

## Wood Frame Housing System: Case Study and Application Potential for Low-Cost Housing in Foz do Iguaçu

**Bárbara Brauhardt**

*Federal University of Latin American Integration, Department of Civil Engineering of Infrastructure,  
Foz do Iguaçu (PR), Brazil*

[barbara.brauhardt@aluno.unila.edu.br](mailto:barbara.brauhardt@aluno.unila.edu.br)

**Helenice Maria Sacht**

*Federal University of Latin American Integration, Department of Civil Engineering of Infrastructure,  
Foz do Iguaçu (PR), Brazil*

[helenice.sacht@unila.edu.br](mailto:helenice.sacht@unila.edu.br)

**Luís Bragança**

*University of Minho, School of Engineering, Department of Civil Engineering, Guimarães, Portugal*

[braganca@civil.uminho.pt](mailto:braganca@civil.uminho.pt)

**Cesar Rodrigo Faraone Wing Chong**

*Federal University of Latin American Integration, Department of Civil Engineering of Infrastructure,  
Foz do Iguaçu (PR), Brazil*

[cesar.chong@aluno.unila.edu.br](mailto:cesar.chong@aluno.unila.edu.br)

**ABSTRACT:** The lack of housing in Brazil is around 5,430 million. Nowadays, this problem is one of the biggest challenges of the country. This situation must encourage the research of technological solutions for the production of satisfactory performance houses. Wood Frame housing system could be an option. It is used in North America, Asia and Europe and now is opening space in Latin America, countries like Chile and recently in Brazil. The system presents quick execution and less waste, and also high quality control. A case study was realized for wood frame low-cost houses, mainly about the thermal performance of the walls and to verify the application potentiality of Wood Frame low-cost houses in the city of Foz do Iguaçu-PR. This study was conducted through the execution on-site case study, evaluation of housing execution parameters in residential buildings in which the system was used. Thermal properties were determined for walls and the results analyzed based on parameters of the climate of Foz do Iguaçu-PR and NBR15220 standards and NBR15575. Furthermore, were scored general aspects, such as implantation, type of structure, roof system, electrical and plumbing installations. The technical feasibility of the Wood Frame system for low-cost housing is expected to be affirmed for Foz do Iguaçu-PR, aiming to decrease execution time and confirming sustainability conditions that can be achieved with the system use.

**Keywords** *Construction systems; Thermal performance; Low-cost housing; Wood Frame.*

## 1. INTRODUÇÃO

A carência habitacional é um dos maiores desafios enfrentados pelo Brasil e deve impulsionar o estudo de soluções tecnológicas para a produção e/ou reabilitação de habitações que atendam a demanda de moradias e que ao mesmo tempo tenham um desempenho satisfatório, seja por meio de melhorias em sistemas construtivos aplicados no Brasil, ou pela inserção de novas tecnologias (Sacht, 2008).

Neste contexto, se insere o sistema construtivo em *wood frame*. Nos Estados Unidos, esse sistema é responsável por 95% das casas construídas. Países como Chile e Venezuela têm investido na utilização do *wood frame* para construção de casas populares de 40 a 60 m<sup>2</sup>, devido à otimização da gestão da produção das edificações com um alto controle de qualidade e a redução nos prazos de entrega e custos das habitações. No Brasil, essa tecnologia chegou há cerca de 20 anos como uma alternativa em sistemas construtivos industrializados para produção de habitação de baixo custo em larga escala e de interesse social, em regiões produtoras de madeira (Lacerda, 2014).

O sistema construtivo em *wood frame* é industrializado, estruturado em perfis de madeira plantada tratada, formando painéis de pisos, paredes e telhado que são combinados e/ou revestidos com outros materiais, com a finalidade de aumentar o conforto térmico e acústico, além de proteger a edificação das intempéries e fogo (Molina, Junior, 2010). Normalmente é composto por elementos estruturais de pinus, placas OSB (*oriented strand board*), membrana hidrófuga, placas cimentícias, gesso acartonado e revestimentos. Assim como nos demais métodos de construção à seco, no *wood frame* também é possível a utilização de fundações mais rasas como o radier e a sapata corrida, gerando economia de material (diminuição de armadura e volume de concreto), de tempo de execução e no custo da mão de obra.

Por se tratar de um sistema construtivo industrializado, a construção em *wood frame* reduz o desperdício, que por sua vez é altamente impactante nos sistemas tradicionais. Há o ganho de produtividade vinculado a obras limpas e secas, além da facilidade de manuseio dos elementos estruturais e de fechamento, demandando menos esforços dos operários. Além disso, o sistema em *wood frame* permite a execução de qualquer tipo de projeto, desde casas populares à construções com alto padrão de acabamento (Molina, Junior, 2010).

De acordo com a *Canada Mortgage and Housing Corporation* (CMHC, 2014), quando bem projetado e construído, o sistema apresenta durabilidade, facilidade e rapidez de construção e reforma; e por ser construído em madeira e a mesma ser um isolante, oferece redução de custos com aquecimento e arrefecimento, além de ser adaptável a diferentes tipos de clima, que podem variar entre quente e úmido, a climas extremamente frios, dentre outras características. Quanto ao desempenho, como qualquer outro sistema de construção, o sistema em *wood frame* requer cuidados razoáveis em sua concepção e construção, para que possa proporcionar abrigo por um longo tempo, conforto e segurança.

Na Figura 1a, apresenta-se três habitações hipotéticas utilizando sistemas construtivos em madeira, aço e concreto, na qual foram comparados projeto e áreas equivalentes. Os resultados da avaliação apresentam a poluição do ar, resíduos sólidos, uso de recursos,

energia e os potenciais de aquecimento global e poluição da água durante os primeiros 20 anos de funcionamento das habitações. Os resultados mostram que os valores são menores para a construção em madeira em relação aos demais sistemas avaliados. A Figura 1b apresenta uma comparação entre uma parede exterior típica e cinco alternativas de sistemas construtivos em relação ao desempenho ambiental, especificamente consumo energético, mudanças climáticas e poluição do ar (Green, 2014).

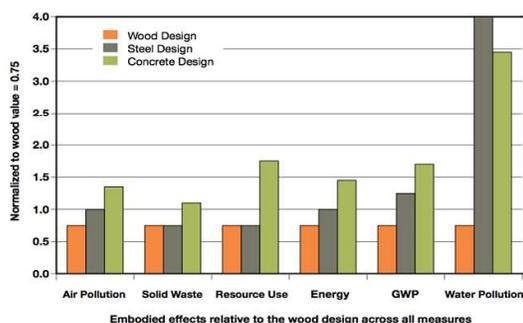
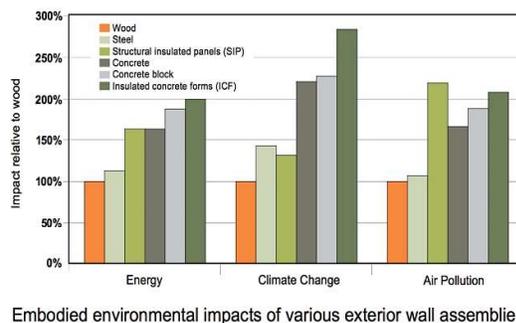


Figura 1a. Dados compilados pela FPIinnovations, Forintek Division usando o programa ATHENA EcoCalculator para Vancouver, British Columbia. Green, 2014.



Embodied environmental impacts of various exterior wall assemblies

Figura 1b. Dados compilados pelo Canadian Wood Council usando o programa ATHENA EcoCalculator para Toronto, Ontario. Green, 2014.

Para o emprego de vedações verticais adequadas é fundamental verificar as características climáticas de cada região. É importante obter as características das mesmas em relação à transmissão de calor, que ocorre, por convenção, quando há uma diferença de temperatura entre suas superfícies, ou seja, entre interior e exterior da edificação. Portanto, o sentido do fluxo de calor numa parede será sempre da superfície mais quente para a superfície mais fria. Diante desse aspecto, ao ser utilizado um tipo de vedação vertical, cabe ao profissional especificá-lo de forma a evitar ganhos excessivos no verão e perdas durante o inverno.

Numa pesquisa realizada por Alvarez e Vittorino (1993) foram monitorados módulos de madeira implantados na Antártida, no qual foi constatado que a temperatura do ar interior eleva-se rapidamente ao iniciar-se a ação de fontes internas de calor e reduz-se da mesma forma quando desativadas. A este fato atribuiu-se a característica de baixa inércia térmica dos fechamentos, sendo que tal característica é determinada pela presença de componentes de alta resistência térmica e inexistência de elementos que apresentam elevada capacidade térmica.

Segundo Giglio (2005), um dos fatores que contribui para a alta resistência térmica dos painéis é o fato da madeira de ser má condutora de calor. Materiais de baixa condutividade térmica apresentam alta resistência térmica. Complementa-se ainda que a possibilidade de preenchimento do painel por isolante térmico como a lã de vidro favoreça ainda mais o aumento da resistência térmica.

Diante de suas características, o sistema *wood frame* é promissor quanto à redução de prazos de entrega, redução de desperdícios e elevado controle de qualidade, além de utilizar madeira de reflorestamento como matéria-prima de produção, característica que o torna um sistema construtivo extremamente competitivo em relação à rapidez e

sustentabilidade das construções, quando comparado com demais sistemas aplicados atualmente na construção civil brasileira.

Com base nisso, foi realizado um estudo de caso sobre um sistema construtivo em *wood frame*, e a determinação das propriedades térmicas principais das vedações verticais do sistema, que é destinado à habitação de interesse social, de forma a verificar a potencialidade de aplicação de tal sistema na cidade de Foz do Iguaçu-PR, considerando as recomendações das normas NBR 15220 (ABNT, 2005), NBR15575-1 (ABNT, 2013a) e NBR15575-4 (ABNT, 2013b).

## 2. METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste estudo, foi realizado um estudo de caso *in loco*, avaliando parâmetros de execução de tipologias residenciais nas quais o sistema foi utilizado, numa empresa na cidade de Curitiba. Por questões de privacidade, o nome da empresa cujo sistema foi estudado não será mencionado no presente artigo e a mesma será identificada apenas como “Empresa A”.

A metodologia utilizada nesse estudo incluiu: i. Estudo de normas norteadoras; ii. Elaboração de um roteiro para servir de parâmetro ao estudo de caso; iii. Realização de estudo de caso, na Empresa A; e iv. Cálculo das propriedades térmicas das paredes de vedação, baseado nas Normas Técnicas Brasileiras NBR 15220 (ABNT, 2005), NBR15575-1 (ABNT, 2013a) e NBR15575-4 (ABNT, 2013b) e no ITE-50 (SANTOS, MATIAS, 2006).

### 2.1 Estudo de Normas Norteadoras

Para a realização do presente trabalho foi necessário o estudo das seguintes Normas Brasileiras Regulamentadoras (NBRs): NBR 15220: Desempenho térmico de edificações - Parte 2, que estabelece procedimentos para o cálculo das propriedades térmicas (resistência, transmitância, e capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar) de elementos e componentes de edificações (ABNT, 2005), onde foi observado o item 4.1 referente à determinação da resistência térmica; o item 4.2 referente à determinação da transmitância térmica das paredes e o item 8, referente ao fator de ganho solar de elementos opacos. Esses itens apresentam os métodos para o cálculo de tais propriedades.

Na norma NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais (ABNT, 2013a), foi observado o item 11, referente ao desempenho térmico e por fim na NBR 15575 Parte 4 (ABNT, 2013b), que trata sobre os requisitos de sistemas de vedações internas e externas das edificações foi observado o item 11, referente ao desempenho térmico das vedações verticais externas, principalmente o subitem 11.2.1 Critério – Transmitância térmica de paredes externas, no qual são apresentados valores máximos admissíveis para a transmitância térmica das paredes, de acordo com a absorvância à radiação solar da superfície externa da mesma e zona bioclimática na qual a habitação se insere.

O ITE 50: Coeficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios é uma publicação produzida pelo Laboratório Nacional de Engenharia Civil (LNEC) de Lisboa-Portugal, destinada a apoiar a realização de estudos no âmbito do desempenho

térmico dos edifícios e a aplicação do Regulamento das Características de Comportamento Térmico dos Edifícios (RCCTE) de Portugal (SANTOS, MATIAS, 2006), mas apesar de ser de outro país, apresenta informações importantes para a presente pesquisa.

## 2.2 Elaboração do Roteiro para o Estudo de Caso

A ideia inicial do presente trabalho foi realizar um estudo de caso em habitações construídas em *wood frame*, de forma a visualizar a aplicação do sistema na prática. Porém, a ênfase maior do estudo foi visitar a fábrica da “Empresa A”, onde foi possível acompanhar parte do processo de montagem/fabricação de um painel de parede.

Para a realização do estudo de caso, foi elaborado um roteiro em busca de obter os principais aspectos construtivos do sistema analisado, para aprimorar o conhecimento sobre o sistema, bem como, especificamente para obter características da composição do painel das vedações verticais, necessárias para o cálculo das propriedades térmicas (Fig. 1). Foram observados aspectos gerais, tais como: tipologia construída, tipo de fundação empregada, revestimentos, composição de paredes externas e internas, esquadrias, instalações elétricas e hidráulicas, tipo de forro e cobertura. Também foram obtidos documentos complementares para aprofundamento do estudo de caso, principalmente o documento de avaliação técnica “*Sistema de vedação vertical leve em madeira*” (PBQP, 2015).

ASPECTOS CONSTRUTIVOS				
Tipologia	<input type="checkbox"/> Térrea <input type="checkbox"/> 2 pavimentos    Outro: _____			
Fundação	<input type="checkbox"/> Radier <input type="checkbox"/> Sapata Corrida <input type="checkbox"/> Outro: _____			
Estrutura	Aspectos relevantes da estrutura em madeira: _____			
Revestimento do Piso	<input type="checkbox"/> Cerâmico <input type="checkbox"/> Cimento Liso <input type="checkbox"/> Madeira <input type="checkbox"/> Outro: _____			
Paredes Externas	Camada	Ordem	Material	Espessura (mm)
	Painel estruturado			
	Isolamento térmico- acústico			
	Chapa de OSB			
	Membrana hidrófuga			
	Placa Cimentícia			
	Acabamento			
Paredes Internas	Camada	Ordem	Material	Espessura (mm)
	Painel estruturado			
	Isolamento térmico- acústico			
	Chapa de OSB			
	Placa de gesso acartonado			
	Acabamento			
	Parede completa			
Esquadrias	Tipo	Material	Dimensões (mm)	
	Janelas			
	Portas			
Instalações Elétricas e Hidráulicas	<input type="checkbox"/> Tubulação embutida <input type="checkbox"/> Tubulação aparente			
Forro	<input type="checkbox"/> Madeira, tipo _____ <input type="checkbox"/> PVC <input type="checkbox"/> Gesso <input type="checkbox"/> Outro: _____			
Cobertura	<input type="checkbox"/> Estrutura metálica <input type="checkbox"/> Estrutura em madeira			
	Tipo de telha:			
	<input type="checkbox"/> Cerâmica <input type="checkbox"/> Metálica <input type="checkbox"/> Fibrocimento <input type="checkbox"/> Outro: _____			
Espessura da telha: _____				

Figura 2. Roteiro de estudo de caso.

O sistema em *wood frame* executado pela “Empresa A” é de tipologia térrea, podendo ser isoladas ou geminadas. Por se tratar de um sistema leve, possui fundação do tipo radier e o revestimento utilizado no piso é do tipo cerâmico.

A composição das paredes desse sistema se dá da seguinte forma: as paredes estruturais do sistema são formadas por quadros estruturais em madeira serradas autoclavadas do

tipo pinus de seções 38x89mm para paredes externas, 38x89mm ou 38x70mm para paredes internas e 38x140mm para paredes de geminação, onde a base dos quadros é envolvida por manta asfáltica impermeabilizante até uma altura de 200mm.

A parede externa com espessura nominal de 135mm é composta por chapas de OSB (*oriented strand board*) estrutural de classe 2 de 9,5mm de espessura, membrana hidrófuga (barreira impermeável à água e permeável ao vapor) de 0,9mm de espessura, placas cimentícias de no mínimo classe A3 de 8mm de espessura com uma demão de selador acrílico e por fim o acabamento, em textura acrílica.

A parede interna com espessura nominal de 135 ou 105mm é composta por chapas de OSB de 9,5 mm de espessura, placas de gesso acartonado para drywall de 12,5 mm de espessura em ambos os lados da parede, onde em áreas secas é utilizada a placa de gesso acartonado do tipo Standard (ST) com acabamento em acrílica e em áreas molhadas/molháveis é utilizada a placa de gesso acartonado do tipo resistente à umidade (RU) com acabamento e revestimento cerâmico até uma altura de 1500mm, seguido de pintura acrílica. As esquadrias são compostas por janelas de alumínio, com dimensões de 1200x1200mm para dormitórios e 1600x1200mm para salas; as portas e batentes são em alumínio ou madeira, com dimensões de 800x2100mm para dormitórios. As instalações elétricas e hidráulicas são embutidas nos painéis de parede.

Além disso, as paredes do sistema atendem aos requisitos de segurança ao fogo: “dificultar a ocorrência de princípio de incêndio e dificultar a inflamação generalizada”. As faces externas e internas das paredes são constituídas por placas cimentícias e chapas de gesso acartonado, respectivamente, consideradas incombustíveis e atendem aos requisitos de propagação superficial de chamas, permitindo condições adequadas para restringir o rápido crescimento do incêndio (PBQP-H, 2015).

Finalmente, a cobertura do sistema pode ser em estrutura metálica ou em madeira, com telhado em telha cerâmica de 20mm de espessura, com fechamento em forro de PVC com 8mm de espessura e sobre o forro é posicionada manta de lã de vidro com 89mm de espessura.

### 2.3 Cálculo das Propriedades Térmicas das Paredes de Vedação

Nessa etapa do trabalho foram determinadas as propriedades térmicas do painel utilizado no sistema *wood frame*, especificamente, transmitância térmica, resistência térmica e o fator de ganho de calor solar, com base na NBR 15220-2 (ABNT, 2005), que apresenta métodos de cálculo de tais propriedades, assim como valores mínimos recomendados a serem atendidos para cada zona bioclimática brasileira; de forma a verificar se o painel atende às recomendações para a zona bioclimática 3, na qual a cidade de Foz do Iguaçu está inserida.

De acordo com a NBR 15575: Parte 1, a edificação habitacional deve reunir características que atendam aos requisitos de desempenho térmico (ABNT, 2013a), de acordo com as indicações para as zonas bioclimáticas. A cidade de Foz do Iguaçu está inserida na zona bioclimática 3. Para esta zona, a NBR 15575-4 (ABNT, 2013b) recomenda que o valor máximo admissível da transmitância térmica das paredes externas deve ser:

- $U \leq 3.7$  para superfícies com absorvância à radiação solar da superfície externa da parede  $\alpha \leq 0.6$ ;

- $U \leq 2.5$  para superfícies com  $\alpha > 0.6$ .

Nesse estudo de caso, foi admitida uma absorvância à radiação solar da superfície externa da parede clara, com  $\alpha=0.3$ , sendo aplicável a condição  $U \leq 3.7$ .

A resistência térmica é a propriedade do material de resistir à passagem de calor. É definida como o quociente da diferença de temperatura verificada entre as superfícies de um elemento ou componente construtivo pela densidade de fluxo de calor, em regime estacionário e foi determinada para cada camada das paredes. A resistência térmica total é o somatório do conjunto de resistências térmicas correspondentes às camadas das paredes, incluindo as resistências superficiais interna e externa. A resistência térmica superficial interior ( $R_{si}$ ) para fluxo de calor horizontal considerada foi de  $0,13 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$  e a resistência térmica superficial exterior ( $R_{se}$ ) de  $0,04 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ , obtidas na NBR 15220, Parte 2 (ABNT, 2005). Na prática, a resistência térmica representa a capacidade do material em resistir ao fluxo de calor. Quanto maior o seu valor, melhor isolante é o material. Já a transmitância térmica, indica a capacidade do material em ser atravessado pelo calor.

O fator de ganho de calor solar ou fator solar do painel, que é o quociente da taxa de radiação solar transmitida através do painel pela taxa da radiação solar total incidente sobre a superfície externa do mesmo também foi determinado. Os resultados foram analisados tendo como base as indicações das normas norteadoras citadas na seção 2.1.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1 Estudo de Caso

As informações obtidas sobre o sistema construtivo em *wood frame* foram baseadas nas observações de visita *in loco*, juntamente com os dados obtidos no documento técnico sobre o sistema (PBQP-H, 2015). Para melhor visualização da composição das paredes estudadas, apresenta-se um corte, nos quais é possível identificar as camadas e respectivas espessuras, para paredes externas e internas (Fig. 3a-b).

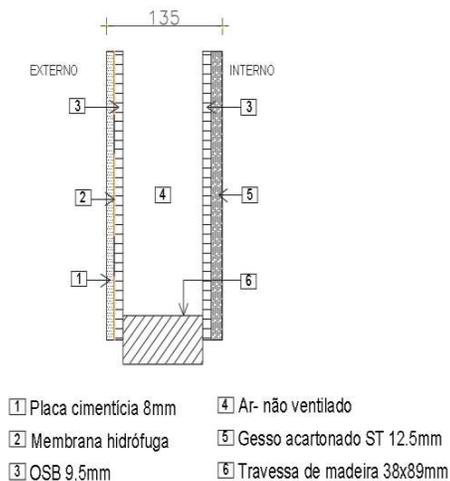


Figura 3a. Composição da parede externa de áreas secas.

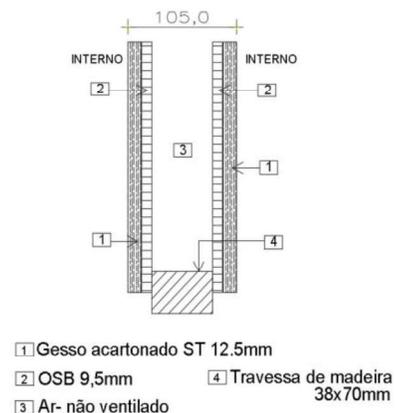


Figura 3b. Composição da parede interna.

### 3.2 Propriedades Térmicas

A Tabela 1 apresenta os dados calculados de todas as camadas das paredes externas e internas utilizadas no sistema construtivo analisado e os respectivos resultados dos valores de resistência térmica, transmitância térmica e fator de ganho de calor solar.

Tabela 1. Cálculo das Propriedades Térmicas.

	Camadas	Espessura (mm)	Condutividade Térmica $\lambda$ W/(m.K)	R Camadas (m <sup>2</sup> .K)/W	R Total* (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)	U (W/m <sup>2</sup> .K) NBR 15575	FSO (%)
<b>Parede Externa</b>	Placa cimentícia	8.0	0.35	0.023				
	Membrana Hidrófuga (Polipropileno)	1.0	0.22	0.005				
	OSB	9.5	0.13	0.073	0.55	1.82	≤ 3.7	2.18
	Camada Ar (não ventilada)	89	-	0.170			Atende à Norma	
	OSB	9.5	0.13	0.073				
	Gesso acartonado	12.5	0.35	0.036				
	Camadas	Espessura (mm)	Condutividade Térmica $\lambda$ W/(m.K)	R Camadas (m <sup>2</sup> .K)/W	R Total* (m <sup>2</sup> .K)/W	U W/(m <sup>2</sup> .K)	U (W/m <sup>2</sup> .K) NBR 15575	FSO (%)
<b>Parede Interna</b>	Gesso acartonado	12.5	0.35	0.036				
	OSB	9.5	0.13	0.073				
	Ar (não ventilado)	61	-	0.170	0.56	1,79	≤ 3.7	2.15
	OSB	9.5	0.13	0.073			Atende à Norma	
	Gesso acartonado	12.5	0.35	0.036				

\* A resistência térmica superficial interior (R<sub>si</sub>) para fluxo de calor horizontal considerada foi de 0,13 (m<sup>2</sup>.K)/W e a resistência térmica superficial exterior R<sub>se</sub> de 0,04 [(m<sup>2</sup>.K)/W, obtidas na NBR 15220, Parte 2 (ABNT, 2005).

A NBR 15220 (ABNT, 2005) considera um incremento mínimo de 0.14 (m<sup>2</sup>.K)/W na resistência térmica de paredes com câmara de ar, e máximo de 0.37 (m<sup>2</sup>.K)/W, quando a superfície apresenta baixa emissividade. Os valores variam conforme a espessura da câmara de ar. No caso do presente trabalho foi considerado um incremento de 0.17(m<sup>2</sup>.K)/W, pois a camada de ar tem espessura maior que 5cm e trata-se de superfície de alta emissividade.

Para regiões quentes e úmidas como o caso de Foz do Iguaçu, Givoni (1976) indica que, a resistência térmica de paredes externas é vantajosa dentro de certos limites, que compreendem minimizar o fluxo de calor exterior. Sendo que, por meio de isolantes, é possível manter a temperatura da superfície interna das paredes externas, muito próximas da temperatura interna.

Ao comparar uma parede de tijolos com uma parede leve, como no caso da parede analisada, tem-se que uma parede de tijolos apresenta maior massa, fazendo com que ocorra um comportamento térmico de inércia, ou seja, no verão, o tijolo retém calor durante todo o dia e à noite continua liberando calor lentamente para o interior da edificação, mantendo o ambiente aquecido e conseqüentemente aumentando a necessidade de consumo de energia para resfriamento. Porém no inverno, auxiliará na manutenção do aquecimento do interior, uma vez que continuará liberando calor lentamente para o interior. Já nas paredes do sistema *wood frame*, a composição

multicamadas leve, faz com que a condutividade seja reduzida e ocorra a ausência de inércia térmica.

As camadas de materiais leves, com baixa densidade e porosos, apresentam a capacidade de reduzir a transferência de calor pelo fato do ar no interior desses poros ter baixa condutividade térmica ( $\lambda$ ), esse aspecto ocorre da mesma forma quando se tem uma câmara de ar interna no interior de paredes.

Segundo dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) (IPT, 2007), uma parede composta por tijolos de compósito mineral e rejunte do mesmo material apresenta uma resistência térmica média de  $0.16(\text{m}^2.\text{k})/\text{W}$ . As paredes analisadas apresentam 0.55 e 0.56  $(\text{m}^2.\text{k})/\text{W}$ , ou seja, cerca de 4 vezes superior à resistência de uma parede de tijolos, o que garante melhor isolamento térmico.

Além disso, a transmitância térmica (U) aceita para a região de Foz do Iguaçu (Zona Bioclimática 3), a qual faz parte da zona bioclimática 3 seria de até  $U \leq 3.7 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ . O valor obtido para as paredes do sistema *wood frame* analisado é de 1.82 e 1.79  $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$ , valor inferior se comparado à de paredes de concreto maciça com 10cm de espessura, por exemplo, que chegam a 4.4  $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$  (NBR15220-3:2003). Sendo assim, as paredes avaliadas, resistem cerca de 2.5 vezes mais à transferência de calor. Para melhor desempenho térmico das paredes do sistema, poderiam ainda ter sido utilizados como preenchimento interno das mesmas rolos e/ou painéis de lã de vidro, lã de rocha ou lã de pet.

#### 4. CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo contribuem para expandir o conhecimento sobre as características do sistema construtivo em *wood frame*, que apresenta muitas vantagens, quando comparado aos sistemas convencionais, também em relação ao desempenho térmico de suas paredes. A composição de paredes analisadas mostraram-se adequadas para aplicação no clima da cidade de Foz do Iguaçu, mesmo a parede destinada ao interior, quando verificadas as características térmicas.

Há ainda a necessidade de maiores estudos por meio de medições ou execução de simulações computacionais, que ainda estão em desenvolvimento, de forma a verificar de forma mais completa o desempenho térmico das paredes, porém, a tendência é que o sistema seja aprimorado cada vez mais no Brasil em um curto período de tempo, de forma a ser uma técnica difundida como a alvenaria convencional, sendo necessários novos estudos para se obter informações mais detalhadas sobre o sistema *wood frame*.

#### REFERÊNCIAS

- Alvarez, C. E. & Vittorino, F. 1993. Comportamento Térmico de Módulos em Madeira Implantados pelo Brasil na Antártica. In: *Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído*, 1993, Florianópolis. Anais do II ENCAC.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), 2005. *NBR 15220: Desempenho térmico de edificações. Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e de componentes de edificações*. Rio de Janeiro.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2013a. *NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais*. Rio de Janeiro.

- Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). 2013b. *NBR 15575: Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 4: Requisitos para os sistemas de vedações verticais internas e externas - SVVIE*. Rio de Janeiro.
- Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC). 2014. *Canadian Wood-Frame House Construction*.
- Giglio, T. G. F. 2005. *Avaliação do desempenho térmico de painéis de vedação em madeira para o clima de Londrina*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento), Universidade Estadual de Londrina.
- Givoni, B. 1976. *Man, Climate and Architecture*. London: Applied Science, Chapter 17 – Principles of Design and Selection of Materials to Adapt Building to Climate.
- Green Wood Building. ARCH 5334-002: Advanced Studies in Construction Technology Texas Tech University College of Architecture. 2014. Disponível em: <http://www.arch.ttu.edu/courses/2014/spring/5334/Students/Huang/15/Default.htm> Acesso em: 20 Jun. 2016.
- Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT). 2007. *Relatório Técnico N° 96 167-205: Determinação de Resistência Térmica de Paredes*.
- Lacerda, J. F. S. B. 2014. *Avaliação da sustentabilidade na Construção Civil dos sistemas construtivos convencional e industrializado no Brasil*. Dissertação de Mestrado Profissional (Mestrado Profissional em Produção), Instituto Tecnológico de Aeronáutica, ITA. São José dos Campos.
- Molina, J. C.; Junior, C. C. Sistema construtivo em Wood Frame para casas de madeira. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas, Londrina, v.31, n.2, p. 143-156, jul./dez. 2010*. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/semexatas/article/viewFile/4017/6906>>. Acesso em: 15 Jun. 2016.
- Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). 2015. *DATEc N 020-A: Sistema de vedação vertical leve em madeira*. Sistema Nacional de Avaliações Técnicas - SINAT. Disponível em: <http://pbqp-h.cidades.gov.br/download.php?doc=19de4466-9c65-4800-9d13-0d26477fca94&ext=.pdf&cd=2906> Acesso em: 20 Jun. 2016
- Sacht, H. M. 2008. *Painéis de vedação de concreto moldados in loco: avaliação de desempenho térmico e desenvolvimento de concretos*. Dissertação (Mestrado em Arquitetura, Urbanismo e Tecnologia) – Universidade de São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-17102008-114925/pt-br.php>>. Acesso em: 15 Jun. 2016.
- Santos, C. A. P. & Matias, L. *Coefficientes de transmissão térmica de elementos da envolvente dos edifícios*. Série ITE 50. LNEC. Lisboa, Portugal. 2006.