ANÁLISE DO NÍVEL DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA DE UMA HABITAÇÃO EM *WOOD FRAME* PELOS MÉTODOS PRESCRITIVO E SIMULAÇÃO DO RTQ-R[1]

ZARA, R. B., Universidade Estadual de Londrina, e-mail: rafaelabzara@gmail.com; SANTOS, V. C., Universidade Estadual de Londrina, e-mail: vanessacosta@uel.br; GIGLIO, T. G. F., Universidade Estadual de Londrina, e-mail: thalita@uel.br

ABSTRACT

The *Technical Regulation for Quality of Energy Efficiency Level of Residential Building (RTQ-R) allows to evaluate the thermo-energy performance of dwellings by means of two methods: the prescriptive and the computational simulation. This work aims analysis the energy efficiency of a wood frame building, applying both methods, in order to analyze a measurement capacity in the equation of the prescriptive method. Thus, the performance of dwellings with variation of five panels and coverage was evaluated. The analyzes were performed using the EnergyPlus software and the performance sheet provided by the Brazilian Labeling Program (PBE Edifica) for the Bioclimatic Zone 3, represented by the city of São Paulo. The results showed differences of one to two levels in the energy efficiency classification and the prescriptive method presented highest thermal performance indicators. Although the results by simulation showed the good performance of the panels with insulation insertion, by the prescriptive method there were no performance differences related to low thermal capacity and low thermal transmittance.*

***Keywords**: Energy efficiency. Building labelling. Envelope. Thermal capacity. Light systems.*

1 INTRODUÇÃO

Novas técnicas construtivas oferecem como vantagens a industrialização da construção, maior qualidade, produtividade e otimização do uso da matéria prima (MATEUS, 2004). Tais tecnologias são constituídas principalmente por sistemas leves de vedação, isto é, sistemas com densidade superficial abaixo de 60 kg/m² conforme NBR 15575 (2013). Dentre as inovações tecnológicas, destaca-se o sistema construtivo em *wood frame* que, assim como os sistemas leves em geral, oferece baixa inércia térmica, importante propriedade que ameniza picos de temperaturas em climas com alta amplitude térmica.

No Brasil, o desempenho termoenergético de uma edificação pode ser avaliado conforme o Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R), o qual apresenta dois métodos para classificação da eficiência energética: um método prescritivo e outro por simulação (BRASIL, 2012).

O método prescritivo é indispensável para avaliações rápidas de edificações com baixo nível de complexidade. Contudo, pode ser um limitante para sistemas construtivos leves, que não atendem ao pré-requisito da

[1] 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.

capacidade térmica (Ct) mínima de 130 KJ/m².K. Nesse caso, a envoltória receberia no máximo nível C de classificação energética.

Apesar dessa limitação, os estudos de Laroca et al. (2008); Gomes e Souza (2008); Caldas et al. (2016); Nogueira et al. (2016); Rocha et al. (2016); Amorin e Vieira (2016) e Thomas e Ding (2018) demonstraram o bom desempenho de sistemas construtivos de baixa capacidade térmica, destacando a importância da inclusão de materiais isolantes.

Nesse sentido, este trabalho objetiva avaliar a eficiência energética de uma habitação com baixa capacidade térmica, com sistema construtivo em *wood frame*, através dos métodos prescritivo e por simulação do RTQ-R.

2 METODOLOGIA

2.1 Estudo de caso

Foi adotada uma tipologia de edificação residencial unifamiliar de área 41,3 m², apresentada na Figura 1. A habitação em *wood frame* segue as diretrizes de projeto do programa habitacional "Minha Casa, Minha Vida", faixa 1.

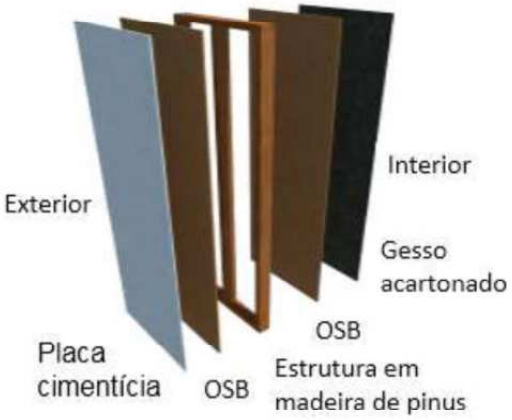
Figura 1 – Configuração da edificação



Fonte: Os autores

O caso original, denominado caso 1, apresenta-se por uma tipologia de painel desenvolvida para habitações de interesse social, cuja composição é apresentada na Figura 2.

Figura 2 – Corte do painel de vedação



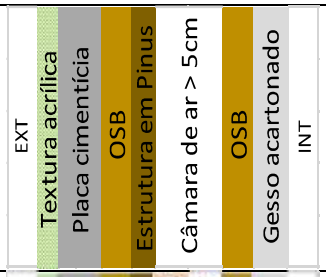
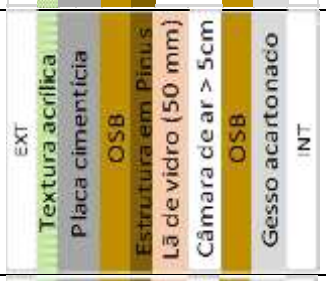
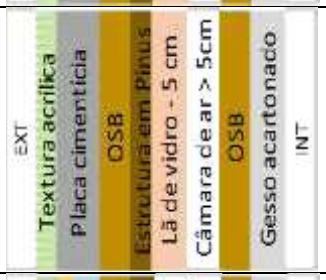
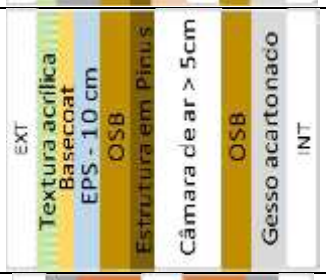
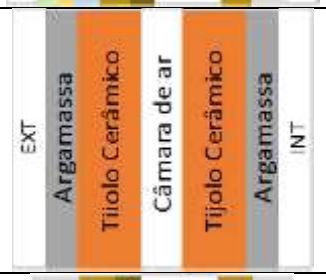
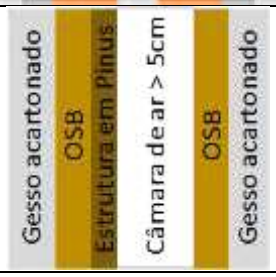
Fonte: Os autores

Os casos 2, 3 e 4 apresentam incremento na resistência térmica devido à inserção de isolantes térmicos, sendo que os casos 3 e 4 apresentam cobertura na cor clara. Com isso, avalia-se o benefício dos isolantes térmico em conjunto com a baixa absortância solar da cobertura. Para comparação com os resultados de desempenho do sistema em wood frame, adicionou-se o caso 5, composto pela alvenaria convencional, método mais utilizado no país.

Em todos os casos analisados, o piso encontra-se em contato direto com o solo. A cobertura é composta por telha cerâmica, ático, lã de vidro e forro em PVC. As janelas não possuem elementos de sombreamento.

As composições dos painéis e suas propriedades térmicas, calculadas conforme NBR 15220-2 (ABNT,2005), são apresentados no Quadro 1. Para análise da alvenaria, as paredes internas também foram modificadas.

Quadro 1 – Composição e propriedades térmicas dos painéis

Caso	Composição	Transmitância Térmica (W/m².K)	Capacidade Térmica (kJ/m².K)	Absortância solar da cobertura
1		1,97	59	0,75
2		0,62	59	0,75
3		0,62	59	0,30
4		0,88	55	0,30
5 (Paredes externas e internas)		2,50	159	0,75
Paredes internas (casos 1 a 4)		1,87	47	-

Fonte: Os autores

As avaliações foram realizadas para São Paulo, Zona Bioclimática 3.

2.2 Aplicação dos métodos do RTQ-R

Foram comparados os níveis de classificação energética para resfriamento, aquecimento e refrigeração de cada ambiente em ambos os métodos: simulação e prescritivo.

Para as simulações utilizou-se os programas EnergyPlus versão 8.8 e SketchUp, com auxílio do plugin Euclid. As configurações de padrões de uso e ocupação, cargas internas e sistema de ventilação natural e condicionamento de ar foram definidas conforme o RTQ-R (BRASIL, 2012). A variável de saída foi a temperatura operativa horária, a partir da qual foram calculados os índices degraus-hora de resfriamento (GHR), consumo relativo para aquecimento (CA) e consumo relativo para refrigeração (CR) utilizados para análise do desempenho térmico.

Para a aplicação do método prescritivo, as variáveis de saída (GHR, CA e CR) foram determinadas por meio de propriedades geométricas e termofísicas da envoltória. A capacidade térmica, em especial, foi avaliada por duas variáveis binárias, Ct baixa e Ct alta, considerando a média ponderada dos valores de capacidade térmica de paredes externas, paredes internas e cobertura, de acordo com a área de cada uma. A Ct baixa recebe 1 quando o valor é inferior a 50 kJ/m^2 K, enquanto que para a Ct alta o valor deve estar acima de 250 kJ/m^2 K. Ct entre 50 kJ/m^2 K e 250 kJ/m^2 K recebe valor 0 para as duas variáveis binárias. A variável de sombreamento devido aos beirais foi calculada conforme o método prescritivo e a carta solar disponibilizada pelo Procel, ocorrendo apenas para a fachada oeste dos 5 casos analisados, com fator 0,38. Os cálculos foram realizados com o auxílio de planilha de desempenho da Unidade Habitacional, disponibilizada pelo PBEedifica.

Em ambos os métodos, os valores de GHR, CA e CR foram comparados com valores de referência segundo o RTQ-R, obtendo os equivalentes numéricos ou níveis de classificação energética para resfriamento, aquecimento ou refrigeração de cada ambiente. Tais valores foram ponderados pela área de cada ambiente, de forma que quanto maior o ambiente maior a influência na classificação da edificação como um todo. O equivalente numérico final da envoltória foi determinado por meio da equação que considera a influência da refrigeração e aquecimento no desempenho térmico anual, sendo a refrigeração apenas informativo.

Ressalta-se que os intervalos de classificação são diferentes para os dois métodos de avaliação e, portanto, não foram comparados os valores de GHR, CA e CR, mas sim os níveis de classificação da eficiência energética.

3 RESULTADOS E ANÁLISES

3.1 Valores de Capacidade Térmica adotados no método prescritivo

Os valores de capacidade térmica ponderada calculados são apresentados no Quadro 2. As quatros variações de *wood frame* apresentam baixa

capacidade térmica, porém um pouco acima do limite de 50 kJ/m² K para serem classificados com Ct baixa. O caso 4, por exemplo, encontra-se bem próximo ao limite para ser enquadrado como Ct baixa, o que impactaria nos resultados de classificação. Já para o caso 5, em alvenaria cerâmica, o valor da capacidade térmica ponderada de 122 kJ/m² K, fica abaixo do limite de 250 kJ/m² K para ser enquadrada como Ct alta. Assim, as composições de painéis e alvenaria não são classificadas como Ct baixa e nem alta, mantendo-se no mesmo intervalo de classificação.

Quadro 2 – Capacidade térmica ponderada

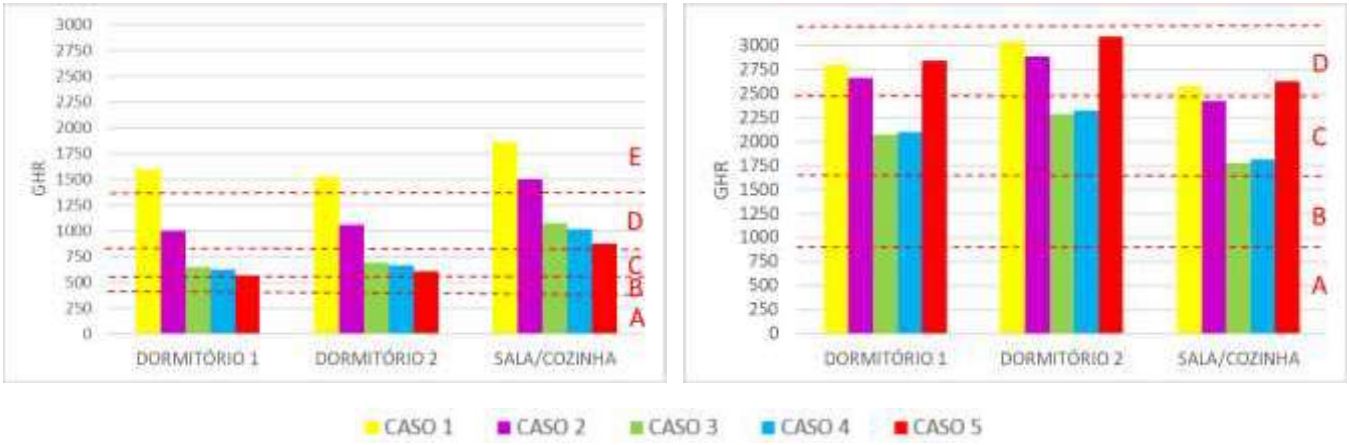
Caso	1	2	3	4	5
Ct ponderado (kJ/m K)	53	53	53	51	122

Fonte: Os autores

3.2 Desempenho para verão

O índice de graus-hora de resfriamento (GHR) por ambiente é apresentado na Figura 3, assim como os intervalos de classificação para cada método.

Figura 3 – GHR por ambiente de cada caso



Simulação Prescritivo

Fonte: Os autores

No método de simulação, os melhores resultados foram obtidos para a alvenaria (caso 5), enquanto o caso 1 resultou no pior desempenho. A redução da transmitância térmica através da adição de materiais isolantes, promoveu menores índices de GHR. Os casos 3 e 4 chegaram a resultados próximos a alvenaria, demonstrando a importância da baixa transmitância dos painéis associada à baixa absortância da cobertura.

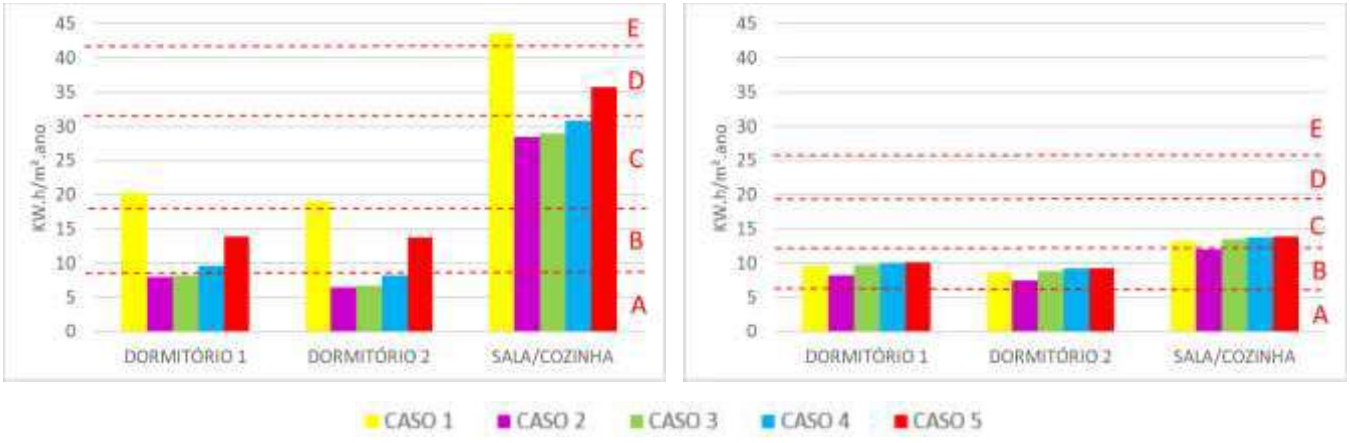
No método prescritivo, os resultados indicaram desempenho semelhante para o caso original e a alvenaria, apontando a falta de sensibilidade do método para a capacidade térmica. Apesar deste método considerar a transmitância térmica pelas paredes externas, para a zona bioclimática 3 não há nenhum parâmetro relativo ao isolamento proporcionado por

vedações com baixa transmitância térmica, como ocorre nas zonas bioclimáticas 1 e 2.

3.2 Resultados para inverno

O índice consumo relativo para aquecimento (CA) é apresentado conforme Figura 4.

Figura 4 – CA por ambiente de cada caso



Simulação Prescritivo

Fonte: Os autores

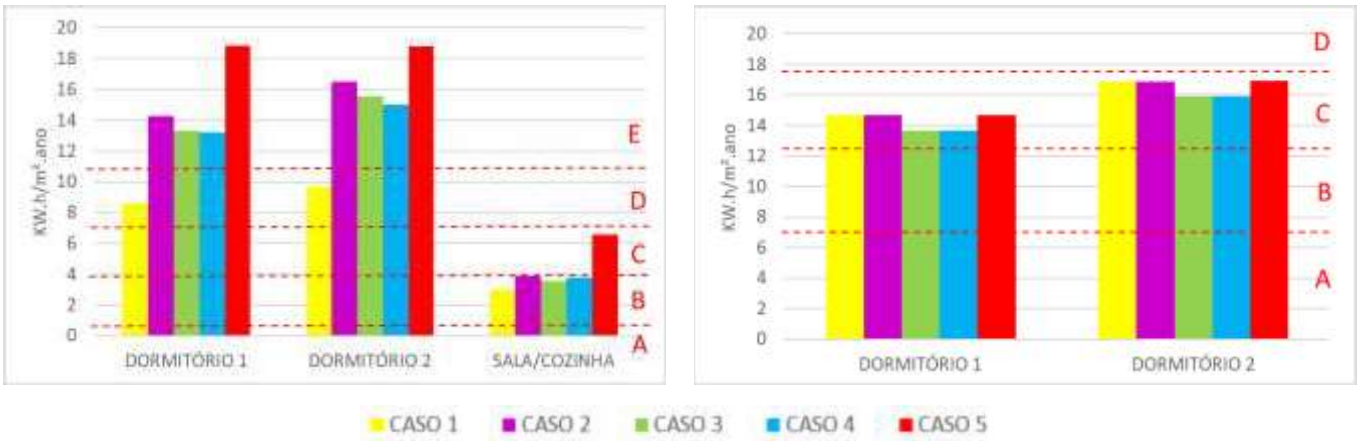
Pela simulação, o caso 1 novamente obteve o pior desempenho. Os casos com baixa transmitância térmica, casos 2, 3 e 4, alcançaram menores valores de CA para todos os ambientes, e superaram o desempenho do caso 5 (alta capacidade térmica). Assim como no verão, a presença de materiais isolantes na composição do painel de vedação promoveu maiores níveis de conforto. Nesse caso, a redução da absortância solar na cobertura não resultou em diferenças significativas para o mesmo ambiente.

Já as análises pelo método prescritivo resultaram em níveis de CA semelhante para todos os casos, com exceção do caso 2 que obteve valores inferiores devido à absortância mais alta da cobertura.

3.4 Desempenho para refrigeração dos ambientes

O índice consumo relativo para refrigeração (CR) é avaliado conforme Figura 5.

Figura 5 - CR por ambiente de cada caso



Simulação Prescritivo

Fonte: Os autores

Nas simulações a alvenaria obteve maior valor de CR, enquanto o caso 1 resultou em melhor desempenho. Os casos 2, 3 e 4 apresentaram resultados semelhantes de consumo para refrigeração, sendo o caso 2 ligeiramente superior. No método prescritivo os valores de CR foram praticamente iguais, assim como ocorreu no consumo para aquecimento.

A Tabela 2 apresenta a classificação dos níveis de eficiência energética de cada ambiente casos.

Tabela 2 – Nível de eficiência energética dos ambientes

Método	Caso 1			Caso 2			Caso 3			Caso 4			Caso 5		
	Sala/Cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2	Sala/Cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2	Sala/Cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2	Sala/Cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2	Sala/Cozinha	Dormitório 1	Dormitório 2
Nível de eficiência energética para resfriamento															
Prescritivo	D	D	D	D	D	D	C	C	C	C	C	C	D	D	D
Simulação	E	E	E	E	D	D	D	C	C	D	C	C	D	B	C
Nível de eficiência energética para aquecimento															
Prescritivo	C	B	B	B	B	B	C	B	B	C	B	B	C	B	B
Simulação	E	C	C	C	A	A	C	A	A	C	B	A	D	B	B
Nível de eficiência energética para refrigeração															
Prescritivo	-	C	C	-	C	C	-	C	C	-	C	C	-	C	C
Simulação	B	D	D	B	E	E	B	E	E	B	E	E	C	E	E

Fonte: Os autores

Em geral, o método prescritivo resultou em níveis de eficiência energética superiores. Por ser menos preciso e generalizar características importantes, os resultados indicam que o método prescritivo não permite analisar comparativamente o desempenho entre painéis, em estudos na zona bioclimática 3.

Observa-se que no método por simulação, há uma maior variação nos níveis de eficiência energética obtidos pelos casos analisados, permitindo uma comparação mais precisa do desempenho dos painéis de acordo com as características de cada um.

Para a classificação final, os casos apresentaram níveis de eficiência energética iguais para ambos os métodos (Tabela 3), mesmo com as divergências apontadas. Entretanto, todos os casos receberam nível C, exceto o caso 1 com nível D, destacando que a falta da representatividade da capacidade térmica e transmitância térmica nas equações não afetaram os resultados finais.

Tabela 3 – Classificação do nível de eficiência energética da envoltória

	CASO 1	CASO 2	CASO 3	CASO 4	CASO 5
PRESCRITIVO	D	C	C	C	C
SIMULAÇÃO	D	C	C	C	C

Fonte: Os autores

4 CONCLUSÃO

Neste trabalho comparou-se a eficiência energética de cinco configurações de painéis de vedação (*wood frame* e alvenaria de blocos cerâmicos) pelos métodos prescritivo e de simulação do RTQ-R, para o clima de São Paulo, Zona Bioclimática 3.

Os métodos conduziram a níveis de eficiência energética diferentes, quando avaliados os resultados de GHR, CA e CR, podendo chegar em até dois níveis de diferença.

De modo geral, os casos em *wood frame* com isolantes apresentaram desempenho similar à alvenaria, indicando que não há necessidade em limitar o nível de eficiência energética em função do parâmetro capacidade térmica. Por outro lado, ao comparar o desempenho dos casos analisados, percebe-se que o método por simulação é mais expressivo, apresentando maior influência dos valores de capacidade térmica e transmitância térmica nas variáveis de saída. No método prescritivo, quando alterados esses parâmetros não se observou grandes variações nos valores de GHR, CA e CR como ocorreu com a simulação, mostrando que o método é pouco sensível ao impacto dos mesmos. A absortância solar, no entanto, mostra-se bem representada no método prescritivo, promovendo a redução dos níveis de GHR, CA e CR em ambos os métodos. Dessa forma, o método prescritivo não se mostra adequado para comparação de desempenho de painéis para a zona Bioclimática 3, uma vez que as equações não conseguem representar a influência dos parâmetros analisados no desempenho térmico para verão e inverno.

Estudos mais aprofundados são necessários para corrigir essas falhas e tornar o método prescritivo mais representativo. Além disso, os intervalos da capacidade térmica devem ser revistos para qualquer zona Bioclimática para que possam abranger melhor as características de painéis de vedação

leves.

REFERÊNCIAS

AMORIN, S.; VIEIRA, R. Estudo comparativo da eficiência energética de uma habitação popular em alvenaria e em madeira no município de Ribeirão da Neves - MG. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais...** São Paulo, 2016.

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, 2005.

_____. **NBR 15575 –** Edificações habitacionais: desempenho. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior. Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (INMETRO). Portaria nº18, de 16 de janeiro de 2012. **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edifícios Residenciais (RTQ-R)**. Brasília, DF, 2012.

CALDAS, L. R.; SPOSTO, R. M.; LOPES, A. M. S.; TAVARES, W. C. Avaliação do ciclo de vida energético (ACVE) e do desempenho térmico de uma habitação de light steel framing com o uso de diferentes tipos de isolantes térmicos. **Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, v. 11, n. 2, p. 1-14, 2016.

GOMES, A. P.; SOUZA, H. A. Desempenho térmico de edificações residenciais em light steel framing. XII Encontro Nacional e Tecnologia no Ambiente Construído. **Anais**... Fortaleza, 2008.

LAROCA, C.; KRÜGER, E. L.; MATOS, J. M. Avaliação de desempenho térmico de protótipo de habitação social desenvolvido para o estado de Santa Catarina. XII Encontro Nacional e Tecnologia no Ambiente Construído. **Anais**... Fortaleza, 2008.

MATEUS, R. **Novas tecnologias construtivas com vista à sustentabilidade da construção**. 271 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade do Minho. Braga, 2004.

NOGUEIRA, J. R. S.; CALLEJAS, I. J. A.; DURANTE, L. C.; MARTINS, A. F. S.; LOUZICH, K. M. D.; ROSSETI, K. A. C. Desempenho térmico de painel de vedação vertical externo composto por placas de madeira mineralizada em light steel framing. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais**... São Paulo, 2016.

ROCHA, A. C.; BARROS, M. M. S. B.; LEITE, B. C. C.; PETRECHE, J. R. D. Avaliação do desempenho térmico de fachada com painéis leves em edificações de múltiplos pavimentos. XVI Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. **Anais**... São Paulo, 2016.

THOMAS, D.; DING, G. Comparing the performance of brick and timber residendial buildings **–** the case of Australia. **Energy and Buildings**, v.159, p. 136-147, 2018.