

## Simulação térmica de protótipo de *light wood frame* pela NBR 15.575

### *Thermal simulation of wood frame house prototype by NBR 15.575*

**Tiago de Castro Quevedo, acadêmico Curso Engenharia Civil, IFSC.**

quevedotc@gmail.com

**Rafael Takeshi Hayashi Feuerharmel, acadêmico Curso Engenharia Civil, IFSC.**

rafaelfeuerharmel@gmail.com

**Marina Espíndola Amorim, acadêmica Curso Engenharia Civil, IFSC.**

marinaamorim2101@gmail.com

**Ana Lígia Papst de Abreu, Doutora, IFSC.**

ana.abreu@ifsc.edu.br

**Luciana da Rosa Espíndola, Doutora, IFSC.**

luciana.espindola@ifsc.edu.br

#### **Resumo**

Sistema construtivo de *light wood frame* quando analisado pelo método simplificado da norma de desempenho de edificações habitacionais (NBR 15.575), não atende ao critério de desempenho térmico no item de capacidade térmica. O objetivo deste artigo é comparar o desempenho de edificações com sistema construtivo de *light wood frame*, verificando o atendimento aos critérios de desempenho térmico da NBR 15.575 pelo método da simulação computacional. Foram simulados diferentes propostas de sistemas construtivos de *light wood frame*, buscando avaliar o comportamento térmico e atendimento aos critérios da NBR 15.575. Através dos resultados da simulação observou-se que o desempenho térmico no inverno atende aos critérios mínimos da NBR 15.575, e no período de verão este sistema construtivo mais leve pode chegar a ter classificação superior em função do sombreamento das janelas e de poucas trocas de ar com o ambiente externo.

**Palavras-chave:** simulação térmica; desempenho térmico; norma de desempenho

#### **Abstract**

*Construction system of light wood frame doesn't get the minimum thermal performance criteria of the thermal capacity by the simplified method of NBR 15.575, the Brazilian Performance Standard. The objective of this paper is to compare the performance of buildings with a light wood frame construction system, verifying compliance with the thermal performance criteria of NBR 15.575 by the simulation method. Different proposals of constructive systems were simulated in order to classify the thermal performance by the criteria of NBR 15.575. The results of the simulation have showed that the thermal performance in winter reach the minimum level of NBR 15.575, and in the summer this lightweight construction system may have a better classification due to the windows shading and a low air changes per hour with the external environment.*

**Keywords:** *thermal simulation; thermal performance; performance standard*

## 1. Introdução

Mundialmente, o setor da construção civil é responsável por diversos impactos ambientais nas suas mais diversas etapas, seja pelo uso de recursos naturais, seja pela emissão de carbono, seja pela produção de resíduos sólidos. (TORGAL e JALALI, 2010). No Brasil, madeira, materiais cimentícios (incluindo areia e brita), cerâmica vermelha e aço representam a maior parte dos produtos da construção civil. Sendo os materiais cimentícios e a cerâmica vermelha quase que de uso exclusivo da construção civil. Em se mantendo as atuais práticas do setor da construção civil com relação aos materiais adotados, e com o seu respectivo crescimento, agravar-se-á os impactos ambientais associados a estes. Com relação a especificação dos materiais construtivos, faz-se necessário inovações com foco na sustentabilidade. (CBCS, 2014). A madeira por ser um recurso renovável, ter um potencial de manter-se fora do descarte, possibilitar a construção de edifícios de vários pavimentos, têm vantagens e um forte potencial ainda a ser explorado. (OLIVER et al., 2014).

No Brasil, a NBR 15.575 é a primeira norma 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. Esta norma foi elaborada para incentivar o desenvolvimento tecnológico, pois orienta na avaliação da eficiência técnica da solução tecnológica proposta, e “(...) não na prescrição de como os sistemas são construídos.” (ABNT, 2013a). Nesta norma são apresentados dois procedimentos para a avaliação de desempenho térmico numa edificação, o método normativo e o método informativo. O procedimento normativo que é o que realmente serve para avaliar o desempenho térmico, está subdividido em dois métodos: o simplificado e o por simulação computacional. Em não existindo o atendimento ao desempenho térmico mínimo pelo método simplificado, adota-se o procedimento pela simulação computacional para avaliação e possível classificação de atendimento (ou não) à norma. (ABNT, 2013a).

Como uma forma de disseminação do sistema construtivo de madeira, foi proposto no Campus Florianópolis do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), a construção de protótipos didáticos de *light wood frame* (estrutura de madeira). A ideia da construção destes protótipos é que possam ser utilizados como instrumento didático e também de avaliação de desempenho térmico de um sistema construtivo mais sustentável.

O problema de especificar edificações com sistema estrutural de madeira e fechamento de painéis de madeira, está no fato de que por ser um sistema construtivo leve, não é aprovado pelo método simplificado da NBR 15.575 no item referente à capacidade térmica. A proposta deste artigo é seguir a NBR 15.575, e utilizar o método de simulação computacional para avaliação do desempenho térmico de um protótipo de casa de *light wood frame*, isto devido ao não atendimento deste sistema construtivo pelo método simplificado. Algumas variações no fechamento do sistema construtivo serão propostas, com o intuito de avaliar parametricamente a influência destes componentes no desempenho térmico da edificação. Uma outra questão a ser avaliada neste artigo, é a influência da dimensão da edificação no comportamento térmico da mesma. Desta forma, a construção de um protótipo para posterior medição das temperaturas internas, mesmo que só para explicar os procedimentos didáticos de medição, podem levar os alunos a acreditar que este tipo de sistema construtivo não é o adequado ao clima local em função das temperaturas internas medidas. A simulação computacional possibilita averiguar a influência do

parâmetro das dimensões dos protótipos de *light wood frame* também na classificação do desempenho térmico pela NBR 15.575.

O objetivo deste artigo é comparar o desempenho de protótipos com sistema construtivo de *light wood frame*, verificando o atendimento aos critérios de desempenho térmico da NBR 15.575 pelo método da simulação.

## 2. Revisão de literatura

A revisão de literatura focou em dois aspectos: a madeira como material que possibilite uma construção civil brasileira mais sustentável; e os critérios de avaliação de desempenho térmico indicados pela NBR 15.575.

### 2.1 Construção civil mais sustentável com a utilização da madeira

No Brasil é comum as construções serem em alvenaria e concreto armado. O sistema construtivo em estrutura de madeira não é tradicional no Brasil como é em países como Estados Unidos, Japão, Austrália, Alemanha, Chile, países nórdicos, entre outros. A real incorporação de sistemas construtivos novos, como o *wood frame*, pressupõe a integração sistemática das esferas governamentais, das empresas e das instituições de ensino e pesquisa. (ESPÍNDOLA, 2017).

A madeira é um dos poucos recursos naturais usados na construção civil, que tem a possibilidade de ser desmontada, e reutilizada em outras edificações até com uso diferenciado. Além disso, a madeira tem baixo impacto na produção, além de ter um alto potencial no sequestro de carbono. (OLIVER et al., 2014). Mas para que a madeira seja considerada um material de baixo impacto ambiental na fase de uso da edificação, é preciso que se tenha cuidados na utilização de materiais como tintas e adesivos que emitem compostos orgânicos voláteis (COV). (CBCS, 2014).

Mundialmente, se uma parte da infraestrutura das novas construções fossem feitas com madeira poderia-se reduzir entre 14% e 31% as emissões globais anuais dos gases que contribuem para o efeito estufa, e poderiam contribuir numa diminuição de 12% a 19% do consumo de combustíveis fósseis. (OLIVER et al., 2014).

### 2.1 Desempenho térmico de sistema construtivo de madeira pela NBR 15.575

A NBR 15.575 (ABNT, 2013a) 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. Considera-se que se estes requisitos e ou critérios forem atendidos, estariam sendo satisfeitas as exigências dos usuários. São dois os procedimentos para a avaliação de desempenho térmico numa edificação: o método normativo e o método informativo. A Figura 1 apresenta um esquema do método de avaliação do desempenho térmico pela NBR 15.575.

O procedimento informativo, que são medições em edificações ou protótipos, não se sobrepõe ao procedimento normativo, e não serve para classificar o desempenho térmico da edificação. O procedimento normativo está subdividido 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 não for atendido os valores mínimos através dos sistemas construtivos de vedações verticais e coberturas com relação aos critérios de transmitância térmica e capacidade térmica, passa-se para a verificação de temperaturas internas por simulações computacionais.

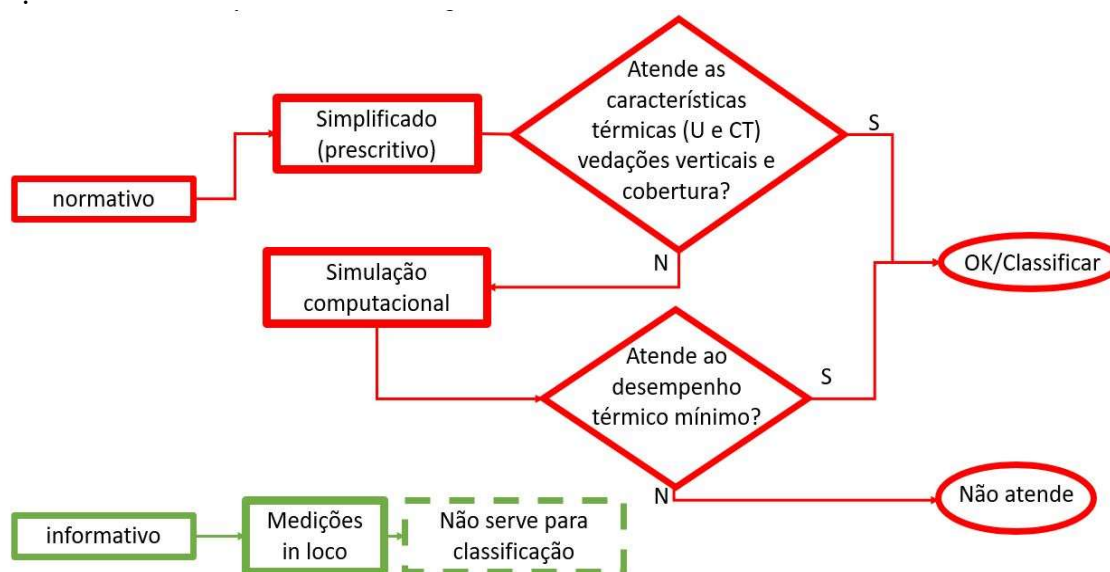


Figura 1: Esquema de avaliação de desempenho térmico pela NBR 15.575. Fonte: elaborado pelos autores.

A NBR 15.575 (ABNT, 2013a,b,c) estabelece requisitos e critérios para que uma edificação tenha o mínimo desempenho exigido pelos usuários. A Tabela 1 é um resumo dos valores de transmitância térmica e capacidade térmica das vedações verticais, e a Tabela 2 apresenta os valores de transmitância térmica mínima de coberturas, para a zona bioclimática 3 onde está situada a cidade de Florianópolis (ABNT, 2005b).

Transmitância Térmica (U)		Capacidade Térmica (C)
$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$	$C \geq 130 \text{ kJ}/(\text{m}^2.\text{K})$
$U \leq 3,7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$	$U \leq 2,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$	

\* $\alpha$  é a absorvância à radiação solar da superfície externa da parede

Tabela 1 – Valores de Transmitância térmica e capacidade térmica para vedações verticais Fonte: adaptado da NBR 15.575 (ABNT, 2013b)

	Transmitância Térmica (U)	
Nível de Desempenho	$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$
Mínimo	$U \leq 2,3 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$	$U \leq 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

\* $\alpha$  é a absorvância à radiação solar da superfície externa da cobertura

**Tabela 2 – Valores de Transmitância térmica para coberturas Fonte: adaptado da NBR 15.575 (ABNT, 2013c)**

A transmitância térmica (U), pode ser melhorada incorporando materiais leves como isolamentos térmicos na composição do sistema construtivo. Já a capacidade térmica que é um dos itens a serem avaliados pelo método prescritivo de sistemas de vedações verticais, é calculado em função da espessura, do calor específico e da densidade do material. (ABNT, 2005a). Em estudo recente de quatro variações de painéis de wood frame, a capacidade térmica máxima obtida foi de 53 KJ/m<sup>2</sup>K. (ZARA; SANTOS; GIGLIO, 2018). Pelo fato da madeira ter baixa densidade e baixa condutividade térmica, é o que faz com que este sistema construtivo seja considerado de baixa inércia térmica. A baixa inércia térmica é indicada para garantir o conforto térmico no período de verão (JOLIBOIS, 2017), mas não atende ao que é preconizado pela NBR 15.575 pelo método simplificado. Desta forma, parte-se para a verificação por simulação computacional.

A NBR 15.575 indica para o procedimento normativo por simulação computacional o software EnergyPlus com os dados climáticos correspondentes aos dias típicos de verão e inverno da cidade analisada, no caso Florianópolis (ABNT, 2013a). O desempenho térmico mínimo de verão por simulação é feito sem fontes internas de calor, e a temperatura máxima interna deve ser inferior ou no máximo igual ao valor da temperatura máxima externa no dia típico de verão, que no caso de Florianópolis é 32,7°C. Já para o inverno, o o desempenho térmico mínimo do ambiente é quando a temperatura interna mais baixa é 3°C mais elevada que a temperatura externa mínima num dia típico de inverno, que no caso de Florianópolis é de 6°C.

Para simulações de edificações residenciais multifamiliares que ainda estão em fase de projeto, a NBR 15.575 recomenda simular computacionalmente a unidade habitacional mais crítica termicamente. No caso do verão, janela na parede oeste e segunda parede voltada ao norte, e no caso do inverno, janela na parede sul e outra parede voltada ao leste. Adota-se a renovação de ar de uma troca por hora. A absorvância à radiação solar ( $\alpha$ ) da cobertura deve ser a especificada no projeto. Nas paredes, quando a absorvância à radiação solar não for definida, usar valores de: cor clara (0,3); cor média (0,5); e cor escura (0,7).

Caso a unidade avaliada não atenda aos critérios de verão, deve-se simular com as seguintes alterações: cinco trocas de ar por hora e janela sem sombreamento; dispositivo de sombreamento de no mínimo 50% da radiação solar direta com uma troca de ar por hora; combinação da estratégia de sombreamento e de 5 trocas de ar por hora.

A comparação por simulação computacional do sistema construtivo de alvenaria convencional com sistema construtivo em *wood frame* pelo RTQ-R, mostram desempenho térmico similar para os dois sistemas construtivos, tanto para os casos de verão quanto de inverno. (ZARA; SANTOS; GIGLIO, 2018; AMORIM e VIEIRA, 2016). Os modelos simulados dos painéis de madeira que apresentaram os melhores resultados foram os casos com painéis de baixa transmitância térmica associado ao uso de coberturas com baixa absorvância solar da cobertura. (ZARA; SANTOS; GIGLIO, 2018).

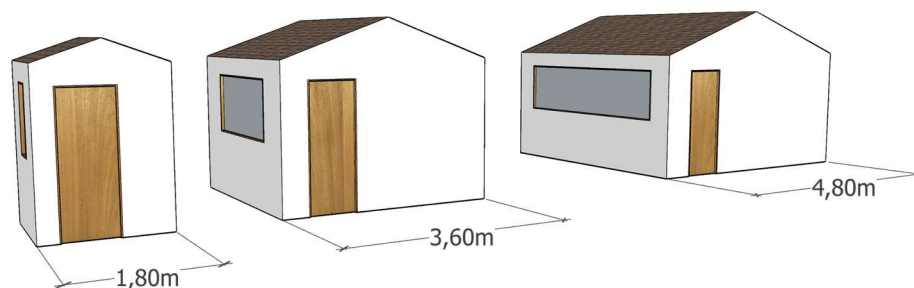
### 3. Procedimentos metodológicos

Este item está dividido em três partes: uma primeira onde são apresentadas as especificações dos protótipos simulados, especificações construtivas que foram analisadas parametricamente; critérios da NBR 15.575 que foram utilizados como referência, o software utilizado para simulação e os procedimentos adotados; métodos aplicados para avaliação; e comparação dos resultados das simulações.

#### 3.1 Especificação do protótipo simulado

Para as simulações dos protótipos foram adotados três tamanhos diferenciados (vide Figura 2). As edificações foram estimadas em função dos painéis de OSB (1,20m x 2,40m) e foram denominadas de Casa P, M e G. A Casa denominada P tem as dimensões em planta do protótipo a ser construído no Campus Florianópolis do IFSC. Para os três protótipos foram consideradas paredes compostas por placa cimentícia, isolante lã de rocha de 5 cm, câmara de ar de 2 a 5 cm com fluxo horizontal, OSB de 1 cm e gesso acartonado de 1,25 cm. Já as coberturas foram consideradas com telha shingle, isolante lã de rocha de 5 cm, câmara de ar de 5 cm e placa OSB.

As áreas de abertura foram estimadas em  $\frac{1}{6}$  da área do piso (CMF, 2000), e padronizou-se o peitoril de 1,10 m e altura da janela de 1 metro. Também foi considerada a abertura com vidro transparente de 3 mm. Apesar dos protótipo terem coberturas inclinadas ( $i = 20^\circ$ ), para a simulação adotou-se a simplificação de um elemento prismático retangular, o que resultou num pé direito estimado em função da altura média da cobertura somado a 2,40 m da altura do painel. A Tabela 3 apresenta simplificadamente os critérios adotados para a simulação dos protótipos.



**Figura 2: Exemplo dos protótipos simulados em função da dimensão e da área de abertura. Fonte: elaborado pelos autores.**

	Modelo P	Modelo M	Modelo G
dimensão em planta	1,80m x 1,80m = 3,24m <sup>2</sup>	3,60m x 3,60m = 12,96m <sup>2</sup>	4,80m x 4,80m = 23,04m <sup>2</sup>
pé direito	2,55m	2,75m	2,85m
dimensão da abertura	1,0m x 0,54m = 0,54m <sup>2</sup>	1,0m x 2,16m = 2,16m <sup>2</sup>	1,0m x 3,84m = 3,84m <sup>2</sup>

Tabela 3 – Critérios de dimensionamento dos protótipos simulados. Fonte: elaborado pelos autores.

### 3.2 Especificações referentes a simulação

As simulações foram realizadas com base na NBR 15.575 (ABNT, 2013a), que trata dos requisitos gerais e de como deve ser feito o processo de simulação. Portanto, para cada modelo (Figura 2) foram simuladas diferentes estratégias.

Para o inverno foram realizadas somente simulações com 1 renovação de ar por hora. Já para o verão foram considerados dois casos distintos: o primeiro com 1 renovação de ar por hora; o segundo com maior taxa de ventilação, sendo de 5 renovações de ar por hora.

As orientações solares de cada modelo foram determinadas também seguindo o proposto pela normatização. Para inverno a janela é orientada para Sul, enquanto que para o verão a janela é orientada para Oeste.

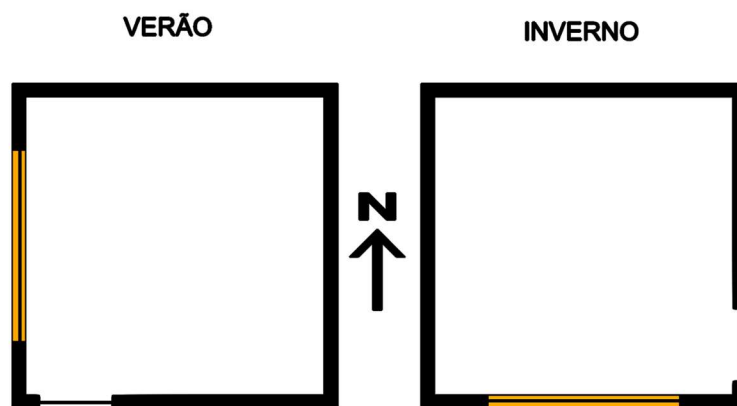


Figura 3: Exemplo da orientação solar das aberturas para casa de verão e de inverno. Fonte: elaborado pelos autores.

Para a simulação no caso do inverno, a NBR 15.575 determina que não devem ser adotadas estratégias de sombreamento. Para o verão, caso não seja atingido o valor mínimo de desempenho térmico, deve-se adotar estratégias que incluam sombreamento mínimo de 50%. Para a simulação foi adotado o valor de 100% como estratégia no período de verão, o semelhante a uma veneziana totalmente fechada.

Ainda com base na NBR 15.575, foram escolhidos três valores de absorvâncias para as paredes externas. Os valores adotados foram de: 0,3 que representa cor clara; 0,5 representando cor média; e 0,7 que representa a absorvância solar de cor escura (Figura 4).

É importante frisar que a construção foi considerada em contato com o solo, uma vez que muitas casas de madeira ou até mesmo de wood frame são construídas em cima de radiers em contato direto com o solo. Portanto utilizou-se o próprio programa de simulação para calcular as temperaturas do solo em contato com a edificação.

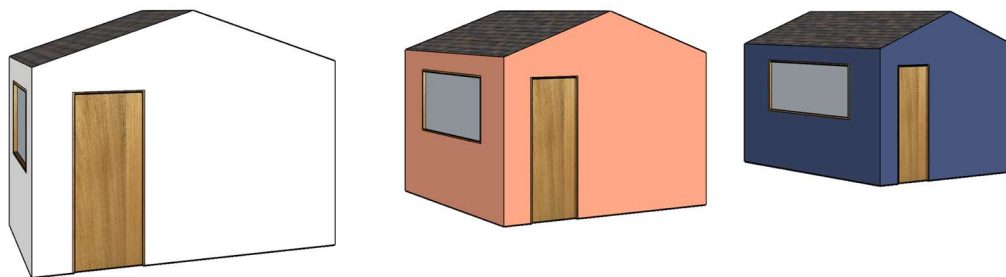


Figura 4: Exemplo das cores adotadas para simulação, branco (0,3), flamingo (0,5), azul (0,7).

Fonte: elaborado pelos autores.

### 3.3 Avaliação do desempenho térmico pelo método da simulação computacional da NBR 15.575

Para realizar a avaliação do desempenho térmico da edificação deve-se comparar as temperaturas no interior da mesma com as temperaturas máximas e mínimas do exterior. Para a análise foi utilizado o preconizado pela NBR 15.575, que para se considerar um desempenho térmico mínimo de verão, a temperatura máxima interna deve ser no máximo igual a externa. Para a avaliação do desempenho térmico mínimo de inverno a temperatura interna mínima precisa ser 3°C acima da temperatura mínima externa. As classificações de desempenho térmico, mínimo, intermediário e superior, para os casos de verão e inverno estão apresentadas na Tabela 4. Lembrando que Florianópolis encontra-se na Zona Bioclimática 3.

Desempenho inverno e verão Zona bioclimatica 1 a 7			
Desempenho	M	I	S
Verão	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^{\circ}C)$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^{\circ}C)$
Inverno	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 3^{\circ}C)$	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 5^{\circ}C)$	$T_{i,min} \geq (T_{e,min} + 7^{\circ}C)$

Tabela 4 – Classificação de desempenho térmico segundo dados de simulação térmica. Fonte: ABNT (2013a).



#### 4. Análise das simulações

Ao total foram rodadas 36 simulações. A primeira rodada de simulação foi para as três dimensões dos protótipos, sem sombreamento, e uma renovação de ar por hora, para os casos de um dia típico de verão e inverno segundo a NBR 15.575. A Tabela 5 apresenta a classificação dos três protótipos para o inverno, e a Tabela 6 classifica o desempenho térmico para verão.

INVERNO						
CASA WF	ABS 0.3		ABS 0.5		ABS 0.7	
Temp Ext	6.00	Classificação	6.00	Classificação	6.00	Classificação
<b>CASA P</b>	8.63	Insuficiente	8.77	Insuficiente	8.89	Insuficiente
<b>CASA M</b>	9.76	Mínimo	9.89	Mínimo	10.01	Mínimo
<b>CASA G</b>	10.07	Mínimo	10.19	Mínimo	10.30	Mínimo

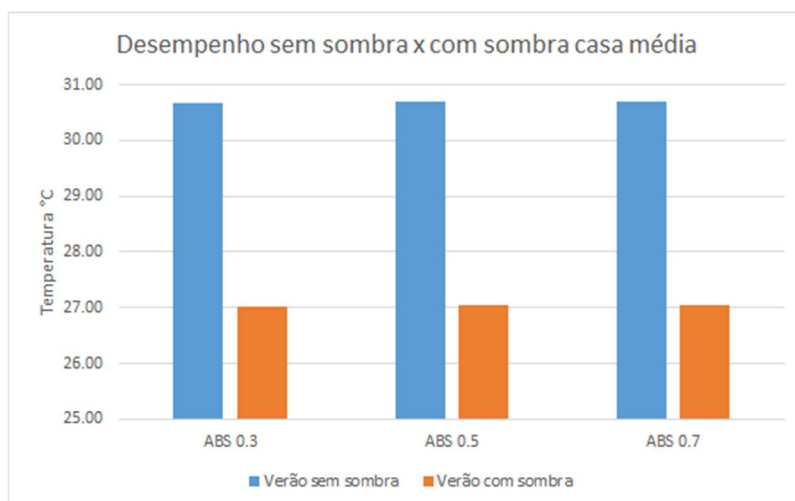
Tabela 5 – Classificação de desempenho térmico para inverno dos três protótipos segundo dados de simulação térmica. Fonte: elaborado pelos autores.

VERÃO						
	ABS 0.3		ABS 0.5		ABS 0.7	
Temp Ext	32.70	classificação	32.70	classificação	32.70	classificação
<b>CASA P</b>	30.18	Intermediário	30.20	Intermediário	30.25	Intermediário
<b>CASA M</b>	30.68	Intermediário	30.70	Mínimo	30.71	Mínimo
<b>CASA G</b>	30.68	Intermediário	30.69	Intermediário	30.70	Mínimo

Tabela 6 – Classificação de desempenho térmico para verão dos três protótipos segundo dados de simulação térmica. Fonte: elaborado pelos autores.

Pelos resultados das simulações, no inverno, o menor protótipo (denominado Casa P) apresentou desempenho térmico inferior ao mínimo preconizado pela NBR 15.575 (ABNT, 2013a), mesmo com paredes escuras. Vale salientar que as dimensões em área deste protótipo são inferiores ao que se preconiza a um ambiente de grande permanência pelo Código de Obras de Florianópolis. Lembrando que o sistema construtivo *light wood frame* tem pouca capacidade térmica, mas é considerado um sistema construtivo de isolamento térmico pela baixa transmitância térmica. Desta forma, observa-se que no inverno a temperatura interna sofreu maior influência de variação de temperatura (+1°C em geral) pelo aumento das dimensões do protótipo, do que pela alteração por cor mais escura nas paredes (+0,1°C em geral). Já no verão, o desempenho térmico das variações dos protótipos foi considerado mínimo ou intermediário, com variação máxima de 0,53°C nas temperaturas encontradas nas simulações. Observa-se também que os casos de verão que através da simulação os protótipos foram classificados como desempenho térmico mínimo, a variação foi de 0,02°C acima do critério intermediário.

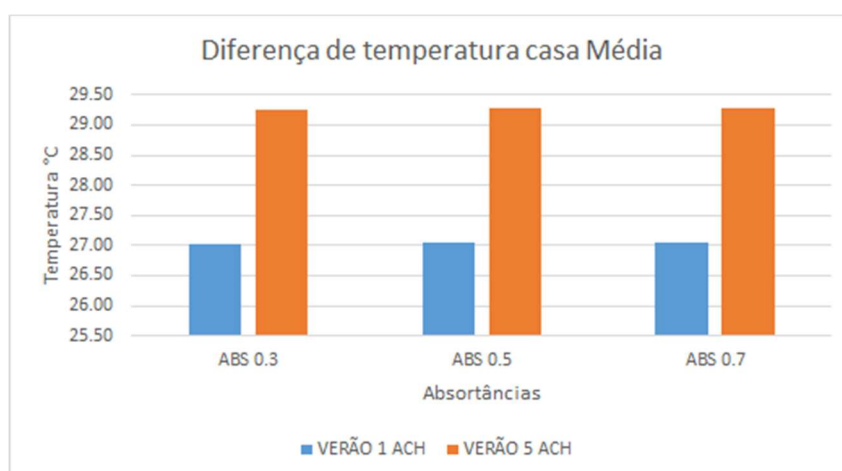
Tanto para verão quanto para inverno, a variação de temperatura interna é muito pequena, mesmo para os modelos com diferentes absortâncias solares nas paredes. Isso ocorre por ser um sistema isolado, onde o ganho de carga térmica ocorre principalmente através das aberturas (janelas). Para fazer esta avaliação a Figura 4 traz as temperaturas encontradas para o protótipo denominado “Casa M”, onde as simulações de verão foram feitas com e sem sombreamento nas janelas.



**Figura 4:** Gráfico de comparação da temperatura máxima interna da “Casa média” com e sem sombreamento na janela. Fonte: elaborado pelos autores.

Pela Figura 4 evidencia-se que a temperatura máxima interna com o sombreamento das aberturas no verão, garantiriam uma classificação Superior ao protótipo denominado “Casa M”. Isto porque a temperatura máxima interna é inferior a menos de 4°C da temperatura máxima externa de 32,7°C.

Outra avaliação feita para o verão, seguindo as recomendações da NBR 15.575, foi o aumento da renovação de ar de 1 troca por hora para 5 trocas de ar por hora. Pela Figura 5, observa-se que para o sistema construtivo de *light wood frame*, as simulações com 5 renovações de ar se mostraram menos eficientes do que simulações com 1 renovação de ar. Como o sistema construtivo pode ser considerado um isolamento térmico sem massa térmica, quanto maior for a renovação do ar interno com a temperatura do ar externo, maior a quantidade de carga térmica entrando, elevando a temperatura interna, e quase a igualando a temperatura externa.



**Figura 5:** Gráfico de comparação da temperatura máxima interna da “Casa média” com e sem sombreamento na janela. Fonte: elaborado pelos autores.

## 5. Considerações Finais

Nas simulações térmicas pela NBR 15.575, o sistema construtivo *light wood frame* apresentou resultados satisfatórios para o desempenho térmico, atingindo níveis suficientes para o inverno e níveis superiores para o verão. O sistema construtivo apresenta um bom desempenho térmico uma vez que as vedações verticais possuem material isolante, impedindo que o calor entre ou saia da edificação. Contudo, é importante ressaltar que a porcentagem de área de aberturas pode afetar o desempenho da edificação, uma vez que o calor tende a entrar em maior quantidade através das aberturas. Para percentuais de aberturas maiores que o mínimo exigido pelo Código de Obras de Florianópolis, faz-se necessário novas avaliações para determinar a eficiência da edificação.

Observa-se ainda que por se tratar de um sistema isolado quanto menor for a taxa de ventilação, melhor é o seu desempenho perante a NBR 15.575. Vale ressaltar que a norma não trata de cargas térmicas internas, e que por ser um sistema isolado o calor gerado pelos ocupantes ou equipamentos teria dificuldades para sair. Neste caso deveria ser feita uma nova avaliação do sistema para determinar a necessidade de maiores taxas de ventilação.

Por fim observa-se que os resultados da casa pequena em relação às outras casas foi variável. No inverno, por exemplo a casa apresentou um desempenho ligeiramente inferior em termos de temperatura, mas não atingiu o mínimo exigido pela normatização. Já no verão o seu desempenho foi melhor, atingindo níveis superiores de desempenho.

## Referências

- 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. 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.
- AMORIN, Silvia; VIEIRA, Roberta. Estudo comparativo da eficiência energética de uma habitação popular em alvenaria e em madeira no município de Ribeirão das Neves – MG. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.
- CBCS (CONSELHO BRASILEIRO DE CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL) (Org.). **Aspectos da Construção Sustentável no Brasil e Promoção de Políticas Públicas:**

Subsídios para a Promoção da Construção Civil Sustentável. 2014. Disponível em: <[www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel](http://www.cbcs.org.br/website/aspectos-construcao-sustentavel)>. Acesso em: 04 dez. 2018.

CMF (CÂMARA MUNICIPAL DE FLORIANÓPOLIS). **Código de Obras**. Lei complementar nº 060/2000, de 28 de agosto de 2000. Disponível em: <<http://www.cmf.sc.gov.br/legislacao>> Acesso em 05 de outubro de 2015.

ESPÍNDOLA, Luciana da Rosa. **O wood frame na produção de habitação social no Brasil**. 2017. Tese (Doutorado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) - Instituto de Arquitetura e Urbanismo, University of São Paulo, São Carlos, 2017. doi:10.11606/T.102.2017.tde-04092017-113504. Acesso em: 2018-12-01.

JOLIBOIS, A. (França) (Org.). **Improving assessment of summer thermal comfort in timber-framed buildings**. 2017. Disponível em: <<http://www.cstb.fr/en/news/detail/confort-ete-ossature-bois/>>. Acesso em: 04 dez. 2018.

OLIVER, Chadwick Dearing et al. Carbon, Fossil Fuel, and Biodiversity Mitigation With Wood and Forests. **Journal Of Sustainable Forestry**, [s.l.], v. 33, n. 3, p.248-275, 28 mar. 2014. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/10549811.2013.839386>.

TORGAL, Fernando Pacheco; JALALI, Said. **A sustentabilidade dos materiais de construção**. Vila Verde: Gráfica Vilaverdense – Artes Gráficas, Lda, 2010.

ZARA, R. B. SANTOS, V. C. GIGLIO, T. G. F. Análise do nível de eficiência energética de uma habitação em wood frame pelos métodos prescritivo e simulação do RTQ-R. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

## Agradecimentos

Ao CNPq pelas bolsas acadêmicas e ao IFSC pelos recursos disponibilizados ao projeto.