

# INFLUÊNCIA DOS MATERIAIS DAS VEDAÇÕES VERTICAIS NO DESEMPENHO TERMO-ENERGÉTICO DE UMA HABITAÇÃO DE INTERESSE SOCIAL<sup>1</sup>

ALMEIDA, T., Universidade Federal do Rio de Janeiro, email: tatianepilar@hotmail.com;  
SILVOSO, M., Universidade Federal do Rio de Janeiro, email: silvoso@fau.ufrj.br; BRASILEIRO,  
A., Universidade Federal do Rio de Janeiro, email: alicebraileiro@ufrj.br

## ABSTRACT

*In 2009, Brazilian Federal Government launched the "Minha Casa Minha Vida" (MCMV) Program. However, it presented high standardized design solutions with similar constructive characteristics, regardless of the region in which they were located. The objective of this article is to analyze the influence of opaque materials used on vertical envelopment systems on the thermo-energetic performance of a multi-family social interest buildings. These are in the city of Rio de Janeiro, on the Bioclimatic Zone 8. Simulations were performed for different orientations, varying the selected opaque materials, considering the main constructive systems used by the Program. The performance of the building is evaluated through computer simulation, according to parameters defined by the "Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais" (RTQ-R). The worst results were obtained on the simulation using massive concrete as opaque material of the vertical envelopment, being, however, the construction system most frequently adopted by the program in Rio de Janeiro. The analysis showed the need to adapt the MCMV Program buildings using materials with better thermo-energetic performance on the vertical envelopments, due to the local climate.*

**Keywords:** Thermo-energetic performance. Opaque Materials. Vertical Envelopment.

## 1 INTRODUÇÃO

Segundo Mascaró e Mascaró (1992), a envoltória é a responsável pela interface entre o ambiente externo e interno, controlando as trocas de calor entre a edificação e o meio, devendo estar de acordo com as necessidades específicas de cada orientação. Para Mirrahimi *et al.* (2016), as escolhas projetuais de uma edificação afetam diretamente os recursos energéticos necessários para prover aquecimento, arrefecimento, ventilação e iluminação. O sistema construtivo das edificações deve então considerar questões energéticas e ambientais relacionadas ao seu projeto, principalmente no caso das residenciais.

Os últimos relatórios relativos ao balanço energético nacional vêm mostrando que no setor de edificações, são as residenciais que apresentam os maiores índices de consumo de energia elétrica (EPE, 2017). A elevação do número de novas unidades habitacionais, especialmente a relacionada às habitações de interesse social (HIS) produzidas pelo Programa Minha Casa, Minha Vida (PMCMV), tem levado à disseminação de projetos padronizados ao longo de todo o território nacional, em que a adoção de

---

<sup>1</sup> ALMEIDA, T.; SILVOSO, M.; BRASILEIRO, A. Influência dos Materiais das Vedações Verticais no Desempenho Termo-energético de uma Habitação de Interesse Social. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 17., 2018, Foz do Iguaçu. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2018.

uma mesma tipologia de edificação e de um mesmo sistema construtivo em localidades de clima totalmente distintos tem sido uma constante (AMORE; SHIMBO; RUFINO, 2015).

Triana; Lamberts; Sassi (2015), ao avaliarem o desempenho termo-energético de tipologias representativas do PMCMV no Brasil, utilizando o método prescritivo do RTQ-R, observaram apenas resultados “C”, “D” e “E. Dörfler e Krüger (2016) analisaram através de simulações termo-energéticas potenciais de melhoria no desempenho térmico de um projeto de habitação unifamiliar térrea; para a Zona Bioclimática (ZB) 8, observaram os benefícios trazidos por aumentos nas espessuras das paredes e no revestimento externo.

De acordo com Vasquez (2017), a principal tipologia habitacional do PMCMV no Rio de Janeiro é a edificação multifamiliar. Tais edificações apresentam majoritariamente quatro sistemas construtivos, sendo as paredes maciças de concreto moldadas *in loco* o predominante (aproximadamente 80%), seguida respectivamente pela alvenaria estrutural com blocos cerâmicos, alvenaria estrutural com blocos de concreto e alvenaria de vedação com tijolos cerâmicos. O objetivo deste artigo é, portanto, analisar a influência dos materiais opacos dos sistemas de vedações verticais no desempenho termo-energético de edificações multifamiliares de interesse social localizadas na cidade do Rio de Janeiro, pertencente à ZB8.

## 2 MÉTODO

A presente pesquisa baseia-se em simulações para uma tipologia de HIS multifamiliar empregada no Rio de Janeiro variando os materiais opacos que compõem seus sistemas de vedações verticais, utilizando o programa *EnergyPlus* e seguindo parâmetros definidos pelo RTQ-R (BRASIL, 2012). Foram analisados os sistemas em alvenaria estrutural em blocos de concreto, alvenaria estrutural em blocos cerâmicos, alvenaria de vedação com tijolo cerâmico e paredes maciças de concreto. Apenas para as paredes maciças de concreto foram realizadas simulações variando elementos em sua composição, como a adição de revestimento ou de material isolante térmico.

O estudo de caso consiste em um projeto representativo de habitação multifamiliar do PMCMV (faixa 1) empregado no Rio de Janeiro, cidade que apresenta clima quente e úmido, com baixa amplitude térmica diária e altas temperaturas durante o verão, estando em situação de desconforto por calor durante 63% do ano (PROJETEEE, 2018).

O modelo utilizado nas simulações termo-energéticas apresenta geometria linear, sendo composto por quatro pavimentos tipo, com quatro unidades por andar. Os apartamentos possuem dois dormitórios, um banheiro e sala com cozinha integrada, totalizando 37 m<sup>2</sup> (Figura 1). As simulações foram realizadas para quatro diferentes orientações (Figura 2):

Figura 1 - Planta do pavimento tipo da edificação analisada



Fonte: Adaptado do Projeto Legal

Figura 2 - Orientações da tipologia utilizada

| Orientação 1 | Orientação 2 | Orientação 3 | Orientação 4 |
|--------------|--------------|--------------|--------------|
|              |              |              |              |

Fonte: Os autores

Todas as condições de modelagem foram inseridas segundo o método da simulação proposto pelo RTQ-R (BRASIL, 2012), considerando o padrão de ocupação, uso da iluminação, cargas internas de equipamentos e uso de ventilação encontrado no mesmo. A temperatura do solo foi calculada utilizando o pré-processador *Slab*, integrado ao *EnergyPlus*. A Tabela 1 apresenta os valores das propriedades termofísicas dos materiais empregados, os quais foram calculados com base nos valores de condutividade térmica e calor específico encontrados na NBR 15220 (ABNT, 2005); a espessura e densidade equivalentes foram obtidos conforme Ordenes *et al.* (2003).

Tabela 1- Propriedades térmicas dos materiais da envoltória – transmitância (U), capacidade térmica (CT) e absorvância (a)

| Descrição   | U (W/m <sup>2</sup> K) | CT (kJ/m <sup>2</sup> K) | Absorvância - a |
|---|------------------------|--------------------------|-----------------|
| Cobertura - Laje maciça (10,0cm), câmara de ar (> 5,0 cm), Telha cerâmica | 2,05                   | 238                      | 0,7             |

|  |      |     |     |
|--|------|-----|-----|
| Alvenaria de Vedação de Tijolos Cerâmicos de 8 furos (12,0 x 19,0 x 19,0cm) com revestimento interno e externo (2,5cm) | 2,24 | 155 | 0,5 |
| Alvenaria Estrutural de Bloco Cerâmico (14,0 x 19,0 x 29,0cm) com revestimento interno e externo (2,5cm)               | 2,08 | 186 | 0,5 |
| Alvenaria Estrutural de Bloco de Concreto (14,0 x 19,0 x 39,0cm) com revestimento interno e externo (2,5cm)            | 2,69 | 272 | 0,5 |
| Paredes de concreto moldadas <i>in loco</i> (10cm)   | 4,40 | 240 | 0,5 |
| Paredes de concreto moldadas <i>in loco</i> (10cm) com revestimento interno e externo (1,5cm)                          | 3,95 | 300 | 0,5 |
| Parede sanduíche de Concreto e Poliestireno expandido (EPS) - (12cm)   | 0,82 | 194 | 0,5 |

Fonte: Calculados de acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005) e o Anexo V do RAC (BRASIL, 2013).

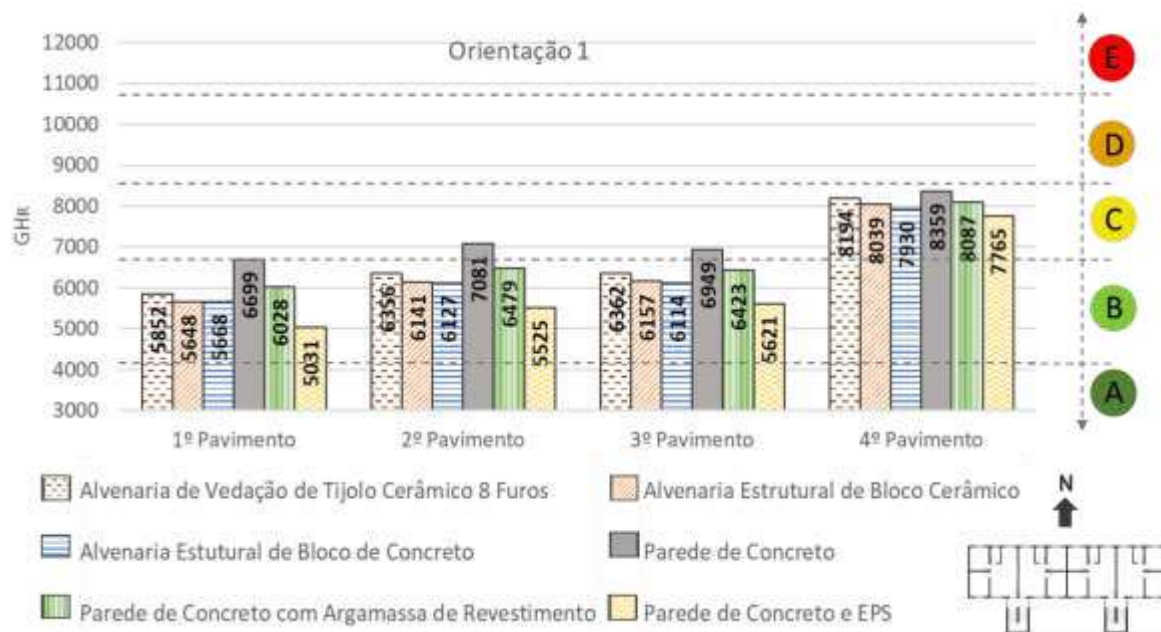
Por meio de simulações referentes à condição da edificação como naturalmente ventilada (Airflow Network) é calculado o indicador graus-hora para resfriamento<sup>2</sup> (GH<sub>R</sub>) a partir dos valores de temperatura operativa de cada ambiente de permanência prolongada (APP). Os resultados em GH<sub>R</sub> são classificados de acordo com limites pré-determinados, apresentando níveis que podem variar de "A" (mais eficiente) a "E" (menos eficiente), que indicam diferentes aportes de energia demandada para atingir situações de conforto ao usuário no ambiente interno. Para cada um dos quatro pavimentos foi então calculado o valor médio do indicador GH<sub>R</sub>.

### 3 RESULTADOS

Para os sistemas construtivos analisados podem ser observados os resultados referentes à Orientação 1 e Orientação 3 nas Figuras 3 e 4, respectivamente. Essas orientações apresentam o maior eixo da edificação no sentido L-O, de modo que as maiores superfícies da edificação estão voltadas para Norte e Sul, recebendo menor carga térmica que as Orientações 2 e 4.

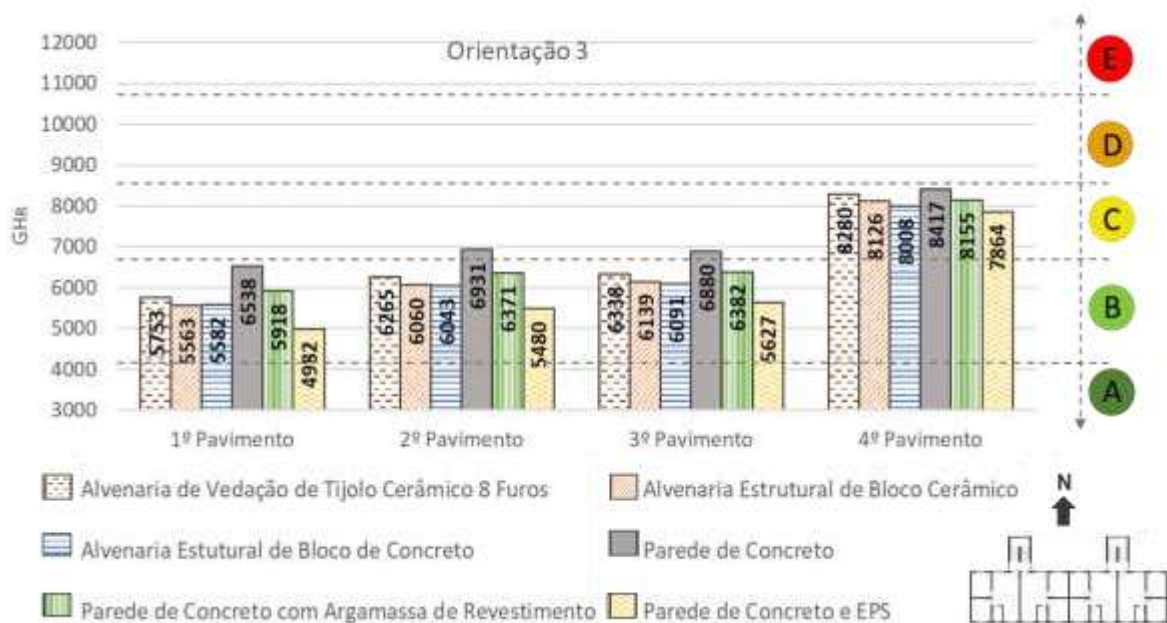
Figura 3 - Resultados em GH<sub>R</sub> para a orientação 1.

<sup>2</sup> Graus-hora para resfriamento, unidade na qual são produzidas as respostas na equação de EqNumEnvResfr, significando o somatório da diferença entre a temperatura operativa horária e a temperatura de base, quando a primeira está acima da segunda, no caso de resfriamento, adotando a temperatura de base como 26° C (BRASIL, 2012).



Fonte: Os autores

Figura 4 - Resultados em GHR para a orientação 3



Fonte: Os autores

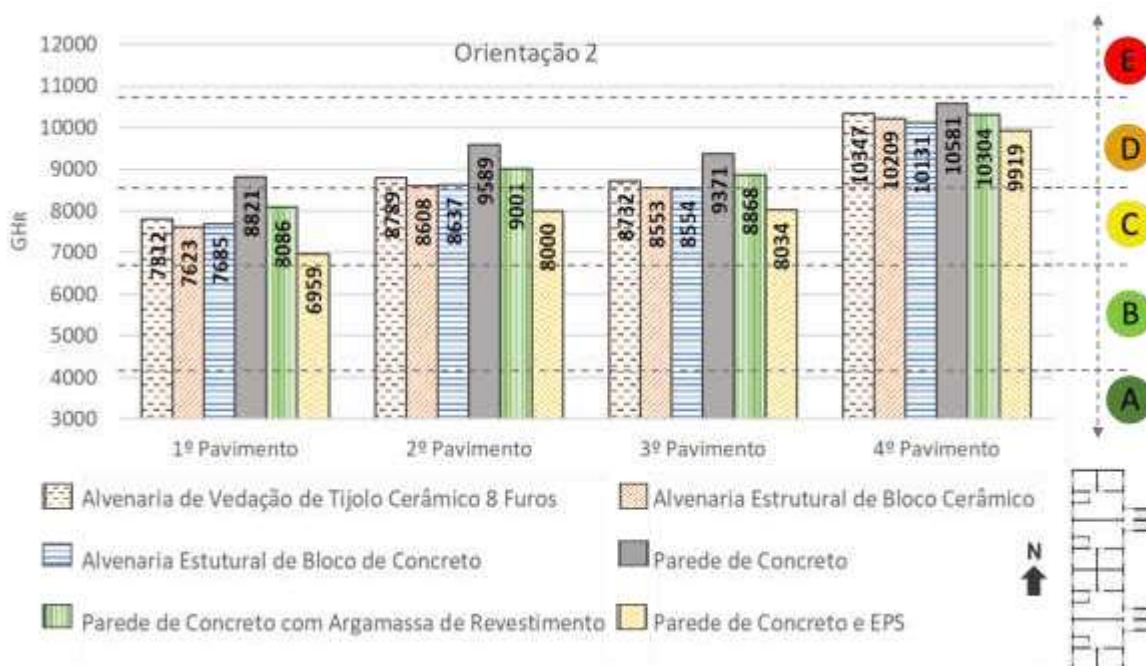
Nos três primeiros pavimentos, os resultados obtidos para tais orientações apresentaram classificação “B” para todos os materiais, com exceção das paredes maciças de concreto. Em todos os pavimentos os piores resultados são referentes às paredes em concreto maciço; já os melhores resultados variaram de acordo com o pavimento entre a alvenaria estrutural em bloco de concreto e em bloco cerâmico. A variação para a parede de concreto que inclui a utilização de uma camada de EPS apresentou vantagens em relação a todos os outros sistemas analisados, especialmente nos três primeiros pavimentos. Embora a utilização de argamassa de revestimento

tenha melhorado o desempenho da parede de concreto, essa variação não mostra vantagens em relação ao desempenho termo-energético dos demais sistemas utilizados pelo programa.

Ao se comparar o desempenho entre as paredes maciças de concreto e as paredes sanduíche de concreto e EPS para a Orientação 1, tem-se uma diferença de cerca de 24,9% entre os valores do indicador  $GH_R$  encontrados no primeiro pavimento, 21,9% no segundo, 19,1% no terceiro e 7,1% no último. Já para a Orientação 3, a utilização do concreto e EPS apresentou um desempenho 23,7% melhor que a parede de concreto no primeiro pavimento, 20,9% no segundo, 18,2% no terceiro e 6,6% no quarto. Já a parede de concreto com revestimento apresenta uma variação menos significativa em todas as situações, com uma diminuição de 10% em relação à parede de concreto maciça no primeiro pavimento da Orientação 1, por exemplo.

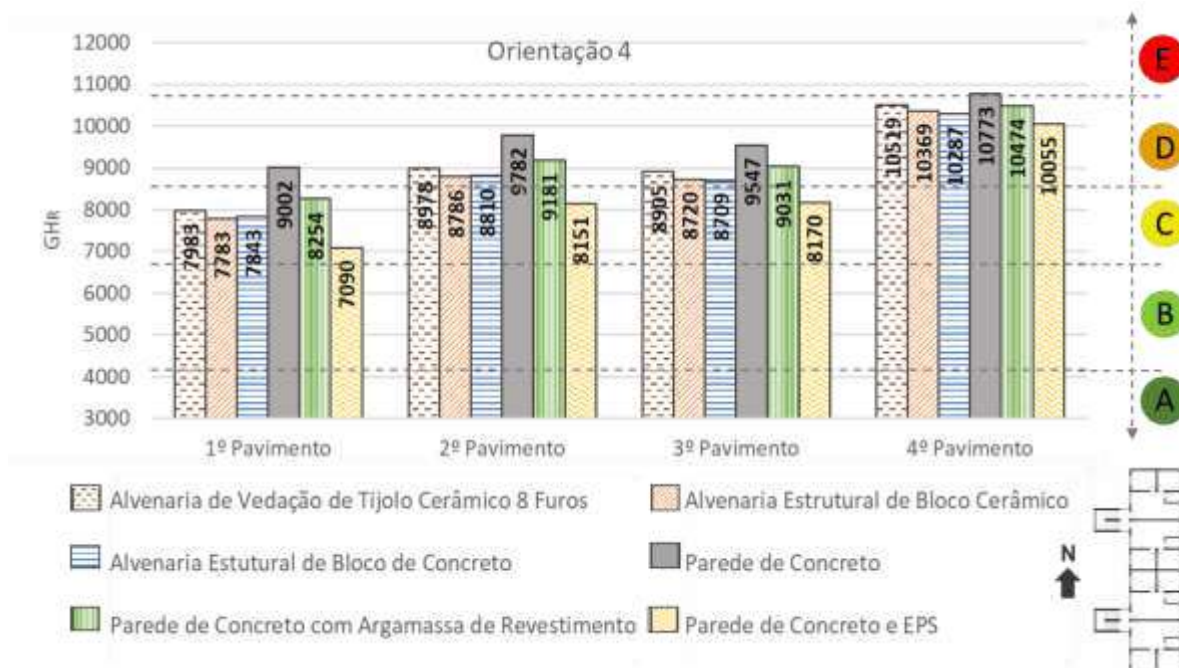
Nas Figuras 5 e 6, podem ser observados os resultados referentes à Orientação 2 e Orientação 4, respectivamente. Essas orientações possuem o maior eixo da edificação no sentido N-S, estando as maiores superfícies da edificação voltadas para Leste e Oeste, recebendo maior carga térmica que as Orientações 1 e 3, apresentando, portanto, classificações inferiores às mostrados anteriormente.

Figura 5 - Resultados em  $GH_R$  para a orientação 2



Fonte: Os autores

Figura 6 - Resultados em  $GH_R$  para a orientação 4



Como esperado, os piores resultados obtidos são referentes às paredes em concreto maciço, que obtiveram classificação média “D” em todos os pavimentos da Orientação 2; para a Orientação 4, classificação “D” nos três primeiros pavimentos e, no último, classificação “E”. Para ambas as orientações, todos os demais sistemas característicos do PMCMV apresentaram classificação média “C” no primeiro pavimento e classificação “D” nos três últimos. Os melhores resultados encontrados foram as paredes sanduíche de concreto e EPS, obtendo classificação “C” nos três primeiros pavimentos e classificação “D” no último, mas sempre melhor que os demais. Entretanto, mesmo a utilização do painel sanduíche de concreto e EPS nas Orientações 2 e 4 não representou um desempenho superior ao encontrado para qualquer um dos materiais nas Orientações 1 e 3. Para Orientação 2, a diferença entre a parede de concreto moldada *in loco* e a parede sanduíche com EPS foi de 21,1% no primeiro pavimento, 16,6% no segundo, 14,3% no terceiro e 6,3% no quarto. A orientação 4 apresentou diferenças de 21,2% no primeiro andar, 16,7% no segundo, 14,4% no terceiro e 6,6% no último andar.

Embora o EPS apresente um baixo valor de condutividade térmica - 0,04 W/mK (ABNT, 2005) –, dificultando a condução do fluxo de calor através das vedações verticais, no caso do quarto pavimento os ganhos térmicos através da cobertura são muito elevados, de modo que o EPS acaba por impedir a dissipação do calor absorvido pela cobertura. Sendo assim, para esse andar, a utilização do EPS mostra-se desnecessária, apresentando vantagens pouco significativas em comparação com a parede de concreto original. No último pavimento, os piores desempenhos encontrados e a aproximação entre os resultados das simulações, apontam para a influência do ganho de carga térmica pela cobertura, indicando que, para as

unidades do último andar de edificações multifamiliares deve-se atentar não somente aos elementos das vedações verticais, mas especialmente aos materiais empregados na cobertura.

#### 4 CONCLUSÕES

Esta pesquisa apresentou uma análise do desempenho termo-energético de uma HIS multifamiliar do PMCMV para diferentes materiais opacos na composição do sistema de vedações verticais. Através das simulações e avaliações realizadas, pôde-se observar que o sistema construtivo mais utilizado pelo PMCMV no Rio de Janeiro, as paredes maciças de concreto, foi o que apresentou os piores resultados para a edificação analisada. Apenas a variação para parede de concreto que empregou o EPS em sua constituição obteve, para todos os pavimentos, melhores resultados para o indicador  $GH_R$  em comparação aos outros sistemas empregados pelo programa; entretanto, viu-se que para o último pavimento os resultados dessa variação ficaram próximos aos demais obtidos. Desse modo, no caso das unidades habitacionais localizadas no pavimento superior das edificações multifamiliares há a necessidade de uma composição de cuidados tanto da vedação vertical quanto da cobertura.

#### AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem aos órgãos de fomento CNPq e FAPERJ pelo apoio à pesquisa realizada.

#### REFERÊNCIAS

- ABNT ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220**: Desempenho Térmico de Edificações. Rio de Janeiro, 2005.
- AMORE, C.; SHIMBO, L.; RUFINO, M. (Orgs.). **Minha casa... e a cidade? Avaliação do Programa Minha Casa Minha Vida em Seis Estados Brasileiros**. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2015.
- BRASIL. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL (INMETRO). **Regulamento Técnico da Qualidade do Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais**. Brasília, 2012.
- \_\_\_\_\_. **Requisitos de Avaliação da Conformidade para Eficiência Energética de Edificações**. Brasília, 2013 [Anexo Geral V].
- DÖRFLER, M.; KRÜGER, E.. Simulações de desempenho térmico de moradias do PMCMV em diferentes zonas bioclimáticas quanto aos aspectos de implantação, materialidade e sombreamento de aberturas. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.



EPE EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA. **Balço Energético Nacional 2017: Ano base 2016**. Rio de Janeiro: EPE 2017a. Disponível em: < [https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio\\_Final\\_BEN\\_2017.pdf](https://ben.epe.gov.br/downloads/Relatorio_Final_BEN_2017.pdf)>. Acesso em fevereiro 2018.

MASCARÓ, J. L.; MASCARÓ, L. **Incidência das Variáveis Projetivas e de Construção no Consumo Energético dos Edifícios**. Porto Alegre: DC Luzzatto, 1992.

MIRRAHIMI, S. et all. The effect of building envelope on the thermal comfort and energy saving for high-rise buildings in hot-humid climate. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**. V.53, pp. 1508–1519, 2016.

ORDENES, M.; PEDRINI, A.; GHISI, E.; LAMBERTS, R. **Metodologia Utilizada na Elaboração da Biblioteca de Materiais e Componentes Construtivos Brasileiros para Simulações no Visualdoe-3.1**. Relatório Interno – Departamento de Engenharia Civil, UFSC. Florianópolis, 2003.

PROJETEEE PROJETANDO EDIFICAÇÕES ENERGETICAMENTE EFICIENTES. **Estratégias Bioclimáticas**. Disponível em: < <http://projeteee.mma.gov.br/estrategias-bioclimaticas/>>. Acesso em março 2018.

TRIANA, A.M.; LAMBERTS, R.; SASSI, P. Characterization of representative building typologies for social housing projects in Brazil and its energy performance. **Energy Policy**, v. 87, p. 524-541, 2015.

VASQUEZ, E. **Análise do conforto ambiental em projetos de habitações de interesse social segundo a NBR 15.575:2013**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental), PUC. Rio de Janeiro, 2017.