



# 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

## AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA RESIDÊNCIA EM FORMIGA – MG UTILIZANDO A NBR 15.575

ALVIM, Leila (1); MOTTA, Silvio (2); MAGALHÃES, Aldo (3); AGUILAR, Maria Teresa (4)

(1) UFMG, e-mail: leilaalvim@hotmail.com (2) UFMG, e-mail: silvio.motta@gmail.com, (3) UFMG, e-mail: aldo@demc.ufmg.br (4) UFMG, e-mail: teresa@demc.ufmg.br

### RESUMO

A crescente preocupação com o uso racional dos recursos naturais e com a eficiência energética das edificações colocou em evidência a importância do desempenho das mesmas. Recentemente foi divulgada a NBR 15.575:2013, uma norma de desempenho de habitações que avalia vários aspectos das edificações, dentre eles seu desempenho térmico. Para tanto, a norma exige que seja feita, a princípio, uma análise seguindo um procedimento simplificado, de forma prescritiva. Caso o resultado não seja satisfatório, a edificação é avaliada pelo método de simulação computacional. Nesse artigo foi verificado se o desempenho térmico de um estudo de caso satisfaz os requisitos da NBR 15.575. Os resultados obtidos neste estudo foram de que a edificação não atende ao procedimento simplificado. Ao tentar utilizar o método de simulação computacional constatou-se que faltam dados quanto aos dias típicos de verão e inverno para as cidades da zona bioclimática 2, o que inviabiliza essa avaliação. Mesmo considerando dados referentes a uma cidade de outra zona bioclimática ainda faltaram dados quanto a data, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento e tipo de céu. Com isso, o processo deixa margens para a interpretação do profissional que realiza o estudo, podendo levar a distorções dos resultados. Seria adequada a revisão da norma no que diz respeito a esses problemas. Este trabalho possui objetivo exploratório, sendo parte da pesquisa de dissertação de mestrado sobre um estudo de caso de uma edificação habitação de interesse social localizada em Formiga, Minas Gerais, ZB 2. Sua contribuição é de uma análise crítica da norma de desempenho térmico NBR 15.575 em vigor.

**Palavras-chave:** Desempenho térmico, Norma de Desempenho, *Energyplus*.

### ABSTRACT

*The growing concern about the rational use of natural resources and energy efficiency in building has highlighted the importance of building performance. Recently, a new Brazilian residential building performance standard has been published, standard NBR 15.575:2013. It evaluates several aspects of buildings, among them their thermal performance. In this regard, the standard requires that, at first, a simplified analysis be made, in a prescriptive way. If the results are not satisfactory, the building should be evaluated by the computer simulation method. In this article, the thermal performance of a case study has been judged according to standard NBR 15.575. The results obtained are that the building does not fulfill the requirements of the simplified analysis. When trying to use the computer simulation method it was found that the standard lacks data regarding summer and winter typical days for cities in the bioclimatic zone 2, making it impossible to continue the evaluation. Even considering data from a city in another bioclimatic zone the standard still lacks data on the date, atmospheric pressure, wind speed and direction and sky type. Hence, the process's outcome becomes dependent on the operator's interpretation. It is recommended that the standard be revised to address these problems. This study has as its objective the realization of an exploratory study. It is part of a master's degree dissertation research about a case study on a social interest housing located in Formiga, Minas Gerais, ZB2. Its contribution is a critical analysis of the current Brazilian thermal performance standard NBR 15.575.*

**Keywords:** Thermal performance, Performance Standard, *Energyplus*.

## **1 INTRODUÇÃO**

Em julho do ano passado começou a vigorar a Norma de Desempenho de Edificações da ABNT que estabelece exigências de conforto e segurança para edificações residenciais. A norma avalia os diferentes sistemas da edificação: estrutura, pisos, vedações, coberturas e instalações (CBIC, 2013).

A avaliação de desempenho térmico pela NBR 15.575 (ABNT, 2013) acontece primeiramente por meio de um procedimento simplificado. Para tanto, a norma considera o zoneamento bioclimático definido pela NBR 15.220-3 (ABNT, 2005) e determina valores mínimos de transmitância térmica, absorvância solar (com exceção das zonas 1 e 2) e capacidade térmica para paredes externas e transmitância térmica para coberturas. A norma também apresenta dimensões mínimas de aberturas para ventilação para os ambientes de permanência prolongada (salas e dormitórios). Para os casos em que o procedimento simplificado resulte em um desempenho térmico insatisfatório a norma permite que a edificação seja avaliada pelo método de simulação computacional. A simulação deve comprovar que, no verão, o valor máximo diário da temperatura do ar interior dos ambientes de permanência prolongada (salas e dormitórios), sem a presença de fontes internas de calor, seja sempre menor ou igual ao valor máximo diário da temperatura do ar exterior e que, no inverno, o valor mínimo diário da temperatura do ar interior desses mesmos ambientes seja sempre maior ou igual à temperatura mínima externa acrescida de 3°C. Não é especificado se no inverno deve-se considerar a presença de fontes internas de calor ou não. Nas zonas climáticas 6, 7 e 8 não é necessário realizar avaliação de desempenho térmico para inverno. Para essas simulações deve-se utilizar os dados dos dias típicos de projeto de verão e de inverno definidos por tabelas encontradas na norma.

O objetivo deste artigo é avaliar o desempenho térmico de uma edificação localizada na zona bioclimática 2 para verificar em um estudo de caso como ocorre uma avaliação a partir da nova norma de desempenho.

## **2 ESTUDO DE CASO**

O objeto de estudo deste trabalho é uma residência unifamiliar com 54,96m<sup>2</sup>. A edificação está localizada na cidade de Formiga – MG. Para a definição da zona bioclimática utilizou-se o programa “ZBBR - Classificação Bioclimática das Sedes dos Municípios Brasileiros”, da Universidade Federal de São Carlos (RORIZ, 2004), no qual foi possível verificar que a cidade se encontra na zona bioclimática 2. A edificação é composta por paredes de alvenaria de tijolo cerâmico furado (8 furos) de 19x9x29cm com pintura branca, forro de PVC, com exceção do banheiro que possui uma laje de concreto de 10cm, cobertura em telhas cerâmicas com beiral de 50cm em volta de toda a casa e piso cerâmico sobre laje de fundação de concreto.

**Figura 1 – Planta baixa da edificação**



Fonte: Autor

### 3 AVALIAÇÃO PELA NBR 15.575

#### 3.1 Método simplificado

Para a avaliação pela NBR 15.575 (ABNT, 2013) utilizou-se, primeiramente, o método simplificado, que consiste no atendimento de requisitos de tamanho de abertura para ventilação e valores mínimos de transmitância e capacidade térmica para as paredes externas e transmitância térmica para as coberturas. Os cálculos foram feitos conforme o método descrito na NBR 15.220-2 (ABNT, 2005).

Em relação à área de abertura de ventilação para ambientes de permanência prolongada, foi possível constatar que todos os ambientes atendem ao mínimo exigido pela norma.

O Quadro 1 apresenta os resultados dos cálculos para as paredes externas e para os dois tipos de cobertura.

**Quadro 1 – Resultado dos cálculos de U e CT para paredes externas e coberturas**

Variável calculada	Valores estudo de caso	Valores norma (ZB2)	Atende / Não atende
<b>Paredes externas</b>			
Transmitância térmica - U	2,54 W/(m <sup>2</sup> .K)	$U \leq 2,5$ W/(m <sup>2</sup> .K)	Não atende
Capacidade térmica - CT	123,57 kJ/m <sup>2</sup> .K	$CT \geq 130$ kJ/m <sup>2</sup> .K	Não atende
<b>Cobertura 1 (telha cerâmica + forro de PVC)</b>			
Transmitância térmica - U	2,08 W/(m <sup>2</sup> .K)	$U \leq 2,30$ W/(m <sup>2</sup> .K)	Atende
<b>Cobertura 2 (telha cerâmica + laje de concreto)</b>			
Transmitância térmica - U	2,05 W/(m <sup>2</sup> .K)	$U \leq 2,30$ W/(m <sup>2</sup> .K)	Atende

Fonte: Autor

As coberturas atendem ao requisito de transmitância térmica, porém, as paredes externas não atendem aos requisitos de transmitância térmica e capacidade térmica estabelecidos para essa zona bioclimática. Deste modo, é necessário que seja feita uma avaliação da edificação como um todo pelo método de simulação computacional.

### 3.2 Simulação Computacional

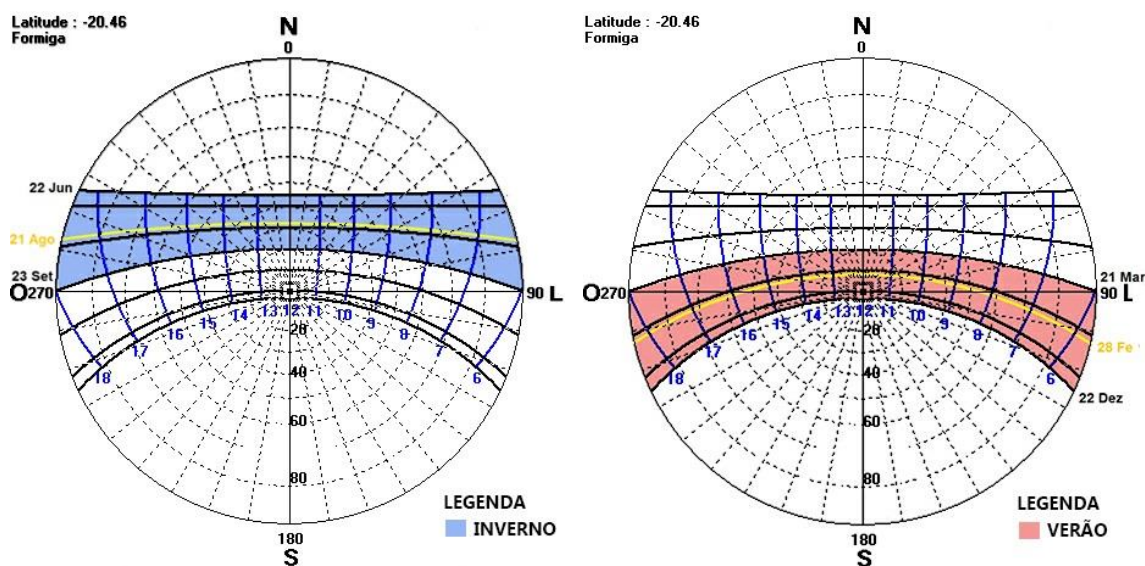
A versão do programa *EnergyPlus* utilizada foi a 8.1.0. Cada ambiente foi considerado como uma zona térmica, incluindo o ático da cobertura, totalizando 6 zonas térmicas.

A avaliação da edificação por meio da simulação computacional requer a definição dos dados dos dias típicos de verão e inverno. Esses dados são: temperatura mínima diária, amplitude diária de temperatura, temperatura de bulbo úmido, radiação solar e nebulosidade. A norma apresenta uma tabela que lista os dados de algumas cidades brasileiras. A cidade de Formiga não se encontra nessa tabela. Na falta de dados para a cidade onde se encontra a edificação, recomenda-se utilizar os dados de uma cidade com características climáticas semelhantes e na mesma zona bioclimática (ABNT, 2013). A cidade de Formiga se encontra na zona bioclimática 2. A norma não faz referência a uma cidade da zona 2. Nesse sentido, a norma não viabiliza a utilização do método de simulação computacional para esta zona bioclimática. No entanto, para este trabalho, escolheu-se utilizar os dados da cidade de Belo Horizonte, uma vez que as cidades se encontram próximas uma da outra, estando de forma aproximada na mesma elevação.

Para fazer uma simulação são necessários outros dados além dos que estão presente nas tabelas da norma. Os dados que não são disponibilizados pela norma são os seguintes: data, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento e tipo de céu.

Em relação à escolha da data do dia típico de verão e inverno, o fator mais influenciado é a declinação solar e conseqüentemente os valores de irradiância solar nos componentes da edificação. A Figura 2 mostra a variação do ângulo solar no verão e no inverno através da carta solar para a cidade.

**Figura 2 – Carta solar de Formiga – Declinação do sol nas estações de verão e inverno**



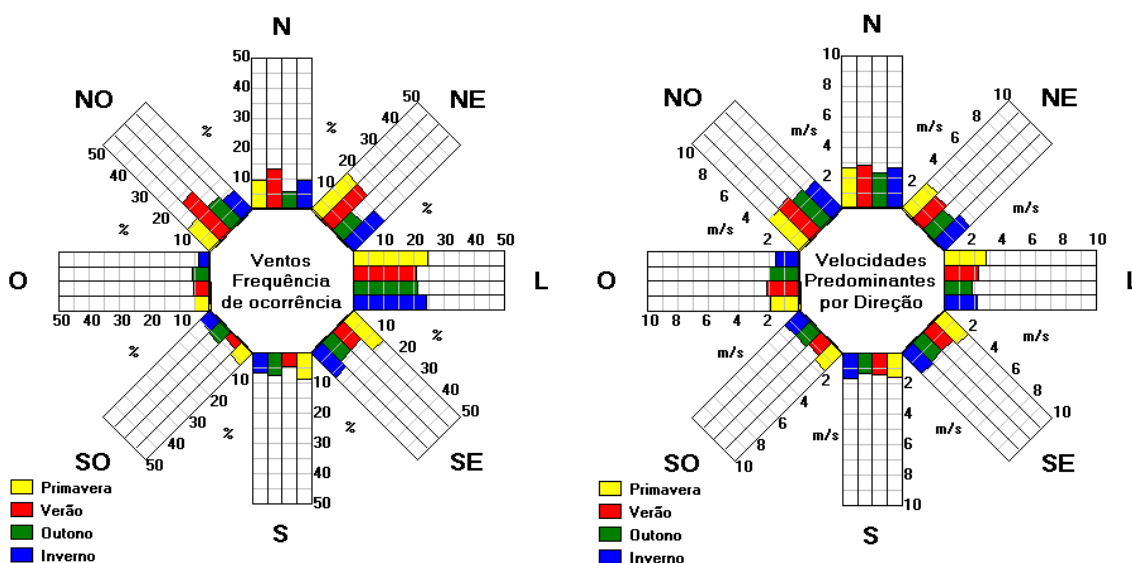
Fonte: Adaptado do Programa Sol-Ar (Lamberts e Maciel, 2000)

Para este trabalho, definiu-se que as datas que representam a declinação intermediária de cada estação são melhores para representar o período como um todo. São elas: no inverno dia 21 de agosto e no verão dia 28 de fevereiro e estão representadas na Figura 2 pela marcação em amarelo.

Os outros dados que não constam na norma também foram gerados pelo autor. Em relação à pressão atmosférica, utilizou-se os valores das datas definidas disponibilizada pelo arquivo climático da cidade de Formiga na extensão .epw (Roriz, 2012). Foi feita uma média das pressões horárias do dia.

A velocidade e a direção do vento foram retiradas da rosa dos ventos criada pelo Programa Sol-Ar para a cidade de Formiga (Lamberts e Maciel, 2000), utilizando os dados do arquivo climático em .epw, conforme a Figura 3. Considerou-se a direção com maior frequência de ocorrência para cada estação e a velocidade do vento nessa direção. A direção e velocidade do vento para ambas as estações foram de 90 graus (leste) e 2 m/s.

**Figura 3 – Frequência de ocorrência e velocidades predominantes por direção dos ventos para Formiga – MG**



Fonte: Programa Sol-Ar (Lamberts e Maciel, 2000)

Para o tipo de céu foi utilizado o método da ASHRAE *Clearsky*, default do programa de simulação. Para esse método é necessário preencher o objeto *sky clearness* com um valor que varia de 0 a 1,2, onde 1 representa um céu limpo a nível do mar e os valores acima de 1 devem ser usados para locais com altitude elevada com céu limpo (LBNL, 2013). A partir dos valores de nebulosidade disponibilizados pelas tabelas da norma definiu-se o valor de *sky clearness*. Considerando que a cidade em estudo possui uma altitude elevada, a escala do índice de claridade varia de 0 a 1,2. Para a definição do índice considerou-se que uma nebulosidade de 100% representa um índice de 0 e uma nebulosidade de 0% um índice de 1,2. A partir desse raciocínio, o valor dos índices de claridade para os dias típicos de verão e inverno foram encontrados. No verão, a nebulosidade definida pela norma foi de 60%, correspondendo a um índice de 0,50. No inverno, foi dada uma nebulosidade de 30%, chegando a um índice de 0,25.

Para calcular a temperatura do solo, utilizou-se o método descrito no “Manual de simulação computacional de edifícios com o uso do pré-processador *Slab* no programa *EnergyPlus*” (Lamberts *et al.*, 2013). Utilizou-se como referência os valores das propriedades térmicas dos materiais da NBR 15.220-2 (ABNT, 2005), os mesmos valores utilizados para os cálculos na avaliação simplificada da norma. Adotou-se uma taxa de ventilação de uma renovação do volume de ar do ambiente por hora (1 ren/h) para todos os ambientes, incluindo a cobertura. Foram considerados como cargas internas os usuários da residência, o sistema de iluminação artificial e os equipamentos. A Figura 4 apresenta as cargas instaladas por zona térmica.

**Figura 4 – Cargas internas na edificação**



Fonte: Autor

Considerou-se uma fração radiante para os equipamentos de 0,5. Os valores das taxas metabólicas para as atividades foram retirados da ASHRAE 55 (ASHRAE, 2004). Considerou-se uma área de pele de 1,80m<sup>2</sup> e uma fração radiante de 0,4.

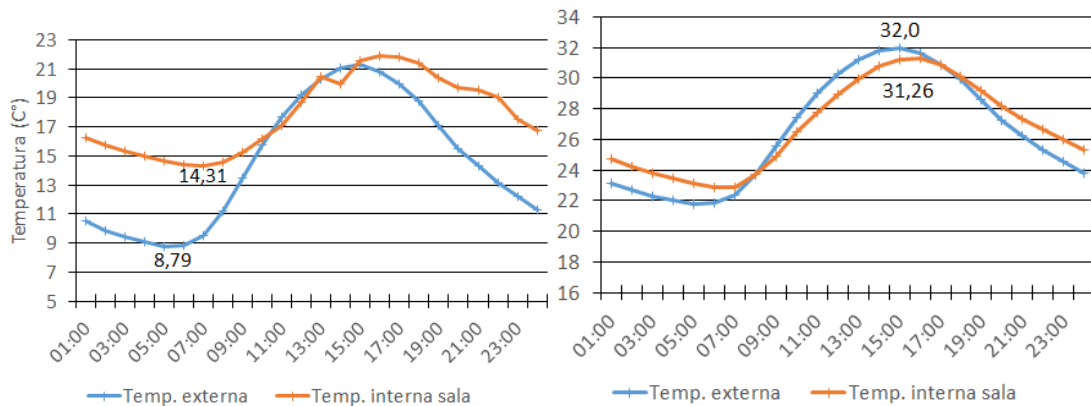
Utilizou-se como referência o padrão de ocupação e do uso do sistema de iluminação do “Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais” (INMETRO, 2012) e considerou-se uma família de 4 pessoas.

Com relação ao padrão de uso dos equipamentos da edificação, considerou-se que a geladeira fica ligada 24 horas e que a televisão fica ligada enquanto há ocupação na sala.

As cargas internas foram utilizadas apenas na simulação do dia típico de inverno. Na simulação do dia típico de verão não foram consideradas, conforme exigido pela norma.

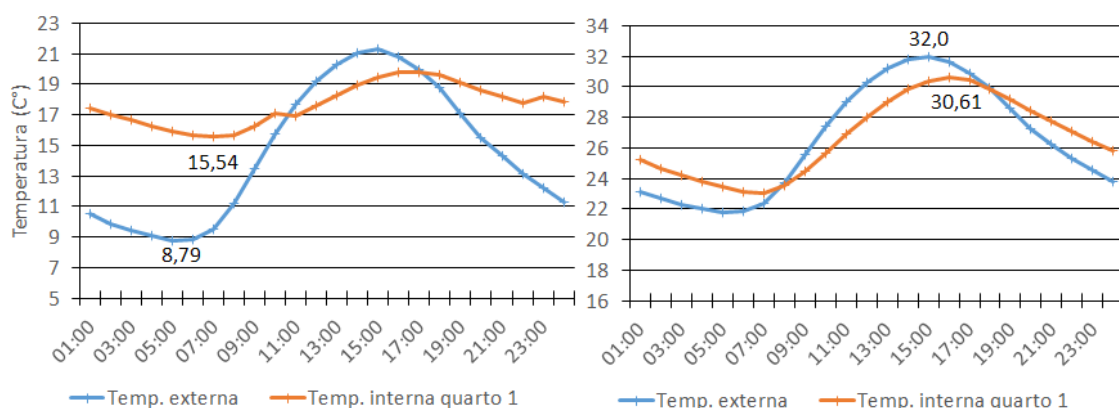
Os resultados para a avaliação dos dias típicos de inverno e verão são mostrados nas Figuras 5, 6 e 7.

**Figura 5 – Perfis de temperatura dos dias típicos de inverno (esq.) e verão (dir.) para a sala**



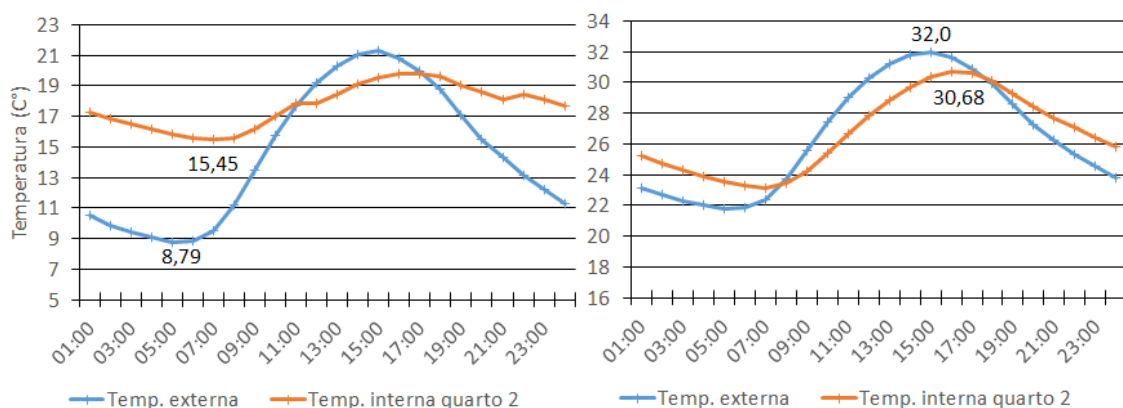
Fonte: Autor

**Figura 6 – Perfis de temperatura dos dias típicos de inverno (esq.) e verão (dir.) para o quarto 1**



Fonte: Autor

**Figura 7 – Perfis de temperatura dos dias típicos de inverno (esq.) e verão (dir.) para o quarto 2**



Fonte: Autor

O valor mínimo diário encontrado da temperatura do ar no interior de todos os ambientes de permanência prolongada para o dia típico de inverno foi maior do que o valor de temperatura mínima externa acrescidos de 3°C e o valor máximo diário da temperatura do ar no interior de todos os ambientes de permanência prolongada para o dia típico de verão foi menor do que o valor máximo diário de temperatura do ar externo. Portanto, podemos concluir que nessa avaliação a edificação atendeu ao exigido pela norma no método de simulação computacional para os dias típicos de verão e inverno.

#### 4 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

A partir deste estudo foi possível verificar que a NBR 15.575 não possibilita o uso do método de avaliação do desempenho térmico por simulação computacional para edificações localizadas na zona bioclimática 2, uma vez que faltam dados quanto a temperatura mínima diária, amplitude diária de temperatura, temperatura de bulbo úmido, radiação solar e nebulosidade para os dias típicos de inverno e verão. Para dar continuidade à avaliação, optou-se por tomar dados da cidade mais próxima, a cidade de Belo Horizonte, que está em outra zona bioclimática. Mesmo assim, faltaram dados quanto a data, pressão atmosférica, velocidade e direção do vento e tipo de céu dos dias típicos de verão e inverno. Esses dados foram obtidos pelo autor de forma autônoma, sem qualquer referência à norma. Nesse contexto, o resultado da simulação se mostrou



satisfatório. Mas, a falta de dados deixa margens para a interpretação do profissional que realiza o estudo e compromete o resultado. Pode-se concluir que a norma deve ser revista para resolver tais questões.

## REFERÊNCIAS

- ANSI/ASHRAE – AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE/AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE 55-2004**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.220**: Desempenho térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 15.575**: Coletânea de Normas Técnicas. Edificações Habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro, 2013.
- CBIC – CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Brasil adota novos padrões de qualidade para construção de casas e apartamentos**. Disponível em: <<http://www.cbic.org.br/sites/default/files/Lan%C3%A7amento%20do%20Guia%20Orientativo%20da%20Norma%20de%20Desempenho.pdf>>. Acesso em: 1 maio 2014.
- INMETRO – INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL. **Requisitos Técnicos de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais, RTQ-R**. Eletrobrás, 2012.
- LAMBERTS, R.; MACIEL, A. A. **Sol-Ar 6.2**. UFSC – ECV – NPC – LabEEE, 2000. Disponível em: <<http://www.labee.ufsc.br>>. Acesso em: 5 jan. 2014.
- LAMBERTS, R.; MELO, A. P.; VERSAGE, R.; SORGATO, M. J.; MAZZAFERRO, L. **Manual de simulação computacional de edifícios com uso do pré-processador Slab no programa EnergyPlus**. Florianópolis: UFSC/Labee, 2013b. 29 p.
- LBNL – LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. **EnergyPlus Engineering Reference**: The Reference to EnergyPlus Calculations. California, 2013.
- RORIZ, M. **Arquivos climáticos em formato EPW**. ANTAC – Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 2012. Disponível em <<http://labee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-epw>>. Acesso em dez. 2013.
- RORIZ, M. **ZBBR 1.1**. UFSCar, 2004. Disponível em <<http://www.labee.ufsc.br>>. Acesso em: 5 jan. 2014.