Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais
Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

ANÁLISE DO DESEMPENHO TÉRMICO DE UMA HABITAÇÃO UNIFAMILIAR DE INTERESSE SOCIAL NA CIDADE DE MOSSORÓ/RN[1]

LIMA, Rafaelle Silva (1); PACHECO, Giovani (2)

(1) Faculdade Católica do Rio Grande do Norte, rafaellesl@gmail.com
(2) Centro Universitário do Rio Grande do Norte, giovanipacheco@unirn.edu.br

RESUMO

O presente artigo faz uma análise do desempenho termoenergético de uma habitação de interesse social localizada no Residencial Maria Odete Rosado, na cidade de Mossoró/RN. Para o estudo, foi utilizado o método simplificado do RTQ-R, com o objetivo de identificar sua classificação e sugerir estratégias bioclimáticas que resultem em um melhor nível de eficiência, de acordo com as normas e bibliografia específicas. Os resultados obtidos para o projeto e composição original da envoltória apontaram para um baixo nível de eficiência energética através do RTQ-R. No entanto, com as modificações sugeridas, foi possível verificar uma evolução na sua classificação. Isso evidencia a importância de buscar métodos construtivos e materiais que promovam melhor qualidade ambiental para essa tipologia de edificação.

Palavras-chave: *Desempenho termoenergético. Habitação de interesse social. RTQ-R.*

ABSTRACT

This article analyses the thermoenergetic performance of a social housing on the residential Maria Odete Rosado located, in the city of Mossoró/RN. For the study, using the simplified RTQ-R method, in order to identify its classification and suggest bioclimatic strategies that result in a better level of efficiency, according to the specific norms and bibliography. The results obtained for the project and the original composition of the envelope pointed to a low level of energy efficiency through the RTQ-R. However with the suggested modifications it was possible to verify an evolution in its classification. This highlights the importance of seeking constructive methods and materials that promote better environmental quality for this type of building.

Keywords*: Thermoenergetic performance. Social housing. RTQ-R.*

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, um tema de extrema importância refere-se a qualidade ambiental de edificações unifamiliares de interesse social fomentadas por políticas públicas para habitação, como o Programa Minha Casa Minha Vida (PMCMV). Segundo Amore,

[1] LIMA, Rafaelle Silva; PACHECO, Giovani. Análise do desempenho térmico de uma habitação unifamiliar de interesse social na cidade de Mossoró/RN. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

Shimbo e Rufino (2015, p.62) a padronização na construção dessas unidades habitacionais levam em desconsideração alguns fatores como diversidade urbana, social, cultural, tecnológica e, inclusive, características bioclimáticas de cada região. Sendo assim, é necessário ressaltar a importância de uma arquitetura que adeque a edificação as condições climáticas locais.

Segundo Corbella e Yannas (2003, p.19), a arquitetura que integra o edifício ao meio ambiente tem por objetivo aumentar a qualidade de vida do ser humano no ambiente construído e no seu entorno, respeitando as características do clima e do modo de vida local, reduzindo o consumo de energia para manter o conforto ambiental. Já Lamberts, Dutra e Pereira (2014, p.5) afirmam que um edifício é mais eficiente quando proporciona as mesmas condições ambientais com menor emprego de energia. Entretanto, registra-se no Brasil um aumento no consumo de energia elétrica no setor residencial, já que no ano de 2018, de acordo com a Empresa de Pesquisa Energética (2020), houve o consumo de 472.242 GWh, crescimento de 43% em relação à 2004. Há ainda projeçõs sobre o crescimento nas próximas décadas devido ao aumento no número de domicílios e a elevação da renda das famílias, decorrendo na aquisição de novos equipamentos, dentre os principais o ar condicionado (EPE, 2018).

Porém, Vasquez, Romanel e Sánchez Filho (2017, p. 75) afirmam que a aplicação de soluções passivas para melhoria do desempenho térmoenegético, além de gerar economia de energia, também reflete na diminuição de custo com sistemas ativos e sua manutenção. Tudo isso demostra a relevância dos conceitos da arquitetura bioclimática no contexto atual, sobretudo no que diz respeito a habitação de interesse social.

No sentido de orientar os projetos a soluções arquitetônicas mais eficientes, a NBR 15220–3 (ABNT, 2005) estabelece o zoneamento bioclimático brasileiro e um conjunto de recomendações e estratégias construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Com relação ao desempenho das edificações a NBR 15575 (ABNT, 2013) estabelece critérios técnicos para avaliação de imóveis habitacionais visando promover um melhor nível de qualidade nas moradias.

Para a realização da certificação das habitações, o Programa Nacional de Etiquetagem (PBE) desenvolveu a etiqueta PBE Edifica, uma ferramenta de avaliação de eficiência energética baseada nos critérios definidos no Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais (RTQ-R) para imóveis unifamiliares e multifamiliares.

Portanto, o objetivo desta pesquisa é realizar um estudo da classificação do nível de eficiência energética de uma residência unifamiliar de interesse social de acordo com os critérios estabelecidos no RTQ-R, para avaliar seu desempenho termoenergético e sugerir a adoção de melhorias que possam impactar positivamente o desempenho da edificação.

2 METODOLOGIA

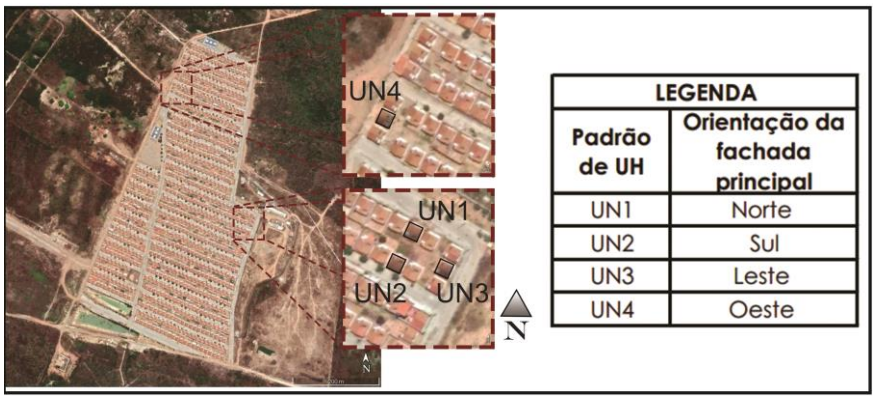
A metodologia adotada para avaliar o desempenho da edificação baseia-se nos critérios técnicos estabelecidos no RTQ-R, através do método simplificado, que consiste em avaliar o desempenho térmico da envoltória de uma Unidade Habitacional (UH), quando naturalmente ventilada, pelo seu equivalente numérico (EqNumEnv), correspondendo a uma escala de A (melhor nível de desempenho) à E (menor nível de desempenho), conforme o regulamento (INMETRO, 2012). Para o

cálculo foi utilizada a planilha de cálculo de desempenho da UH desenvolvida pelo Centro Brasileiro de Eficiência Energética em Edificações (CB3E), disponível no site PBE Edifica (2020).

O procedimento da pesquisa iniciou-se com o levantamento de dados climáticos da cidade de Mossoró/RN e, então, foi identificado que a cidade pertence à Zona Bioclimática sete (ZB7), de acordo com NBR 15220 – 3 (ABNT, 2005). Em seguida foi realizada a escolha da edificação para o estudo de caso, que se trata de uma residência unifamiliar no Residencial Maria Odete Rosado, localizado no bairro Presidente Costa e Silva, Zona Leste da cidade de Mossoró.

O empreendimento foi realizado pelo PMCMV e contempla 844 habitações que foram entregues no ano de 2017 (PRESIDÊNCIA DA REPÚLBLICA, 2017). Foi possível identificar quatro implantações para a mesma tipologia de edificação de acordo com a orientação de sua fachada principal, enumeradas então como padrão UN1 ao padrão UN4, como pode ser observado na Figura 1. As UH's do padrão UN3 e UN4 apresentam apenas dezoito unidades, tendo uma representatividade menor em relação as UN1 e UN2, orientação predominante no conjunto habitacional.

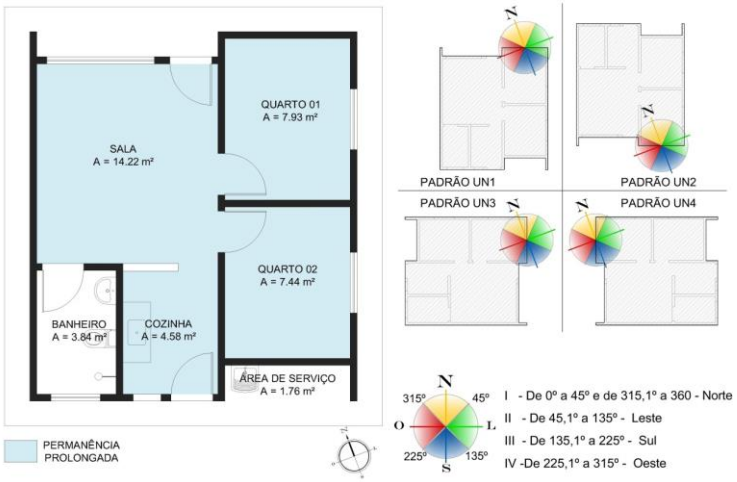
Figura 1 - Implantação do Residencial Maria Odete Rosado



Fonte: Google Earth - modificado pelos autorres

Através de medição *"in loco"* foi verificado que a residência possui sala com cozinha adjacente, dois quartos, banheiro e área de serviço externa, totalizando 47,57 m² de área construída. A planta baixa está representada na Figura 2.

Figura 2 - Planta baixa da UH e orientação da fachada principal



Fonte: Os autores

Em seguida, adotando as recomendações do RTQ-R (INMETRO, 2012), foi realizada a identificação dos ambientes de permanência prolongada e da orientação das fachadas para cada padrão de habitação, como pode ser visto na Figura 2.

A técnica construtiva empregada e os materiais utilizados caracterizam-se pelos que são comumente aplicados na região, sendo a cobertura de telhas cerâmicas com forro de PVC, as paredes são de alvenaria (bloco cerâmico de 6 furos, rebocada interna e externamente) com 14 cm de espessura, o piso revestido com cerâmica, e as esquadrias de alumínio com vidro. As propriedades térmicas da envoltória foram obtidas no Anexo V da Portaria nº 50/2013 do INMETRO (2013).

A absortância solar para a cobertura da edificação foi obtida de acordo com o Anexo B da NBR15220 – 2 (ABNT, 2005) que determina o valor máximo de 0,8 para telhas cerâmicas. Já para as paredes externas foi usada a absortância no valor de 0,245 da tinta na cor Marfim (INMETRO, 2013), que é similar a utilizada na edificação.

O procedimento foi dividido em três etapas. Na 1ª foi realizado o ensaio com as características originais para as quatro orientações da habitação. Os dados coletados foram inseridos na planilha, referente às características geométricas do ambiente, às propriedades térmicas dos sistemas utilizados na envoltória e aos parâmetros relacionados à iluminação e ventilação natural. É importante observar que, apesar das unidades habitacionais possuírem aquecedor de água por painel solar, ele não foi considerado nos cálculos, pois não foi possível acessar as suas especificações técnicas.

Na 2ª etapa foram sugeridas modificações na edificação e foram realizados 10 ensaios no padrão UN1, para analisar seu comportamento diante de cada alteração ou combinação delas. Segundo a NBR 15220 – 3 (ABNT, 2005) é recomendado para a ZB7 sombrear as aberturas e utilizar parede e cobertura pesadas. Portanto, foi adotado o Fator de sombreamento (somb = 1,0), o que representa um dispositivo de proteção solar que bloqueia mais de 75% da incidência solar nas superfícies envidraçadas, e um sistema de cobertura e paredes com transmitância térmica menor. Com relação à absortância, segundo Mulhall e Aynsley (1999, apud Santos, Dornelles e Sousa, 2010), edifícios com coberturas que possuem baixa absortância térmica podem reduzir substancialmente a temperatura do ar no interior dos ambientes. Logo foi sugerida a análise com a cobertura na cor Branco Neve, onde a = 0,162 (INMETRO, 2013).

Na 3ª etapa foram aplicadas nas demais unidades as modificações que obtiveram o melhor resultado no ensaio do padrão UN1, para analisar seu desempenho em todas as orientações existentes. Por fim, os dados foram compilados e representados em tabelas, para facilitar a visualização e a compreensão dos resultados.

3 RESULTADOS OBTIDOS

3.1 Análise da condição original

Na 1ª etapa foram observados os pré-requisitos da envoltória para os ambientes de permanência prolongada, estabelecidos no RTQ-R para a Zona Bioclimática 7, já que o não atendimento a esse quesito implica em uma classificação de no máximo nível C nos equivalentes numéricos da envoltória. As características analisadas para os pré-requisitos são comuns a todas as UH's do conjunto habitacional, portanto as

considerações a seguir se aplicam a todas as quatro orientações de implantação do projeto. Na tabela 1 pode ser observado o pré-requisito exigido pelo regulamento e o valor das propriedades físicas existentes na edificação, onde as paredes atendem as exigências determinadas, porém a cobertura não corresponde às características mínimas exigidas, já que a absortância está acima de 0,4 e a transmitância térmica excede o valor de 1,50.

Tabela 1 - Pré-requisitos das propriedades térmicas da envoltória

Propriedades térmicas	**Exigido**		**Existente**	
	Componente			
	Parede	Cobertura	Parede	Cobertura
Absortância solar(α)	α ≤ 0,6	α > 0,4	α = 0,25	α = 0,80
Transmitância térmica(U)	U ≤ 3,70	U ≤ 1,50	U = 2,46	U = 1,75
Capacidade térmica(CT)	CT ≥ 130	Sem exigência	CT =150	Sem exigência
Atende ao pré-requisito estabelecido no regulamento?			Sim	Não

Fonte: Os autores

Com relação à ventilação natural, o RTQ-R estabelece para a ZB7 que o percentual de abertura em relação à área do piso seja maior que 5%, já para iluminação natural cada ambiente deve corresponder a uma área de abertura de no mínimo 12,5% da sua área útil. No projeto original esses pré-requisitos são atendidos em todos os ambientes de permanência prolongada.

Após analisados os pré-requisitos, foi obtida através dos cálculos da planilha a pontuação para cada ambiente de permanência prolongada e a classificação final da Unidade habitacional. A nota final para a envoltória apresentou um resultado não muito satisfatório, sendo nível D em todas as unidades, mostrando apenas uma pequena variação na pontuação no dormitório 2 do padrão UN1, assim como o dormitório1 da UN4. A classificação final da UH, mesmo com a somatória das bonificações permaneceu no nível D. Vale ressaltar que nas bonificações foram consideradas somente aquelas relacionadas com a estrutura física da edificação, como profundidade e refletância do teto. Os resultados obtidos estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2 - Classificação do nível de eficiência para a edificação original

		UN1		**UN2**		**UN3**		**UN4**	
ENVOLTÓRIA SALA + COZINHA	Para o verão	D		D		D		D	
	Refrigerada artificialmente	não se aplica		não se aplica		não se aplica		não se aplica	
ENVOLTÓRIA DORMITÓRIO 1	Para o verão	D		D		D		C	
	Refrigerada artificialmente	D		D		D		D	
ENVOLTÓRIA DORMITÓRIO 2	Para o verão	C		D		D		D	
	Refrigerada artificialmente	D		D		D		D	
NOTA FINAL DA ENVOLTÓRIA		D	2,22	D	2,00	D	2,00	D	2,00
CLASSIFICAÇÃO FINAL DA UH		D	2,40	D	2,20	D	2,20	D	2,41

Fonte: Os autores

3.2 Análise das recomendações

Durante a 2ª etapa do procedimento, com os ensaios realizados no padrão UN1, pôde-se constatar que as modificações da absortância da cobertura e sombreamento das aberturas são as que mais influenciaram positivamente os resultados, chegando a uma classificação nível B, como visto na Tabela 3. No

resultado geral da pontuação os ensaios 8 e 10 obtiveram mesmo valor, porém o último apresentou uma redução no indicador de Graus-hora de resfriamento, sendo adotada essa composição para realizar o teste nos demais padrões.

Tabela 3 - Classificação do padrão UN1 de acordo com modificações sugeridas

ENSAIO	Projeto e composição original	Projeto Original	Modificações sugeridas				NOTA	
			Composição da cobertura	Composição das paredes	Absortância da cobertura	Sombrea-mento		
1	X						D	2,40
2		X			X		C	2,89
3		X	X				D	2,40
4		X		X			D	2,40
5		X	X	X			D	2,40
6		X	X	X	X		C	2,89
7		X				X	C	3,10
8		X			X	X	B	3,79
9		X	X	X		X	C	3,10
10		X	X	X	X	X	B	3,79

Fonte: Os autores

3.3 Análise das UHs

Na 3ª etapa com a alteração na composição e na absortância da cobertura, os pré-requisitos da envoltória se enquadram em outro critério e passam a ser totalmente atendidos. As propriedades térmicas da edificação modificada constam na Tabela 4.

Tabela 4 - Pré-requisitos das propriedades térmicas da envoltória

Propriedades térmicas	**Exigido**		**Existente**	
	Componente			
	Parede	Cobertura	Parede	Cobertura
Absortância solar (α)	α ≤ 0,6	α ≤ 0,4	α = 0,25	α = 0,162
Transmitância térmica (U)	U ≤ 3,70	U ≤ 2,30	U = 2,46	U = 1,52
Capacidade térmica (CT)	CT ≥ 130	Sem exigência	CT =150	Sem exigência
Atende ao pré-requisito estabelecido no regulamento?			Sim	Sim

Fonte: Os autores

Depois de realizados os ensaios nas demais orientações, os resultados obtidos foram compilados na tabela 5. Pode-se observar que houve uma evolução na classificação das UH's em relação ao projeto e composição original.

Tabela 5 - Classificação do nível de eficiência para a edificação modificada

		UN1		**UN2**		**UN3**		**UN4**	
ENVOLTÓRIA SALA + COZINHA	Para o verão	B		B		B		B	
	Refrigerada artificialmente	não se aplica		não se aplica		não se aplica		não se aplica	
ENVOLTÓRIA DORMITÓRIO 1	Para o verão	C		B		B		B	
	Refrigerada artificialmente	C		C		C		C	
ENVOLTÓRIA DORMITÓRIO 2	Para o verão	B		B		B		B	
	Refrigerada artificialmente	C		C		C		C	
NOTA FINAL DA ENVOLTÓRIA		B	3,77	B	4,00	B	4,00	B	4,00
CLASSIFICAÇÃO FINAL DA UH		B	3,79	B	4,00	B	4,00	B	4,00

Fonte: Os autores

Todas as unidades alcançaram uma classificação nível B, indicando que as estratégias adotadas de modificação da habitação em estudo constituem um desempenho termoenergético mais eficaz. As diferentes implantações do projeto permaneceram com a configuração dos ambientes muito similares, como no caso dos dormitórios da UN1 e da UN2, onde as paredes externas com maior área e as aberturas estão voltadas para Leste, em ambas as unidades. Portanto, os resultados foram bastante semelhantes nas quatro orientações da fachada principal.

Por fim, as orientações normativas e bibliográficas produziram resultados positivos no desempenho final da edificação em estudo, já que a aplicação de soluções construtivas como sombreamento das aberturas, cobertura com alta refletância e envoltória com transmitância térmica menor implicam em uma menor carga térmica no interior da edificação, tornando-as mais adequadas ao uso. Isso evidencia que o estudo bioclimático no processo de projeto e a aplicação de seus conceitos podem contribuir para melhorar a qualidade ambiental das habitações de interesse social.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados dos estudos demonstram que as habitações com a envoltória original apresentam um grau de eficiência energética baixo, indicando um maior consumo de energia elétrica e menos conforto. No entanto, foi possível verificar que estratégias bioclimáticas podem impactar no desempenho da edificação, já que à aplicação de um material com baixa absortância na cobertura gerou uma diminuição significativa no Indicador de Graus-hora de Resfriamento, sendo o aspecto que mais originou resultados positivos, assim como o sombreamento das aberturas.

O sistema de aquecimento solar de água que a habitação possui não foi considerado nos cálculos por não ser possível acessar dados técnicos e comprovar o seu grau de eficiência, sendo esse um ponto negativo para a pesquisa, pois é um quesito tem um peso relevante para a classificação final da habitação.

A pesquisa realizada com auxilio da planilha demostra que a ferramenta utilizada didaticamente pode gerar um panorama resumido sobre as condições de eficiência energética e da utilização das estratégias bioclimáticas, pois foi possível obter melhores resultados a partir das modificações orientadas pela NBR 15220-3 e bibliografia, o que evidencia que os critérios de cálculo da planilha convergem com essas recomendações. Porém, por ser um método simplificado, algumas informações importantes não são consideradas, como carga térmica de ocupantes e equipamentos, orientação da ventilação e sua velocidade. Sendo assim, essa pesquisa pode ser o ponto inicial para estudos mais apurados, como a utilização do método de simulação computacional estabelecido pelo RTQ-R, contribuindo para agregar maior conhecimento ao tema qualidade ambiental para habitação social.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORE, C.S.; SHIMBO, L.Z.; RUFINO, M.B.C. (Org.). **Minha casa... E a cidade? Avaliação do Programa Minha Casa Minha Vida em seis estados brasileiros.** 1 ed. Rio de janeiro: Letra Capital, 2015. Disponível em <https://www.ufmg.br/online/arquivos/anexos/livro%20PDF.pdf>. Acesso em: 20 de jan. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - 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, 2005.

_____ ABNT. **NBR 15220:** Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**.** Rio de Janeiro, 2005.

_____ABNT. **NBR 15575:** Edificações habitacionais – Desempenho. Rio de Janeiro. 2013.

CORBELLA, Oscar; YANNAS, Simos. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos:** conforto ambiental. 2.ed. Rio de Janeiro: Revan, 2009.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Consumo anual de energia elétrica por classe (nacional).** Disponível em: <http://epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/Consumo-Anual-de-Energia-Eletrica-por-classe-nacional>. Acesso em: 22 de jan. 2020.

EPE [Empresa de Pesquisa Energética]. **Cenários de Demanda para PNE 2050.** Rio de Janeiro: EPE, 2018. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/web/guest/secretarias/planejamento-e-desenvolvimento-energetico/publicacoes/relatorio-do-pne-2050/-/document_library_display/bGHIG0XSkBz4/view/478409>. Acesso em: 31 de ago. 2020.

INMETRO. **Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais .** ANEXO DA PORTARIA INMETRO Nº 018/2012. Rio de Janeiro. 2012. p. 122.

_____. **Anexo Geral V – Catálogo de Propriedades térmicas de Paredes, Coberturas e Vidro**. ANEXO DA PORTARIA INMETRO Nº 50/2013. Rio de Janeiro. 2013.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando O. R. **Eficiência energética na arquitetura.** 3.ed. Rio de Janeiro: ELETROBRAS/PROCEL, 2014.

MULHALL, C.; AYNSLEY, R. **Solar absorptance and uninsulated houses in the humid tropics**. In: CONFERENCE ON PASSIVE AND LOW ENERGY ARCHITECTURE, 16., 1999, Brisbane. Proceedings… Brisbane, 1999.

PBE EDIFICA. **Planilhas e catálogos.** Disponível em: <http://pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>. Acesso em: 29 de fev. 2020.

PRESIDÊNCIA DA REPÚLBICA – SECRETARIA GERAL. **Aviso de Pauta – Minha Casa Minha Vida.** 2017. Disponível em: < https://www.gov.br/secretariageral/pt-br/noticias/aviso-de-pauta-minha-casa-minha-vida>. Acesso em: 16 de mar. 2020.

SANTOS, Iara Gonçalves dos; DORNELLES, Kelen Almeida; SOUZA, Roberta Vieira de. **Absortância solar de superfícies e o Regulamento Brasileiro para Eficiência Energética de Edifícios.** In: Encontro nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 13., 2010, Canela/RS . Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/280239452_ABSORTANCIA_SOLAR_DE_SUPERFICIES_E_O_REGULAMENTO_BRASILEIRO_PARA_EFICIENCIA_ENERGETICA_DE_EDIFICIOS>. Acesso em: 04 de mar. 2020.

VASQUEZ, Elizabeth Maceira Antelo; ROMANEL, Celso (Orientador); SÁNCHEZ FILHO, Emil de Souza (Coorientador). **Análise do conforto ambiental em projetos de habitações de interesse social segundo a NBR 15.575:2013**. Rio de Janeiro, 2017. 156 p. Dissertação de Mestrado – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.