

## **Análise de Desempenho Térmico de Habitação de Interesse Social conforme a NBR 15220 e proposta de *retrofit* em madeira**

### ***Thermal Performance Analysis of Social Housing according to NBR 15220 and proposal of wood retrofit***

**Candida Pasini Pizzoni, Mestranda do Programa de Pós Graduação em Arquitetura e  
Urbanismo, Pós-Arq, UFSC.**

candida.pp@hotmail.com

#### **Resumo**

A habitação de interesse social brasileira emprega materiais de baixa qualidade ou inadequados ao local de implantação a fim de cumprir requisitos como a rapidez e o baixo custo. Ao analisar tais tipologias, requisitos mínimos de conforto térmico e desempenho ambiental não são contemplados a nível de projeto, ignorando condições bioclimáticas e geográficas do local de implantação. Diante disso, a ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, propôs a norma intitulada NBR 15220 que define métodos de cálculo para propriedades térmicas e diretrizes projetuais para cada zona bioclimática. Tendo a norma como instrumento de análise, calcula-se e avalia-se o desempenho ambiental de uma habitação de interesse social construída com sistema construtivo tradicional e propõe-se o *retrofit* dos sistemas de vedações utilizando como base um modelo proposto em madeira. Verifica-se que as construções que utilizam soluções simples, como o sistema construtivo em madeira, tornam-se uma alternativa à construção tradicional de habitação de interesse social cumprindo e potencializando os requisitos de conforto térmico propostos por norma.

**Palavras-chave:** Desempenho térmico; habitação de interesse social; NBR 15220

#### **Abstract**

*Brazilian Social Housing Brazilian interest employs low quality materials or inadequate to the deployment site in order to fulfill requirements such as speed and low cost. By analyzing such types, minimum requirements for thermal comfort and environmental performance are not covered by the project level, ignoring bioclimatic and geographical conditions of the site. Therefore, the ABNT, Brazilian Association of Technical Standards, proposed the standard entitled NBR 15220 which defines methods for calculating thermal properties and projective guidelines for each bioclimatic zone. Having a standard as an analytical tool, calculates and evaluates the environmental performance of a social housing built with traditional construction system and proposes the retrofit of seals using systems based on a model proposed in wood. It appears that the buildings that use simple solutions, such as the construction system in wood, become an alternative to traditional construction of social housing serving and enhancing the thermal comfort requirements proposed by standard.*

**Keywords:** *Thermal Performance; Social Housing; NBR 15220*

## **1. Introdução**

A Eficiência Energética na arquitetura pode ser entendida como um atributo inerente à edificação representando seu potencial em possibilitar conforto térmico, visual e acústico aos usuários com baixo consumo de energia (LAMBERTS, et. al. 1997). Diante disso, a ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, propôs uma normatização estabelecendo definições e os correspondentes símbolos relacionados com o desempenho térmico de edificações, a chamada NBR 15220 (ABNT, 2003).

A NBR 15220 apresenta um método simplificado de cálculo para a verificação de uma série de propriedades térmicas, como transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar dos elementos e componentes da edificação. Estas propriedades verificam se o sistema construtivo escolhido para as vedações verticais e cobertura atendem aos requisitos mínimos de acordo com o local de implantação do projeto e sua zona bioclimática correspondente.

A análise comparativa e proposta de *retrofit* compõe uma alternativa a fim de maximizar o nível de conforto térmico de uma HIS, bem como analisar o modo na qual ela é construída atualmente. Segundo Palermo (2009), não há inovação das técnicas construtivas ou nos materiais, recaindo sobre a construção tradicional de alvenaria de tijolos e concreto a solução mais rápida para os empreendimentos. Além disso, não se deve aceitar que em cidades que buscam a sustentabilidade existam habitações “insustentáveis” do ponto de vista funcional, técnico ou ambiental (PALERMO, 2009).

As inovações nas construções de HIS não partem do princípio de somente utilizarem materiais considerados novos na construção civil, mas da adaptação e adequação correta do material já existente ao ambiente. Segundo Bauer (2008), a anulação das características negativas apresentadas pela madeira em seu estado natural, como a umidade, faz com que esta adquira reconhecimento como um material moderno e capaz de atender as exigências técnicas recentemente desenvolvidas.

### **1.1 Objetivo**

O presente estudo tem por objetivo verificar o desempenho térmico das vedações verticais e subsistema da cobertura de uma HIS através da Norma NBR 15220 e propor um *retrofit* utilizando o modelo proposto por Espíndola (2010), em dissertação de mestrado, com HIS construída com o sistema plataforma de madeira.

### **1.2 Metodologia**

Este tópico expõe os procedimentos utilizados para estudo e avaliação do desempenho térmico da edificação de interesse social, assim como a proposta de *retrofit*. Após a análise da HIS, localizada na cidade de Criciúma, Santa Catarina, integrante do programa Minha Casa Minha Vida, do Governo Federal, avalia-se a viabilidade de readequação do projeto utilizando o modelo de vedações proposto por Espíndola (2010).

A Norma NBR 15220 apresenta recomendações quanto ao desempenho térmico de habitações unifamiliares de interesse social aplicáveis na fase de projeto. Ao mesmo tempo, estabelece um Zoneamento Bioclimático Brasileiro a fim de recomendar diretrizes construtivas e detalhamento de estratégias de condicionamento térmico passivo. Avaliam-se as propriedades térmicas – transmitância e absorvância - das paredes e coberturas através do método simplificado de cálculo proposto pela NBR 15220-3 (ABNT, 2003). Com a posse dos dados, determinam-se os fatores que podem ser modificados a fim de propor soluções para os aspectos considerados ruins do ponto de vista do conforto térmico.

O estudo justifica-se tendo em vista o baixo desempenho térmico das HIS tradicionais e a falta de aplicação da Norma de referência, a NBR 15220. Além disso, soluções simples, utilizando outros materiais, como a madeira, tornaram-se uma alternativa viável para adaptação projetual maximizando o conforto térmico dos usuários.

## **2. A Habitação de Interesse Social**

A partir de 1930, os governos começaram a tratar a questão habitacional voltada às famílias de baixa renda com programas que focam a produção desenfreada de unidades de má qualidade construtiva e funcional. Além disso, a habitação popular sempre foi postergada quanto à discussão da qualidade e da viabilidade (PALERMO, 2009).

Novos conjuntos de habitação de interesse social são construídos em todo o território nacional com o objetivo de suprir a demanda por habitação. A produção dos conjuntos foi alavancada a partir de 2007 com a criação do Programa de Aceleração do Crescimento – PAC e em 2009 com a criação do Programa Minha Casa Minha Vida. A implantação de conjuntos construídos com financiamentos federais tem sido muito significativa no cenário atual da HIS no Brasil. Ainda que os números sejam expressivos, a qualidade de tais conjuntos, principalmente nos aspectos formais e espaciais, é questionável (FERNANDES, 2014).

Com relação às técnicas construtivas e materiais empregados, Palermo (2009) destaca que não há inovação sobre a técnica tradicional de alvenaria de tijolos e concreto. Além disso, para cumprir requisitos como a rapidez, praticidade e baixo custo, materiais de baixa qualidade, mal dimensionados e com vida útil curta são incorporados à construção. A rigidez e a excessiva padronização dos projetos, aparentemente buscando a viabilidade econômica, acarretam em espaços de difícil apropriação. A qualidade é precária e muitas vezes o sistema construtivo é inadequado ao local em que será implantado (PALERMO, 2009).

## **3. O Desempenho ambiental das construções**

### **3.1 Desempenho térmico**

Um dos itens mais importantes relacionados ao desempenho ambiental das construções é o desempenho térmico. Segundo Borges (2013), quando relacionado à habitação de interesse social, as condições de conforto e desempenho ambiental não tem sido uma preocupação das políticas habitacionais.

O desempenho térmico de uma edificação é resultado da sua interação com o ambiente na qual está envolvida, ou seja, a condição de conforto em uma edificação depende das condições de exposição, como as variações climáticas, que tem como principal agente a temperatura, umidade do ar, direção dos ventos e radiação solar. Já a condição de implantação depende de fatores como latitude, longitude, topografia e orientação solar, e por fim as condições de uso, que incluem o número de ocupantes, as atividades desenvolvidas, os equipamentos utilizados, a quantidade de calor e vapor d'água produzida e a taxa de renovação de ar no ambiente (BORGES, 2013).

Além dos citados anteriormente, outro aspecto importante para o desempenho térmico da edificação são os materiais e componentes utilizados na construção. Neste sentido, grandezas como forma e dimensão da edificação, transmitância, atraso térmico, refletância à radiação solar, capacidade térmica, entre outros caracterizam o comportamento térmico de uma edificação (SPANNENBERG, 2006).

De uma maneira geral, a avaliação de desempenho térmico de uma edificação consiste basicamente em verificar se o ambiente atende ou não a um conjunto de requisitos prefixados em função das exigências do usuário quanto ao seu conforto. Duas normas brasileiras estabelecem requisitos e critérios para a avaliação do desempenho, a NBR 15220 e a NBR 15575. Neste trabalho, o método escolhido foi o proposto pela NBR 15220.

### **3.2 A NBR 15220**

A ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, propôs uma normatização para o Desempenho Térmico das Edificações, intitulada NBR 15220. A norma apresenta definições, símbolos e unidades (Parte 1) e os métodos de cálculo das propriedades térmicas, como transmitância, capacidade térmica, atraso térmico e fator solar dos elementos e componentes da edificação (Parte 2). O Zoneamento Bioclimático do Brasil e as diretrizes construtivas para as habitações unifamiliares e de interesse social fazem parte da terceira parte da norma.

O Zoneamento Bioclimático brasileiro estabelecido em norma divide o território em oito zonas, relativamente homogêneas em termos de clima. A partir do zoneamento, são definidas as recomendações e diretrizes construtivas para cada região (BORGES, 2013). A habitação de interesse social escolhida como estudo de caso localiza-se na cidade de Criciúma, sul de Santa Catarina, pertencente à Zona Bioclimática 2.

### **3.3 O estudo de caso**

A habitação a ser analisada pertence ao Santa Luzia Condomínio Residencial e possui 49,46 m<sup>2</sup> de área construída. O sistema construtivo utilizado foi paredes pré-moldadas de concreto com 10 cm de espessura sobre uma laje do tipo radier, também de concreto, conforme figura 1. O subsistema cobertura é constituído por um telhado cerâmico, com telhas do tipo portuguesa, duas águas sustentadas por uma estrutura de madeira, com 1,70 m de altura e forro de PVC, conforme figura 2. Nas janelas externas foram utilizadas esquadrias de alumínio com venezianas e vidros comuns transparentes de 4 mm. As portas são de madeira.



**Figura 1: Habitação de Interesse Social na fase de construção. Fonte: Disponível em <<http://giassi.com/construtora>> Acesso em 05 de dezembro de 2015.**



**Figura 2: Habitação de Interesse Social após conclusão da obra. Fonte: Disponível em <<http://giassi.com/construtora>> Acesso em 05 de dezembro de 2015.**

#### 4. Avaliação do sistema construtivo

##### 4.1 O método simplificado da NBR 15220

Na avaliação das características térmicas das edificações pelo método simplificado proposto pela NBR 15220 foram analisados os seguintes parâmetros: Transmitância térmica (equação (1)), Atraso Térmico (equação (2)) e Fator de Calor Solar (equação (6)).

$$U = \frac{1}{R_t} \quad (1)$$

Sendo:

$U$  – Transmitância térmica;  $R_t$  – resistência térmica total

$$\varphi = 1,382 \cdot R_t \cdot \sqrt{B_1 + B_2} \quad (2)$$

Sendo:

$\varphi$  – atraso térmico;  $B_1$ - dado pela expressão (3);  $B_2$  – dado pela expressão (4);

$$B_1 = 0,226 \cdot \frac{B_0}{R_t} \quad (3)$$

Sendo:

$B_0$  – dado pela expressão (5)

$$B_2 = 0,205 \cdot \left( \frac{(\lambda \cdot \rho \cdot c)_{ext}}{R_t} \right) \cdot \left( R_t - \frac{R_t - R_{ext}}{10} \right) \quad (4)$$

Sendo:

$\lambda$  - Condutividade térmica;  $\rho$  - Densidade de massa aparente;  $c$  - Calor específico;  $ext$  - refere-se a última camada do componente;

$$B_0 = C_t - C_{T_{ext}} \quad (5)$$

Sendo:

$C_t$  - capacidade térmica total do componente;  $C_{T_{ext}}$  - capacidade térmica da camada externa do componente;

$$FS_o = 4 \cdot U \cdot \alpha \quad (6)$$

Sendo:

$FS_o$  – fator calor solar;  $\alpha$  - Absortância à radiação solar;

Segundo a Norma, para a Zona Bioclimática 2, os tipos de vedações externas verticais devem ser leves, e leve isolada com relação à cobertura. A tabela 1 apresenta os resultados obtidos pelo cálculo das características físicas pelo método simplificado do estudo de caso em comparativo aos dados sugeridos pela norma para as paredes e cobertura da zona bioclimática em análise.

		Transmitância Térmica (W/m <sup>2</sup> .K)		Atraso Térmico (horas)		Fator de Calor Solar (%)	
		Calculado	NBR 15220	Calculado	NBR 15220	Calculado	NBR 15220
Parede		U = 4,4	U ≤ 3,00	φ = 2,7	φ ≤ 4,3	FS <sub>o</sub> = 5,3	FS <sub>o</sub> ≤ 5,0
Cobertura	Verão	U = 2,08	U ≤ 2,00	φ = 1,25	φ ≤ 3,3	FS <sub>o</sub> = 6,15	FS <sub>o</sub> ≤ 6,5
	Inverno	U = 4		-		FS <sub>o</sub> = 11,8	

**Tabela 1: Resultados a partir do cálculo das características físicas pelo método simplificado da NBR 15220 da HIS de concreto. Fonte: Elaborada pela autora.**

Tendo em vista os resultados obtidos, a transmitância térmica, definida como a quantidade de calor que passa através das vedações, a habitação foi reprovada. Nem a parede, nem a cobertura, obtiveram resultados satisfatórios, resultando em aquecimento excessivo da edificação. Com relação ao atraso térmico, que é o tempo transcorrido entre uma variação térmica em um meio e sua manifestação na superfície oposta de um componente submetido à transmissão de calor, tanto a parede quanto a cobertura obtiveram resultados satisfatórios, segundo a NBR 15220. Por fim, o Fator Calor Solar, definido como a porcentagem de energia solar que incide nas vedações externas e é transferida para o interior da edificação o resultado foi satisfatório somente na análise da cobertura na condição de verão.

Relacionado às estratégias para as aberturas de ventilação e iluminação, a zona bioclimática 2 determina que as estas possuam porcentagem de área entre 15 e 25% em relação à área de piso nos cômodos de permanência prolongada, conforme tabela 2. Como estratégia de sombreamento deve-se permitir a entrada de sol durante o inverno.

Aberturas para ventilação	
Calculado	NBR 15220
7,16%	15% < A < 25%

**Tabela 2: Análise das aberturas pelo método simplificado da NBR 15220. Fonte: Elaborado pela autora.**

A habitação em análise não é aprovada pela norma NBR 15220 neste quesito, tendo pouco menos da metade de área necessária para ventilação e iluminação. Um dos fatores agravantes é o tipo de janela escolhida, de duas folhas de correr, o que permite que somente metade do vão seja aberto.

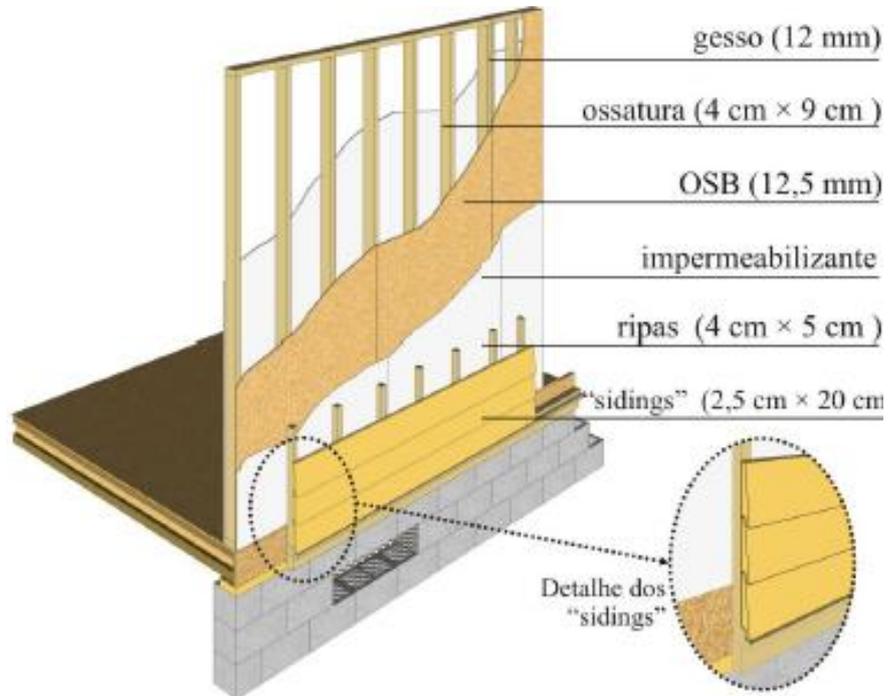
## **5. O retrofit em madeira**

A palavra *retrofit* pode ser entendida como a junção dos termos “retro”, que significa movimentar-se para trás, e “fit”, que significa adaptação, ajuste. Este processo de intervir em uma edificação pode ser realizado desde uma reforma até uma renovação completa da edificação, preservando os valores estéticos e históricos originais, além de trabalhar conceitos de sustentabilidade. Isto porque o *retrofit* busca preservar elementos que caracterizam a edificação ao invés de descartá-lo integralmente (MORAES, QUELHAS, 2012).

O processo de *retrofit* não se limita às edificações antigas. A reabilitação de edificações também se aplica quando há interesse pela substituição de sistemas ineficientes ou inadequados (MORAES, QUELHAS, 2012). Neste artigo, propõe-se a análise do projeto de HIS em madeira, sugerido por Espíndola (2010), a fim de verificar as condições de conforto térmico e viabilidade adaptação do modelo analisado.

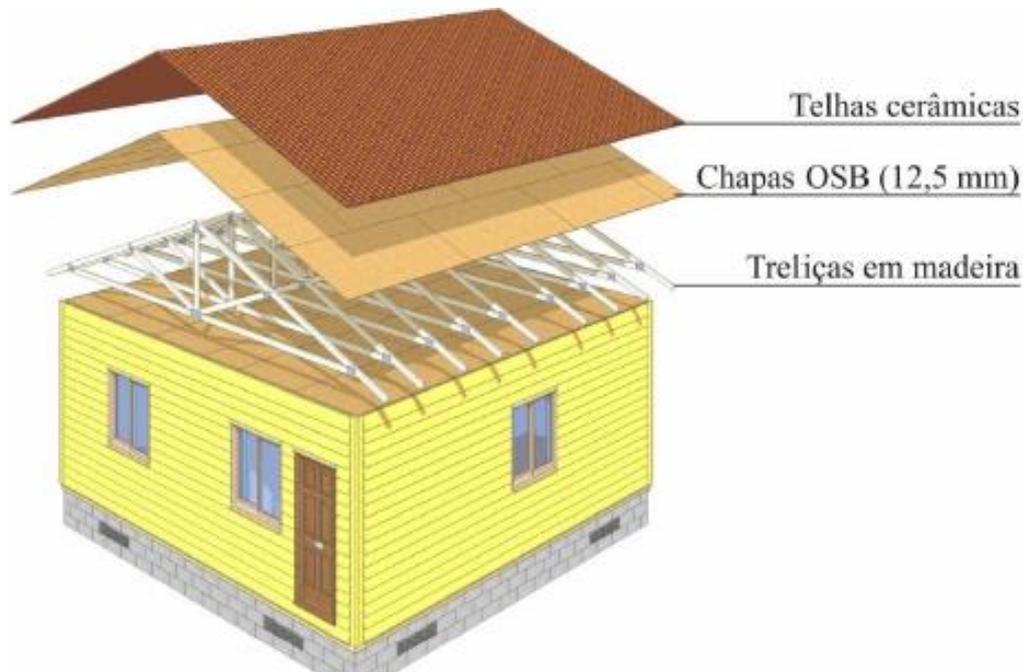
O modelo de HIS proposto por Espíndola (2010) resulta em uma edificação composta de painéis verticais, coordenados modularmente, que demonstram possibilidades de flexibilidade espacial a fim de estimular a industrialização e modernização do setor da construção de edificações em madeira. Segundo Espíndola (2010), o Sistema Plataforma em madeira é facilmente adaptado as condicionantes brasileiras.

Os painéis verticais são compostos de gesso, ossatura de pinus, chapas de OSB, impermeabilizante, ripas de pinus e revestimento externo de *sidings*, conforme figura 3. O material impermeabilizante é uma película composta de fibras de poliuretano que impede a entrada de água no painel. Esta película é aplicada sobre as chapas de OSB, evitando qualquer abertura e passagem de umidade. O material de revestimento externo, chamado *siding*, é composto por várias tábuas de pinus tratado com CCA, arseniado de cobre cromatado, e tem por objetivo a proteção contra as intempéries. Estes são fixados em ripas a fim de garantir a ventilação da parede (ESPÍNDOLA, 2010).



**Figura 3: Detalhe dos elementos da vedação vertical. Fonte: Espíndola, 2010.**

O subsistema cobertura da HIS é composto por treliças pré-fabricadas em madeira, chapas de OSB e telhas cerâmicas, conforme figura 4.



**Figura 4: Composição da cobertura. Fonte: Espíndola, 2010.**

## 5.1 Análise dos resultados

A fim de verificar a viabilidade de *retrofit* da HIS analisada pelo modelo proposto por Espíndola (2010), as características térmicas das edificações também foram calculadas pelo método simplificado proposto pela NBR 15220, sendo analisados os parâmetros de Transmitância térmica, Atraso Térmico e Fator de Calor Solar, conforme tabela 3.

		Transmitância Térmica (W/m <sup>2</sup> .K)		Atraso Térmico (horas)		Fator de Calor Solar (%)	
		Calculado	NBR 15220	Calculado	NBR 15220	Calculado	NBR 15220
Parede		U = 1,21	U ≤ 3,00	φ = 5,75	φ ≤ 4,3	FS <sub>o</sub> = 1,45	FS <sub>o</sub> ≤ 5,0
Cobertura	Verão	U = 1,66	U ≤ 2,00	φ = 2,07	φ ≤ 3,3	FS <sub>o</sub> = 4,91	FS <sub>o</sub> ≤ 6,5
	Inverno	U = 3,46		-		FS <sub>o</sub> = 10,2	

**Tabela 3: Resultados a partir do cálculo das características físicas pelo método simplificado da NBR 15220 da HIS de madeira. Fonte: Elaborado pela autora.**

Com relação à transmitância térmica, a HIS obteve resultados satisfatórios, com exceção da cobertura na condição de inverno. Com relação ao atraso térmico, a cobertura na situação calculada obteve resultado satisfatório. Já com relação a parede, esta levaria mais tempo do que o recomendado para a transmissão de calor. Por fim, com relação ao Fator Calor Solar, o resultado foi satisfatório nas paredes e na cobertura na condição de verão. Já na análise da cobertura na situação de inverno, a porcentagem de calor transferida para o interior da edificação é superior à definida pela NBR 15220.

## 6. Conclusões e Discussões

A partir das análises feitas posteriores ao cálculo proposto pela NBR 15220 verificou-se que o modelo proposto pro Espíndola (2010) obteve um número superior de parâmetros satisfatórios de acordo com os propostos pela norma, caracterizando o *retrofit* como uma alternativa viável. Ao analisar os três índices que estiveram em desacordo com a norma, verifica-se que a Transmitância Térmica e o Fator de Calor Solar da cobertura no período de inverno foram superiores ao valor normatizado, sugerindo um aquecimento maior que o necessário.

De acordo com a NBR 15220-3, as estratégias de condicionamento térmico passivo para a Zona Bioclimática 2 são a utilização de ventilação cruzada no período de verão e vedações internas pesadas, fazendo o uso da inércia térmica no período de inverno. A

norma ressalta ainda que nos períodos mais frios do ano, o condicionamento passivo será insuficiente, sendo necessário o condicionamento mecânico por meio de aquecedores.

Diante desses dados, pode-se afirmar que o modelo de vedação vertical e cobertura proposto por Espíndola (2010), utilizando o sistema plataforma de madeira, cumpre a função de aquecer mais o ambiente no período de inverno, estando de acordo com a estratégia de condicionamento térmico passivo sugerido pela norma NBR 15220. Além de atender a norma de desempenho de uma forma satisfatória, o modelo sugere melhor adequação às diretrizes projetuais de uma HIS, permitindo maior flexibilidade e rapidez construtiva.

Relacionado à sustentabilidade do método construtivo, o modelo proposto mostra-se mais sustentável ao utilizar a madeira. Isso porque o sistema construtivo em madeira ou com materiais a base de madeira requerem menos energia e emitem menos CO<sub>2</sub> durante sua vida útil, resultando em menos demanda energética nas etapas do seu ciclo de vida. Além disso, o alto potencial de reciclagem do material, faz com que ele possa ser reutilizado ou adaptado à um novo uso.

## 7. Referências

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações – Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações.** Rio de Janeiro, 2003a. 21 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações – Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** Rio de Janeiro, 2003b. 21 p.

BAUER, L. A. Falcão. **Materiais de construção.** Vol. 2. 5. ed. revisada. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

BORGES, Raphael Melo. **Análise de desempenho térmico e acústico de unidades habitacionais construídas no conjunto habitacional Benjamin José Cardoso em Viçosa-MG.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2013.

ESPÍNDOLA, Luciana da Rosa. **Habitação de Interesse Social em madeira conforme os princípios de coordenação modular e conectividade.** Tese. UFSC Engenharia Civil, Florianópolis, 2010.

FERNANDES, Bruna M. B; CROCETTA, Juliana S; MAZZUCO, Amanda F; AMARO, Ranieri L; VIEIRA, Jorge L. FRANÇA, Ademir; TRINDADE, Larissa C.

**Habitação de interesse social em Criciúma – SC: análise comparativa de estudos de caso.** Revista de Arquitetura da IMED, v. 3, n.2, 2014, p. 126-137.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência Energética na Arquitetura.** São Paulo: PW Editores, 1997.

MORAES, Virgínia T. F; QUELHAS, Osvaldo L. G. **O desenvolvimento da metodologia e os processos de um “retrofit” arquitetônico.** Sistemas & Gestão. V. 7, n° 3, 2012, p. 448-461.

PALERMO, Carolina. **Sustentabilidade social do Habitar.** Florianópolis: Ed. Da autora, 2009.

SPANNERNBERG, Mariane Gampert. **Análise de desempenho térmico, acústico e lumínico em habitação de interesse social: Estudos de caso em Marau-RS.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2006.