2020 ENTAC
XVIII Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído

Futuro da Tecnologia do Ambiente Construído e os Desafios Globais

Porto Alegre, 4 a 6 de novembro de 2020

ANÁLISE E CONSIDERAÇÕES BIOCLIMÁTICAS DE UM PROJETO ARQUITETÔNICO NA ZONA 2, A PARTIR DO MÉTODO PRESCRITIVO DO RTQ-R[1]

SILVA, Eduarda Beatriz Valandro da (1);
SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de (2)

(1) Universidade Federal de Minas Gerais, eduardavs_@hotmail.com
(2) Departamento de Tecnologia do Design da Arquitetura e do Urbanismo da Universidade Federal de Minas Gerais, robertavgs2@gmail.com

RESUMO

Grande parte do impacto ambiental está relacionado com o consumo de energia, sendo que, no Brasil, o setor residencial é um grande responsável. Um fator importante no aumento de consumo no setor é o fato das edificações não serem adequadas ao clima local, geralmente exigindo o uso de equipamentos artificiais para melhorar o conforto térmico. Uma vez que o projeto determina o consumo energético desde a construção, melhorar o desempenho térmico da envoltória é considerada uma das principais estratégias para garantir maior eficiência energética, pois ela interage diretamente com as variáveis ambientais. Neste trabalho, utilizou-se o RTQ-R para avaliar o nível de eficiência energética de uma edificação residencial na zona bioclimática 2, analisando o desempenho da envoltória e o conforto térmico por ambiente, juntamente a considerações climáticas. As análises do clima demonstraram um desconforto recorrente por frio e umidade, consideravelmente maior do que por calor, na maior parte do ano. A partir disso, foram identificadas algumas estratégias bioclimáticas adequadas e realizadas pequenas alterações no projeto para, além de ampliar a eficiência energética, melhorar o conforto térmico por ambiente.

Palavras-chave: RTQ-R. Eficiência energética. Envoltória. Zona bioclimática 2. Conforto térmico.

ABSTRACT

Much of the environmental impact is related to energy consumption, and in Brazil, the residential sector is largely responsible. An important factor in the consumption increase in the sector is the fact that the buildings are not adapted to the local climate, generally requiring the use of artificial equipment to improve thermal comfort. as the project determines energy consumption since construction, improving the thermal performance of the envelope is considered one of the main strategies to ensure greater energy efficiency, as it interacts directly with environmental variables. In this work, the RTQ-R was used to assess the level of energy efficiency of a residential building in the bioclimatic zone 2, analyzing the performance of the envelope and the thermal comfort per environment, together with climatic

[1] SILVA, Eduarda Beatriz Valandro da; SOUZA, Roberta Vieira Gonçalves de. Análise e considerações bioclimáticas de um projeto arquitetônico na zona 2, a partir do método prescritivo do RTQ-R. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020, Porto Alegre. **Anais**... Porto Alegre: ANTAC, 2020.

considerations. The climate analyzes showed a recurrent discomfort due to cold and humidity, considerably greater than that of heat, for most of the year. From this, some suitable bioclimatic strategies were identified and small changes were made to the project to, in addition to increasing energy efficiency, improving thermal comfort by room.

***Keywords**: RTQ-R. Energy efficiency. Envelope. Bioclimatic zone 2. Thermal comfort.*

1 INTRODUÇÃO

Este trabalho é fruto de uma pesquisa na área de sustentabilidade do ambiente construído, buscando evidenciar a importância das análises de eficiência energética e de um projeto adequado ao clima para diminuir o impacto ambiental a partir do uso consciente de energia e para melhorar o conforto térmico na ZB 2.

O impacto ambiental está intimamente relacionado com o consumo de energia, sendo o setor residencial um grande responsável. No caso do Brasil, grande parte do consumo energético nacional está ligado às habitações, de acordo com o Balanço Energético Nacional (BRASIL, 2018), realizado pela empresa de pesquisa energética EPE, o setor residencial alcançou 25,5% do total consumido no nível nacional, atrás apenas do setor industrial. Para Lamberts et al. (2014, p. 17) "[...] esse valor tende a crescer mais ainda num futuro próximo conforme aumente o poder aquisitivo da população e devido a não adequação das edificações ao clima local".

De acordo com Abrahão (2015, p.51), no Brasil "[...] a taxa anual média de crescimento geométrico populacional, equivalente a 1,03%, é bem inferior à taxa anual média de crescimento geométrico do consumo médio de energia elétrica total (4,09%) e do residencial (5,28%)".

Nesse contexto, o projeto possui um grande potencial para diminuir o impacto ambiental, assim como para evidenciar e promover as questões da sustentabilidade na esfera das habitações , pois determina o consumo energético desde a construção. Assim, um projeto não adaptado ao contexto climático do lugar acarreta ao uso constante de equipamentos artificiais para melhorar o conforto térmico, ampliando o consumo de energia (LAMBERTS et al., 2010, p.17).

Diante disso, melhorar o desempenho térmico da envoltória é, atualmente, uma das principais estratégias para garantir maior eficiência energética nas edificações (IEA, 2014).

Nesse panorama, a arquitetura bioclimática que, de acordo com Olgyay (1968), estuda a relação entre o clima e os seres vivos, se insere trazendo a concepção de projeto com estratégias de condicionamento passivo, construções adaptadas ao clima e em alguns momentos, resgatando ideias da arquitetura produzida pelos antigos, com técnicas e costumes tradicionais. Lamberts et al. (2014, p.84) consideram que "A arquitetura assim concebida busca utilizar, por meio de seus próprios elementos, as condições favoráveis do clima com o objetivo de satisfazer as exigências de conforto térmico do homem".

Diante do contexto nacional de consumo energético, e após a crise de energia no país em 2001, diversas articulações em prol da eficiência energética começam a ocorrer. Em 2010, Eletrobrás e Inmetro, junto ao Procel Edifica, produzem o Regulamento Técnico da Qualidade para Nível de Eficiência Energética de Edificações Residenciais - RTQ-R (BRASIL, 2013).

Portanto, Regulamentos como o RTQ-R definem métodos para avaliação do nível de eficiência energética de uma edificação, sendo que este contempla A (mais eficiente) a E (menos eficiente), e permite a análise de desempenho da envoltória separadamente:

> "[...] visam estipular referências quanto ao desempenho energético das edificações avaliando estratégias de projeto quanto às propriedades termofísicas das envoltórias, ventilação e iluminação natural, sistemas de sombreamento, desempenho de aquecimento de água e equipamentos" (SOUZA et al., 2018, p. 140).

Sendo assim, se mostra um importante método para avaliação de edificações ou projetos existentes, visto que as análises abrangem o zoneamento bioclimático brasileiro e, portanto, o contexto climático de cada local para identificar a eficiência, assim como para propor novas soluções.

Para avaliação, o RTQ-R considera o cumprimento dos pré-requisitos da UH – Unidade habitacional autônoma, análise da envoltória, análise do aquecimento de água e bonificações.

A partir deste trabalho, buscou-se demonstrar as análises acerca da influência da envoltória no conforto térmico por ambiente em relação à avaliação de eficiência energética proposta pelo método prescritivo do RTQ-R, em um projeto atual desenvolvido no município de São Lourenço do Oeste – SC, localizado na Zona Bioclimática 2. Posteriormente, pretendeu-se identificar estratégias bioclimáticas mais adequadas ao clima local para melhorar o conforto térmico e assim ampliar a eficiência energética da UH.

1.1 Considerações sobre estudos similares

Foram encontrados estudos similares, que utilizaram o método do RTQ-R para analisar projetos na Zona 2.
Os estudos de Dalbem et al. (2017) e Pereira et al. (2016) indicam uma maior influência do período frio no conforto térmico, do que do período de calor. Além disso, constatam a necessidade de aquecimento artificial, ainda que a edificação esteja adaptada ao clima, como no caso da *Casa Passiva* analisada pelo primeiro estudo. O segundo estudo reforça que a estanqueidade da envoltória é essencial, ainda que o pré-requisito do RTQ-R permita vedações sem isolamento.

2 MÉTODO

Inicialmente, foram usados Instrumentos para análise do clima e para identificar estratégias bioclimáticas para a ZB2, como *Climate Consultant 6.0, Norma NBR 15575* e o *website Projeteee - UFSC*. A partir disso, foi elaborado um Quadro síntese (ver Figura 1) das estratégias bioclimáticas para o local. Na sequência, foi realizada a Avaliação de Desempenho da eficiência energética do projeto de edificação residencial, com o método prescritivo do RTQ-R, utilizando a Planilha de cálculo disponível no *website* do PBE Edifica, a qual considera os pré-requisitos gerais e específicos para cada ambiente. Posteriormente, foi realizada a análise das melhorias e adequações necessárias para ampliar o nível de eficiência energética. Na sequência, foram propostas algumas alterações na envoltória, priorizando estratégias passivas de conforto térmico e utilizando como base o Quadro Síntese, de forma a alcançar o nível A de desempenho na Avaliação Final do RTQ-R.

3 PRINCIPAIS RESULTADOS

3.1 Análises do clima e quadro síntese

O objeto de estudo trata-se de uma edificação residencial unifamiliar, situada em São Lourenço do Oeste, região noroeste de Santa Catarina, com latitude de 26,36° S, longitude de 52,85° W e altitude de 893 m. Foi planejada para quatro moradores, sendo um casal e duas crianças.

As análises do clima foram utilizadas para ampliar o repertório de soluções projetuais mais adequadas ao clima local (Figura1). Uma vez que não há dados climáticos tratados ou estações meteorológicas para o município em questão foi utilizada a estação mais próxima, da cidade de Xanxerê – SC, que também pertence à ZB 2, possui altitude de 841,20 metros, latitude de 26,87° S e longitude de 52,40° W. Foram usados arquivos climáticos em formato .EPW - Energyplus Weather Data.

Figura 1 - Quadro Síntese das estratégias bioclimáticas para a Zona 2

<table>
<tr><th colspan="2">QUADRO SÍNTESE
ESTRATÉGIAS BIOCLIMÁTICAS – ZB 2</th></tr>
<tr><td>VERÃO</td><td>DEMAIS ESTAÇÕES</td></tr>
<tr><td>Sombrear:
Aberturas e espaços externos, como Varandas</td><td>Aquecimento Solar Passivo:
No inverno: Estufa, edificação semienterrada, aquecimento do piso e de paredes internas, parede</td></tr>
<tr><td>Ventilação natural:
Em ambientes internos e favorecida em ambientes externos que são extensões da UH, como Varandas</td><td>Insolação dos Ambientes:
Aberturas que permitam a entrada de sol, especialmente no inverno e nos ambientes de mais uso diurno ou da UH</td></tr>
<tr><td rowspan="3"></td><td>Aquecimento Artificial necessário no inverno</td></tr>
<tr><td>Ganho de Calor Interno:
Aquecimento passivo solar e de equipamentos e pessoas, como o fogão a lenha que é cultural.
Cor dos componentes externos ou pintura com maior Absortância Térmica (α)</td></tr>
<tr><td>Isolamento e Estanqueidade:
Utilizar bom isolamento na envoltória. Cobertura, alto desempenho: U ≤ 1,0 W/m²K.
Paredes externas com baixa massa térmica e com isolamento: Limite indicado no RTQ-R.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Acúmulo de calor:
Pátios Internos e varandas ensolarados e protegidos do vento; solários.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Inércia Térmica para Aquecimento:
Paredes internas pesadas (alta massa térmica)</td></tr>
<tr><td colspan="2">Retirar Umidade e/ou Resfriar:
Ventilação Natural e Cruzada (orientar para os ventos dominantes); efeito chaminé, torre de vento; ventilar a cobertura para desumidificar. Ventiladores de teto</td></tr>
<tr><td colspan="2">Aberturas e áreas envidraçadas:
Vidro Duplo; voltadas para o Norte e protegidas no Verão</td></tr>
</table>

Fonte: Elaborado pela autora

O *software* Climate Consultant 6.0 (2018) tendo como base de análise a Norma ASHRAE 55 (2010), identificou que o local possui temperaturas muito baixas e se mantém ao longo do ano com temperaturas mais frias. Assim, são poucos os períodos na Zona de Conforto Térmico. Além disso, o clima é bastante úmido, englobando inclusive os meses mais frios no inverno, com médias de umidade relativa maiores que 80%. Os ventos são constantes e atingem até 12 m/s, sendo a maior parte do tempo frios e úmidos, entre 0° e 21°, na direção Sudeste de onde chegam os ventos dominantes. Além disso, na maior parte do tempo, a umidade relativa é maior do que 70%. A partir destas e outras análises, o software gerou uma carta psicométrica indicando diversas estratégias bioclimáticas, sendo principalmente o ganho de calor

interno e aquecimento artificial no inverno, além do sombreamento das janelas e da retirada de umidade no verão.

O *website* Projeteee (2019) traz algumas análises climáticas da cidade de referência. Entre elas, indica que há 66% de desconforto por frio, o que reforça a necessidade de aquecimento da edificação nessa zona. Além disso, indica algumas soluções de projeto considerando principalmente estratégias de inércia térmica e aquecimento solar passivo, como piso aquecido, estufa, edificações semienterradas, aquecimento de componentes internos tais como paredes, e parede trombe.

Assim, foi gerado um quadro-síntese das estratégias (ver Figura 1). Além das apresentadas acima, foram consideradas as normas brasileiras, como a NBR 15575 (2013). Essa síntese demonstrou que o resfriamento necessário no verão se resume a ventilação natural e sombreamento das aberturas. Já a maioria das estratégias são voltadas para aquecimento da edificação durante as demais estações do ano.

3.3 Avaliação da Unidade Habitacional Autônoma (UH) pelo RTQ-R

Quanto à avaliação da UH, a Tabela 1 abaixo demonstra as características principais que constituem a envoltória da mesma, no intuito de enfatizar as análises de conforto térmico em relação à avaliação de eficiência energética proposta pelo RTQ-R.

Tabela 1 – Sistemas construtivos: Pré-requisitos e características do projeto analisado

	PRÉ-REQUISITOS E PROTEÇÃO SOLAR RTQ-R PARA ZB 2	PROJETO
SISTEMAS CONSTRUTIVOS	SISTEMA DE COBERTURA: U ≤ 2,30 W/(m²K)	Transmitância Térmica (U) = 0,5 W/(M²k)
	SISTEMA DE PAREDES INT. E EXT. U ≤ 2,50 W/(m²K) e CT ≥ 130 KJ/(m²K)	Transmitância Térmica (U) = 2,46 W/(M²k) Capacidade Térmica (CT) = 150,0 kJ/(m²k)
	ISOLAMENTO TÉRMICO (Isol: se paredes E cobertura possuírem U ≤ 1,00 W/(m²K))	Isol = 0, UH NÃO É ISOLADA Vidro Duplo = 0 Vidro Simples Incolor 6mm: Transmitância térmica (U/Vid) = 5,70 W/(m²K)
	Somb - PROTEÇÃO SOLAR DAS ABERTURAS	Sala de Estar: 30% de proteção Demais ambientes: nenhuma proteção

Fonte: Elaborado pela autora

Os sistemas de cobertura e paredes foram ambos aprovados no pré-requisito (ver Figura 2, imagens "a" e "b"). A pesar disso, a UH não é considerada isolada.

Ainda que a UH tenha atingido nível A de eficiência, a envoltória obteve classificação final nível B. Alguns ambientes da UH receberam nível de eficiência E para o verão, portanto a classificação final foi C neste item, ou seja, pouco eficiente. Ainda que tenha obtido nível B para inverno, notou-se a necessidade de propor melhorias, uma vez que foi identificado nas análises climáticas e nos estudos semelhantes abordados, que o desconforto por frio abrange a maior parte do ano.

3.4 Sugestão de melhorias

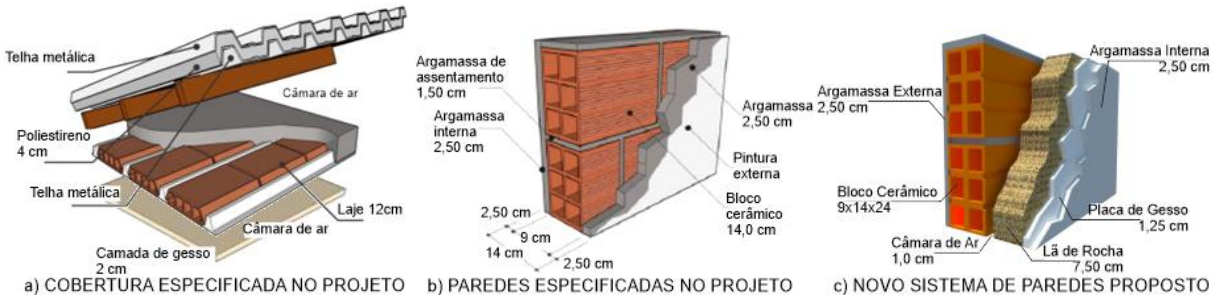
Visando melhorar a eficiência da envoltória para Nível A, foram propostas algumas modificações na UH, de forma a não impactar significativamente no projeto e, ainda assim, resultar em melhor conforto térmico. Além disso, as soluções optadas como melhorias no projeto foram embasadas pelo quadro de estratégias bioclimáticas elaborado na pesquisa. A Tabela 2 demonstra os dados analisados, fazendo um comparativo entre o projeto analisado e as melhorias propostas.

- Substituição das esquadrias e do vidro: Neste caso, as estratégias bioclimáticas englobam melhorar o sombreamento das aberturas para o verão e garantir a

ventilação para resfriamento e para desumidificação, assim como diminuir as trocas térmicas entre interior e exterior. Para tanto, optou-se por substituir todas as esquadrias externas dos ambientes de permanência prolongada por modelos com veneziana acoplada e vidro duplo. Os modelos com veneziana elevaram a porcentagem de ventilação nos ambientes e possibilitaram a proteção solar total das aberturas. Já o vidro duplo atingiu uma transmitância térmica menor do que o especificado no projeto, obtendo maior isolamento térmico.

- Substituição do sistema de paredes externas: O sistema proposto (ver Figura 2, imagem "c"), com espessura total de parede de 23,75 cm, possui menor Transmitância Térmica, incluindo manta de isolamento térmico e câmara de ar, composição mais adequada para a Zona Bioclimática 2. Além disso, como pode ser observado na Tabela 2 abaixo, atingiu maior eficiência no isolamento térmico do que o sistema especificado no projeto.

Figura 2 – Sistema de Cobertura e de Paredes internas e externas da UH



Fonte: Adaptado do Anexo V do RTQ-R (2013), elaborado pela autora

Tabela 2 - Comparativo entre os resultados antes e após as melhorias propostas

		PROJETO ANTES	PROJETO APÓS MELHORIAS PROPOSTAS
SISTEMAS CONSTRUTIVOS	SISTEMA DE COBERTURA	Transmitância Térmica (U) = 0,5 W/(M²k) Capacidade Térmica (CT) = 207,2 kJ/(m²k)	Transmitância Térmica (U) = 0,5 W/(M²k) Capacidade Térmica (CT) = 207,2 kJ/(m²k)
	SISTEMA DE PAREDES INTERNAS E EXTERNAS	Transmitância Térmica (U) = 2,46 W/(M²k) Capacidade Térmica (CT) = 150,0 kJ/(m²k)	**Transmitância Térmica (U) =0,40 W/(M²k)** **Capacidade Térmica (CT) = 155,70 kJ/(m²k)**
	Somb: PROTEÇÃO SOLAR DAS ABERTURAS	Sala de Estar: 30% de proteção Demais ambientes: nenhuma proteção	**Uso de veneziana nos ambientes de permanência prolongada**
	ISOLAMENTO TÉRMICO (Isol = 1,0 Se paredes E cobertura possuírem U ≤ 1,00 W/(m²K))	Isol = 0 Vidro Duplo = 0 Transmitância térmica do vidro simples (Uvid) = 5,70 W/(m²K)	**Isol = 1,0** **Vidro Duplo = 1,0** **Transmitância térmica do vidro duplo (Uvid) = 3,07 W/(m²K)**
RESULTADOS RTQ-R	Envoltória para Verão:	2,59: Nível C	4,09: Nível B
	Envoltória para Inverno:	4,36: Nível B	5,00: Nível A
	Aquecimento Água:	Nível A	Nível A
	Equivalente Numérico da Envoltória:	3,58: Nível B	4,60: Nível A
	Envoltória se Refrigerada Artificialmente:	3,01: Nível C	4,75: Nível A
	Bonificações	0,5	0,5
	Classificação Final da UH:	**Pontuação total: 4,58. Nível A**	**Pontuação total: 5,24. Nível A**

Fonte: Elaborado pela autora

3.5 Avaliação final

Incluindo as alterações de esquadrias, vidro e paredes na planilha de cálculo, notou-se um importante aumento na eficiência da envoltória para verão e inverno.

Em relação ao inverno, a envoltória obteve equivalente numérico máximo – 5,00 - e, portanto, atingiu nível A. Na avaliação por ambiente, a pior situação de consumo

relativo para aquecimento, a qual havia atingido nível C, subiu para nível B.

Para verão, embora a envoltória tenha subido de Nível C para B após as modificações no projeto, em comparação com o Nível A para inverno, o equivalente numérico também se alterou consideravelmente na avaliação por ambiente. Nesse caso, dois ambientes da UH que se incluíam na pior situação, com classificação nível E no indicador de graus-hora para resfriamento subiram para nível C, o que significa uma importante melhoria no desempenho térmico.

Por fim, na avaliação final a envoltória obteve equivalente numérico de 4,60 e, assim, Nível A. Considerando que o aquecimento de água também obteve classificação no nível máximo de eficiência, a UH com as alterações propostas atingiu equivalente numérico de 5,24 e, portanto, classificação final Nível A. Na tabela 2, é possível observar a Tabela-resumo que compara os resultados analisados e os alcançados.

4 CONCLUSÕES

Foi analisado o desempenho de uma unidade habitacional no munícipio de São Lourenço do Oeste usando características construtivas típicas da região.

Partiu-se da análise das decisões de projeto comparadas a recomendações de projeto. Devido à ausência de dados climáticos para o município em análise foi usado o município de Xanxerê para realizar as análises do clima com o software *Comfort Consultant*. Os estudos de referência reforçaram a tendência a um desconforto relacionado ao frio e à umidade. Para este clima, aquecimento artificial e isolamento são considerados necessários, ainda que a edificação seja projetada a partir de estratégias bioclimáticas passivas.

Paredes convencionais como a especificada no projeto analisado, são aprovadas nos pré-requisitos do RTQ-R, ampliando as discussões acerca das características construtivas colocadas como pré-requisito para os municípios classificados como ZB 2 neste Regulamento. Tal é reforçado pelo fato de que com as características iniciais obteve-se desempenho C e B para verão e inverno respectivamente.

As estratégias escolhidas para melhorar o desempenho, consideraram as recomendações construtivas do quadro-síntese montado a partir de análises baseadas no clima: diminuir a transmitância térmica das paredes e das aberturas para reduzir as perdas de calor da UH no inverno. Já para a situação de verão, verificou-se que a maior ineficiência estava nas aberturas da orientação oeste dos dormitórios. Assim, alterando as esquadrias por venezianas para sombrear as aberturas e permitir ventilação natural para retirada da umidade, foi possível melhorar o nível de eficiência da envoltória. Infere-se que a classificação final da envoltória para verão nível B e inverno nível A é satisfatória, compreendendo que a situação crítica no ano é relativa ao período frio.

Verificou-se ainda que o sistema de Aquecimento de Água possui um peso significativo na avaliação para a ZB 2. Por isso, a melhoria do sistema alterou consideravelmente o nível de eficiência final da UH.

Por fim, foi possível verificar que as decisões de projeto possuem um papel crucial no consumo energético da edificação e no conforto dos usuários, e que pequenas alterações no projeto feitas a partir de uma análise climática da localização do projeto podem trazer melhorias significativas.

REFERÊNCIAS

ABRAHÃO, K. C. F. J., Avaliação dos pesos regionais do RTQ-R a partir da análise da estrutura do consumo residencial de energia elétrica por região geográfica. **Dissertação.** Programa de Pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável, Universidade Federal de Minais Gerais. Belo Horizonte, 2015, 242 f.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 15575-5.** Edificações habitacionais – Desempenho. Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas. Rio de Janeiro, 2013.

BRASIL. ELETROBRAS/ PROCEL EDIFICA, INMETRO E CB3E/UFSC. **Introdução ao Programa Brasileiro de Etiquetagem de Edificações**. Rio de Janeiro, setembro de 2013. Disponível em: <http://www.procelinfo.com.br/> Acesso em: 20 ago. 2019.

_____. EMPRESA DE PESQUISA ENERGÉTICA - EPE**. Balanço energético nacional 2018**: ano base 2017 - BEN. Rio de Janeiro: EPE, 2018. Disponível em: <http://www.epe.gov.br/pt/publicacoes-dados-abertos/publicacoes/balanco-energetico-nacional-2018>. Acesso em: 11 abr. 2019.

_____. INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA, NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL - INMETRO. **Anexo Geral V do RAC – Catálogo de Propriedades Térmicas de Paredes, Coberturas e Vidros**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em:<http://www.pbeedifica.com.br/etiquetagem/residencial/planilhas-catalogos>. Acesso em: 20 ago. 2019.

DALBEM, R; CUNHA, E. G; VICENTE, R; FIGUEIREDO, A. J; SILVA, A. C. S. B. da. Discussão do Desempenho da Envoltória de uma *passive house* adaptada à zona bioclimática 2 em acordo com o RTQ-R. **Ambiente Construído**: Porto Alegre, v. 17, n. 1, p. 201-222, mar. 2017. ISSN 1678-8621.

IEA. INTERNATIONAL ENEGY AGENCY. **World Energy Investment Outlook**: Special Report 2014. França, 188 p., junho, 2014. Disponível em: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/weio2014.pdf>. Acesso em 16 out. 2019.

LAMBERTS, R.; DUTRA, L.; PEREIRA, F.O.R. **Eficiência energética na arquitetura**. [3. ed.] Rio de Janeiro, 2014.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PEREIRA, C. D.; BATISTA, J. O. **Casa Eficiente: Bioclimatologia e Desempenho Térmico**. 1ª Ed. Vol. 1. Florianópolis: UFSC/LabEEE; 2010. Disponível em:< http://www.labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/livros/CasaEficiente_vol_I_WEB.pdf >. Acesso em: 27 mar. 2019.

LIGGETT, R; MILNE, M. **Climate Consultant**, verão 6.0. UCLA Design Tool Group. USA: 2018. Disponível em:<http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/climate-consultant/request-climate-consultant.php>. Acesso em: 11 abr. 2019.

OLGYAY, V. **Clima y arquitectura en Colombia**. Universidad del Valle. Cali, Colombia, 1968.

PEREIRA, S. R; DUARTE, C. M; CUNHA, E. G; KREBS, L. F; LEITZKE, R. K; SILVA, A. C. S. B; BENINCÁ, L. Efeitos do sombreamento no desempenho de edificação com envelope isolado na ZB 2. **PARC Pesquisa em Arquitetura e Construção**: Campinas, SP, v. 7, n. 3, p. 145-159, out. 2016. ISSN 1980-6809.

PROJETEEE. **Estratégias Bioclimáticas para Xanxerê - SC.** Universidade Federal de Santa Catarina. Disponível em:<http://projeteee.mma.gov.br/estrategias-bioclimaticas>. Acesso em: 11 abr. 2019.

SOUZA, R. V. G; SOARES, C. P. S; ALVES, T. P. Avaliação de dispositivos de sombreamento no RTQ-R do ponto de vista térmico e luminoso. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 18, n. 4, p. 139-159, out./dez. 2018. ISSN 1578-8621