

XVI ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO

Desafios e Perspectivas da Internacionalização da Construção
São Paulo, 21 a 23 de Setembro de 2016

ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA HABITAÇÃO POPULAR EM ALVENARIA E EM MADEIRA NO MUNICÍPIO DE RIBEIRÃO DAS NEVES – MG¹

AMORIN, Silvia (1); VIEIRA, Roberta (2)

(1) UFMG, e-mail: silviataamorim@gmail.com; (2) UFMG, e-mail: robertavgs2@gmail.com

RESUMO

O objetivo do trabalho é a comparação de um projeto padrão de um conjunto habitacional de baixa renda do programa MCMV construído em alvenaria convencional quanto à eficiência energética de sua envoltória comparado ao projeto utilizando painéis de madeira nas paredes de fechamento da edificação (considerada uma solução construtiva mais sustentável). Aplicou-se o Método Prescritivo para etiquetagem do sistema de envoltórias com base no Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais – RTQ-R, avaliando o desempenho de uma unidade habitacional. Os resultados do trabalho para as paredes em alvenaria demonstraram que o nível de eficiência energética obtido para a Unidade Habitacional foi nível B, tendo sido este considerado satisfatório para este tipo de empreendimento popular. Para o sistema construtivo wood frame obteve-se o nível C devido ao não cumprimento do pré-requisito da relativo à Capacidade Térmica. No entanto este sistema apresentou melhor desempenho tanto para verão quanto para inverno se comparado ao sistema de alvenaria. Recomendam-se, portanto, estudos mais aprofundados para a determinação da sua possível utilização no projeto estudado através de simulação computacional.

Palavras-chave: Eficiência energética. RTQ-R. painel de madeira. wood frame.

ABSTRACT

The aim of the work is to compare the energy efficiency level obtained by the envelope of a standard low-income housing project of the Brazilian government housing program built in conventional masonry with the use of wood panels walls (considered to be a more sustainable constructive solution). The Prescriptive Method for labeling the envelope based on the Technical Quality Regulation for the Level of Energy Efficiency of Residential Buildings - RTQ-R, was applied. The results for the prototype in masonry walls pointed to a B level of energy efficiency which was considered to be satisfactory for this type of popular housing. For the wood frame system a level C was obtained because one of the prerequisites was not fulfilled, but presented a better performance both for summer and winter when compared to the walls built in masonry. The study recommends further studies to determine if it is possible to use the system in this Bioclimatic Zone trough computer simulations.

Keywords: Energy efficiency. RTQ -R. wood panel. wood frame

¹ 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.

1 INTRODUÇÃO

Segundo o relatório do Balanço de Energia Nacional, BEN (2015), o consumo de energia elétrica nos setores residencial, comercial e público corresponde a 50% do consumo total de energia no país no ano de 2014, sendo o setor residencial responsável por 50% dessa parcela consumida.

Geller (2003) mostra que o consumo de energia no Brasil cresceu de 250% no período de 1975 a 2000 e que o uso energético residencial foi uma das principais causas desse aumento. O autor ressalta a importância de medidas para a eficiência energética por parte das edificações residenciais. Ainda segundo Ludgero e Assis (2005) a necessidade da redução do consumo de energia nas edificações é um aspecto presente tanto nos projetos de novos edifícios como também na discussão de políticas públicas.

O presente trabalho apresenta a análise da eficiência energética de uma habitação de interesse social com sua construção recentemente concluída enquadrada no programa do governo federal Minha Casa Minha Vida, financiado pela CAIXA (2015), que faz parte de um conjunto de casas geminadas no município de Ribeirão das Neves, Minas Gerais. Além disso, analisa-se o projeto executado utilizando outro sistema construtivo para as paredes, os painéis de madeira, *wood frame*, comparando as duas soluções e propondo melhorias para sua eficiência. Pretende-se com essa melhoria que este projeto possa ser replicado em outras áreas dentro de uma mesma zona bioclimática de forma a contribuir para uma engenharia sustentável na redução de impactos ambientais.

O estudo do sistema em *wood frame* se justifica por ser a madeira um recurso natural renovável e sua utilização na construção cumprir um papel importante para o meio ambiente: armazenar o CO₂ e utilizar baixa energia para sua manufatura e aplicação quando comparada aos materiais convencionais utilizados na construção como o aço, concreto e alumínio(FOREST PRODUCTS SOCIETY - 2009), sendo assim uma alternativa mais sustentável que os materiais traicionais de construção no Brasil.

Segundo Laroca (2007), o Brasil é um país de evidente vocação florestal, pois além das florestas tropicais, possui a segunda maior área de reflorestamento de eucalipto do mundo. A maior utilização da madeira na construção, associada a uma gestão sustentável da floresta, pode contribuir significativamente para a inversão do atual processo de degradação acelerada dos recursos naturais do país.

No Brasil, o Regulamento Técnico da Qualidade para Edifícios Residenciais (RTQ-R) é regulamentado pela Portaria INMETRO nº 18, de 2012 e especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para a classificação de edifícios residenciais quanto à eficiência energética. Ainda em seu sistema de classificação a envoltória e o aquecimento de água das Unidades Habitacionais. A envoltória está diretamente relacionada com os níveis de conforto da edificação e é avaliada para verão e inverno.

O programa governamental Minha Casa Minha Vida (MCMV) foi criado em

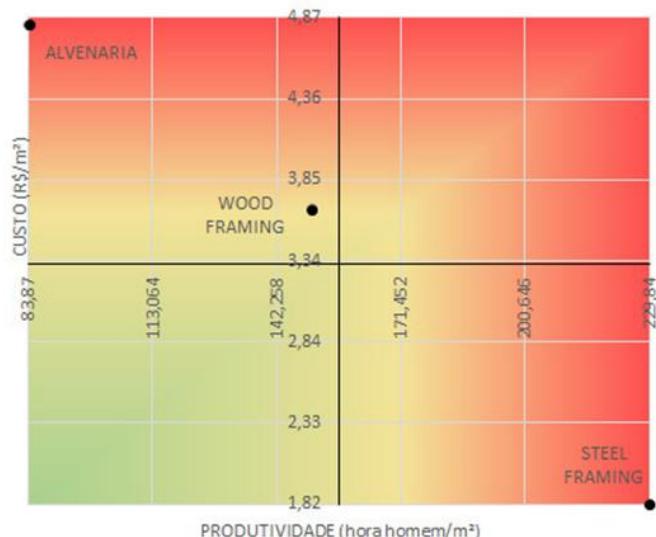
2009 e propõe a construção de unidades habitacionais voltadas para o atendimento à população de baixa renda como objetivo de cobrir ao déficit habitacional brasileiro que segundo CBIC (2012) é da ordem de 5.430.562. Além disso, a distribuição percentual do déficit habitacional urbano por faixas de renda média familiar mensal é corresponde a 80% do total para as famílias com renda até 3 salários mínimos.

Para esse tipo de imóvel o fator custo é de fundamental importância e no programa MCMV o valor de venda do imóvel é um limitador para o financiamento pelo banco responsável, a CAIXA. Desde que foi fundado o programa, diversas moradias foram construídas empregando sistemas construtivos variados, como paredes de concreto, blocos, de concreto, steel frame, wood frame e alvenaria cerâmica.

Spindola (2010) apresenta um trabalho que adequou os componentes dos painéis de madeira utilizados atualmente nos países da América do Norte e da Europa à coordenação modular decimétrica, isto é adaptado ao Brasil, para propor uma Habitação de Interesse Social. Tonelli e Grimaldo (2014), que avaliaram a eficiência térmica dos painéis de madeira recomendam a utilização de materiais pesados no interior dos painéis de madeira para melhorar sua capacidade térmica.

Em Silveira (2014) foram comparados em termos de custo, produtividade, impactos ambientais e desempenho térmico e acústico métodos construtivos distintos: alvenaria de tijolos cerâmicos, steel frame e o wood frame, para a execução de obras do programa MCMV. O gráfico da Figura 1 ilustra a comparação entre custo e produtividade para os três sistemas construtivos, levando em conta a composição de insumos e mão de obra de cada sistema baseando-se no TCPO (Tabela de Composições de Preços para Orçamentos) e pesquisas de preços de mercado. Os painéis de madeira tinham a transmitância térmica e capacidade térmica equivalentes a $U= 0,657 \text{ W/m}^2\text{K}$ $CT=37,35 \text{ kJ/m}^2\text{K}$ respectivamente, que correspondia a um conjunto bastante isolante devido ao uso dos enchimentos como a lã de rocha.

Figura 1: Comparação dos painéis referentes a cada sistema construtivo com base na produtividade e custo



Fonte: Silveira (2014)

Verifica-se pela Figura 1 que este é um sistema que pode ser economicamente viável, pois apesar de seu custo ser mais elevado que o da alvenaria comum, apresenta maior produtividade em relação a esta e não é tão oneroso quanto o sistema *steel frame*, apresentando a vantagem do uso de utilizar recurso renovável e de baixo impacto ambiental.

2 METODOLOGIA

2.1 Apresentação do Projeto e do Método

O projeto em análise de eficiência da envoltória consiste em uma casa geminada que faz parte de um conjunto habitacional de baixa renda dentro do programa Minha Casa Minha Vida da Caixa, faixa 2 (referente a uma renda mensal de 3 a 6 salários mínimos) no município de Ribeirão das Neves, Minas Gerais.

Este conjunto é formado de casas geminadas composto de 5 blocos de 02 pavimentos com 4 unidades habitacionais por pavimento, totalizando 20 apartamentos e cada um de aproximadamente 50m² de área. Os apartamentos são compostos de 02 dormitórios, banheiro, cozinha integrada com sala de estar/ jantar, área de serviço, varanda, sacadas e circulação e uma vaga de garagem por unidade. A fachada principal do conjunto de casas está voltada para o sudeste, e está mostrada na Figura 2.

Figura 2: Conjunto habitacional em estudo



Fonte: Scenarium (2015)

Aplicou-se o método prescritivo do RTQ-R, para verificar o nível de eficiência da envoltória de duas Unidades Habitacionais (UH), uma no andar térreo e outra no andar superior, ambas pertencentes ao bloco intermediário, bloco B, com ambas as fachadas voltadas para a rua de acesso, voltadas para o sudeste como indicado na Figura 3.

Figura 3: Layout do conjunto habitacional



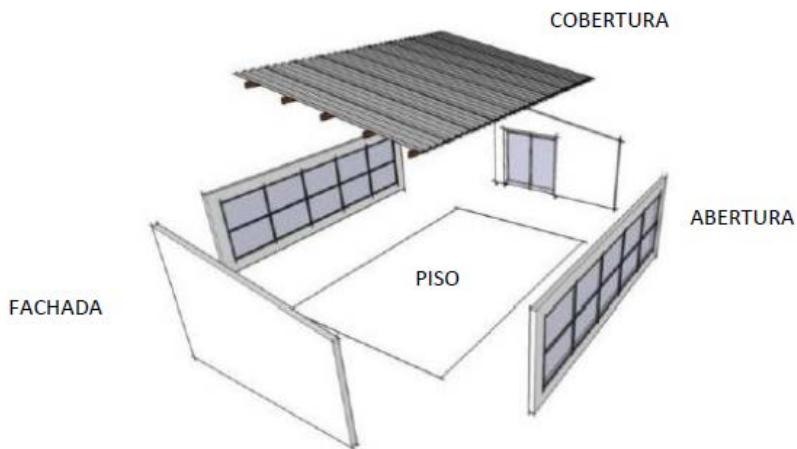
Fonte: Scenarium (2015)

A análise foi primeiramente realizada para o projeto executado em alvenaria convencional e em seguida realizou-se uma avaliação para o projeto utilizando painéis de madeira nas paredes externas da edificação.

A envoltória segundo o RTQ-R é o conjunto de planos que separam o ambiente interno do ambiente externo, tais como fachadas, empenas,

cobertura, aberturas, assim como quaisquer elementos que os compõem, excluindo pisos, estejam eles ou não em contato com o solo conforme demonstra a Figura 4.

Figura 4: Partes da edificação que compõem a envoltória



Fonte: Manual RTQ-R – PBE Edifica

O método prescritivo RTQ-R avalia a envoltória através de equações, tabelas e pré-requisitos, fornecendo uma pontuação que indica o nível de eficiência parcial de cada ambiente de permanência prolongada, como dormitórios, salas de estar e cozinha conjugada, e total da envoltória de acordo com a zona bioclimática (ZB) em que a edificação está localizada.

O município de Ribeirão das Neves se enquadra na Zona Bioclimática 2 e esta classificação foi obtida através do software ZBBR do LABEEE que apresenta uma análise do clima de acordo com as recomendações contidas na parte 3 da NBR 15.220/2005 – Desempenho Térmico de Edificações da ABNT, a partir da análise do clima local.

Para os cálculos propostos pelo método utilizou-se a planilha eletrônica desenvolvida no LABEEE (2015b) e fornecida pelo site do PBE Edifica (2015).

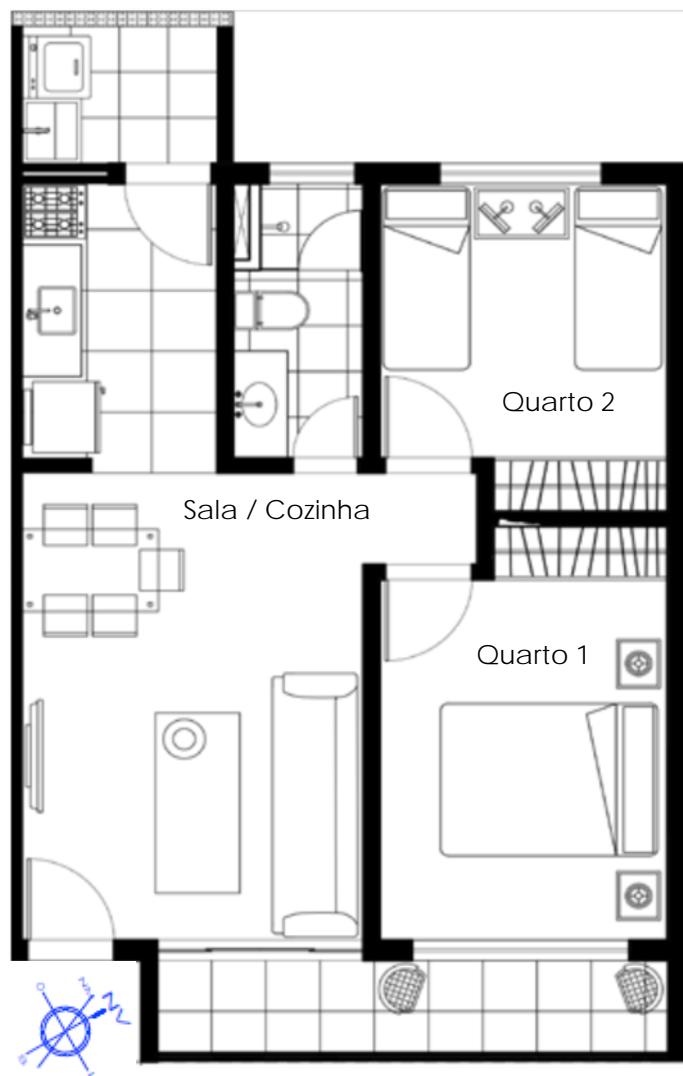
No método utilizando o RTQ-R a envoltória é avaliada sob três parâmetros: Eficiência para resfriamento - GHR (Graus horas de resfriamento, medido em °C.h) que representa o somatório anual de graus hora para a temperatura base de 26º para resfriamento, Eficiência para aquecimento – CA (Consumo relativo anual para aquecimento, medido em kWh/m²) que representa o consumo anual para aquecimento do ambiente durante o período de 21h as 8h, todos os dias do ano, com manutenção da temperatura em 22º e CR (Consumo relativo anual para refrigeração) para ambientes condicionados artificialmente, sendo este último somente indicativo e não entrando na ponderação do desempenho da envoltória. São consideradas as seguintes variáveis: orientação e área das aberturas, área de paredes externas e internas, área útil dos ambientes, transmitância térmica das paredes, coberturas e vidros, capacidades térmicas de paredes e coberturas, abertura para ventilação, isolamento térmico, pé-direito e sombreamento. Analisou-se a envoltória de verão e inverno, correspondentes a GHR e a CA.

A classificação da eficiência energética da envoltória pelo método RTQ-R varia do nível inferior E ao nível superior A.

2.2 Avaliação da envoltória para o projeto construído

Avaliou-se primeiramente o projeto executado para os ambientes de permanência prolongada conforme a definição do RTQ-R: quarto 1 (voltado para a fachada principal, sudeste) sala/cozinha, e quarto 2 voltados para a fachada oeste, tanto do pavimento térreo quanto do pavimento superior. A planta do pavimento tipo está mostrada na Figura 5.

Figura 5: Planta do pavimento tipo

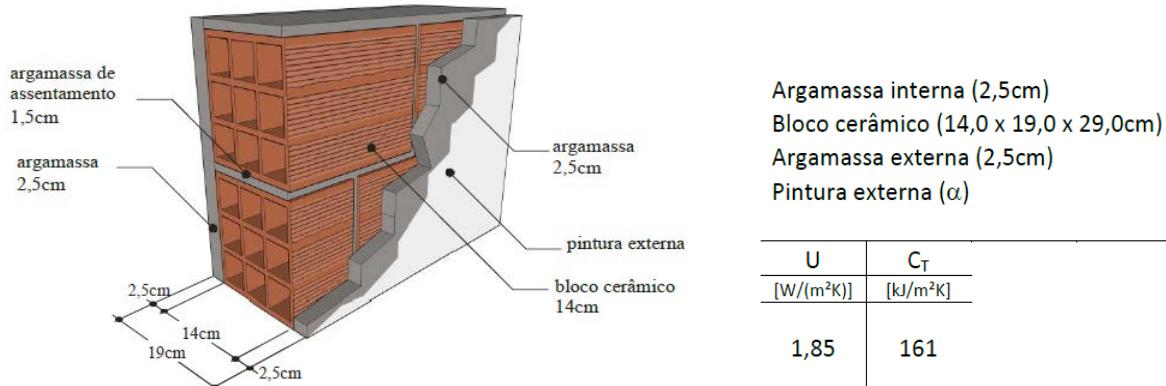


Fonte: Scenarium (2015)

As paredes foram executadas com tijolos cerâmicos vazados nas dimensões indicadas em plantas baixas do projeto arquitetônico. As alvenarias de 15cm de espessura serão com tijolos de cutelo formando fiadas e contrafiadas. As paredes externas com 20cm de espessura foi executada em tijolos de seis furos assentados deitados formando fiadas e contrafiadas. A transmitância

térmica das paredes utilizada no cálculo foi de $U_{par} = 1,85 \text{ W/m}^2\text{K}$ e da capacidade térmica $C_T = 161 \text{ kJ/m}^2\text{K}$, conforme os dados da Figura 6. Como revestimento das paredes externas foi utilizada a textura na cor marfim. O coeficiente de absorção adotado para essa textura foi de $\alpha = 0,3$, segundo a tabela b do Anexo I da Portaria 18 do INMETRO, disponível em PBE Edifica.

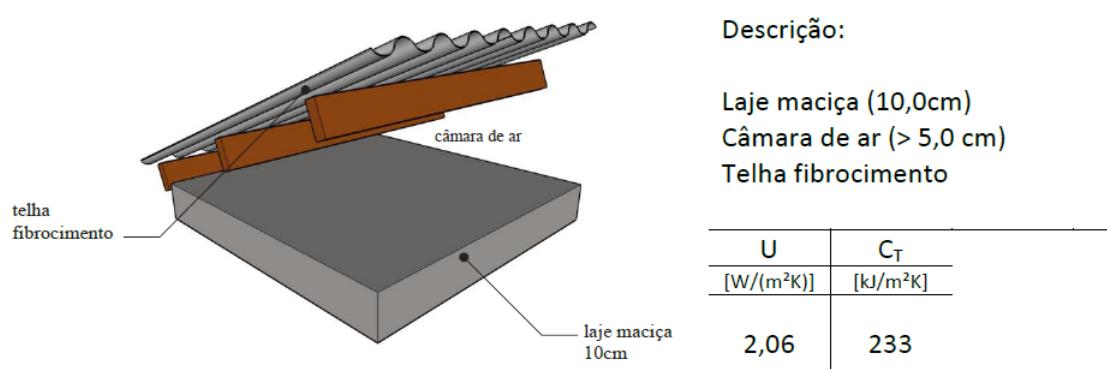
Figura 6: Propriedades térmicas da alvenaria



Fonte: PBE Edifica

A estrutura do telhado foi executada em madeira e como material de cobertura foram utilizadas telhas de fibrocimento onduladas de 6mm de espessura e cor cinza e suas propriedades térmicas estão mostradas na Figura 7. A cobertura com telha de fibrocimento possui absorção alta devido a sua cor escura e seu escurecimento e tem um valor de $\alpha = 0,82$.

Figura 7: Propriedades térmicas da cobertura

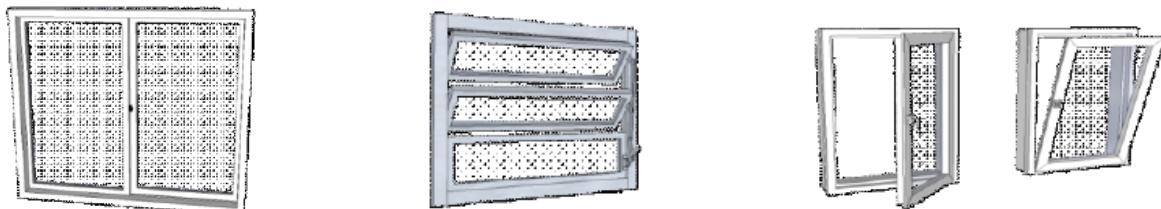


Fonte: PBE Edifica

Para cálculo das aberturas utilizou-se a tabela de descontos das esquadrias do Anexo I da Portaria 18 do INMETRO e as aberturas utilizadas estão mostradas na Figura 8. O primeiro tipo de esquadria foi utilizado nos dormitórios e os valores das áreas de abertura para iluminação foi de 1,92 m² e 1,44 m² e para os dormitórios 1 e 2 respectivamente e para ventilação foi de 0,81 m² e 1,08 m². O ambiente sala/cozinha apresentava os três tipos de esquadrias e o valor da área de abertura para iluminação foi de 5,33 m² e

3,94 m² de abertura para ventilação.

Figura 8: Esquadrias utilizadas no projeto



a) De correr de duas folhas

b) Basculante

c) Oscilobatente (de tombar e abrir)

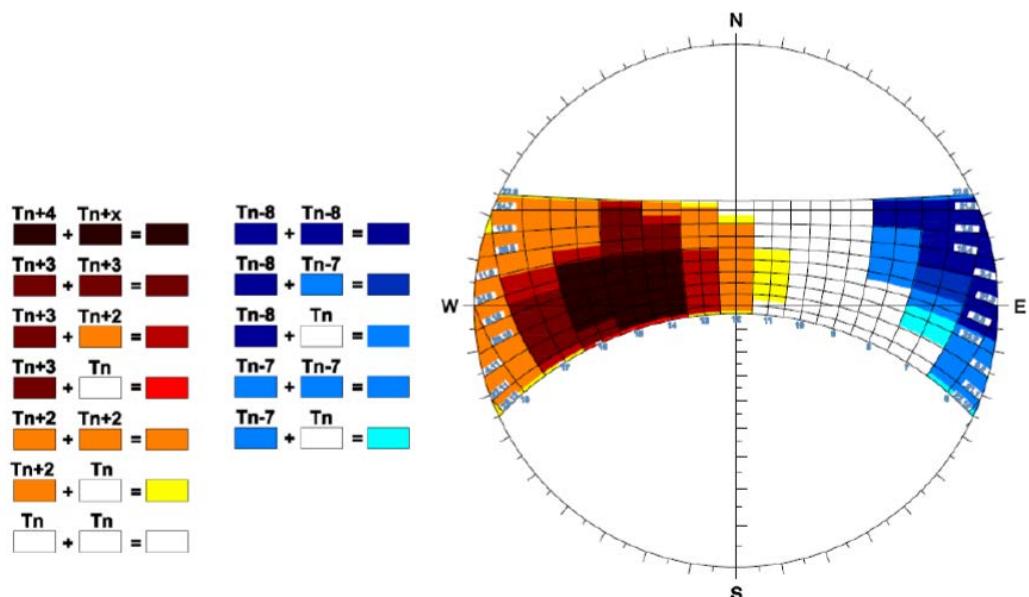
Fonte: PBE Edifica

A transmitância do vidro utilizado foi informada pelo fornecedor e seu valor é de $U_{vid} = 5,7 \text{ W/m}^2\text{K}$, inserido na planilha de cálculo desenvolvida no LABEEE (2015b).

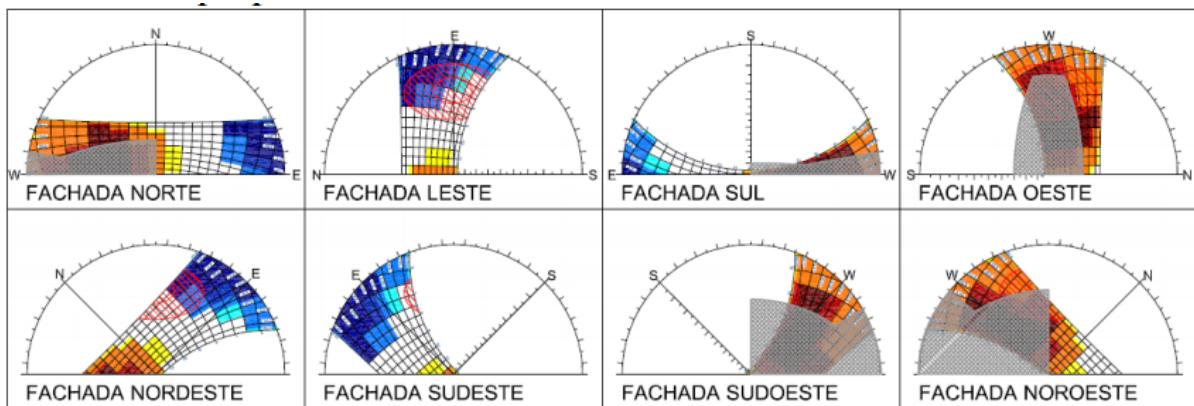
No cálculo do sombreamento, pelo método prescritivo, e como não estava disponível a carta solar da região em estudo foi utilizada a da cidade de Ibirité por ser o município que mais se aproximava das características climáticas de Ribeirão das Neves e pela proximidade a este.

Conforme a carta solar não havia ângulos para dispositivos de sombreamento recomendados para a fachada sudeste, isto é a fachada frontal, conforme mostrado na Figura 9.

Figura 9: a) Carta solar utilizada e b) recomendações de sombreamento.



a) Carta solar de Ibirité - Zona Bioclimática 2, latitude 20,1 Sul



b) Cartas solares para as fachadas – recomendações de sombreamento para pequenas aberturas.

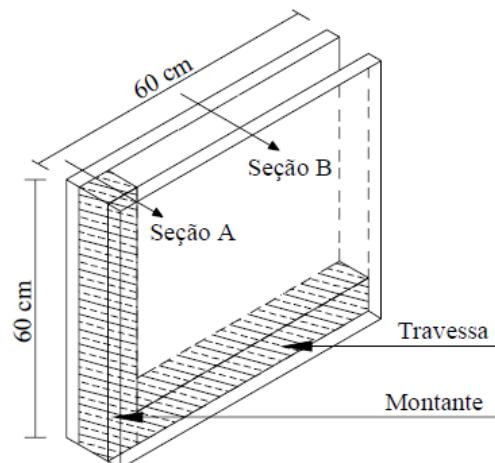
Fonte: PBE Edifica.

As aberturas com sombreamento analisadas foram a do quarto 1, considerada pequena, e as aberturas da sala/cozinha com valores de aberturas grandes segundo o RTQ-R. Verificou-se que para a fachada sudeste não havia indicação de dispositivos de proteção solar e como as aberturas do quarto 1 e da sala se encontram na fachada sudeste, o sombreamento assumiria um valor nulo, conforme a Figura 12. O sombreamento para as aberturas da cozinha voltadas para a fachada noroeste obtiveram o valor de 0,23 para a variável sombreamento, sendo os ângulos de utilizados no cálculo $\alpha = 70^\circ$, $\beta_e = 50^\circ$ e $\gamma_e = 10^\circ$.

2.3 Envoltória utilizando *wood frame*

No fechamento lateral da casa, considerou-se a parede em *wood frame* estudada no trabalho de Giglio (2005), mostrado na Figura 10. Este painel é constituído de placas de madeira e câmara de ar, e a escolha se deu pela simplicidade e matéria prima de baixo custo quando comparado a outras composições de painéis de *wood frame*, como em Silveira (2014). A transmitância térmica do painel é de $U_{par} = 1,55 \text{ W/m}^2\text{K}$ e capacidade térmica de $CT = 33 \text{ kJ/m}^2\text{K}$.

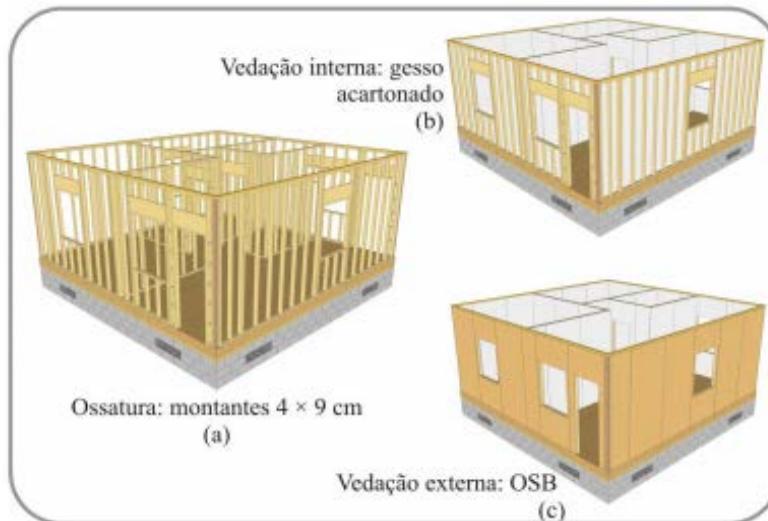
Figura 20: Painel de madeira utilizado na simulação.



Fonte: Giglio (2005)

A Figura 11 abaixo mostra um desenho esquemático da metodologia *wood frame*.

Figura 11: Perspectiva mostrando a estrutura em WLF e as vedações internas e externas.



Fonte: Espíndola (2010)

A cobertura utilizada no modelo de simulação foi a mesma da edificação em alvenaria.

3 RESULTADOS

Esta seção apresenta os resultados do estudo da eficiência da envoltória considerando o projeto construído, a utilização de painéis de madeira, *wood frame*, e a avaliação contendo estratégias de melhorias de projeto adicionadas ao modelo em *wood frame*.

Na análise dos pré-requisitos do desempenho da envoltória do RTQ-R, para a Capacidade Térmica do painel, este mostrou-se inadequado para a zona bioclimática 2 por uma diferença (92,65 kJ/m²K) em relação ao nível mínimo

de desempenho exigido para a parede ($130 \text{ kJ/m}^2\text{K}$), conforme a Tabela 1. O painel *wood frame* atendeu apenas ao pré-requisito de transmitância térmica, U .

Tabela 1: Parâmetros de avaliação da envoltória.

Zona Bioclimática	Componente	Absortância solar (adimensional)	Transmitância térmica [$\text{W}/(\text{m}^2\text{K})$]	Capacidade térmica [$\text{kJ}/(\text{m}^2\text{K})$]
ZB1 e ZB2	Parede	Sem exigência	$U \leq 2,50$	$CT \geq 130$
	Cobertura	Sem exigência	$U \leq 2,30$	Sem exigência

Fonte: PBE Edifica.

Os resultados de GHR e CA obtidos para cada ambiente para a método construtivo em alvenaria e *wood frame* para os dois pavimentos estudados foram classificados conforme o método RTQ-R, e estão mostrados nas tabelas Tabela 2 e Tabela 4.

Tabela 2: Eficiência da envoltória para GHR - 1º pavto

Sistema Construtivo	Descrição	Quarto 1	Quarto 2	Sala/ cozinha
Alvenaria	GHR	6004	6603	5356
	CA	20,22	20,206	16,43
Wood frame	GHR	5223	6125	4859
	CA	10,515	7,691	11,806

Fonte: Produzida pela autora

As variáveis GHR e CA, mostradas na Tabela 2 foram calculadas independentemente do atendimento ou não aos pré-requisitos do RTQ-R, uma vez que a madeira é um bom isolante apesar da baixa capacidade térmica CT.

De acordo com a Tabela 2 verifica-se que a utilização dos painéis de madeira para as paredes externas no 1º pavimento melhorou a eficiência energética para todos os ambientes, uma vez que o nível de eficiência considerando a nota obtida do quarto 2. Quanto à análise de CA para este pavimento também houve uma melhora nos resultados de conforto térmico.

A Tabela 3 apresenta o nível de eficiência da unidade habitacional

considerando os pré-requisitos do RTQ-R.

Tabela 3: Eficiência da envoltória da unidade habitacional - 1º pavto

Sistema Construtivo	Alvenaria	Wood frame
Envoltória da UH	Nível B	Nível C

Fonte: Produzida pela autora.

A obtenção do nível C para o painel de madeira se deve ao fato do não atendimento ao pré-requisito do RTQ-R de capacidade térmica das paredes, onde CT dever ser maior ou igual a 130kJ/m²K para a zona bioclimática 2, conforme a Tabela 1.

A Tabela 4 a seguir mostra os resultados de GHR e CA para o pavimento superior.

Tabela 4: Eficiência da envoltória para GHR e CA - 2º pavto

Sistema Construtivo	Descrição	Quarto 1	Quarto 2	Sala/ cozinha
Alvenaria	GHR	6004	10431	5356
		C	E	C
	CA	14,469	21,287	13,552
		A	B	A
Wood frame	GHR	5872	10302	5207
		C	E	C
	CA	15,27	22,233	14,19
		A	B	A

Fonte: Produzida pela autora.

Analizando Tabela 4, referente ao 2º pavimento e comparando-a com a Tabela 2 do 1º pavimento verifica-se que os valores de GHR para a sala/cozinha e o quarto 1 se mantiveram os mesmos que para a alvenaria. Para o quarto 2, com abertura voltada para a fachada oeste, e grande incidência solar, o nível de eficiência energética para GHR foi inferior em relação ao pavimento inferior que apresentou nível D, atingindo no nível E. Verifica-se então a influência da cobertura na análise.

Assim como no pavimento térreo, para todos os ambientes o nível de eficiência para GHR, houve um incremento quando se adota a solução em wood frame para as paredes externas. A melhora é atribuída ao isolamento mais eficiente dos painéis de madeira quando comparado à alvenaria convencional, considerando a zona bioclimática 2. No entanto, avaliando o consumo para aquecimento, envoltória de inverno representada pela

variável CA, verifica-se que a solução em alvenaria convencional apresenta melhor performance. Percebe-se que a troca térmica proporcionada pela cobertura aliada a uma capacidade térmica CT do *wood frame* inferior a da alvenaria influenciaram nesse resultado.

A classificação geral para a eficiência da unidade habitacional do pavimento de cobertura teve uma piora ao utilizar o painel *wood frame*, como aconteceu no 1º pavimento, conforme a Tabela 5.

Tabela 5: Eficiência da envoltória da unidade habitacional - 2º pavto.

Sistema Construtivo	Alvenaria	Wood frame
Envoltória da UH	Nível B	Nível C

Fonte: Produzida pela autora.

A obtenção do nível B para o projeto construído em alvenaria foi um resultado que pode ser considerado bastante satisfatório para uma habitação de interesse social com restrições orçamentárias e tecnológicas.

A utilização do painel *wood frame* trouxe uma piora no resultado geral da envoltória da UH devido a sua baixa capacidade térmica e consequente não atendimento ao pré-requisito do regulamento RTQ-R desta variável. No entanto o emprego do *wood frame* melhora o conforto térmico do apartamento para a envoltória de verão para ambos os pavimentos e inverno para o pavimento térreo, provendo menos horas de desconforto anuais. Vale dizer que a análise do problema utilizando a formulação RTQ-R é uma análise simplificada e que uma verificação mais detalhada de simulação computacional da edificação construída poderia trazer resultados mais precisos.

Com o intuito de melhorar o conforto térmico da habitação, são propostas estratégias de melhorias como a utilização de dispositivos de sombreamento nas aberturas e para o 2º pavimento a utilização de materiais alternativos para a cobertura da edificação, com maior isolamento térmico e boa capacidade térmica. Realizando a simulação através da planilha de cálculo do LABEEE (2015) verificou-se que estas melhorias trariam o nível A segundo o RTQ-R.

Para a adoção das soluções arquitetônicas e de materiais alternativos deve-se levar em conta a análise de viabilidade econômica, uma vez que o fator custo é um limitador para esse tipo de empreendimento de interesse social.

4 CONCLUSÕES

Através do estudo da eficiência energética de uma habitação de baixa renda existente e a hipótese de utilização do *wood frame*, pelas características sustentáveis da madeira, alternativa à alvenaria de tijolos, para ZB 2, verificou-se a possibilidade de melhora dos resultados para os parâmetros estudados. No entanto como o sistema não atende os pré-

requisitos do método RTQ-R utilizado, recomenda-se uma análise mais aprofundada do caso utilizando-se simulação computacional.

Foram propostas medidas arquitetônicas ou de materiais alternativos para melhorar a eficiência energética da residência para obtenção do nível A de eficiência. Tais propostas devem ser avaliadas quanto à facilidade de execução gestão e viabilidade econômica.

AGRADECIMENTO

Os autores agradecem à FAPEMIG pelo apoio financeiro à este trabalho.

REFERÊNCIAS

BEN – Balanço Energético Nacional, 2015. Disponível em:
www.ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2015 Acesso em: Janeiro de 2016.

BRASIL. Portaria n.º 18, de 16 de janeiro de 2012. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. INMETRO, 2012. Disponível em:
<http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC001788.pdf> Acesso em: Outubro de 2015.

CAIXA - Minha Casa Minha Vida – Disponível em:
<http://www.caixa.gov.br/voce/habitacao/minha-casa-minha-vida/>. Acessado em set de 2015.

CBIC – Câmara Brasileira da Indústria da Construção, 2012, disponível em <http://www.cbicdados.com.br/menu/deficit-habitacional/deficit-habitacional-no-brasil>, , acessado em novembro de 2015.

ESPÍNDOLA, L. R. Habitação de interesse social em madeira conforme os princípios de coordenação modular e conectividade. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) Departamento de Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

FOREST PRODUCTS SOCIETY. Wood as Sustainable building material. Forest Products Journal, 59.9- p6, 2009.

GELLER, H. Revolução energética: Políticas para um futuro sustentável. Rio de Janeiro: Relume Dumará: USAid. 2003.

GIGLIO, T. G. F. Avaliação do desempenho térmico de painéis de vedação em madeira para o clima de Londrina - PR. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Edificações e Saneamento) Departamento de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Londrina, Florianópolis, f.128-134, 2005.

LABEEE: Disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/zbbr>>. Acesso em nov.2015a.

LABEEE: Disponível em <<http://www.labeee.ufsc.br/projetos/etiquetagem>>. Acesso em nov.2015b.

LAROCA, Cristiane. Desenvolvimento de protótipo de habitação social em madeira de reflorestamento e avaliação do desempenho termo-acústico. Tese. Engenharia Florestal, Curitiba, 2007.

LUDGERO, J.; ASSIS, E. Avaliação Preliminar do Consumo Energético Desagregado da Escola Arquitetura da UFMG. In: Anais do Primeiro Congresso Brasileiro de Eficiência Energética. 2005.

PBE Edifica - PROGRAMA BRASILEIRO DE ETIQUETAGEM -. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial>. Acessado em out de 2015.

SCENARIUM - Estudos e Negócios Imobiliários, Relatório de Vendas. Material Fornecido em Out. 2015.

SILVEIRA, R.R. - Analise comparativa de sistemas construtivos – alvenaria, steel framing e wood framing – em unidades habitacionais de interesse social. Monografia de Especialização, Departamento de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 140p, 2014.

TONELLI, C., GRIMALDO, M. - Timber buildings and thermal inertia: Open scientific problems for summer behavior in Mediterranean climate - *Energy and Buildings* - 83, p 89–95, 2014.