

ANÁLISE COMPARATIVA DOS PROCEDIMENTOS DE DESEMPENHO TÉRMICO DA NBR 15.575 EM EDIFICAÇÃO MULTIFAMILIAR

**Ana Lúgia Papst de Abreu (1); Camila Ferreira da Silva (2); Victor Andreas Rocha
Baumann (3); Rogério de Souza Versage (4)**

(1) Dra, Professora do Departamento Acadêmico de Construção Civil, ana.abreu@ifsc.edu.br

(2) Graduanda do Curso de Engenharia Civil, camilaafs@gmail.com

(3) Graduando do Curso de Engenharia Civil, victorarbaumann@gmail.com

(4) Dr, Professor do Departamento Acadêmico de Construção Civil, rogerio.versage@ifsc.edu.br
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Santa Catarina - Campus Florianópolis
Av. Mauro Ramos, 950, bairro Centro, Florianópolis – SC, CEP:88020-300

RESUMO

A NBR 15.575 estabelece requisitos e critérios mínimos de expectativas e exigências dos usuários de edificações habitacionais em relação à segurança, à habitabilidade e à sustentabilidade. Com relação à avaliação de desempenho térmico numa edificação a NBR 15.575 estabelece procedimento normativo (método simplificado, e se não atender, a adoção de simulação computacional) e um procedimento informativo (medições em edificações ou protótipos). O objetivo deste artigo é comparar os procedimentos de desempenho térmico normativos e informativo da NBR 15.575 de uma edificação multifamiliar na cidade de Florianópolis. O método adotado foi a escolha de uma edificação em uso, determinou-se as características térmicas das vedações, fez-se a simulação computacional, e as medições em três ambientes em uso, conforme procedimentos, métodos e critérios da NBR 15.575. As análises foram feitas comparando: (a) os dados provenientes dos dois procedimentos normativos; (b) os dados da simulação com dados provenientes da medição. A partir de algumas incoerências encontradas, sugere-se alguns itens a serem observados na próxima revisão da NBR 15.575. No método simplificado sugere-se a indicação: (a) de estudo de proteções solares às aberturas adequados ao local; (b) de procedimentos com a abertura no cálculo de características térmicas; (c) prever ganho térmico solar para ambientes nas zonas bioclimáticas de clima frio. Sugere-se a definição de data de dia típico para simulação e período de tempo em torno do dia típico para medições.

Palavras-chave: desempenho térmico, NBR 15.575, simulação computacional, medições de temperaturas.

ABSTRACT

NBR 15.575 establishes the minimum requirements and criteria for the expectations and demands of the dwellers of residential buildings in concerns of safety, habitability, and sustainability. About the evaluation of thermal performance in a building, NBR 15575 establishes a normative procedure (evaluation by simplified method, otherwise computational simulation) and an informative procedure (temperature monitoring in buildings or prototypes). The objective of this paper is to compare the normative and informative thermal performance procedures of NBR 15.575 of a multi-storey residential building in the city of Florianópolis. The methodology starts with the calculation of the thermal characteristics of the envelope; furthermore, the computational simulation and the measurements in three bedrooms were done following the method described by NBR 15.575. Comparisons have been done among: (a) the results from the two normative procedures; and (b) the temperatures of simulation with the temperatures of measurements. Some suggestions are proposed for a next revision of NBR 15.575. In the simplified method, suggestions are three indications: (a) study of brise-soleil adequate for the local; (b) procedures about the windows in the calculation of thermal characteristics; (c) making the most of the sun for rooms in bioclimatic zones of cold weather. It is suggested the definition of date of typical day for simulation and the range of time around the typical day for measurements.

Keywords: thermal performance, NBR 15.575, computer simulation, temperature measurements.

1. INTRODUÇÃO

A NBR 15.575 é a primeira norma brasileira que trata da avaliação do desempenho da edificação habitacional com foco no atendimento das expectativas dos usuários com relação ao conforto e à segurança no uso (ABNT, 2013a). O setor da Construção Civil precisa garantir desde julho de 2013 que as novas edificações habitacionais reúnam características que atendam às exigências de desempenho. A NBR 15.575 apresenta uma lista de exigência e expectativas dos usuários de edificações habitacionais em relação à segurança, à habitabilidade e à sustentabilidade, e estabelece requisitos e critérios mínimos de desempenho. Considera-se que se estes requisitos e ou critérios forem atendidos, estariam sendo satisfeitas as exigências dos usuários. A verificação do não atendimento aos aspectos de conforto térmico numa edificação pronta resultaria em futuros retrabalhos desnecessários na obra, desperdício de materiais, incômodo com reforma aos moradores, perda financeira, entre outros aspectos.

A NBR 15.575 estabelece dois procedimentos para a avaliação de desempenho térmico numa edificação: normativo e informativo (ABNT, 2013a). O procedimento normativo se subdivide em dois métodos: o simplificado e o por simulação computacional. O método simplificado (prescritivo) é a verificação ao atendimento aos requisitos e critérios de características térmicas (transmitância térmica e capacidade térmica) das vedações verticais e coberturas. Se houver o não atendimento ao desempenho térmico mínimo pelo método simplificado, adota-se o procedimento pela simulação computacional. O procedimento informativo, que são medições em edificações ou protótipos, não se sobrepõe ao procedimento normativo. A NBR 15.575 não menciona sistemas de condicionamento artificial do ar ou a presença de usuários, considera que o sistema construtivo externo da edificação (cobertura, paredes e piso) são os elementos que determinam o comportamento térmico da edificação (MARQUES e CHVATAL, 2013).

Estudos recentes com relação à aplicação da NBR 15.575 e o desempenho térmico são relacionados à: edificação unifamiliar de interesse social por simulação (SILVA et al, 2014; SILVA e GHISI, 2014; SORGATO et al, 2014; SORGATO; MELO; LAMBERTS, 2013); edificação unifamiliar pelo método simplificado (CONCEIÇÃO e LEITE, 2016); edificação unifamiliar de interesse social pelo método simplificado (CHVATAL, 2014; BRITO et al, 2012); edificação multifamiliar pelo método de simulação (PEREIRA e FERREIRA, 2014); comparação do método simplificado e por simulação para edificação unifamiliar (ALVIM et al, 2014; MARQUES e CHVATAL, 2013). O que se observa é uma lacuna na comparação entre o método por simulação e medições em edificações multifamiliares.

Numa comparação entre o método simplificado e por simulação, Marques e Chvatal (2013) encontraram incoerências entre os dois métodos para edificações de interesse social no clima de São Carlos. A avaliação do envelope da edificação pelo método simplificado da NBR 15.575 não considera as diferentes necessidades de verão e inverno, além disso, a avaliação se limita às superfícies opacas, não avaliando aspectos como a área envidraçada.

O procedimento por simulação computacional da NBR 15.575 desconsidera o ganho de calor interno e a ocupação nas suas análises (ABNT, 2013a). Simulações computacionais recentes mostram que a ação dos usuários, em função do desempenho térmico da edificação e da sensação térmica dos mesmos, tem forte impacto no consumo de energia. (BONTE; THELLIER; LARTIGUE, 2014). Com relação à avaliação de desempenho térmico da NBR 15.575, pesquisas comentam a falta de informações climáticas importantes para simulação computacional (ALVIM et al, 2014; SORGATO; MELO; LAMBERTS, 2013; SILVA e GHISI, 2014; SILVA et al, 2014; MARQUES e CHVATAL, 2013). Silva et al. (2014) analisaram as incertezas das variáveis desconsideradas pelo método de simulação da norma (data do dia típico de verão e inverno, velocidade e direção do vento, algoritmo de cálculo da irradiação solar e tipo de céu), e observaram que quando pode-se definir aleatoriamente estas variáveis não definidas pela norma, a edificação pode ser classificada em todos os níveis (Superior, Intermediário, Mínimo, Não Atende). A irradiação solar que atinge uma superfície pode viabilizar a aprovação de um sistema construtivo, seja pela possibilidade de escolha da data do dia típico de projeto ou pela escolha do tipo de céu, que são variáveis não definidas na norma (SORGATO; MELO; LAMBERTS, 2013).

Segundo a NBR 15.575-1 (ABNT, 2013a p.12), a avaliação de desempenho é uma análise da adequação ao uso de um sistema construtivo cumprindo a sua função, através de uma investigação sistemática que produza "(...) uma interpretação objetiva sobre comportamento esperado do sistema nas condições de uso definidas". Assim, este trabalho apresenta a avaliação da conformidade de uma edificação pelo procedimento normativo (simplificado e simulação computacional) exemplificando frente ao seu desempenho térmico real em uso, que é um procedimento informativo da NBR 15.575.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é comparar os procedimentos de desempenho térmico normativos (simplificado e computacional), exemplificando com o procedimento informativo da NBR 15.575, numa edificação multifamiliar cumprindo a sua função de uso residencial na cidade de Florianópolis/SC.

3. MÉTODO

Este item do artigo foi estruturado em quatro partes:

1. descrição do ambiente e do empreendimento analisado;
2. avaliação do atendimento aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação e coberturas de transmitância térmica e capacidade térmica conforme ABNT NBR 15575-4 e ABNT NBR 15575-5;
3. avaliação do desempenho térmico das unidades habitacionais por simulação computacional seguindo os requisitos, critérios e métodos detalhados na NBR 15.575-1;
4. medição de temperatura em três unidades habitacionais ocupadas, seguindo os métodos detalhados no Anexo A da NBR 15.575-1.

No item análise dos dados os procedimentos da NBR 15.575 serão comparados entre si.

Os procedimentos a seguir apresentados não esgotam a descrição dos métodos da NBR 15.575, indica-se a leitura crítica da mesma.

3.1. Caracterização dos ambientes

As medições foram realizadas em apartamentos de mesma planta, mas que pertencem a condomínios multifamiliares diferentes. Cada condomínio possui dois blocos, e estão localizados perto de uma região de mangue no bairro Itacorubi em Florianópolis. A Figura 1 apresenta um croqui de localização dos quatro blocos (retângulo tracejado vermelho) e a disposição dos 3 apartamentos que foram monitorados (nominados como A, B e C). Por estarem ocupados, o monitoramento da temperatura só ocorreu nos apartamentos de cobertura que os proprietários concordaram em participar da pesquisa.

A Figura 2 apresenta o croqui da planta do apartamento denominado A. Os apartamentos denominados B e C possuem a mesma área e disposição de ambientes. A suíte do apartamento B tem janela orientada a Norte e parede adjacente a leste, e o apartamento C possui abertura da suíte a sul e parede adjacente a leste.



Figura 1 – Localização dos apartamentos nos edifícios.
Fonte: elaborado pelos autores sobre imagem Google Earth.

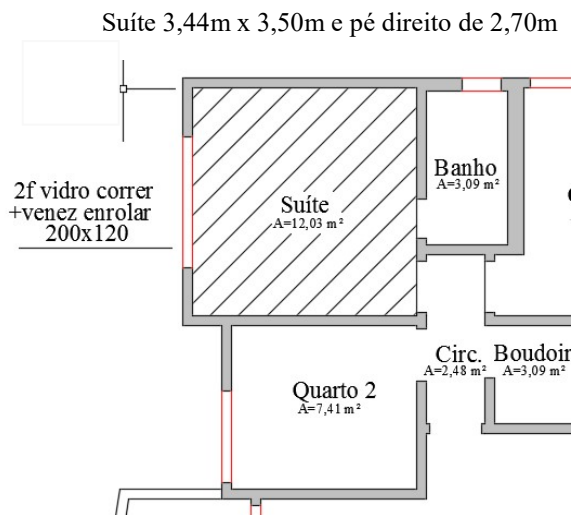


Figura 2 – Planta esquemática do apartamento A.

3.2. Procedimento normativo de atendimento aos requisitos e critérios da NBR 15.575 para os sistemas de vedação e cobertura

A determinação da transmitância térmica e capacidade térmica foram feitas utilizando os métodos e critérios estabelecidos no Procedimento simplificado da NBR 15.575-4 (ABNT, 2013b) e da NBR 15.575-5 (ABNT, 2013c), e os métodos de cálculo da NBR 15.220-2 (ABNT, 2005a). A verificação ao atendimento aos requisitos e critérios para os sistemas de vedação vertical e cobertura foram feitos comparando os valores determinados com os valores tabelados da NBR 15.575 (ABNT, 2013b, c).

3.2.1. Características térmicas dos sistemas construtivos

As características do sistema construtivo foram obtidas junto com a construtora dos condomínios. Utilizou-se como referência os materiais construtivos de duas edificações em construção da mesma construtora. Este procedimento foi tomado pois a construtora faz parte do PBQP-H, possuindo certificação Nível A, e um dos itens atendidos é o controle dos materiais e fornecedores, e no caso desta construtora, os materiais e fornecedores de todos os empreendimentos são os mesmos.

A Figura 3 apresenta um croqui do sistema construtivo da parede externa, cujas dimensões dos componentes são: tijolo com 0,135m x 0,185m x 0,185m; espessura da camada de assentamento de 0,01m; e espessura do reboco: 0,015m. A Figura 4 ilustra o sistema construtivo da cobertura dos edifícios, com laje maciça e telha de fibrocimento de 6mm. A construtora costuma trabalhar com duas espessuras de laje de cobertura em ambientes de pequenas dimensões 0,09m e 0,12m. O valor da condutividade térmica (0,31 W/m°C) foi obtido no manual técnico da empresa de telha de fibrocimento brasileira (ETERNIT, 2015). Para a cor da telha de fibrocimento obteve-se como referência o valor da absorptância solar de 0,6 (PRADO e FERREIRA, 2005). Na Figura 1 observa-se pela imagem aérea, que os dois prédios localizados mais a sul, possuem cobertura mais clara (condomínio mais recente), enquanto os dois prédios a norte possuem cobertura cor cinza claro. Vale salientar que uma telha, qualquer que seja o material, exposta às intempéries tende a escurecer devido a poluição do entorno, e assim sendo o valor de absorptância solar passa a valor superior a 0,6. Telhas de alta refletância podem retornar de 90 a 100% do seu valor original (BRETZ e AKBARI, 1997), que não é o caso de uma telha de fibrocimento. Então, mesmo que cobertura seja lavada, voltaria a pouco menos de 100% da absorptância de uma telha de fibrocimento na cor natural, resultando num valor superior a 0,6.

As janelas das suítes são de esquadrias em alumínio com vidro incolor 4mm e veneziana de enrolar no lado externo. Para as paredes foram estimados os valores de transmitância térmica e capacidade térmica de duas formas: sem considerar as aberturas; considerando as aberturas e fazendo a ponderação da área de vidro nos cálculos da parede.

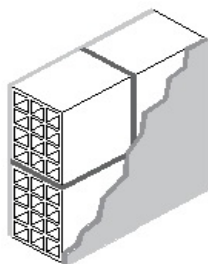


Figura 3 –Croqui do sistema construtivo da parede externa.

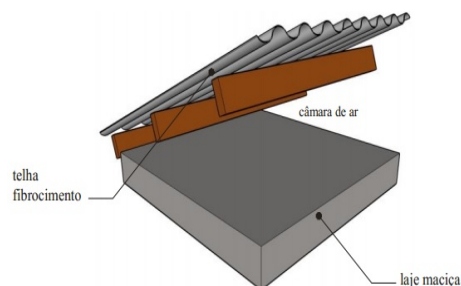


Figura 4 – Croqui do Sistema construtivo da cobertura. Fonte: Imagem adaptada Inmetro (2013).

3.3. Procedimento normativo de atendimento aos requisitos e critérios da NBR 15.575 por simulação computacional

Para a avaliação do procedimento normativo por simulação computacional, adotou-se o software EnergyPlus com os dados climáticos correspondentes aos dias típicos de verão e inverno de Florianópolis (ABNT, 2013a).

O ambiente hachurado na Figura 2 (suíte) foi considerado como uma zona térmica, e utilizou-se as características dos componentes e sistemas construtivos levantados in loco das vedações verticais (Figuras 3) e cobertura (Figura 4) com laje de 9cm. Para as propriedades térmicas adotou-se os valores dos materiais disponíveis na biblioteca do VisualDOE-3.1 elaborada pelo LabEEE/UFSC (ORDENES et al., 2003).

O critério de desempenho térmico mínimo de verão por simulação (sem fontes internas de calor) é que a temperatura máxima interna seja sempre inferior ou igual ao valor da temperatura máxima externa no dia típico de verão, que no caso de Florianópolis é 32,7°C. Para o inverno, o critério de desempenho térmico mínimo é que a temperatura interna mais baixa seja no mínimo 3°C mais elevada que a temperatura externa mínima num dia típico de inverno (6°C).

Apesar de já construído o empreendimento, adotou-se os requisitos propostos pela NBR 15.575-1 (ABNT, 2013a) para simulações em fase de projeto de edificações multifamiliares: (a) selecionar para simulação as unidades habitacionais do último andar; (b) na entrada de dados na simulação considerar recintos adjacentes com mesma condição térmica do ambiente simulado; (c) seguir a orientação solar da implantação; (d) simular computacionalmente a unidade habitacional mais crítica termicamente. Como condição crítica de verão avaliou-se a suíte da unidade habitacional A, que tem janela a oeste e parede

externa adjacente sem abertura a norte. Com relação à condição crítica de inverno, adotou-se o apartamento C, que tem suíte com janela a sul e parede adjacente sem abertura a leste. Também seguindo a recomendação da NBR 15.575 considerou-se as janelas desobstruídas. Como referência, avaliou-se também a suíte do apartamento B, que tem janela a norte e parede adjacente a leste.




Com relação à absorvância solar da cobertura, adotou-se para a telha de Fibrocimento dois valores: 0,7 e 0,5. O primeiro considerando telha de fibrocimento cor natural, mas exposta a intempéries, e o segundo valor considerando a telha pintada de cor clara, mas escurecida pela sujeira do entorno.

3.4. Procedimento informativo de verificação do desempenho térmico por meio de medição em apartamentos em uso

Segundo a NBR 15.575-1 (ABNT, 2013a) as medições in loco não servem para classificar o desempenho térmico da edificação, são apenas um procedimento informativo. O ideal para comparação com a simulação, seria avaliar um apartamento sem ocupação, controlando as trocas de ar internas. Para a avaliação do desempenho térmico de edificações por meio de medição, a NBR 15.5757 (2013) recomenda que seja feita em edificações em escala real, medindo a temperatura de bulbo seco no centro dos recintos a 1,20m do piso. As recomendações de medições em edificações multifamiliares multipiso é que sejam feitas no último andar. Recomenda-se que o período de medição para análise corresponda a um dia típico de verão ou de inverno, precedido com pelo menos um dia com as mesmas características climáticas. Neste artigo será mostrado as temperaturas internas da simulação do suíte sem ocupação, com o comportamento das temperaturas internas medidas nas três suítes em seu uso normal, com ocupação e uso de ar condicionado. Desta forma, as temperaturas internas medidas em condições de uso da edificação servirão de exemplificação, não de comparação com as temperaturas internas simuladas.

Para a aquisição dos dados de temperatura e umidade relativa do ar, foram utilizados três tipos de data loggers da Onset Corporation, conforme Tabela 1. Os dados coletados foram transferidos pelo software próprio do equipamento a um computador pessoal, para posterior tratamento e análise. Para a medição das temperaturas externas foi utilizado o modelo U23-001, ideal para ambientes externos, e colocado na parte externa da sacada de um apartamento que não ficava na cobertura. Os outros equipamentos foram dispostos sobre móveis de madeira, buscando sempre a centralidade dos ambientes e evitando serem colocados próximos a paredes que tivessem contato com o ambiente exterior.

Tabela 1: Descrição dos sistemas de aquisição utilizados para medição das temperaturas. Fonte: Elaborado pelos autores a partir dos manuais dos equipamentos.

Modelo	Imagem	Faixa de medição	Acurácia
HOBO® Temp/RH Data Logger U12-011		-20°C a 70°C	± 0,35 °C
HOBO® Temp/RH Data Logger UX100-003		-20°C a 70°C	± 0.21°C
HOBO® Pro v2 U23-001		-40°C a 70°C	± 0.21°C

A aquisição de dados de temperatura e umidade das suítes e ambiente externo, foi feita de quinze em quinze minutos, durante o período de maio de 2015 a junho de 2016, e posteriormente feita a média horária numa planilha do Excel. Durante o mês de dezembro e janeiro perdeu-se os dados de medição do ambiente externo, para este período foram utilizados os dados de temperatura e umidade do Laboratório de Engenharia de Processos de Conversão e Tecnologia de Energia (LEPTEN) do Departamento de Engenharia Mecânica da UFSC, que se encontra aproximadamente a 2,5 quilômetros do empreendimento analisado.

Soube-se por entrevista que os moradores do apartamento A usavam o apartamento durante todo dia durante parte inicial da pesquisa (mas a empregada pediu demissão em janeiro). Os moradores dos apartamentos B e C permaneciam fora durante os dias da semana, usando o apartamento no período noturno e fim de semana. Vale salientar que: (a) não se teve controle do uso de equipamentos de condicionamento de ar durante o período das medições; (b) o tipo de ocupação era diferente para cada apartamento, não seguindo necessariamente o padrão descrito na entrevista, visto que a ocupação variava conforme o dia de vinda das faxineiras; (c) neste artigo são demonstrados apenas os dados de temperatura.

4. ANÁLISE DE RESULTADOS

Este item seguiu o que preconiza a NBR 15.575-1 (ABNT, 2013a), avaliando primeiro o atendimento aos procedimentos normativos e só usando os dados de medição como um procedimento informativo de desempenho térmico. Para exemplificar as temperaturas de medição com as temperaturas de simulação das unidades habitacionais, buscou-se o dia com temperaturas mais próximas ao dia típico de verão. O período de inverno não foi analisado pois não ocorreram dias típicos no ano monitorado.

4.1. Análise do atendimento aos requisitos e critérios da NBR 15.575 para os sistemas de vedação e cobertura temperatura

O atendimento à NBR 15.575 ocorre através da verificação dos valores de transmitância térmica e de capacidade térmica das paredes externas (ABNT, 2013b) e da transmitância térmica da cobertura (ABNT, 2013c). A Tabela 2 apresenta os valores máximos de transmitância térmica e mínimos de capacidade térmica de paredes para edificações na zona bioclimática 3 determinados pela NBR 15.575 (ABNT, 2013b). Também são apresentados os valores das características térmicas calculados para a parede da Figura 3, segundo a NBR 15.220 (ABNT, 2005b). A NBR 15.575 não faz consideração sobre áreas envidraçadas, mas na Tabela 2 são apresentados os resultados também de transmitância térmica e capacidade térmica ponderadas da área da janela na área de vedação vertical externa.

Tabela 2 – Valores de Transmitância Térmica e Capacidade Térmica para paredes. Fonte: adaptado da NBR 15.575 (ABNT, 2015b).

Valores tabelados NBR 15.575	Transmitância Térmica (U)		Capacidade Térmica (C) C ≥ 130 kJ/(m ² .K)	Atendimento a norma?
	$\alpha \leq 0,6$ U ≤ 3,70 W/(m ² .K)	$\alpha > 0,6$ U ≤ 2,5 W/(m ² .K)		
Valor calculado parede	U = 2,13 W/(m ² .K)		C = 151,67 kJ/(m ² .K)	Sim
Valor calculado parede e esquadria ponderada a área	U = 2,59 W/(m ² .K)		C = 133,27 kJ/(m ² .K)	Sim para parede com $\alpha \leq 0,6$

* α é a absorvância à radiação solar da superfície externa da parede.

Observa-se na Tabela 2 que a parede externa com as características térmicas calculadas de transmitância térmica atende ao nível mínimo de aceitação de desempenho térmico até mesmo para paredes com absorvância à radiação solar superior a 0,6. A capacidade térmica calculada também é atendida pelo que preconiza a NBR 15.575. Com relação à estimativa de transmitância térmica e capacidade térmica ponderando a área envidraçada, estas atendem a NBR 15.575 se a parede externa tiver absorvância à radiação solar inferior a 0,6, que é o caso do presente empreendimento.

A Tabela 3 apresenta os três níveis de desempenho da cobertura (valores de transmitância térmica em função da absorvância à radiação solar) para zona bioclimática 3, e o valor da transmitância térmica calculado para a cobertura em análise (Figura 4) segundo a NBR 15.220 (ABNT, 2005b).

Tabela 3 – Valores de Transmitância térmica para cobertura. Fonte: adaptado da NBR 15.575 (ABNT, 2015e).

Valores tabelados NBR 15.575	Desempenho	Transmitância Térmica cobertura (U)		Atendimento à Norma com $\alpha \leq 0,6$?
		$\alpha \leq 0,6$ U ≤ 2,3 W/(m ² .K)	$\alpha > 0,6$ U ≤ 1,5 W/(m ² .K)	
Valor calculado	Mínimo (M)	U ≤ 2,3 W/(m ² .K)	U ≤ 1,5 W/(m ² .K)	Desempenho Mínimo
	Intermediário (I)	U ≤ 1,5 W/(m ² .K)	U ≤ 1,0 W/(m ² .K)	
	Superior (S)	U ≤ 1,0 W/(m ² .K)	U ≤ 0,5 W/(m ² .K)	
	com laje 9cm	U = 2,05 W/(m ² .K)		Desempenho Mínimo
	com laje 12cm	U = 1,98 W/(m ² .K)		Desempenho Mínimo

Analisando a Tabela 3 verifica-se que somente nos blocos em que a telha de fibrocimento pintada com cor clara (absorvância solar inferior a 0,6) é que conseguem atender ao desempenho térmico mínimo da NBR 15.575 (ABNT, 2013c).

4.2. Análise do atendimento aos requisitos e critérios da NBR 15.575 através de simulação computacional

A Figura 5 apresenta a distribuição das temperaturas da simulação de dia típico de inverno e com uma troca de ar por hora, das três suítes com dois valores de absorvância solar para a cobertura, 70% e 50%.

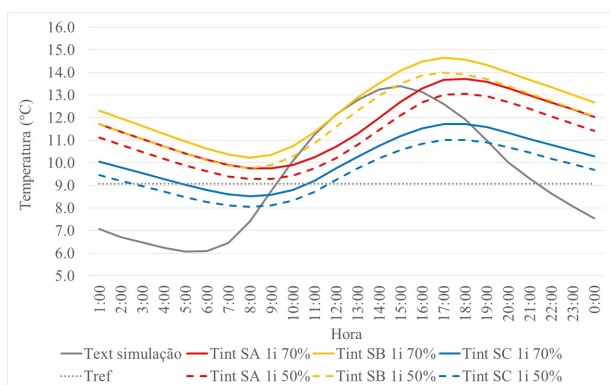


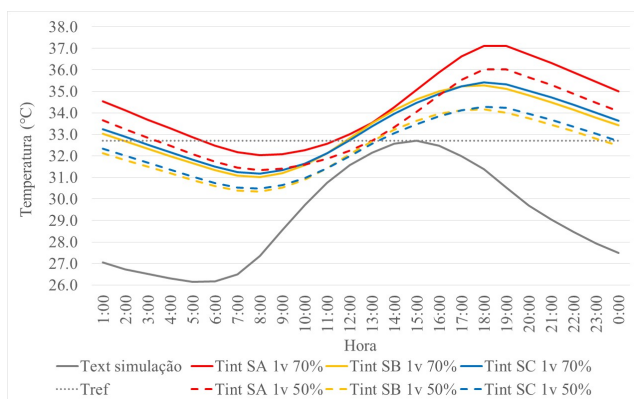
Figura 5 – Distribuição da temperatura horária interna, das três suítes, resultante da simulação para um dia típico de inverno com renovação de 1 troca de ar por hora e dois valores de absorvância solar da cobertura de 50% e 70%

Analisando a Figura 5, observa-se que para a simulação de inverno as suítes A e B apresentaram desempenho térmico superior ao mínimo preconizado pela NBR 15.575. Mas segundo as recomendações da NBR 15.575, deve-se simular computacionalmente a unidade habitacional mais crítica termicamente, que no caso do inverno é a suíte C. Esta unidade habitacional (seja com telha de fibrocimento clara ou escura) não atende ao desempenho térmico de inverno por simulação computacional.

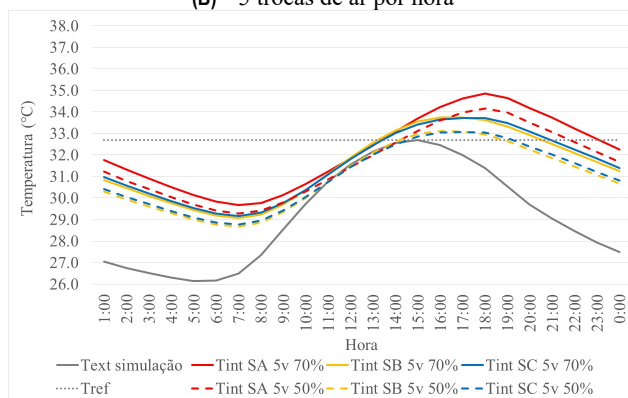
Pelo método simplificado a cobertura com absorvância solar de 50% atende ao desempenho térmico mínimo, pois a orientação solar dos ambientes não é considerada, já as temperaturas internas simuladas apresentaram diferença de comportamento devido ao ganho térmico solar.

A Figura 6 apresenta o desempenho térmico para as suítes nas diferentes possibilidades apresentadas na NBR 15.575 (ABNT, 2013a) para o verão.

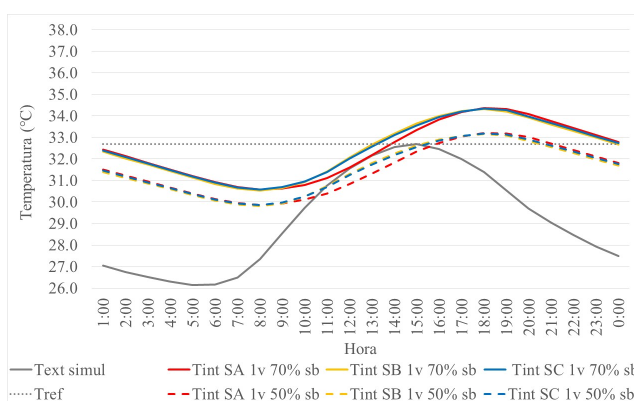
(A) 1 troca de ar por hora



(B) 5 trocas de ar por hora



(C) 1 troca de ar por hora e sombreamento de 50% da abertura



(D) 5 trocas de ar por hora e sombreamento de 50% da abertura

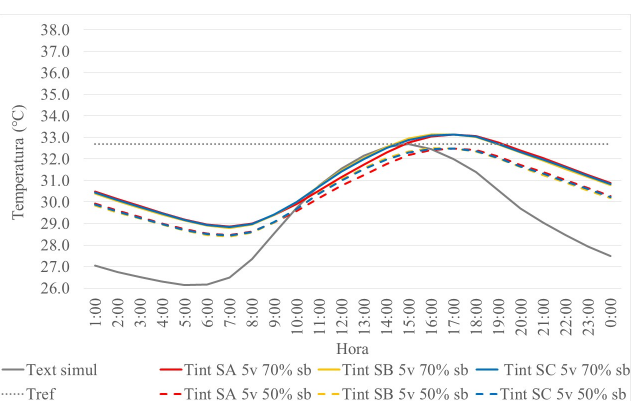


Figura 6 – Distribuição da temperatura horária interna simulada para um dia típico de verão absorvância solar da cobertura de 50% e 70%

Com relação a estas simulações, observa-se uma melhora no comportamento térmico com as alterações apresentadas na NBR 15.575 (Figura 6a), primeiro com o aumento da ventilação com 5 trocas de ar por hora (Figura 6b), depois com sombreamento das aberturas e 1 troca de ar por hora (Figura 6c), e finalmente com o uso combinado de sombreamento das aberturas e renovação de 5 trocas de ar por hora (Figura 6d). Sendo que somente na última situação (Figura 6d), e somente nos casos com coberturas com absorvância de 50% é que os ambientes atendem aos critérios estabelecidos para verão. No caso de verão, os

resultados de desempenho térmico por simulação aproximam-se do método prescritivo, onde somente nos casos com cobertura clara é que apresentaram valores de temperatura interna máxima inferiores a temperatura máxima externa. A alteração de absorvância solar da cobertura de 70% para 50% fez com que as temperaturas internas fossem em torno de 1K inferior com a simulação de renovação do ar de 1 troca por hora, e em torno de 0,5K quando a renovação de ar passava para 5 trocas por hora.

O comportamento térmico quando as aberturas não têm sombreamento, as suítes dos apartamentos B e C que tem aberturas a norte e sul respectivamente, tiveram melhor comportamento térmico do que a suíte do apartamento A que tem abertura a oeste. O fato de sombrear a abertura em 50% resultou em temperaturas internas com comportamento térmico interno similar. No caso da suíte do apartamento A (curvas em vermelho) que tem abertura a oeste e parede a norte, quando a abertura tem sombreamento de 50% (Figura 6c e 6d), chegou a apresentar temperaturas internas inferiores às suítes B e C entre o horário de 9h e 15h.

4.3. Exemplificação do desempenho térmico pelo procedimento informativo com o procedimento normativo por simulação

Ainda que as medições tenham ocorrido em aproximadamente um ano, não foi registrado nenhum dia típico de inverno conforme a NBR 15.575 (ABNT, 2013a), no qual se caracteriza o dia típico de inverno com temperatura mínima diária de 6,0°C e amplitude diária de 7,4K. Também houve um período onde o equipamento que monitorava a temperatura da suíte do apartamento C parou de funcionar. O que se observou no período de medição é que não ocorreram temperaturas internas inferiores a 18°C, que segundo a carta bioclimática de Givoni é o limite inferior de conforto térmico. (LAMBERTS; DUTRA; PEREIRA, 2004).

Já nas medições de verão ocorreram vários dias típicos, no qual segundo a norma para Florianópolis a temperatura máxima diária é de 32,7°C com amplitude diária de 6,6K. Para exemplificar as temperaturas típicas de verão com o comportamento térmico interno dos ambientes em uso, o recorte foi no período de 21 a 28 de fevereiro onde ocorreram três dias com temperaturas externas máximas superiores a 32°C, e um quarto dia com temperatura próxima a este valor (Figura 7).

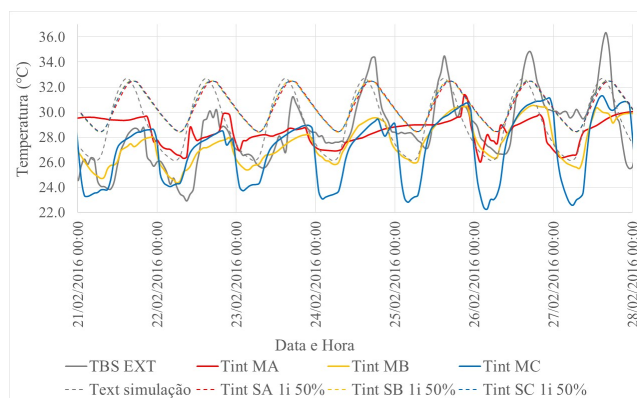


Figura 7 – Distribuição da temperatura horária interna medida e simulada das três suítes. Dados simulação para um dia típico de verão com renovação de 5 trocas de ar por hora, sombreamento das aberturas de 50% e absorvância solar da cobertura de 50%

Com relação ao desempenho térmico no período de verão (Figura 7), o que se observa é uma queda brusca nas temperaturas internas no período noturno, possivelmente pelo acionamento do ar condicionado. Mas durante o dia, as temperaturas internas medidas apresentam valores em geral, inferiores as temperaturas resultantes da simulação com 5 trocas de ar por hora e sombreamento de 50% das aberturas. A temperatura interna do apartamento A não acompanhou a oscilação da temperatura externa entre os dias 23 a 26 de fevereiro, possivelmente pela ausência dos moradores no apartamento. Desta forma, os picos de temperatura interna foram amortizados pelo fato da veneziana externa ter permanecido fechada e o ambiente interno não ter tido ganho térmico solar pela abertura.

4.4. Análise geral

Com relação ao método simplificado de desempenho da NBR 15.575, verificou-se o atendimento para as vedações verticais independentemente da cor que tivessem o acabamento das paredes. Com a ponderação pela área da janela, os valores de transmitância térmica atendem caso a parede tenha absorvância solar inferior a 0,6. O atendimento da cobertura só ocorre no desempenho térmico mínimo caso a telha tenha absorvância solar inferior a 0,6. Desta forma, considerando que a edificação tem superfícies claras, não seria necessário fazer a avaliação do desempenho térmico por simulação computacional. Mas quando se faz a análise ao atendimento da norma através de simulação computacional, o que se observa é o não atendimento do desempenho térmico mínimo no inverno para a suíte que tem abertura orientada a sul e parede adjacente sem abertura à leste. Então, a edificação é aprovada pelo método simplificado, mas o ambiente que tem as características construtivas que atendem a norma, não é aprovado pelo método da simulação. A Figura 7 apresenta esquematicamente os resultados encontrados neste artigo.

Avaliação do desempenho térmico pelo procedimento normativo da NBR 15.575			Exemplificação pelo método informativo (edificação em uso) para comparação com método simulação
Método simplificado	Parede	Atende com desempenho mínimo ($\alpha \leq 0,6$ quando considera a janela)	
	Cobertura	Atende com desempenho mínimo para cobertura $\alpha \leq 0,6$	
Método Simulação	inverno	Não atende	→ Comparação no inverno não pode ser feita por falta de ocorrência de dias típicos de inverno no período realizado de medição
	verão	Atende com renovação de 5 trocas de ar por hora e sombreamento das aberturas de 50%	→ No verão as temperaturas máximas internas medidas nas três suítes foram inferiores às temperaturas máximas simuladas

Figura 7 – Quadro esquemático dos resultados encontrados

Com relação ao desempenho térmico por simulação no dia típico de verão, os ambientes só atenderam a norma com o atendimento mínimo quando foi adotada a cobertura com absorvância de 50%, 5 trocas de ar por hora e sombreamento das aberturas. O sombreamento em 50% nas aberturas no verão fez com as temperaturas internas pela simulação computacional fossem praticamente iguais nos três apartamentos, demonstrando que no caso específico deste empreendimento, se as aberturas tivessem proteção solar, o maior ganho térmico seria pela cobertura. Nas temperaturas internas pela simulação, observou-se que a diminuição em 20 pontos percentuais na absorvância solar da cobertura conseguiu diminuir mais a temperatura do que o aumento das trocas de ar interna. Sendo que a renovação das trocas de ar depende do comportamento do usuário, enquanto a cor da cobertura é uma característica do sistema construtivo. Mas na prática, quando se observa os dados reais de temperaturas de três apartamentos em uso, as atitudes dos usuários fizeram com que as temperaturas internas reais tivessem melhor desempenho térmico do que os dados de simulação em mesmas condições externas. Especificamente com relação à suíte do apartamento A, que tem orientação da abertura a oeste e parede opaca a norte (ambiente indicado pela NBR 15.575 para avaliação de desempenho térmico no verão), apresentou temperaturas máximas internas inferiores às temperaturas máximas internas da simulação, mesmo no período que o ambiente estava ocupado.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho comparou os procedimentos de desempenho térmico normativos e informativo da NBR 15.575 para uma edificação multifamiliar na cidade de Florianópolis. As análises foram feitas usando a metodologia proposta na norma para uma edificação específica localizada em Florianópolis/SC.

O que se verifica pelo método simplificado é que não está claro como deve ser o procedimento de cálculo de transmitância térmica e capacidade térmica com vedações verticais com aberturas externas. No ambiente analisado deste artigo, a área da abertura é pequena comparada a área de paredes externas. Desta forma, a ponderação por área da transmitância térmica e capacidade térmica da janela pouco influenciou nos valores totais. Mas em um ambiente com uma parede com pouca área de contato com o exterior, a área de janela pode ser preponderante na área dos fechamentos verticais externos, alterando em muito os valores de transmitância e capacidade térmica. Outra observação a ser feita é com relação à orientação solar dos fechamentos verticais e de cobertura que não é considerada no método simplificado. O que se observou pelo método da simulação, a orientação solar do apartamento pode inviabilizar o atendimento ao desempenho térmico na avaliação pela NBR 15.575.

Nas simulações feitas por Sorgato et al. (2013), foram verificadas diferenças de temperaturas internas, em função de se avaliar uma data do dia típico de verão não próxima do solstício de verão. Na NBR 15.575 não existe restrição quanto a data dos dias típicos de verão e inverno. A crítica que se faz é que o dia típico é caracterizado somente pelos valores de temperatura do ar medidos externamente no local, sem considerar um período do ano, visto que a irradiação solar tem grande variação de incidência em locais com baixa latitude.

Para o ambiente específico deste artigo, verificou-se que as temperaturas internas num dia típico de verão da suíte com abertura a oeste, quando simulado com sombreamento de 50%, chegam a se igualar ao comportamento térmico com aberturas com orientação solar a norte e sul. As medições de temperaturas feitas in loco, exemplificaram que os ambientes com abertura oeste, quando não tinha o ganho térmico solar pela abertura no verão, apresentou temperaturas máximas internas inferiores a externa.

Com isto, sugere-se para uma próxima revisão da NBR 15.575, indicar no método simplificado: (a) estudo de proteções solares às janelas que sejam adequados ao local; (b) como proceder com a abertura no caso de cálculo da transmitância e capacidades térmica; (c) a necessidade de ganho térmico solar para ambientes de grande permanência (dormitórios e salas), nas zonas bioclimáticas onde se faz necessário. No

método computacional e medições, sugere-se a definição de data de dia típico para simulação e período aceitável de tempo para medições que estejam em torno do dia típico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2**: 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, 2005a.
- _____. **NBR 15220-3**: Desempenho térmico de edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e estratégias de condicionamento térmico passivo para habitações de interesse social. Rio de Janeiro, 2005b.
- _____. **NBR 15.575-1**: Edificações Habitacionais – Desempenho parte 1: requisitos gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2013a.
- _____. **NBR 15.575-4**: Edificações Habitacionais – Desempenho parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE. Rio de Janeiro: ABNT, 2013b.
- _____. **NBR 15.575-5**: Edificações Habitacionais – Desempenho parte 5: Requisitos para os sistemas de coberturas. Rio de Janeiro: ABNT, 2013c.
- ALVIM, L. MOTTA, S. MAGALHÃES, A. AGUILAR, M.T. Avaliação do desempenho térmico de uma residência em Formiga – MG utilizando a NBR 15.575. In ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Maceió, 2014. Anais... Maceió: ANTAC, 2014.
- ASHRAE – AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **2005 ASHRAE Handbook – Fundamentals**. p. 30.12. Atlanta, 2005.
- BONTE, B.; THELLIER, F.; LARTIGUE, B. Impact of occupant's actions on energy building performance and thermal sensation. **Energy and Buildings**. v. 76, p. 219-227, jun. 2014.
- BRETZ, Sarah E., AKBARI, Hashem. Long-term performance of high-albedo roof coatings. **Energy and Buildings**, v.25, p. 159-167, 1997.
- BRITO, A.C. AKUTSU, M. VITTORINO, F. AQUILINO, M.M. 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, Juiz de Fora, 2012. **Anais...** Juiz de Fora: ANTAC, 2012.
- CHVATAL, K. M. S. Avaliação do procedimento simplificado da NBR 15575 para determinação do nível de desempenho térmico de habitações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 4, p. 119-134, out./dez. 2014.
- CONCEIÇÃO, J. LEITE, R.M.C. Avaliação da aplicabilidade da NBR 15.575 (2013) quanto ao desempenho térmico: um estudo de caso em Salvador – Bahia. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, São Paulo, 2016. **Anais...** São Paulo: ANTAC, 2016.
- DOE – U. S. DEPARTMENT OF ENERGY. **Building Energy Software Tools Directory**. Disponível em: <http://www.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/alpha_list.cfm>. Acesso em: 24 abr. 2007.
- ETERNIT. Catálogo Técnico. Disponível em: <<http://www.etermit.com.br/downloads/catalogos/catalogo-etermit-fibrocimento.pdf>> acesso em 20 mai 2015.
- LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F. O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura**. 2ª edição. São Paulo: ProLivros, 2004.
- 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. **Anais...** San Diego: SimAUD, 2013.
- ORDENES, M.; PEDRINI, A.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Metodologia Utilizada na Elaboração da Biblioteca de Materiais e Componentes Construtivos Brasileiros para Simulações no Visualdoe-3.1**. Relatório Interno – Departamento de Engenharia Civil, UFSC, Florianópolis, 2003.
- PRADO, R. T. A.; FERREIRA, F. L. Measurement of Albedo and Analysis of Its Influence the Surface Temperature of Building Roof Materials. **Energy and Buildings**, v. 37, n. 4, p. 295-300, 2005.
- PEREIRA, I. FERREIRA, C. Avaliação dos impactos da ABNT NBR 15575 no conforto térmico e no consumo de energias nas novas edificações habitacionais brasileiras. In ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Maceió, 2014. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2014.
- SILVA, A.S.; GHISI, E. Uncertainty analysis of user behavior and physical parameters in residential buildings performance simulation. **Energy and Buildings**. v. 76, p. 381-391, jun. 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. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 14, n. 1, p. 213-230, jan./mar. 2014.
- 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 15.575. In: ENCONTRO NACIONAL E VIII LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, Brasília, 2013. **Anais...** Brasília: ENCAC/ELACAC, 2013.
- 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, out./dez. 2014.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelas bolsas acadêmicas, ao IFSC pelos recursos disponibilizados ao projeto, à construtora Cota pelo apoio, aos moradores das unidades habitacionais por terem possibilitado as medições de temperatura, e ao prof. Cleide Cedeni Andrade, nosso eterno agradecimento.