

OTIMIZAÇÃO PARA ATENDER AO *STANDARD PASSIVE HOUSE* NA ZONA BIOCLIMÁTICA 1

RENATA DALBEM¹; **RUI OLIVEIRA²**; **ANTÓNIO FIGUEIREDO³**; **ROMEU VICENTE⁴**; **EDUARDO GRALA DA CUNHA⁵**

¹*Universidade Federal de Pelotas – renata_dalbem@hotmail.com*

²*Universidade de Aveiro – ruioliveira@ua.pt*

³*Universidade de Aveiro – ajfigueiredo@ua.pt*

⁴*Universidade de Aveiro – romvic@ua.pt*

⁵*Universidade Federal de Pelotas – eduardogralacunha@yahoo.com.br*

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de acelerar o processo de construção e reduzir os custos em habitações de interesse social no Brasil apoia-se na adoção de sistemas construtivos racionalizados e projetos padronizados, independente da região onde será construído e inserido. Esse procedimento gera edificações de baixa qualidade, com destaque no débil desempenho térmico e energético.

A partir de 2013, quando passou a vigorar a NBR 15575 (ABNT, 2013), tornou-se obrigatório atender uma série de critérios e requisitos a fim de melhorar a qualidade das edificações no país, estando entre eles o desempenho térmico. Porém, os requisitos mínimos estabelecidos pela norma são pouco exigentes, e não garantem o conforto térmico das edificações.

O consumo de energia elétrica pelo setor das edificações corresponde a 50,8% do consumo total de energia do Brasil, e aproximadamente metade dessa parcela corresponde ao consumo de edificações residenciais (EPE, 2016). Nesse contexto, a aplicação do standard *Passive House* em edificações sociais é uma alternativa para reduzir o consumo de energia, mantendo o conforto térmico e qualidade do ar interior. Uma edificação *Passive House* deve ser projetada empregando os cinco princípios fundamentais, que são: alto nível de isolamento térmico, minimização de pontes térmicas, esquadrias eficientes, estanqueidade ao ar e um sistema de ventilação mecânica com recuperador de calor (PASSIPEDIA, 2017). Para obter a certificação, a edificação deve atender a requisitos de conforto térmico e energia, estabelecidos pelo PHI (2013).

O presente trabalho possui o objetivo de adaptar um projeto arquitetônico de uma habitação social ao *standard Passive House*, através da definição do envelope térmico para a zona bioclimática brasileira 1, verificando o potencial de melhoria no desempenho térmico e energético em relação a uma edificação regulamentar brasileira.

2. METODOLOGIA

Foi utilizado como objeto de estudo uma habitação social unifamiliar de 45,86m² (OLIVEIRA, 2012), inserida na zona bioclimática 1 (Figuras 1 e 2). A metodologia é dividida em duas etapas, onde na primeira realizou-se a simulação da solução base, utilizando o software *EnergyPlus*[®]. A solução base foi definida com uma solução de envelope atendendo aos requisitos mínimos estabelecidos pela NBR 15575, com o objetivo de verificar o seu desempenho térmico e energético. Na segunda etapa realizou-se uma otimização com algoritmo evolutivo multi-objetivo do modelo, variando o isolamento térmico e a solução de esquadria, com o objetivo de minimizar o consumo de aquecimento e o sobreaquecimento, requisitos para atender a *standard Passive House*.

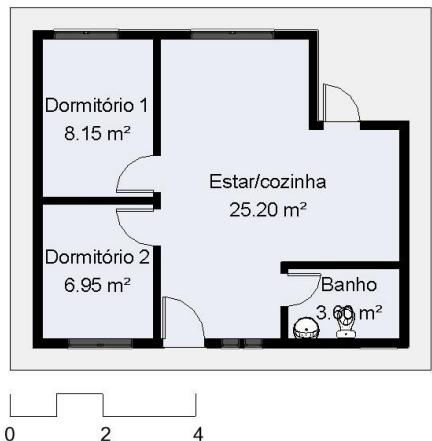


Figura 1. Planta baixa do objeto de estudo



Figura 2: Perspectiva do objeto de estudo

A configuração do modelo numérico foi realizada utilizando o software *Energy Plus®* (DOE, 2017), de acordo com os valores padrão apresentados no RTQ-R, para ocupação, iluminação, equipamentos, ventilação natural e sistema de ar condicionado (INMETRO, 2012). Para representar a zona bioclimática 1 foi utilizado o arquivo climático da cidade de Curitiba-PR (LABEEE, 2017).

2.1. Definição da solução base

Para a definição da solução base, foram adotados materiais tradicionais da construção de habitações de interesse social no Brasil, de modo a atender aos requisitos da transmitância (*U*) e capacidade térmica (*CT*) exigidos para a zona bioclimática 1 pela NBR 15575 (ABNT, 2013). As soluções são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1: Soluções construtivas da solução base

Elemento construtivo	Solução construtiva	<i>U</i> (W/m ² .K)	<i>CT</i> (kJ/m ² .K)	α
Paredes externas	Reboco, bloco cerâmico (6 furos), reboco	2,47	150,48	0,2
Paredes internas	Reboco, tijolo maciço, reboco	3,18	254,16	0,2
Cobertura	Telha de fibroc., câmara de ar, forro de madeira	2,18	24,16	0,2
Laje de piso	Laje de concreto, arg. assentamento, cerâmica	3,42	278,20	0,2
Solução de janela	Vidro simples 3mm – FS= 0,86	5,89	-	-

U= Transmitância térmica; CT= Capacidade térmica; α = Absortância térmica

2.2. Otimização com algoritmo evolutivo multi-objetivo

Uma otimização multi-objetivo envolve uma série de funções objetivas simultaneamente, que devem ser minimizadas ou maximizadas gerando uma série de soluções ótimas, também conhecidas, como soluções *Pareto-front* (KALYANMOY, 2001). O objetivo da otimização foi minimizar simultaneamente o consumo de energia para aquecimento e o sobreaquecimento, requisitos da *Passive House*.

Neste trabalho, foram variados 4 parâmetros, descritos na Tabela 2. As variáveis contínuas (x_0 , x_1 e x_2) podem assumir qualquer valor definido no intervalo dos limites e as variáveis discretas (x_3) podem assumir um valor entre um conjunto de valores pré-definidos.

Tabela 2: Lista de parâmetros

Variáveis contínuas	
Designação	Limites
Espessura do isolamento das paredes externas (m)	0,001 – 0,12
Espessura do isolamento da cobertura (m)	0,001 – 0,12
Espessura do isolamento do piso (m)	0,001 – 0,12
Discrete variables (strings)	
Solução de esquadria	Caixilho de PVC + vidro insulado U=1,98 W/m ² K – FS=0,45
	Caixilho de PVC +vidro laminado U=4,13 (W/m ² K) – FS=0,5
	Caixilho de PVC + vidro monolítico 4 mm U=4,24 (W/m ² K) – FS=0,38
	Caixilho de PVC frame + vidro monolítico 3 mm - U=4,30 (W/m ² K) – FS=0,86

U= Transmitância térmica; FS= Fator solar.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Resultados da solução base

A solução base obteve um consumo total de energia de 36,78 (kWh/m²a), sendo que 36,72 (kWh/m²a) se refere ao consumo de aquecimento e apenas 0,06 (kWh/m²a) se refere ao consumo de refrigeração.

O elevado consumo de aquecimento ocorre porque a alta transmitância térmica do envelope possibilita grandes trocas de energia entre o interior da edificação e o ambiente exterior. No inverno o calor produzido dentro da edificação, através dos ganhos internos e do sistema de ar condicionado, é rapidamente perdido para o exterior, através do envelope, gerando um elevado consumo de aquecimento, para manter a temperatura interna em conforto.

O consumo de energia para refrigeração é baixo porque durante o período noturno, a alta transmitância térmica do envelope contribui para o resfriamento do edifício, pois o calor ganhado durante o dia é perdido através do envelope para o exterior, que nesse período apresenta temperatura mais baixa.

3.2. Resultados da otimização com algoritmo evolutivo multi-objetivo

A Figura 3 apresenta os pontos do *Pareto Front*, onde foram otimizadas a espessura do isolamento térmico e a solução de esquadria da edificação com o objetivo de minimizar o consumo de aquecimento e o sobreaquecimento, requisitos da Passive House. Foi escolhida uma solução para análise que representa uma solução ótima, com resultado equilibrado entre consumo de aquecimento e graus-hora de resfriamento. Analisando a solução escolhida observamos que ela foi definida com 0,02m de isolamento térmico no piso, 0,12m nas paredes e cobertura e esquadria de PVC com vidro insulado. Com esta configuração o consumo total de energia foi de 4,42 (kWh/m²a), sendo 4,19 (kWh/m²a) o consumo de aquecimento e 0,23 (kWh/m²a) o consumo de refrigeração. No inverno o elevado isolamento térmico das paredes e cobertura reduz as perdas de calor produzido no interior da edificação para o exterior, reduzindo assim a demanda de energia para aquecimento da edificação no período noturno, em que o ar condicionado é ativo. No verão, o elevado isolamento térmico das paredes e cobertura da edificação reduz os ganhos de calor do exterior, porém não elimina todos os ganhos. O baixo isolamento térmico

do piso contribui para que o calor acumulado no interior da edificação seja dissipado para o solo, que possui uma temperatura inferior ao ar interno, evitando o sobreaquecimento. O elevado isolamento térmico do envelope no verão pode ser prejudicial, impedindo a dissipação do calor acumulado durante o dia para o exterior, podendo ser necessário o uso de climatização para resfriamento noturno.

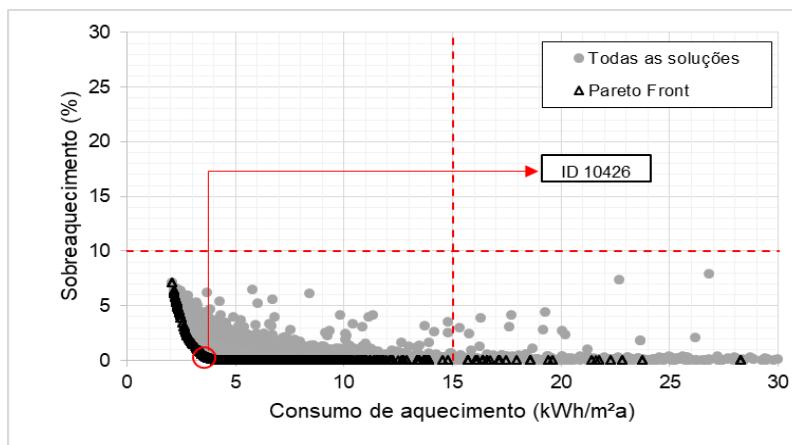


Figura 3. Resultados da otimização

4. CONCLUSÕES

Conclui-se que com a solução *Passive House* otimizada a economia de energia, em relação à solução base, foi de aproximadamente 88%. Além disso, destacamos que a solução *Passive House* também garante a qualidade do ar interior durante 24 horas, devido ao sistema de climatização.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. **NBR 15.575. Norma Brasileira de Edifícios habitacionais – Desempenho.** Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- DOE – U.S. DEPARTMENT OF ENERGY. **EnergyPlus Energy Simulation Software.** Disponível em <<https://energyplus.net/downloads>>. Acesso em: abril de 2017.
- EPE. **Balanço Energético Nacional 2016: Ano base 2015.** Brasília, 2016.
- INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais, RTQ-R.** Eletrobrás, INMETRO, 2012.
- KALYANMOY, D. **Multi-Objective Optimization using Evolutionary Algorithms.** John Wiley & Sons, Ltd., Chichester, England, 2001.
- LABEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Arquivos climáticos. Acessado em 02 out. 2017. Online. Disponível em: <http://www.labeee.ufsc.br/downloads/arquivos-climaticos>.
- OLIVEIRA, L. S. **Avaliação dos limites das propriedades térmicas dos fechamentos opacos da NBR 15220-3, para habitações de interesse social, da zona bioclimática 2.** Dissertação de Mestrado – PROGRAU, UFPel. Pelotas, 2012.
- PASSIPEDIA. **The Passive House – definition.** Acessado em 02 out. 2017. Online. Disponível em: [http://passipedia.org/basics/the_passive_house_-definition?s\[\]definition](http://passipedia.org/basics/the_passive_house_-definition?s[]definition)
- PHI. **Certified Passive House – Certification Criteria For Residential Passive House Buildings.** 2013.