

Estudo do desempenho térmico de uma edificação da POLI-UPE de acordo com a NBR 15575

Study of the thermal performance of a POLI-UPE building according to NBR 15575

Hitalo José Tavares de Araújo(1); Pedro Igor Bezerra Batista(2); Yêda Vieira Póvoas(3); Joaquin Humberto Aquino Rocha(4)

1 Universidade de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

E-mail: hitalojta@gmail.com

2 Universidade de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

E-mail: pedroigorbb@gmail.com

3 Universidade de Pernambuco, Recife, PE, Brasil.

E-mail: yeda.povoas@gmail.com

4 Universidad Privada del Valle, Tiquipaya, Bolívia.

E-mail: jaquinor@univalle.edu

Revista de Engenharia Civil IMED, Passo Fundo, vol. 8, n. 1, p.40-52, janeiro-junho, 2021 - ISSN 2358-6508

[Recebido: Julho 19, 2019; Aceito: Junho 20, 2020]

DOI: <https://doi.org/10.18256/2358-6508.2021.v8i1.3435>

Endereço correspondente / Correspondence address

Yêda Vieira Póvoas

Universidade de Pernambuco, Escola Politécnica.

Rua Benfica 455

Madalena - 50720001 - Recife, PE - Brasil

Sistema de Avaliação: *Double Blind Review*

Editora: Aline Zanchet

Como citar este artigo / How to cite item: [clique aqui/click here!](#)

Resumo

Esta pesquisa tem como objetivo verificar o método da simulação sugerido pela NBR 15575-1 como procedimento de qualificação do desempenho térmico de uma edificação. Para isso, foi adotada a edificação da portaria da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco que se localiza na cidade do Recife. A simulação foi efetuada com o software EnergyPlus. Buscou-se também comparar a temperatura do ar interno do cômodo da edificação de maior pico de temperatura, de acordo com os resultados da simulação, com medições in loco através do uso de sensor de temperatura. Os resultados mostraram que a desconsideração, pela simulação, das cargas internas que atuam na edificação, assim como a utilização apenas do valor máximo diário da temperatura do ar exterior para o dia típico de verão como critério, podem exercer considerável influência na qualificação do desempenho térmico de uma edificação.

Palavras-chave: NBR 15575. Desempenho térmico. Simulação computacional.

Abstract

This research aims to verify the simulation method suggested by NBR 15575-1 as a procedure to qualify the thermal performance of a building. For that, the lobby's edification of the Polytechnic School of the University of Pernambuco was adopted, which is located in the city of Recife. The simulation was performed with the EnergyPlus software. It was also sought to compare the internal air temperature of the building's room with the highest temperature peak, according to the simulation's results, with measurements in loco through the use of temperature sensor. The results showed that the desconsideration, in the simulation, of the internal loads acting on the building, as well as the use of only the maximum daily value of the outdoor air temperature for the typical summer day as a criterion, can exert a considerable influence on the thermal performance qualification of a building.

Keywords: NBR 15575. Thermal performance. Computational simulation.

1 Introdução

O conforto térmico, definido como “satisfação psicofisiológica de um indivíduo com as condições térmicas do ambiente” (ABNT, 2005a, p. 5), possui um papel fundamental para a garantia da satisfação dos usuários de uma edificação. Quando não é alcançado ocorre uma influência direta no consumo energético, pois seus habitantes procurarão contornar essa situação através da implantação de algumas medidas, como por exemplo, a utilização de ar-condicionado (ROAF et al., 2009).

Para o alcance de um desempenho energético eficiente através do pouco ou nenhum uso de equipamentos de refrigeração, aquecimento ou iluminação, a realização de simulação computacional se torna uma aliada nesse quesito, pois possibilita a definição de estratégias bioclimáticas com base no estudo do desempenho térmico da edificação, verificando os períodos críticos de aquecimento e resfriamento do imóvel e colaborando com o projetista na decisão correta dos elementos construtivos a serem utilizados e das estratégias de ventilação (SCHILLER et al., 2003).

Segundo Hensen e Lamberts (2011), no Brasil e no mundo a busca por soluções de arquitetura climaticamente adequadas e energeticamente eficientes está sendo amplamente discutida. Alguns países já possuem regulamentos de desempenho térmico desde meados dos anos 1980, como os Estados Unidos, segundo ASHRAE (1989, apud SORGATO, 2014b). O Brasil passou a buscar atender a um desempenho mínimo das edificações recentemente com a publicação da norma NBR 15575, que determina as exigências mínimas de desempenho, vida útil e garantia para os principais sistemas que fazem parte das edificações. A norma, após inúmeras correções, entrou em vigor em fevereiro de 2013 e foi validada em julho do mesmo ano.

Dadas as novas demandas da sociedade e de alguns países em relação às edificações energeticamente eficientes, a simulação auxilia no processo de planejamento da obra por colaborar na decisão de algumas características construtivas que influenciam no desempenho térmico.

Neste sentido, o objetivo deste trabalho é verificar o método da simulação sugerido pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013a) como procedimento de qualificação do desempenho térmico de uma edificação, comparar os valores simulados com medições in loco e analisar os possíveis fatores intervenientes.

2 Referencial Teórico

São três os procedimentos estabelecidos pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013a) para a avaliação do desempenho térmico de uma edificação: método simplificado, simulação e medição in loco. No simplificado avalia-se o atendimento aos critérios estabelecidos para os sistemas de vedação e coberturas, de acordo com a NBR 15575-4 (ABNT,

2013b) e a NBR 15575-5 (ABNT, 2013c). Caso os resultados do método simplificado demonstrem que a edificação não atende ao desempenho mínimo estabelecido, parte-se para a simulação computacional. O método de medição é feito por meio de ensaios em edificações ou em protótipos construídos, possuindo caráter meramente informativo e não se sobrepõe aos dois métodos anteriores.

A simulação computacional se mostra bastante relevante, pois assim como Mendes et al. (2005) confirma, este método torna possível a detecção de erros de consumo energético na edificação ainda em fase de projeto e, com isso, a possibilidade de correção de falhas, garantindo um melhor desempenho térmico, evitando danos e reduzindo manutenções futuras.

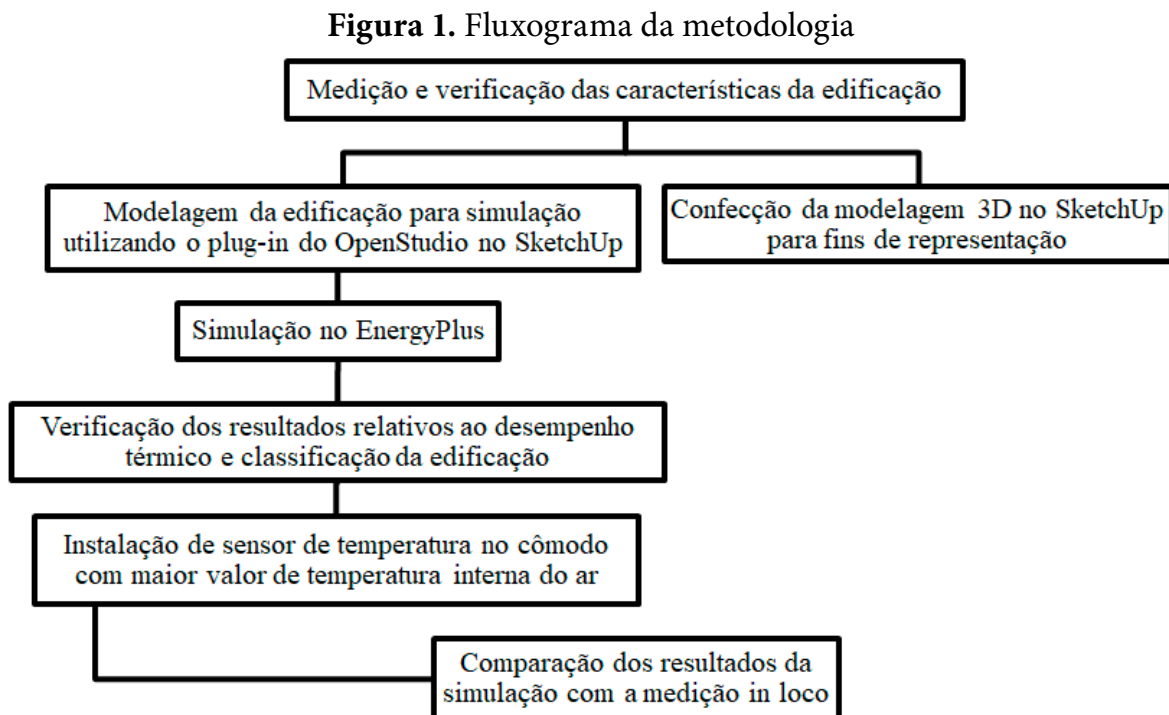
O software EnergyPlus é recomendado pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013a) para a execução da simulação. Ele realiza simulação de carga térmica e faz a análise de energia de uma edificação, capaz de simular as trocas térmicas e consumo de energia que são resultados dos efeitos convectivos e radiantes nos ambientes internos da edificação durante cada intervalo de tempo da simulação realizada (CRAWLEY et al., 2004). As informações que podem ser inseridas no programa consistem dos dados climáticos horários do local, características geométricas e construtivas da edificação, a carga dos equipamentos, dados de ocupação, entre outros.

Alguns autores mostram em seus estudos a necessidade de uma melhor averiguação das exigências da NBR 15575-1 (ABNT, 2013a) quanto à classificação do desempenho térmico de uma edificação. O estudo de Silva et al. (2014) verificou variáveis consideradas imprescindíveis para a definição de um dia típico, como velocidade e direção do vento, data do dia típico de verão e inverno, tipo de céu e algoritmo de cálculo da irradiação solar. Seus resultados mostraram que todas as variáveis interferem nos resultados, sendo o tipo de céu a variável mais influenciadora para a verificação no verão e inverno, concluindo assim que a desconsideração dessas variáveis pela simulação da NBR 15575-1 (ABNT, 2013a) exerce imprecisão nos resultados. Sorgato et al. (2014a), em sua análise do procedimento da avaliação do desempenho térmico da NBR 15575-1 (ABNT, 2013a), verificaram que a simulação realizada através dos dias típicos de verão e inverno apresenta limitações. Foi proposto um novo método para avaliar o desempenho térmico da edificação através dos graus-hora de resfriamento e aquecimento. Comparou-se o novo método com o especificado na NBR 15575-1 (ABNT, 2013a) para um sistema construtivo com paredes de concreto de 5 cm de espessura e foi possível de ser verificado que para o método sugerido a edificação apresentou desempenho térmico insatisfatório enquanto para o método da norma a edificação atendeu o desempenho térmico mínimo. Em outro estudo realizado por Sorgato et al. (2014b), para a simulação computacional, foi analisada a influência das condições do piso da edificação em contato com o solo no resultado do desempenho térmico para verão e inverno, uma vez que a norma não especifica esse

parâmetro. Foi sugerido um novo procedimento e feitas as comparações. Os resultados mostraram que as modificações nas condições de contato com o solo conferem grande influência nos resultados das simulações e aprovação do sistema construtivo quanto ao desempenho térmico.

3 Método

As atividades que foram realizadas para esse trabalho estão demonstradas no fluxograma da Figura 1.



Fonte: Os autores.

Com relação à construção, foi avaliada a edificação da portaria da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco (Figuras 2 e 3), que se localiza na cidade do Recife, capital de Pernambuco.

A edificação em estudo tem estrutura em lajes, vigas e pilares em concreto armado, vedação em tijolos cerâmicos vazados, revestimentos internos e externos em argamassa de cimento Portland, possuindo revestimento cerâmico em apenas algumas paredes externas, conforme mostrado na Figura 2 e Figura 3. A cobertura é em laje de concreto. Quanto às esquadrias, possui portas e janelas externas em alumínio com folhas de vidro além de portas internas em madeira (tipo prensada). Conta ainda com um trecho de parede da circulação em elementos vazados de concreto (tipo cobogó) (Figuras 3 e 4).

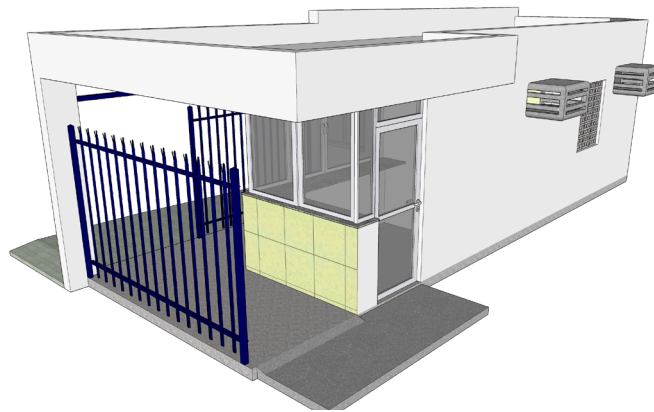
Em relação aos equipamentos de refrigeração artificial, há dois aparelhos de ar-condicionado embutidos na parede ao leste da edificação: um na sala (inoperante) e o outro no quarto. Além disto, um ventilador é utilizado pelos funcionários na guarita.

Figura 2. Vista isométrica da portaria: frontal



Fonte: Os autores.

Figura 3. Vista isométrica da portaria: posterior



Fonte: Os autores.

A simulação foi realizada com base na NBR 15575-1 (ABNT, 2013a), que é direcionada para construções habitacionais. A edificação da portaria da POLI-UPE não é uma edificação do tipo habitacional; no entanto, exige um conforto térmico semelhante, pois está ocupada por funcionários e possui diferentes ambientes, quarto, sala e banheiro. A área interna da portaria é 23,65 m² (Figura 4).

Figura 4. Planta baixa da edificação da portaria

Fonte: Os autores.

45

A NBR 15575-1 (ABNT, 2013a) recomenda para a simulação computacional o emprego do programa EnergyPlus, cuja versão utilizada neste trabalho foi a 8.8.0, atendendo aos critérios estabelecidos na norma.

Foram utilizados, para facilitar a inserção de dados de entrada no programa e melhor interpretação dos dados de saída, além do EnergyPlus, os programas computacionais SketchUp Make versão 17.2.2555 e OpenStudio versão 2.4.0. O SketchUp foi utilizado para a modelagem tridimensional da edificação. Através do plug-in do OpenStudio presente no SketchUp foi possível inserir os dados da modelagem tridimensional no sistema do OpenStudio que, além de receber os dados da modelagem, possibilita a inserção dos outros dados de entrada relativos ao desempenho térmico em interface própria. A simulação é processada no EnergyPlus, que se encontra associado ao OpenStudio como o responsável pela simulação.

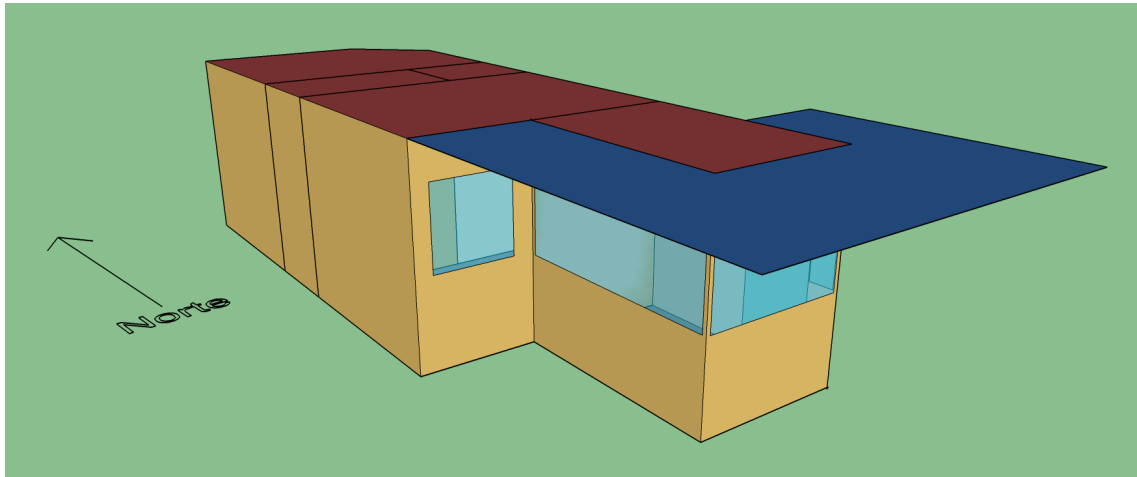
O desempenho térmico da edificação, de acordo com a NBR 15575-1 (ABNT, 2013a), deve ser avaliado para duas condições: desempenho no inverno e desempenho no verão. O critério é fundamentado em valores mínimos e máximos de temperatura dos ambientes de permanência prolongada, como, por exemplo, salas e dormitórios, para a condição crítica do ponto de vista térmico. Para a edificação deste trabalho seus ambientes foram considerados de permanência prolongada.

Para a análise do desempenho no verão o ambiente deve manter, em seu interior, valores de temperaturas do ar menor ou igual ao pico de temperatura externa da edificação, para o dia típico de verão. A NBR 15575-1 (ABNT, 2013a) exige que não haja a presença de fontes internas de calor (lâmpadas, ocupantes e equipamentos) na simulação.

Durante o período de inverno o ambiente deve manter, em seu interior, valores mínimos diários de temperaturas do ar maiores ou iguais à temperatura mínima externa acrescida de três graus celsius (ABNT, 2013a). Não é esclarecida a necessidade de inclusão ou remoção de fontes internas de calor. A norma também informa que as edificações que se encontram em zona bioclimática 6, 7 ou 8 não precisam ser analisadas para esse quesito. Dessa forma, a edificação deste trabalho não foi simulada para desempenho no inverno por se encontrar em Recife, cuja zona bioclimática é a 8.

Conforme recomenda a referida norma, para a geometria do modelo de simulação a edificação foi considerada como um todo, onde cada ambiente foi associado a uma zona térmica distinta. Quanto aos materiais e componentes construtivos, seus dados de propriedades térmicas foram consultados da NBR 15220 parte 2 (ABNT, 2005b) dada a impossibilidade de obtê-los junto aos fabricantes e da realização de ensaios em laboratório. A modelagem da edificação da portaria é mostrada na Figura 5.

Figura 5. Vista isométrica da modelagem da edificação da portaria para simulação

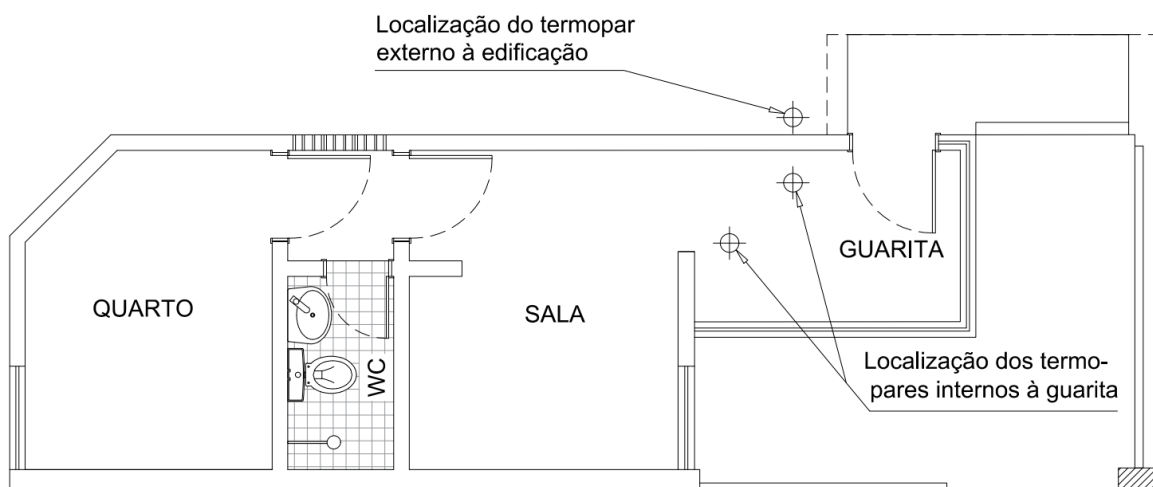


Fonte: Os autores.

Com relação à data, para o dia típico de verão foi adotado o dia 21 de dezembro (solstício de verão). As informações quanto à localização geográfica do Recife e os dados climáticos para o dia típico de verão se encontram na Tabela A1 e Tabela A2, respectivamente, do Anexo A da NBR 15575-1 (ABNT, 2013a) e foram utilizadas nos parâmetros da simulação. Os parâmetros que não se encontram na referida tabela e que são necessários para a simulação foram consultados no endereço eletrônico da ASHRAE (2018) para o dia de solstício de verão.

Além da simulação, a temperatura do ar externo à edificação e as variações de temperatura do ar interno da guarita foram medidas in loco no dia 12 de junho de 2018, sendo aferido nas 24 horas do dia. Foram utilizados um termômetro digital e termopares do tipo K, os pontos de medição das temperaturas são mostrados na Figura 6, com os termopares da guarita fixados no teto a 2,57 metros de altura em relação ao piso e o termopar externo localizado elevado do solo a aproximadamente 2,30 metros.

Figura 6. Localização dos termopares do termômetro digital na edificação



Fonte: Os autores.

Os dados climáticos do dia, necessários para a simulação, foram consultados no endereço eletrônico do INMET (2018) e da ASHRAE (2018). Para fins de comparação, os valores in loco foram analisados e equiparados com os valores da simulação computacional para o mesmo dia.

4 Resultados e discussões

Com a realização da simulação realizada pelo software EnergyPlus, foi possível obter os dados das temperaturas do ar interno aos cômodos da edificação para o dia típico de verão. Os dados se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. Parâmetros estatísticos da temperatura do ar interno dos cômodos

Cômodo	Temperatura Média (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Máxima (°C)
Guarita	29,0	25,1	32,9
Sala	28,1	25,7	30,2
Circulação	28,5	26,7	30,0
Banheiro	27,8	26,2	29,3
Quarto	27,7	25,4	29,7

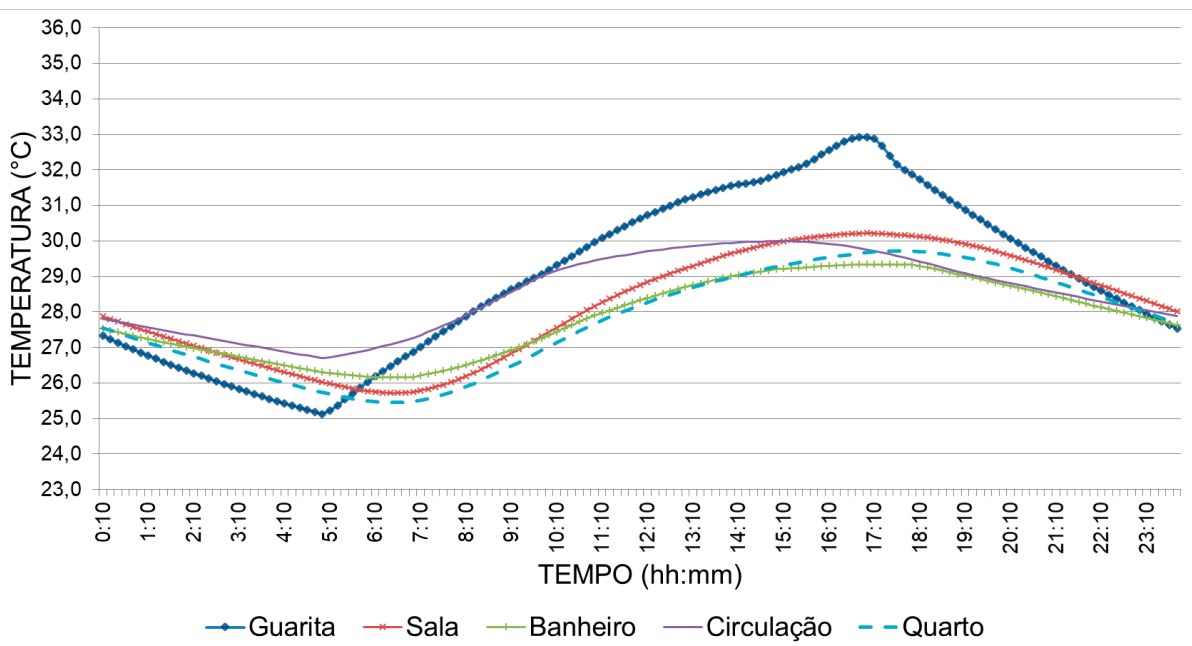
Fonte: Os autores.

Observa-se que de todos os cômodos o que obteve valores acima de 31,4°C (valor de temperatura máxima diária para o dia típico de verão) foi a guarita. A mesma chegou ao valor máximo de temperatura de 32,9°C. Os picos de temperatura para os cômodos da sala, circulação, banheiro e quarto ficaram abaixo do limite com valores de 30,2°C, 30,0°C, 29,3°C e 29,7°C, nessa ordem.

Devido o recinto da guarita, considerado um cômodo de permanência prolongada, ter excedido o valor máximo diário da temperatura do ar exterior para o dia típico de verão, a edificação não atendeu ao desempenho térmico mínimo especificado pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013a).

Na Figura 7 é mostrada a variação de temperatura nos cômodos em função do tempo, por meio da simulação.

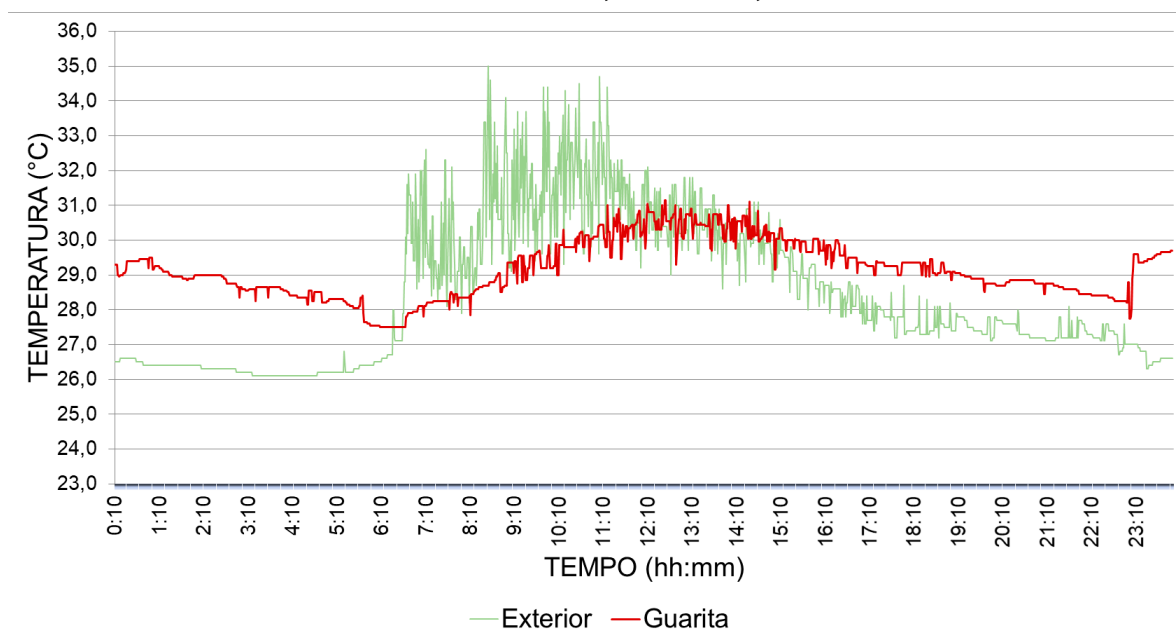
Figura 7. Variação da temperatura do ar interno dos cômodos da edificação para o dia típico de verão simulado



Fonte: Os autores.

Dado o fato do cômodo da guarita ter sido o que apresentou pior condição de desempenho térmico, o mesmo foi submetido à aferição in loco no dia 12 de junho de 2018. O resultado da medição in loco da temperatura do ar interno à guarita (média dos dois termopares inseridos no cômodo) e da temperatura do ar externo à edificação é apresentado na Figura 8.

Figura 8. Variação da temperatura do ar interno à guarita e do ar externo à edificação – medição in loco



Fonte: Os autores.

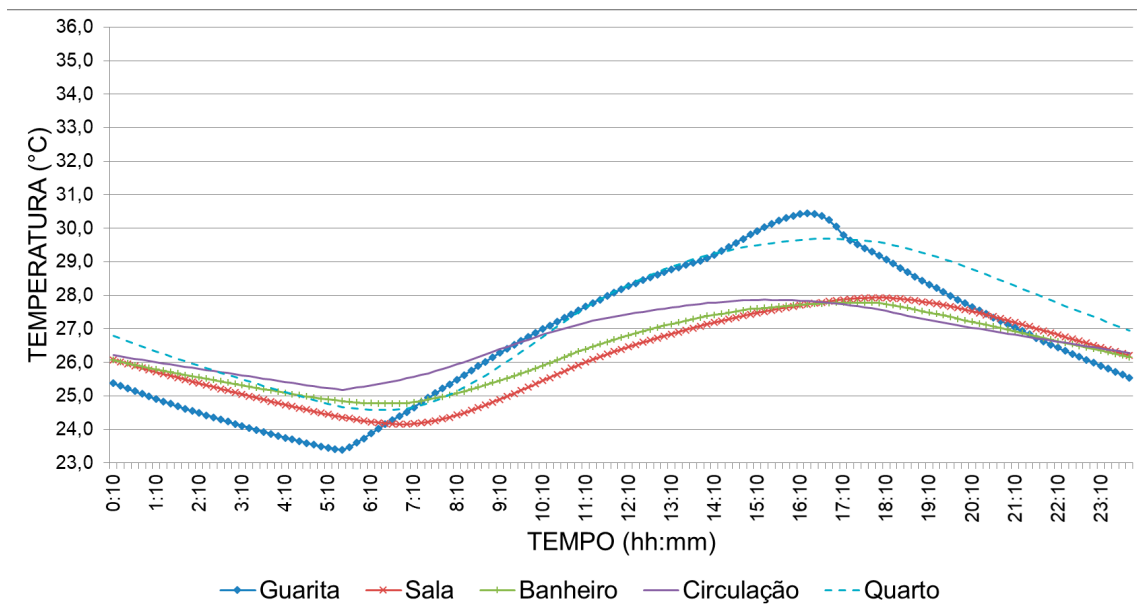
Na medição in loco, a guarita chegou a valores máximo e mínimo de temperatura da ordem de 31,2°C e 27,5°C, nessa ordem. É provável que alguns fatores tenham influenciado na medição, resultando na oscilação presente no gráfico. Na guarita algumas janelas se encontravam abertas e um ventilador se encontrava funcionando, colaborando com a ventilação do ambiente, além de haver um televisor, uma lâmpada e a presença de um funcionário no interior do recinto durante seu horário de trabalho. Todos esses fatores podem ter provocado alterações significativas na temperatura do ar interno.

Para a temperatura externa foram registrados os valores máximo e mínimo de 35°C e 26,1°C, respectivamente. Para a causa da alternância de seus valores há a possibilidade de ter ocorrido devido às sombras das nuvens, deixando o sensor do termômetro exposto ao sol e sombra, alternadamente.

Apesar do dia 12 junho ser próximo ao solstício de inverno, dia 21 de junho, a temperatura do ar externo chegou a superar o valor especificado pela norma NBR 15575-1 (ABNT, 2013a) para o dia típico de verão. Isso mostra que a realização da análise do desempenho térmico apenas para o dia típico de verão pode não garantir que a edificação possa prover um desempenho térmico mínimo.

O resultado da simulação para o dia 12 de junho é mostrado na Figura 9.

Figura 9. Variação da temperatura do ar interno dos cômodos da edificação para o dia 12 de junho – simulação



Fonte: Os autores.

Para a simulação do dia 12 de junho, a guarita se manteve como o ambiente com maior pico de temperatura, registrando 30,4°C. Essa continuidade pode estar associada ao fato da guarita ser o cômodo com a maior área de janelas da edificação. Ressalta-se a importância do sistema construtivo das paredes externas pois, conforme foi visto, o que pode ter contribuído a guarita a não atender ao requisito mínimo foram as grandes

áreas de vidro comum presentes nas paredes, compondo as janelas e porta de acesso. O vidro comum permite que a radiação da luz solar penetre no ambiente com facilidade, além de ser um material de elevada condutividade térmica (ABNT, 2005b).

É perceptível a diferença entre os gráficos da medição in loco e da simulação, ambos para o dia 12 de junho. O pico da aferição in loco se dá perto das 12h30, enquanto da simulação se dá próxima das 16h. Pode ser atribuído a essa divergência a desconsideração das cargas atuantes dentro do cômodo, cuja influência é determinante para uma aproximação da real condição de utilização da edificação.

5 Considerações finais

Esse trabalho analisou o desempenho térmico de uma edificação com características semelhantes a uma residência, a edificação da portaria da Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco, mediante procedimento indicado pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013a) e comparou os valores de temperatura interna obtidos da simulação com o que foi medido in loco do cômodo com menor desempenho térmico, a guarita.

Devido à temperatura do ar interno do cômodo da guarita, na simulação, ter ultrapassado o valor máximo diário de temperatura para um dia típico de verão, a edificação não conseguiu atender ao critério mínimo de desempenho térmico definido pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013a).

Na aferição in loco, a temperatura máxima do ar externo à edificação registrou valores superiores ao do dia típico de verão recomendado pela NBR 15575-1 (ABNT, 2013a), demonstrando a incerteza quanto à garantia de um conforto térmico adequado para os usuários da edificação considerando apenas o valor máximo de temperatura do dia típico de verão na simulação como critério.

Os resultados obtidos com a medição in loco mostram uma diferença significativa entre a temperatura real e a simulada. Isso mostra que a simulação realizada desconsiderando as cargas internas da edificação peca em tentar se aproximar da real situação, pois esta condição não corresponde à realidade das condições de uso de uma edificação residencial ou semelhante.

Referências

- ASHRAE. *Climatic design conditions*. Disponível em: <http://ashrae-meteo.info/index.php?lat=51.52&lng=-0.10&place=%27%27&wmo=037790>. Acesso em: 14 junho 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações Parte 1: Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2005a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações. Rio de Janeiro, 2005b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-1: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 1: Requisitos gerais. Rio de Janeiro, 2013a.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-4: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 4: Sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro, 2013b.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-5: Edificações habitacionais - Desempenho Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013c.
- CRAWLEY, D. B.; LAWRIE, L. K.; PEDERSEN, C. O.; WINKELMANN, F. C.; WITTE, M. J.; STRAND, R. K.; LIESEN, R. J.; BUHL, W. F.; HUANG, Y. J.; HENNINGER, R. H.; GLAZER, J.; FISHER, D. E.; SHIREY III, D. B.; GRIFFITH, B. T.; ELLIS, P. G.; GU, L. EnergyPlus: an update. In: SIMBUILD, Colorado, 2004. *Anais...* Colorado: IBPSA-USA, 2004.
- HENSEN, J. L. M.; LAMBERTS, R. *Building Performance Simulation for Design and Operation*. New York: Spon Press, 2011.
- INMET. *Estações Automáticas*. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=estacoes/estacoesAutomaticas>. Acesso em: 14 junho 2018.
- MENDES, N.; WESTPHAL, F. S.; LAMBERTS, R.; NETO, J. A. B. C. Uso de instrumentos computacionais para análise do desempenho térmico e energético de edificações no Brasil. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 5, n. 4, p.47-68, 2005.
- ROAF, S.; CRICHTON, D.; NICOL, F. *Adapting Buildings and Cities for Climate Change*. 2. ed. Oxford: Architectural Press, 2009. 385 p.
- SCHILLER, S.; EVANS, J. M.; LABEUR, A.; DELBENE, C.; KOZAK, D. Relevancia de proyectos demostrativos de bajo impacto ambiental y gran eficiencia energética. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 3, n. 2, p. 21-35, out. 2003.
- SILVA, A. S.; SORGATO, M. J.; MAZZAFERRO, L.; MELO, A. P.; GHISI, E. Incerteza do método de simulação da NBR 15575-1 para a avaliação do desempenho térmico de habitações. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 103-117, out./dez. 2014.
- SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; LAMBERTS, R. *Análise do método de simulação de desempenho térmico da norma NBR 15575*. Paranoá, Brasília, n. 12, p. 13-22, 2014a.
- SORGATO, M. J.; MELO, A. P.; MARINOSKI, D. L.; LAMBERTS, R. Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 83-101, ago. 2014b.