

## AVALIAÇÃO DA MELHOR RELAÇÃO ENTRE A EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E A GERAÇÃO PRÓPRIA DE ENERGIA ELÉTRICA NO CICLO DE VIDA DA EDIFICAÇÃO

LENO PORTO DUTRA<sup>1</sup>; ISABEL TOURINHO SALAMONI<sup>2</sup>; EDUARDO GRALA DA CUNHA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*Universidade Federal de Pelotas – leno.dutra@hotmail.com*

<sup>2</sup>*Universidade Federal de Pelotas – isalamoni@gmail.com*

<sup>3</sup>*Universidade Federal de Pelotas – eduardogralacunha@yahoo.com.br*

### 1. INTRODUÇÃO

Dentre as maiores riquezas que as nações possuem, estão seus recursos naturais, incluídas as fontes de energia. No que diz respeito à participação dos edifícios no consumo energético, o Relatório Síntese do Balanço Energético Nacional indicou que o uso residencial, comercial e público de energia somou 42,6% do consumo de eletricidade e 13,2% da energia total no Brasil em 2018 (EPE, 2019, p. 32, 44). Pela expressiva representatividade desse uso em relação à demanda energética total, é imprescindível que a sociedade brasileira vise à redução do consumo líquido de energia<sup>1</sup> nos edifícios. No nível mais abrangente e considerando somente a energia elétrica, isso pode ser obtido pela diminuição do uso de eletricidade ou pela geração da eletricidade necessária no próprio local de consumo.

Qual é a relação ótima entre as duas soluções? Ou, de outra forma, até que ponto deve-se aplicar uma e outra, considerando-se a tecnologia disponível e os recursos construtivos de que se dispõe? Há uma série de implicações a partir da tomada de decisão por uma ou outra, em maior ou menor grau de aplicação, e a busca do ponto de equilíbrio apresenta-se como problema de pesquisa. Assim, a principal questão que a dissertação vinculada a este resumo pretende responder é: por que se devem adotar estratégias para a eficiência energética no edifício se, para reduzir seu consumo líquido, basta gerar mais energia nele?

Se o objetivo é simplesmente consumir – durante o período de uso do edifício – menos energia a partir de fontes externas e/ou não renováveis, ambas as soluções (eficiência e geração própria) servem, e o grau de aplicação de cada uma poderia ser avaliado somente pela viabilidade física de implementação e pelo investimento necessário. Mas se os objetivos são mais abrangentes, outras variáveis devem ser investigadas. Apesar de a maior parte das estratégias de eficiência energética ter escopo somente na etapa de operação (ocupação e uso) (HERNANDEZ; KENNY, 2010), um edifício não consome energia somente durante essa fase. Para ser construído, assim como para sua demolição ao fim da vida útil, demanda o uso de recursos energéticos. A energia empregada na extração da matéria-prima, na industrialização dos materiais e sistemas que compõem o edifício, no transporte, na instalação na obra, nas reformas e substituições ao longo da vida e na desconstrução ao fim dela, é contabilizada no balanço energético do edifício como energia incorporada (CELLURA *et al.*, 2014).

O processo para obtenção dos valores de energia incorporada é chamado de Avaliação do Ciclo de Vida Energético (ACVE), que é um tipo particular da Avaliação do Ciclo de Vida (ACV). Segundo a norma ISO 14040, ACV é definida como a

<sup>1</sup> Consumo líquido de energia é entendido como o montante de energia que deve ser suprido por fontes externas, ou seja, a quantidade de energia que o edifício demanda, descontada a produzida internamente.

“compilação e avaliação do fluxo de entrada e saída de produtos, materiais ou energia, e dos potenciais impactos ambientais de um sistema produtivo através de seu ciclo de vida completo” (IOS, 2006, p. 2, tradução nossa). Na ACVE, a energia é a única medida para avaliação dos impactos ambientais. Ela não substitui o método mais amplo, porém torna-se útil para a tomada de medidas para a eficiência energética (FAY; TRELOAR; IYER-RANIGA, 2000).

É nesse contexto que a pesquisa resumida no presente trabalho está sendo desenvolvida, com objetivo de avaliar a melhor relação entre a eficiência energética e a geração própria no ciclo de vida de unidades habitacionais (UH) brasileiras situadas na zona bioclimática nº 2 (ZB2)<sup>2</sup>. A ZB2 se caracteriza por estações bem definidas, com inverno muito frio e verão muito quente, o que a torna ideal para experimentos que testem estratégias para climas opostos. Esse estudo se desenvolve por meio de simulações computacionais. Estas foram realizadas com um modelo de UH simples, sem preocupações com o uso de energia, e com um modelo desenvolvido para atender a normas de eficiência energética, como RTQ-R<sup>3</sup> e *Passive House*<sup>4</sup>. Dessa forma, os autores pretendem obter dados para comparação entre os resultados – em energia operacional e incorporada – de um modelo ineficiente e de um modelo eficiente nos critérios de uso de energia operacional, e com isso dissertar sobre as condições que levam uma UH, no clima complexo da ZB2, a ser considerada como edificação de baixo consumo energético no ciclo de vida. Neste resumo, o objetivo é verificar somente se a UH ineficiente pode tornar-se eficiente, à luz de regulamento europeu, com a inserção de geração própria. Na dissertação, também a eficiente está sendo testada e comparada. A forma de geração local escolhida foi a conversão fotovoltaica (FV), pela farta disponibilidade da fonte no Brasil e pelas possibilidades de integração do sistema FV ao edifício.

## 2. METODOLOGIA

O trabalho utiliza a simulação computacional no software *EnergyPlus*<sup>TM</sup> para estimativa do consumo de energia durante a fase de operação das UHs, enquanto a energia incorporada aos materiais que as constituem é obtida de trabalhos publicados que elaboraram ou revisaram ACVE. O método foi dividido em quatro etapas. Na primeira foi realizada uma revisão de literatura, a única etapa concluída até a submissão deste resumo. Na segunda, os modelos escolhidos são adaptados e reproduzidos no software *SketchUp*<sup>©</sup> com o plugin *Euclid*<sup>©</sup>. Na terceira etapa são feitas as configurações das simulações computacionais, incluindo os parâmetros do sistema solar fotovoltaico. Na quarta etapa são realizadas as simulações e analisados os resultados obtidos. As últimas três etapas encontram-se em desenvolvimento. Já há resultados preliminares de um projeto-piloto realizado no âmbito da pesquisa. Esse projeto-piloto envolveu somente o primeiro modelo de UH.

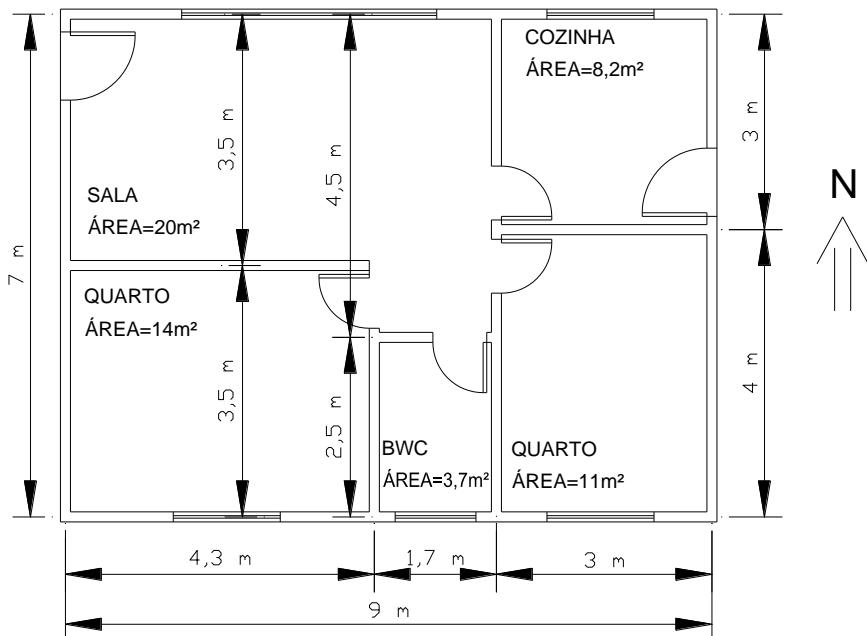
O modelo em estudo foi obtido de TAVARES (2006). A Figura 1 mostra a planta baixa, e a Figura 2 apresenta suas principais características físicas.

<sup>2</sup> As zonas bioclimáticas brasileiras são definidas na NBR 15220-3:2005 (ABNT, 2005b) como grupos de cidades com características relativamente homogêneas quanto ao clima, a fim de estabelecer estratégias comuns para otimizar o desempenho térmico das edificações. A ZB2 é composta por 33 cidades localizadas nas regiões Sul e Sudeste, e se caracteriza principalmente pelos extremos climáticos no inverno e no verão.

<sup>3</sup> Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais.

<sup>4</sup> Conceito construtivo, desenvolvido na Alemanha, cujo objetivo é obter alto desempenho energético de edificações através de estratégias passivas referentes ao isolamento da envoltória, à redução de pontes térmicas e à estanqueidade

Figura 1 – Planta do modelo 1.



Fonte: adaptado de TAVARES (2006, p. 123).

Figura 2 – Quadro de características físicas do modelo 1.

Figura 2 – Quadro de características físicas do modelo II	
Estrutura	Concreto armado
Pé direito	2,8 m
Paredes	Blocos cerâmicos 8 furos (9 cm x 19 cm x 19 cm). Dimensões totais: 14 cm (9 cm do bloco, 2,5 cm do reboco interno e 2,5 cm do reboco externo).
Acabamento das paredes	Reboco interno e externo, pintura em branco. Azulejos até 1,8 m na cozinha e banheiro.
Cobertura	Laje armada em blocos cerâmicos, vigotas em concreto armado. Espessura total 12 cm, rebocada. Recoberta com telhas de fibrocimento sobre estrutura de madeira.
Janelas	Esquadrias de ferro, vidros planos simples com espessura 3 mm. Área de esquadrias: 1/6 da área do piso.
Portas	Portas em madeira. Externas: 0,9 m x 2,1 m. Internas: 0,7 m x 2,1 m.
Pisos	Banheiro e cozinha em cerâmica comum. Nos demais cômodos em tacos de madeira.

Fonte: adaptado de TAVARES (2006, p. 123).

Os principais parâmetros para simulação foram obtidos da NBR 15220-2:2005 (ABNT, 2005a) e do manual do RTQ-R (ELETROBRÁS, 2012). Foi inserida geração FV cujos módulos ocuparam toda a área disponível da cobertura.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

A simulação e os cálculos resultaram nos valores relacionados na Tabela 1.

Tabela 1 – Resultados preliminares

Tipo de energia	Consumo kWh/(m <sup>2</sup> .a)	%
Incorporada	63,6	35
Operacional	119,1	65
Total	182,7	100

Fonte: OS AUTORES (2019).

Tais resultados demonstram, preliminarmente, que a inserção da geração própria em uma UH energeticamente ineficiente não é capaz de torná-la uma edificação de baixo consumo operacional. Ao comparar o valor obtido, de 119,1 kWh/(m<sup>2</sup>.a) com metas da União Europeia<sup>5</sup>, que variam entre 20 e 70 kWh/(m<sup>2</sup>.a) (COMISSÃO EUROPEIA, 2016, p. 54-55), verifica-se que tal edificação está longe de ser considerada dessa forma.

O método empregado neste projeto piloto foi simplificado em alguns aspectos, segundo a precisão esperada para os resultados preliminares. Além disso, a pesquisa continua, com a modelagem da UH eficiente, as simulações que virão a seguir e a comparação dos resultados entre elas, com objetivo mais abrangente.

#### 4. CONCLUSÕES

Este resumo demonstrou a pertinência do tema para a pesquisa em andamento no trabalho de mestrado. Os resultados obtidos até aqui demonstram que a inserção de geração própria é insuficiente para que uma edificação seja considerada de baixo consumo energético. Portanto faz-se necessário aprofundar estudos no sentido de torná-la eficiente e avaliar o impacto das ações necessárias no consumo de energia, tanto operacional como incorporada. Dessa forma, poderá ser estabelecida a melhor relação entre a eficientização e o incremento de geração no local.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. 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 componentes de edificações. Rio de Janeiro: ABNT, 2005a.
- \_\_\_\_\_. \_\_\_\_\_. Parte 3: zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: ABNT, 2005b.
- CELLURA, M. et al. Energy life-cycle approach in net zero energy buildings balance: operation and embodied energy of an Italian case study. **Energy and Buildings**, v. 72, p. 371–381, 2014.
- COMISSÃO EUROPEIA. Recomendação (UE) 2016/1318 da Comissão. **Jornal Oficial da Comissão Europeia**. Bruxelas, 2016. Disponível em: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016H1318&from=EN>. Acesso em: 1 set. 2019.
- ELETROBRÁS. **Manual RTQ-R.** [S.l.:s.n.], 2012. Disponível em: <http://www.pbeedifica.com.br>. Acesso em: 1 set. 2019.
- EPE. **Balanço Energético Nacional 2019 Relatório Síntese Ano Base 2018.** Rio de Janeiro: EPE, 2019. Disponível em: <http://www.epe.gov.br>. Acesso em: 8 set. 2019.
- FAY, R.; TRELOAR, G.; IYER-RANIGA, U. Life-cycle energy analysis of buildings: a case study. **Building Research & Information**, v. 28, n. 1, p. 31–41, 2000.
- HERNANDEZ, P.; KENNY, P. From net energy to zero energy buildings : Defining life cycle zero energy buildings. **Energy & Buildings**, v. 42, n. 6, p. 815–821, 2010.
- IOS. **ISO 14040:2006.** Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework. Geneva, Swiss: ISO, 2006.
- TAVARES, S. F. **Metodologia de análise do ciclo de vida energético de edificações residenciais brasileiras.** 2006. 225 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis-SC.

<sup>5</sup> Por falta de normas nacionais que estabeleçam metas de consumo de energia nos edifícios.