

ANÁLISE DE DESEMPENHO TÉRMICO PELO MÉTODO SIMPLIFICADO PROPOSTO NA NBR 15575: IMPORTÂNCIA DA ÁREA ENVIDRAÇADA DA FACHADA

Tássia Marques (1); Leticia Neves (2); Marcelo Mello (3)

(1) Mestra, Arquiteta e Urbanista, tassiahtm@gmail.com

(2) Doutora, Arquiteta e Urbanista, leneves@gmail.com

(3) Mestre, Arquiteto e Urbanista, marcelorafmello@gmail.com

Centro de Tecnologia de Edificações, Rua Álvaro Rodrigues, 182, cj 153, Brooklin, São Paulo-SP, 04582-000, Tel. (11) 2149-0300

RESUMO

A norma brasileira de desempenho de edificações habitacionais NBR 15575-2013 propõe a avaliação de desempenho térmico através de dois métodos distintos – cálculo simplificado e simulação computacional. Pressupõe-se que edificações aprovadas pelo cálculo simplificado apresentem as características necessárias para obtenção de desempenho térmico mínimo também por simulação computacional, já que o cálculo simplificado não possui a abrangência e o detalhamento do método de simulação, devendo portanto ser mais restritivo. Entretanto, o método simplificado não deixa claro se faz-se necessário incluir as vedações transparentes das aberturas no cálculo, o que pode resultar em diferenças significativas de resultado, para ambientes com grandes áreas envidraçadas na fachada. Em vista disso, este artigo tem por objetivo realizar uma análise do impacto da área envidraçada no cálculo simplificado proposto pela norma, e compará-lo com os resultados obtidos por simulação. A análise se dá através de um estudo de caso específico. Os resultados obtidos indicam inadequação do cálculo simplificado tradicional, que contabiliza apenas os elementos opacos da envoltória, ressaltando a maior aderência da metodologia de cálculo aqui proposta – que contabiliza as áreas envidraçadas – aos resultados da simulação.

Palavras-chave: NBR 15575, desempenho térmico, procedimento simplificado.

ABSTRACT

The Brazilian standard of performance of residential buildings NBR 15575-2013 recommends the thermal performance analysis thorough two distinct methods – simplified calculation and computer simulation. It is assumed that buildings approved by the simplified calculation method present the necessary characteristics to reach the minimum thermal performance also through computer simulation, since the simplified calculation does not have as much coverage and detailing as the computer simulation method and, therefore, should be more restrictive. However, it is not clear in the simplified method if it is necessary to include vertical glazing areas on the calculation, which can result in significant differences of results, in spaces with wide fenestration areas at the envelope. Thus, the aim of this paper is to perform an analysis of the impact of the vertical glazing on the simplified calculation proposed by the standard, and compare it with the results obtained by computer simulation. The analysis is performed through a specific case study. The results obtained show that the traditional simplified calculation, which takes into account only opaque elements of the envelope, is inappropriate, highlighting the greater suitability of the calculation method here proposed – which takes into account vertical glazing area – to the simulation results.

Keywords: NBR 15575, thermal performance, simplified method.

1. INTRODUÇÃO

A norma brasileira NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho (ABNT, 2013) estabelece requisitos mínimos de desempenho e vida útil para os sistemas que compõem edificações habitacionais uni e multifamiliares. Publicada primeiramente em 2008, a norma entrou em vigor em julho de 2013, trazendo benefícios e mudanças positivas para o setor, já que incorpora aspectos importantes de qualidade aos processos de projeto e de construção.

O item 11 da NBR 15575-1 (ABNT, 2013), tema de estudo deste trabalho, trata do desempenho térmico das edificações. A avaliação de desempenho térmico apresenta dois procedimentos de verificação: simplificado e por medição. O procedimento simplificado é normativo e deve ser avaliado através de cálculo simplificado ou simulação computacional. Já o método de medição é meramente informativo e não se sobrepõe ao procedimento simplificado.

O procedimento simplificado normativo define pré-requisitos a serem cumpridos para paredes e coberturas, através de limites estabelecidos para as propriedades térmicas U (transmitância térmica, em W/m^2K) e CT (capacidade térmica, em $KJ/m^2.K$), conforme Figura 1 a seguir. Caso o desempenho mínimo não seja atingido por qualquer componente analisado no procedimento simplificado, deve ser feita a verificação pelo método de simulação computacional. Se o desempenho por esta última análise mostrar-se inadequado, devem ser realizadas intervenções no projeto, de modo que se atinja o nível mínimo exigido pela norma.

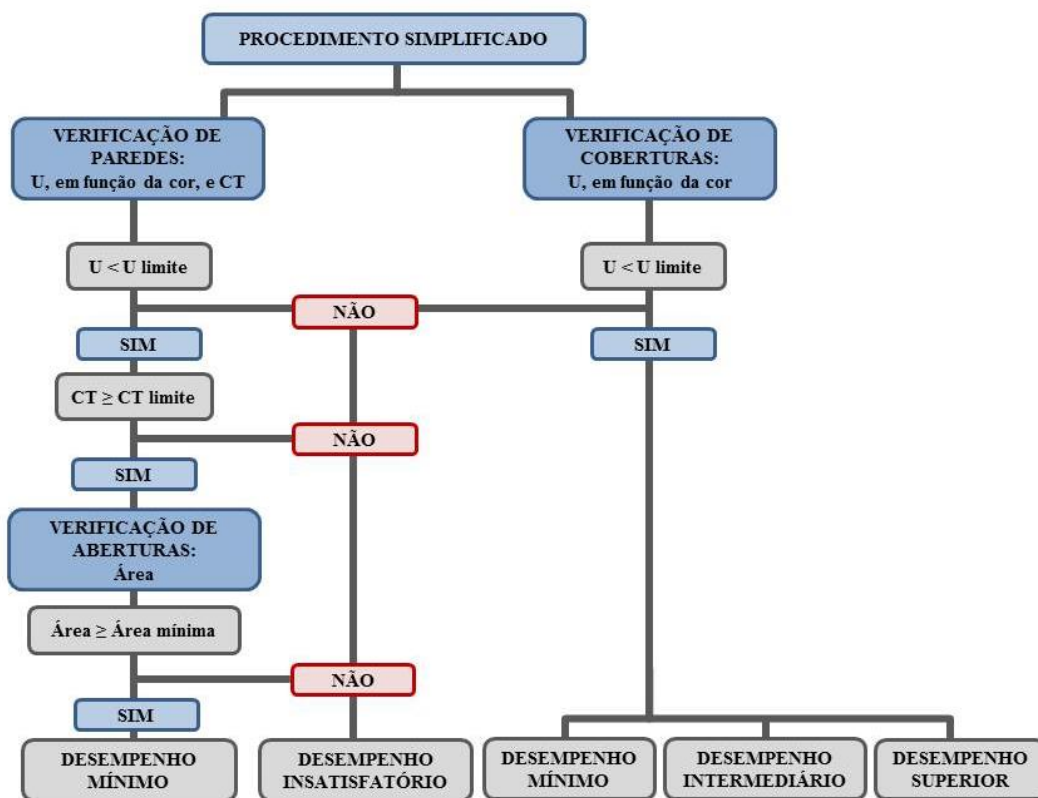


Figura 1 – Esquema de atendimento ao procedimento simplificado de análise de desempenho térmico da NBR 15575. Fonte: Adaptado de ABNT, 2010.

Conforme afirma Chvatal (2014), a publicação da norma representa um avanço para o setor da construção civil, por isso é importante manter uma discussão constante sobre ela, a fim de estimular seu aprimoramento. Com relação ao procedimento de avaliação de desempenho térmico, alguns trabalhos da literatura especializada têm apresentado críticas e apontado incoerências tanto nos procedimentos simplificado e de simulação, como na relação entre a referida norma e outros regulamentos e normas nacionais correlatos.

Brito et al (2012), por exemplo, consideraram a norma insatisfatória, tanto pela faixa de temperatura adotada na avaliação dos níveis de desempenho térmico por meio de simulação computacional, quanto pela exigência de simulação para apenas um dia típico no verão e no inverno. Os autores afirmam que o método simplificado deve apresentar critérios mais rigorosos, especialmente para a zona bioclimática 8, analisada em estudo de caso específico. O estudo realizado pelos autores comprova que edificações aprovadas pelo cálculo

simplificado não apresentaram as características necessárias para obter desempenho térmico mínimo por simulação computacional.

Silva et al (2014) investigaram a incerteza do método de simulação nos resultados dos níveis de classificação de desempenho térmico de habitações. Os autores afirmam que, no método de simulação, variáveis imprescindíveis para a definição de um dia típico são desconsideradas, como data do dia típico de verão e inverno, velocidade e direção do vento, algoritmo de cálculo da irradiação solar e tipo de céu. Os resultados mostraram que os piores níveis de classificação de desempenho, tanto no verão quanto no inverno, foram os modelos sem contato com o solo.

Sorgato et al (2014) analisaram a influência de alguns parâmetros no desempenho térmico para verão e inverno, através do método de simulação computacional proposta pela norma, e aplicaram a proposta de um novo procedimento de simulação. Os parâmetros analisados consistiram nas condições do piso da edificação em contato com o solo e na influência do sombreamento e das taxas de renovação do ar.

Marques e Chvatal (2013) desenvolveram uma pesquisa para análise do cálculo simplificado e de simulação de desempenho térmico proposta pela norma, para o clima de São Carlos. Os resultados mostraram limitações no atual procedimento de simulação, relacionadas aos arquivos climáticos e a estratégias passivas, e inconsistências no cálculo simplificado. Resultados de simulações apontam incoerências entre os dois métodos, pois as edificações que apresentaram desempenho adequado, segundo o cálculo simplificado, não atenderam aos níveis mínimos de desempenho no método de simulação. O trabalho evidencia a necessidade de revisão da norma.

O cálculo simplificado proposto pela norma é de extrema importância para difusão da análise de desempenho térmico no setor da construção civil, tendo em vista sua facilidade de aplicação. No entanto, o nível de desempenho obtido pelo cálculo não deve ser superior ao verificado por meio de simulação. Verifica-se, com base na literatura especializada, que o procedimento apresenta incertezas em seus resultados.

Além disso, ao solicitar a “(...) verificação dos níveis mínimos de desempenho térmico de vedações verticais externas.” (ABNT, 2013) o texto da norma não deixa claro se faz-se necessário incluir as áreas envidraçadas da fachada no cálculo. Neste sentido, Grigoletti e Sattler (2010) comentam que o procedimento simplificado resume-se apenas para paredes e coberturas, e não para a edificação como um todo. Sendo assim, essa análise isolada pode não expressar o comportamento térmico real de edificação.

Hoje em dia as tipologias de edifícios residenciais de médio e alto padrões possuem grandes áreas envidraçadas na fachada das salas, o que faz com que a vedação opaca tenha pouca influência no desempenho térmico final do conjunto. Com base nessas informações, verifica-se a importância de analisar o impacto ocasionado pelas áreas envidraçadas da fachada no cálculo simplificado proposto pela norma.

2. OBJETIVO

Este artigo tem por objetivo analisar o impacto causado pela área envidraçada na fachada no cálculo simplificado de desempenho térmico proposto pela norma NBR 15575 (ABNT, 2013), e compará-lo com o método de simulação.

3. MÉTODO

Foram efetuadas avaliações do desempenho térmico de uma edificação habitacional, de acordo com os dois métodos propostos no procedimento simplificado da NBR 15575 (ABNT, 2013): cálculo simplificado e simulação computacional.

As avaliações foram realizadas através de um estudo de caso específico. Trata-se de um edifício multifamiliar de médio padrão, localizado em Mogi das Cruzes-SP (zona bioclimática 3 da NBR 15220-2005), que se encontra atualmente em fase de projeto. Detalhes da edificação selecionada para análise apresentam-se no item 3.1, abaixo. Detalhes dos cálculos simplificados e da simulação computacional realizados apresentam-se nos itens 3.2 e 3.3, na sequência.

Por fim, os resultados obtidos pelo cálculo simplificado e pela simulação computacional foram comparados, de forma a desenvolver uma análise crítica sobre a importância da área envidraçada na análise de desempenho térmico proposta pela norma.

3.1. Estudo de caso

A edificação selecionada para análise no estudo de caso apresenta quatro apartamentos tipo por andar, iguais em planta e com orientações solares diferentes (área total = 87,0 m² por unidade). A Figura 2 mostra o

pavimento tipo considerado nas análises. Para o procedimento de simulação, destacam-se as orientações de verão e inverno. Como a orientação não é considerada para o cálculo simplificado, foi realizada apenas a análise de um dos apartamentos.

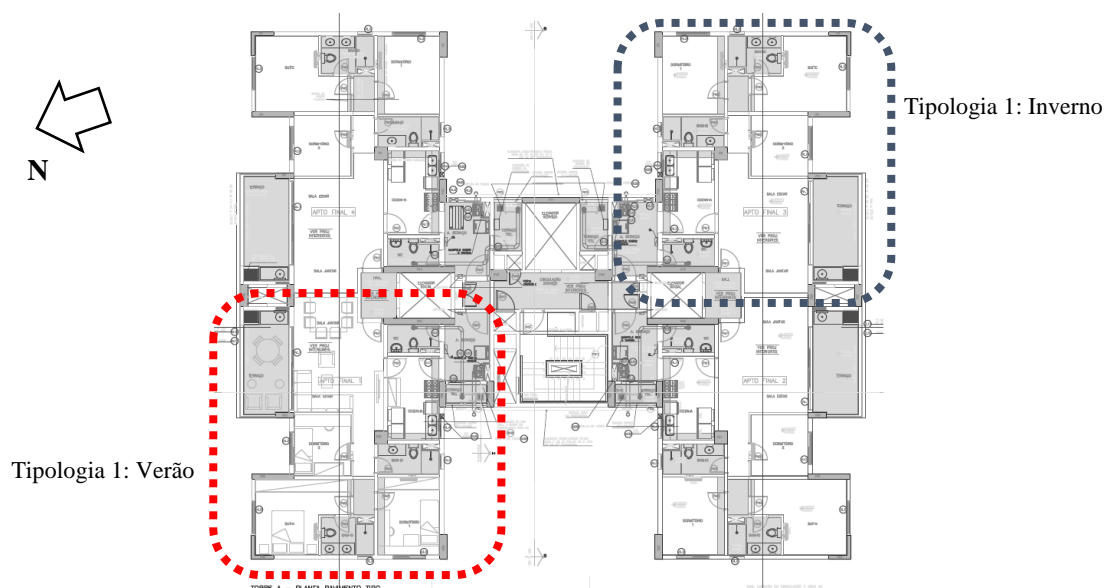


Figura 2 – Planta do pavimento tipo da torre residencial selecionada para o estudo de caso

As Tabelas 1 e 2 a seguir apresentam os parâmetros gerais utilizados nas análises por cálculo simplificado e por simulação computacional.

Tabela 1 – Parâmetros utilizados nas análises do estudo de caso – cálculo simplificado e simulação computacional

Item	Descrição
Paredes externa	Argamassa (3,5 cm) + Bloco cerâmico furado (19 cm) + Argamassa (3,5 cm) Absortância solar (α) - consideradas duas situações, com $\alpha \leq 0,6$ e $\alpha > 0,6$, sendo: Pintura em cor clara – $\alpha=0,3$ Pintura em cor escura – $\alpha=0,7$
Cobertura	Poliestireno extrudado (3 cm) + Laje de concreto (10 cm) Absortância solar (α) - consideradas duas situações, com $\alpha \leq 0,6$ e $\alpha > 0,6$, sendo: Pintura em cor clara – $\alpha=0,3$ Pintura em cor escura – $\alpha=0,7$
Vidro	Vidro incolor comum, espessura 6 mm Fator Solar (FS)=87% $U=5,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ Transmissão à luz visível (T_{vis})=90%

Tabela 2 – Parâmetros utilizados nas análises do estudo de caso –simulação computacional

Item	Descrição
Paredes internas	Gesso (1 cm) + Bloco cerâmico furado (14 cm) + Gesso (1 cm)
Laje de piso	Concreto (10 cm) + Cerâmica (1,5 cm)
Densidade de carga interna (W/m2)	Sem fontes internas de calor - ocupantes, lâmpadas, outros equipamentos em geral, conforme metodologia da norma
Taxa de ventilação	1 ren/h (renovação por hora)
Sombreamento por elementos construtivos	Terraços nas salas
Arquivo climático	“São Paulo.epw”, retirado da base de dados nacional, elaborada por Roriz (RORIZ, 2015)
Dia típico	Valores adotados de acordo com o indicado nas Tabelas A.1, A.2 e A.3 do Anexo A da NBR 15575 (ABNT, 2013)
Software de Simulação	EnergyPlus (EERE, 2014)

Os cálculos das propriedades térmicas dos materiais foram efetuados conforme NBR 15220 (ABNT, 2005).

3.2. Cálculo simplificado

A análise de desempenho térmico pelo cálculo simplificado seguiu as diretrizes dadas nas partes 4 (Requisitos para os Sistemas de vedações verticais internas e externas) e 5 da norma (Requisitos para os sistemas de coberturas). Compreendeu a verificação de propriedades térmicas de paredes e coberturas. Para simplificar o estudo, consideraram-se atendidas as exigências referentes às aberturas para ventilação (áreas mínimas e vedação).

Destaca-se que a norma não faz qualquer menção sobre como considerar a área envidraçada na verificação de paredes externas pelo método simplificado. Em vista disso, analisou-se o impacto ocasionado pela inclusão da área envidraçada no cálculo, uma vez que pode ter impacto significativo nos resultados obtidos para as salas de edifícios multipavimentos, por representar grande área do total de envoltória exposta.

A partir da interpretação deste ponto, foram identificados dois métodos para avaliação das propriedades térmicas pelo cálculo simplificado:

Procedimento simplificado A: neste procedimento considerou-se, para realização dos cálculos, apenas materiais opacos, conforme entende-se que seja a intenção da norma.

Procedimento simplificado B: neste procedimento considerou-se, para realização dos cálculos de transmitância térmica (U) e capacidade térmica (CT), uma ponderação entre a área de envoltória opaca e a área de abertura de janelas e portas (vidros e venezianas). O cálculo foi realizado para os ambientes de longa permanência, salas e dormitórios – mesmos ambientes analisados no procedimento de simulação computacional.

Os dois métodos foram aplicados ao estudo de caso selecionado e seus resultados foram comparados, verificando-se o atendimento ao nível mínimo de desempenho estabelecido pela norma.

3.3. Simulação computacional

O método de simulação computacional proposto pela norma foi aplicado ao estudo de caso selecionado, a título de comparação com os procedimentos A e B de cálculo simplificado, descritos acima.

Para realização das simulações, foram utilizados como parâmetros de entrada os dados apresentados nas Tabelas 1 e 2, acima. As orientações solares apresentadas na Figura 2 foram selecionadas de forma a considerar as piores condições de exposição para cada ambiente no “dia típico de projeto”, conforme sugerido pela norma (ABNT, 2013) para as condições de verão e inverno.

A respeito das estratégias permitidas pela norma para o caso de não atendimento do desempenho mínimo para o verão pelo método de simulação, destaca-se que não foi necessária sua adoção: a estratégia de taxa de renovação de ar de 5ren/h não foi utilizada, mantendo-se nos ambientes analisados a taxa de renovação de 1 ren/h; a estratégia de sombreamento de 50% das aberturas para redução da incidência de radiação solar nos ambientes também não foi utilizada.

Como resultados, foram determinados os valores horários da temperatura do ar no interior de salas e dormitórios. Os valores máximos de temperatura obtidos no dia típico de verão e os valores mínimos de temperatura obtidos no dia típico de inverno foram então comparados com os valores estabelecidos pela norma para atendimento aos níveis de desempenho, de forma a avaliar a adequação da tipologia analisada.

4. RESULTADOS

O estudo de caso foi analisado sob a ótica de três diferentes métodos de avaliação, dois de cálculo (A e B) e um de simulação computacional, descritos acima. Os resultados estão expostos a seguir.

A Tabela 3 apresenta os resultados da análise do projeto através do método simplificado A, em que somente os elementos opacos estão sendo considerados para cálculo do desempenho térmico do edifício em questão. É possível verificar que os elementos construtivos opacos da envoltória, tanto as vedações verticais externas como a cobertura, atendem ao nível mínimo de desempenho requisitado pela norma.

Tabela 3 – Análise de desempenho térmico das paredes e cobertura do estudo de caso – método simplificado A

Item	Transmitância térmica U (W/m ² .K)			Capacidade térmica CT (kJ/m ² .K)			Status geral de atendimento
	U de projeto	U mínimo exigido	Status	CT de projeto	CT mínima exigida	Status	
Paredes externas	2,4	$U \leq 3,7$ se $\alpha \leq 0,6$	✓	269	$CT \geq 130$	✓	Paredes cor clara: ✓
	2,4	$U \leq 2,5$ se $\alpha > 0,6$	✓	269	$CT \geq 130$	✓	Paredes cor escura: ✓
Coberturas	1,0	$U \leq 2,3$ se $\alpha \leq 0,6$	✓	220	Sem exigência		Cobertura cor clara: ✓
	1,0	$U \leq 1,5$ se $\alpha > 0,6$	✓	220	Sem exigência		Cobertura cor escura: ✓

A Tabela 4 apresenta os resultados da análise do projeto através do método simplificado B, em que os elementos opacos e transparentes estão sendo considerados para cálculo do desempenho térmico do edifício em questão, através de uma ponderação entre as áreas de cada elemento. Pode-se verificar que quando os mesmos elementos são analisados pelo procedimento simplificado B, alguns ambientes do projeto não atingem o nível mínimo de desempenho requerido pela norma – seus resultados de transmitância e capacidade térmicas ficaram acima do máximo, como pode ser observado abaixo.

Tabela 4 – Análise de desempenho térmico das paredes do estudo de caso – método simplificado B

Item	Transmitância Térmica U (W/m ² .K)			Capacidade Térmica CT (kJ/m ² .K)			Status geral de atendimento
	U de projeto	U mínimo exigido	Status	CT de Projeto	CT mínima exigida	Status	
Sala	4,5	$U \leq 3,7$ se $\alpha \leq 0,6$	✗	102	$CT \geq 130$	✗	Paredes cor clara: ✗
Dormitório 1	2,7		✗	245		✗	
Dormitório 2	2,2		✓	202		✓	
Suíte	2,6		✓	249		✓	
Sala	4,5	$U \leq 2,5$ se $\alpha > 0,6$	✗	102	$CT \geq 130$	✗	Paredes cor escura: ✗
Dormitório 1	2,7		✗	245		✗	
Dormitório 2	2,2		✓	202		✓	
Suíte	2,6		✗	249		✗	

No procedimento simplificado A, todos os ambientes apresentaram resultados de transmitância e capacidade térmica dentro dos limites estabelecidos pela norma, tornando possível o atendimento aos requisitos de desempenho térmico, tanto para paredes claras quanto para paredes escuras. Ao considerar as áreas de abertura no cálculo, através do procedimento simplificado B, a maior discrepância em relação ao procedimento A se dá no resultado obtido para a sala, cujo valor de transmitância térmica ponderada aumenta de 2,4 para 4,5 W/m²K, devido à elevada proporção de área envidraçada na fachada.





Vale ressaltar também a redução da capacidade térmica dos componentes construtivos, quando analisados pelo procedimento simplificado B. Quando o elemento translúcido é considerado no cálculo, o resultado final reduz-se consideravelmente devido à baixa capacidade térmica do vidro comum. A maior discrepância em relação ao procedimento A também se dá no resultado obtido para a sala, cujo valor de capacidade térmica ponderada reduz de 269 para 102 KJ/m²K, não mais atendendo aos limites estabelecidos pela norma.

A comparação entre os resultados dos métodos simplificados A e B mostram que a abertura a diferentes interpretações que o texto da NBR 15575 (ABNT, 2013) oferece pode ter impacto relevante sobre

o nível de desempenho térmico atingido. A divergência de resultados se baseia na utilização no fato de que, quando se considera as propriedades térmicas das áreas envidraçadas nos cálculos, acaba por se elevar o valor total de transmitância térmica e por se reduzir o valor total de capacidade térmica da vedação. Além disso, é possível prever que a divergência entre as interpretações aumenta quanto maior for a proporção de áreas envidraçadas nas vedações, uma vez que estes elementos geralmente possuem menor resistência térmica, já que no Brasil não é comum a utilização de vidros duplos nas esquadrias de edificações residenciais.

Adicionalmente, os resultados obtidos pelo método de simulação estão apresentados na Tabela 5, a seguir:

Tabela 5 – Análise de desempenho térmico para condições de verão e inverno do estudo de caso – método de simulação computacional

Ambiente	Dia Típico	
	Verão $T_{i, \max} \leq T_{e, \max}$ $T_{e, \max} = 31,9 \text{ }^\circ\text{C}$	Inverno $T_{i, \min} \geq (T_{e, \min} + 3 \text{ }^\circ\text{C})$ $T_{e, \min} = 6,2 \text{ }^\circ\text{C}$
	Ti, máx.	Ti, mín.
Sala	26,0	8,2
Suíte	24,9	7,4
Dormitório 1	24,8	9,0
Dormitório 2	25,0	7,9
Notas:		
 Não atende ao desempenho mínimo especificado - Verão: $T_{i, \max} \geq 31,9^\circ\text{C}$ / Inverno: $T_{i, \min} \leq 9,2^\circ\text{C}$		
 Desempenho Mínimo – Verão: $T_{i, \max} \leq 31,9^\circ\text{C}$ / Inverno: $T_{i, \min} \geq 9,2^\circ\text{C}$		
 Desempenho Intermediário- Verão: $T_{i, \max} \leq 29,9^\circ\text{C}$ / Inverno: $T_{i, \min} \geq 11,2^\circ\text{C}$		
 Desempenho Superior - Verão: $T_{i, \max} \leq 27,9^\circ\text{C}$ / Inverno: $T_{i, \min} \geq 13,2^\circ\text{C}$		
$T_{i, \max}$ = temperatura interna máxima $T_{e, \max}$ = temperatura externa máxima $T_{i, \min}$ = temperatura interna mínima $T_{e, \min}$ = temperatura externa mínima		

Para a situação de verão, os resultados obtidos por simulação computacional para todos os ambientes analisados atendem aos requisitos de desempenho térmico estabelecidos pela norma, atingindo inclusive o nível superior. Apesar de conter o maior índice de abertura, o ambiente da sala também foi avaliado com nível de desempenho superior, já que sua área envidraçada é protegida da radiação solar direta pela laje do terraço do apartamento acima. Ainda assim, percebe-se que apresentou temperatura superior aos demais ambientes.

Por outro lado, na situação de inverno nenhum ambiente atendeu aos requisitos da norma, visto que as temperaturas internas mínimas ficaram abaixo de $9,2^\circ\text{C}$ em todos os ambientes. Ressalta-se aqui o fato das áreas envidraçadas da fachada contribuírem para a perda de calor pela envoltória e, conseqüentemente, cooperarem para o desempenho térmico resultante. Neste caso, o sombreamento causado pelo terraço tem efeito contrário ao da análise para o verão, uma vez que impede o aquecimento do ambiente pela radiação solar direta. Todos os ambientes foram avaliados com nível de desempenho insatisfatório para o dia típico de inverno.

Ressalta-se que o método de simulação computacional, por apresentar uma abordagem mais ampla e completa de análise de desempenho térmico, não deveria resultar em desempenho inferior ao apresentado pelo cálculo simplificado. Esta situação, no entanto, ocorreu no estudo de caso apresentado para a situação de inverno.

Comparando-se as três metodologias analisadas (procedimentos de cálculo simplificado A e B e procedimento de simulação computacional), os resultados indicaram inadequação do procedimento simplificado A, uma vez que a área envidraçada da fachada apresenta interferência nos resultados dos cálculos dos componentes construtivos da fachada e, por consequência, no resultado final de desempenho térmico do conjunto. Caso a tipologia considerada fosse avaliada apenas pelo método de cálculo simplificado e considerando somente elementos opacos, o resultado de atendimento ao desempenho térmico seria adequado do ponto de vista da norma. Contudo, os resultados obtidos pelo procedimento de cálculo simplificado B foram mais coerentes aos apresentados pela simulação computacional, indicando sua maior adequação para avaliação do desempenho térmico.

O fato de haver um método simplificado especificado na NBR 15575 é positivo, pois estende a utilização da metodologia de análise a profissionais da área (arquitetos e engenheiros) que não possuem domínio da metodologia de simulação computacional. Contudo, a análise mostrada aponta que mesmo para este cálculo é necessário a consideração de alguns fatores que, sem acarretar em maior complexidade das variáveis envolvidas na análise, contribuem para uma maior consistência da avaliação pretendida. A inclusão da área envidraçada na verificação das propriedades térmicas do fechamento vertical seria um acréscimo importante para o cálculo solicitado.

5. CONCLUSÕES

A proposta deste trabalho foi avaliar o impacto da área envidraçada da fachada na análise de desempenho térmico pelo método simplificado da norma NBR 15575. Para isto, analisou-se uma tipologia residencial através de três métodos distintos: procedimento de cálculo simplificado A, com verificação de U e CT de paredes e coberturas conforme estabelecido em norma; procedimento de cálculo simplificado B, com o acréscimo de ponderação da área envidraçada para o cálculo de U e CT de paredes; e procedimento de simulação computacional, também descrito na norma, para complementar e validar a análise dos métodos de cálculos.

Os chamados procedimentos de cálculo “A” e “B” tratados neste estudo resultam de uma possibilidade de interpretação da norma sobre o que deve ser considerado como “elementos de vedação vertical externa”: se estes abrangem apenas a área de parede (elementos opacos), ou se abrangem também áreas envidraçadas do fechamento. Tal interpretação interfere diretamente na determinação do nível de desempenho térmico do projeto, conforme apontado pelos resultados obtidos, que indicaram:

- Cálculo simplificado A: atendimento às exigências estabelecidas para transmitância e capacidade térmica definidas na parte 4 da NBR 15575 quando considerados somente os elementos opacos de paredes na análise;
- Cálculo simplificado B: não atendimento aos mesmos requisitos quando realizada ponderação entre elementos opacos e transparentes das vedações; e
- Simulação computacional: não atendimento ao desempenho térmico de inverno quando da análise por simulação – validando o resultado obtido pelo cálculo simplificado B.

Portanto, o estudo de caso analisado indicou que a metodologia de cálculo simplificado que considera a área envidraçada da fachada tem maior coerência com os resultados da simulação, pela metodologia proposta na norma.

A princípio, a verificação de área envidraçada em relação à área total de paredes pode servir como indicativo para informar se o cálculo simplificado precisaria ou não considerar as aberturas - se esta porcentagem fosse preponderante, a norma indicaria a consideração das superfícies envidraçadas. De qualquer forma, esta inclusão tende a ser mais condizente com o desempenho térmico real a ser apresentado pelo edifício, uma vez que sua envoltória é composta por elementos opacos e transparentes, ainda que em menor proporção. A análise de outras tipologias e zonas bioclimáticas poderá contribuir para aprofundar o método de análise proposto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho Térmico de edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- _____. **NBR 15575**: Edifícios habitacionais de até cinco pavimentos – Desempenho. Rio de Janeiro, 2010.
- _____. **NBR 15575**: Edificações habitacionais – Desempenho. Projeto de Norma. Rio de Janeiro, 2013.
- BRITO, A. C. et al. Contribuições para o aprimoramento da NBR 15.575 referente ao método simplificado de avaliação de desempenho térmico de edifícios. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, XIV, 2012, Juiz de Fora. **Anais...** Juiz de Fora: ENTAC, 2012.
- CHVATAL, K. M. S. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações. In: **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 119-134, out./dez. 2014.
- EERE - DEPARTMENT OF ENERGY EFFICIENCY AND RENEWABLE ENERGY. **EnergyPlus**. Version 7.1.0.012. US: Department of Energy Efficiency and Renewable Energy, Office of Building Technologies, 2014. Disponível em: <<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/EnergyPlus/>>. Acesso em: 20 jul. 2014.
- GRIGOLETTI, G. C.; SATTler, M. A. Método de Avaliação Global de Desempenho Higrotérmico de Habitações de Interesse Social Para Porto Alegre, RS, Brasil. In: **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 10, n. 2, p. 101-114, abr./jun. 2010.
- MARQUES, T. H. T.; CHVATAL, K. M. S. A Review of the Brazilian NBR 15575 Standard: Applying the Simulation and Simplified Methods for Evaluating a Social House Thermal Performance. In: SYMPOSIUM ON SIMULATION FOR ARCHITECTURE AND URBAN DESIGN, San Diego, 2013. **Proceedings...** San Diego, 2013.
- RORIZ, M. **Arquivos Climáticos de Municípios Brasileiros**. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos/formato-epw>>. Acesso em: 9 abr. 2015.

- SILVA, A. S. et al. Incerteza do método de simulação da NBR 15575-1 para a avaliação do desempenho térmico de habitações. In: **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 103-117, out./dez. 2014.
- SILVA, A. S.; GHISI, E. Análise comparativa dos resultados do desempenho térmico da envoltória de uma edificação residencial pelos métodos de simulação do RTQ-R e da NBR 15575-1. In: **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 213-230, jan./mar. 2014.
- SORGATO, M. J. et al. Análise do procedimento de simulação da NBR 15575 para avaliação do desempenho térmico de edificações residenciais. In: **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 83-101, out./dez. 2014.