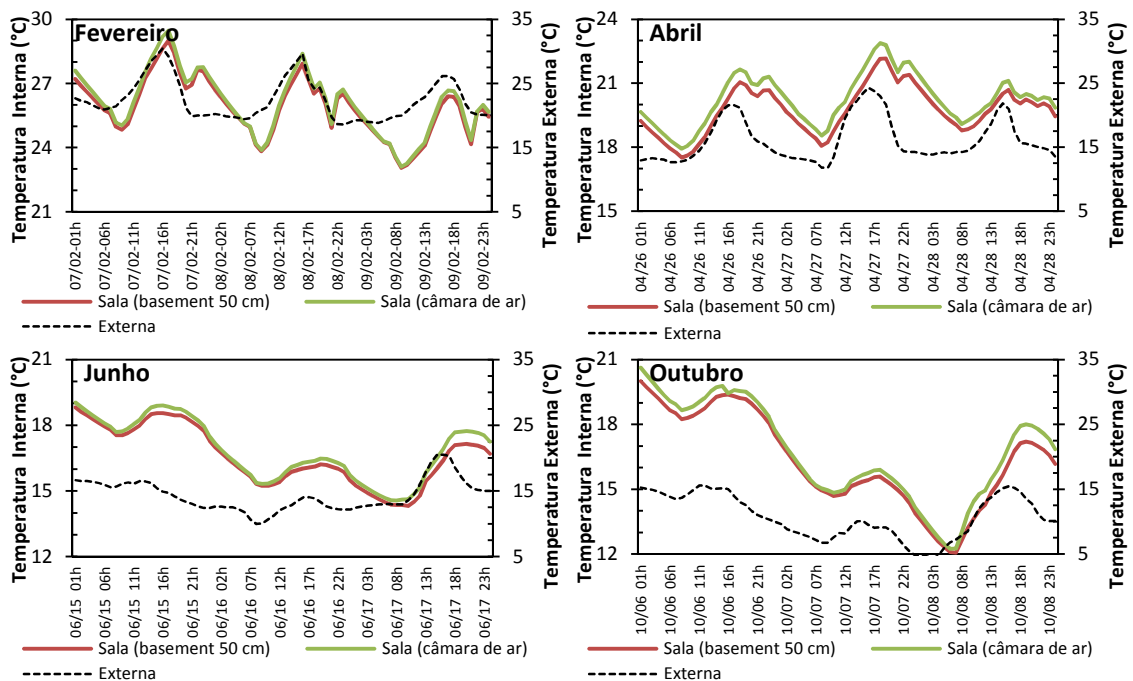
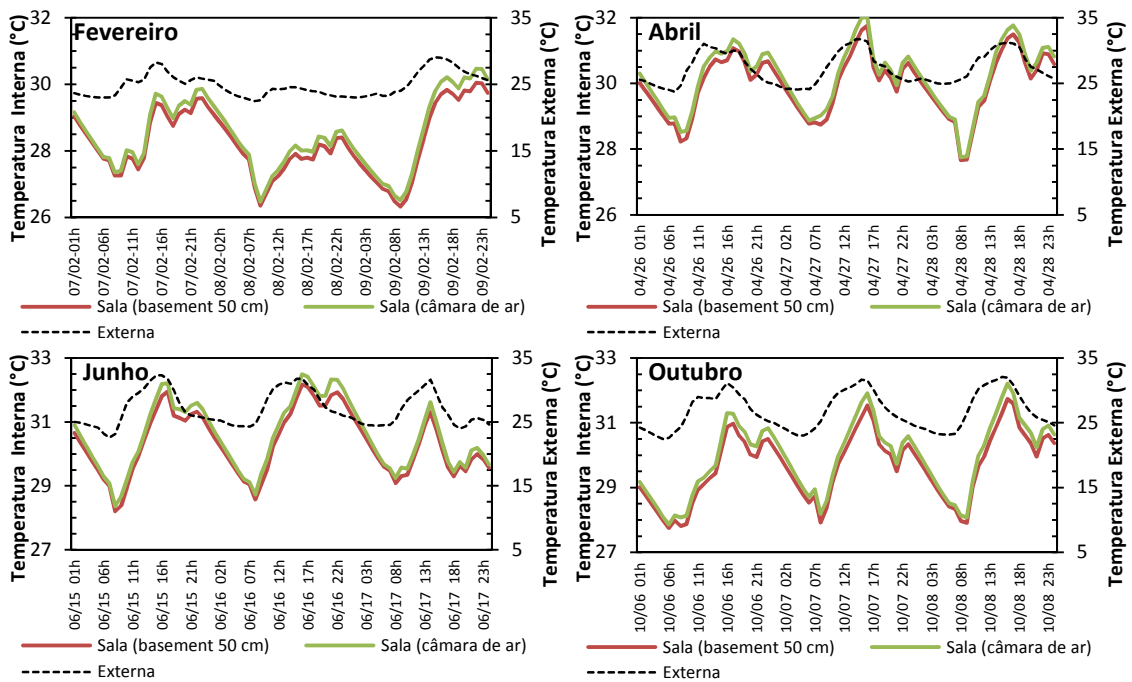


Figura 09. Comparação entre modelagens da zona subterrânea para São Luís.



Para o clima de Florianópolis, as diferenças de temperatura operativa, entre os dois modelos, foram consideráveis. Ao longo do ano, as temperaturas internas da edificação com câmara de ar no piso foram superiores, especialmente no inverno, culminando em uma diferença máxima de temperatura de $0,95^{\circ}\text{C}$ entre os modelos.

Para o clima de Curitiba, as diferenças de temperatura operativa, entre os dois modelos, também foram consideráveis. A edificação com câmara de ar no piso, apresentou temperaturas internas mais elevadas, especialmente no período da tarde. O outono foi a estação do ano que apresentou as maiores diferenças de temperatura operativa entre modelos, sendo que a máxima diferença foi de $0,99^{\circ}\text{C}$.

Para o clima de São Luís, as diferenças de temperatura operativa, entre os dois modelos, foram mínimas. Novamente, a edificação com câmara de ar inserida no piso apresentou temperaturas internas levemente superiores nas quatro estações, sendo que no período da tarde ocorreram as maiores diferenças. Ao longo de todo o ano, a maior diferença de temperatura entre os modelos foi de $0,70^{\circ}\text{C}$.

3.3 Tabela de graus-hora de resfriamento e aquecimento

A partir das simulações, foram realizados os somatórios de graus-hora de aquecimento e resfriamento para os diferentes modelos de áticos e de zonas subterrâneas. A Tabela 01 apresenta os valores dos graus-hora de resfriamento e aquecimento para os modelos de ático analisados. Ressalta-se que o clima de São Luís não apresenta graus-hora de aquecimento, por não apresentar temperaturas abaixo da temperatura base adotada.

Em relação as modelagens de ático, os resultados das simulações obtidos para Florianópolis, apontam diferenças percentuais de graus-hora de resfriamento e graus-hora de aquecimento de 5% e 11%, respectivamente. Para Curitiba, a diferença percentual de graus-hora de resfriamento foi de 25% (5 vezes superior quando comparado à diferença para o clima de Florianópolis). A diferença de 25% é significativa pois representa um aumento de aproximadamente 50 graus hora de resfriamento com a modelagem equivalente para um resultado de aproximadamente 200 graus hora. O clima da cidade de Curitiba é característico por necessitar de uma maior parcela de carga de aquecimento ao

resfriamento. A tipologia adotada com as devidas considerações de envoltória e carga interna manteve a temperatura interna dentro das temperaturas base de 26°C e 18°C. Observa-se que foi necessário aquecer mais na modelagem Equivalente em Florianópolis, em relação à modelagem geométrica em Florianópolis. Para Curitiba, o tipo de modelagem praticamente não influenciou no resultado de graus hora de aquecimento. Para São Luís, os graus-hora de aquecimento resultaram nulos e nos graus-hora de resfriamento a diferença percentual entre modelagens foi baixa, resultando em somente 2% entre os modelos de ático.

Tabela 01. Graus-hora de resfriamento e aquecimento - ático.

| Cidade | Modelagem | Graus-hora resfriamento | Diferença % | Graus-hora aquecimento | Diferença % |
|---------------|-------------|-------------------------|-------------|------------------------|-------------|
| Florianópolis | Geométrica | 3.755 | 5 | -268 | 11 |
| | Equivalente | 3.941 | | -298 | |
| Curitiba | Geométrica | 213 | 25 | -5.613 | 1 |
| | Equivalente | 267 | | -5.687 | |
| São Luís | Geométrica | 32.636 | 2 | - | - |
| | Equivalente | 33.144 | | - | |

A Tabela 02 apresenta os valores dos graus-hora de resfriamento e aquecimento para os modelos de zona subterrânea analisados.

Tabela 02. Graus-hora de resfriamento e aquecimento - zona subterrânea.

| Cidade | Modelagem | Graus-hora resfriamento | Diferença % | Graus-hora aquecimento | Diferença % |
|---------------|---------------------|-------------------------|-------------|------------------------|-------------|
| Florianópolis | Câmara de ar > 5 cm | 4.714 | -10 | -420 | 38 |
| | Basement 50 cm | 4.250 | | -579 | |
| Curitiba | Câmara de ar > 5 cm | 448 | -39 | -5.445 | 18 |
| | Basement 50 cm | 275 | | -6.426 | |
| São Luís | Câmara de ar > 5 cm | 34.522 | -6 | - | - |
| | Basement 50 cm | 32.467 | | - | |

Em relação a modelagem da zona subterrânea, os resultados das simulações obtidos para Florianópolis, apontam diferenças percentuais de graus-hora de resfriamento e graus-hora de aquecimento de 10% e 38% respectivamente. Para Curitiba, a modelagem da zona subterrânea resultou em diferenças percentuais de graus-hora de resfriamento de 39%, e de 18% para os graus-hora de aquecimento. Para São Luís, nos graus-hora de resfriamento, a diferença percentual entre modelagens foi de 6% entre os modelos de zona subterrânea. Os graus-hora de aquecimento obtidos para o clima de São Luís não foram analisados porque as temperaturas do ambiente não foram inferiores, em algum momento, à temperatura base de 18°C. Comparando os resultados obtidos para cada cidade, pode-se afirmar que o clima teve influência nas comparações entre modelagens, ou seja, a diferença percentual, entre os resultados das modelagens, variou consideravelmente dependendo do clima em que foi simulado.

4 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observando os gráficos de temperaturas operativas ao longo dos dias analisados, as pequenas diferenças de temperatura podem induzir a pensar que a modelagem dos elementos (ático e zona subterrânea) não influencia nos resultados das simulações. As maiores diferenças de temperatura operativa encontradas foram para o clima de Curitiba, sendo de 0,48°C para a modelagem de ático e de 0,99°C para a modelagem de zona

subterrânea. Porém, analisando o somatório de graus-hora de resfriamento e de aquecimento, é possível verificar mais facilmente as diferenças de resultados entre as modelagens. Os resultados respectivos às modelagens do ático comprovam que, para os climas analisados, a modelagem de uma camada equivalente apresentou os somatórios de graus-hora de resfriamento e aquecimento ligeiramente superiores em relação a modelagem da zona térmica. Os resultados referentes às modelagens da zona subterrânea demonstram que a inserção da câmara de ar no piso ocasionou maiores somatórios de graus-hora de resfriamento e menores somatórios de graus-hora de aquecimento, em relação aos modelos que consideram a zona térmica subterrânea. Para as modelagens de ático, as maiores diferenças percentuais entre somatórios de graus-hora de resfriamento e somatório de graus-hora de aquecimento foram de 25% em Curitiba e 11% em Florianópolis, respectivamente. Em relação a modelagem de zona subterrânea, as maiores diferenças foram encontradas para os graus-hora de resfriamento em Curitiba (39%) e para os graus-hora de aquecimento em Florianópolis (38%). O clima de São Luís apresentou pequenas variações para os graus-hora de resfriamento: 2% entre as modelagens de ático e 6% entre as modelagens de zona subterrânea. Com base nos resultados, pode-se concluir que a maneira de modelar a cobertura, e a zona subterrânea, exerce considerável influência sobre o somatório de graus-hora, comprovando que erros na modelagem podem acarretar em falta de precisão dos resultados de desempenho térmico da edificação. Por ter sido efetuado para três climas diferentes, o estudo também indica que a influência da modelagem (de ático e de zonas subterrâneas), sobre os resultados da simulação, pode variar de acordo com o clima adotado. As diferenças nos resultados de modelagem do ático e da zona subterrânea tiveram uma relação com o rigor climático, sendo que o clima mais frio (Curitiba) apresentou as maiores diferenças percentuais de graus-hora entre as modelagens propostas. No clima quente (São Luís), foram obtidas as menores diferenças percentuais de graus-hora entre modelagens. O importante não é a forma de modelagem, mas sim a precisão dos dados de entrada utilizados para representar o contato externo à edificação.

REFERÊNCIAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **15220: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2003.
- _____. **15220: Desempenho térmico de edificações**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.
- _____. **NBR 15575-4: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos - Desempenho**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2008.
- _____. **NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho**. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2013.
- BRASIL. Decreto nº 4.059, de 19 de dezembro de 2001. Regulamenta a Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Brasília, DF, 2001a. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/ministerio/legislacao/decretos>. Acesso em: 14 agos. 2014.
- _____. Lei nº 10.295, de 17 de outubro de 2001. Brasília, DF, 2001b. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/qualidade/lei10295.pdf>. Acesso em: 14 agos. 2014.
- DOE – Department of Energy. **Programa EnergyPlus – versão 7.2**. Disponível em: <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/energyplus/> Acesso em: Dezembro 2013.
- HENSEN, J. L. M.; LAMBERTS, R. **Building Performance Simulation for Design and Operation**. Routledge, 2011.