XV ENCAC Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construído
XI ELACAC Encontro Latino-Americano de Conforto no Ambiente Construído
JOÃO PESSOA | 18 a 21 de setembro de 2019

PROJETO DE ENSINO CASA SUSTENTÁVEL: UMA ANÁLISE DO PROCESSO PROJETUAL VISANDO O ATENDIMENTO DE METAS DE DESEMPENHO PARA O SEMIARIDO POTIGUAR

Francisco Caio de Bezerra Queiróz (1), Ian Kennedy Viana Noronha (2), Rafaela Duarte de Almeida (3), Bárbara Lais Felipe de Oliveira (4), Clara Ovídio de Medeiros Rodrigues (5), Monique Lessa Vieira Olimpio (6)

(1) Graduando em Arquitetura e Urbanismo, caioqz13@gmail.com, Universidade Federal Rural do Semi-Árido/ UFERSA

(2) Graduando em Arquitetura e Urbanismo, ianknd@gmail.com, Universidade Federal Rural do Semi-Árido/ UFERSA

(3) Graduanda em Arquitetura e Urbanismo, rafaela.almeida@estudante.abea.arq.br, Universidade Federal Rural do Semi-Árido/ UFERSA

(4) Arquiteta e Urbanista, Professora do Departamento de Ciências Sociais Aplicadas e Humanas, Bárbara.felipe@ufersa.edu.br, Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA

(5) Arquiteta e Urbanista, Professora do Departamento de Ciências Sociais Aplicadas e Humanas, clara.ovidio@ ufersa.edu.br, Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA

(6) Arquiteta e Urbanista, Professora do Departamento de Ciências Sociais Aplicadas e Humanas, monique.olimpio@ufersa.edu.br, Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA

RESUMO

Este artigo apresenta a primeira etapa do Projeto de Ensino "Casa sustentável", que visa desenvolver, para a região do semiárido potiguar, uma residência sustentável modelo. O objetivo é demonstrar o processo projetual de uma habitação de interesse social adaptada ao clima local e que promova conforto ao usuário, com baixo consumo de energia. O método está pautado nas seguintes etapas: 1) análise das variáveis climáticas da região e definição das estratégias bioclimáticas para o projeto, por meio de pesquisas documental e bibliográfica; 2) desenvolvimento do projeto da residência; 3) análise do desempenho do edifício, por meio de simulações computacionais com o uso dos softwares Sun Tool e DesignBuilder. Os resultados das simulações indicam que o desempenho térmico da edificação é satisfatório. Contudo, apontam que maior ganho térmico da edificação se dá pelo telhado. Logo, é necessário que sejam testados outros materiais, em especial na coberta, para aumentar a ocorrência de conforto. Espera-se que a "Casa Sustentável" se torne referência nos processos projetuais e construtivos locais, tendo em vista os bons resultados das simulações.

Palavras-chave: Processo projetual, Estratégias bioclimáticas, Simulação de Desempenho Térmico.

ABSTRACT

This short paper shows the first stage of "Sustainable House" Teaching Project, which aims to develop sustainable house to be a model for semi-arid from RN. The paper objective is to demonstrate a design process of low-in-come house adapted to the local climate and that promotes user comfort with low energy consumption. The method followed these stages: 1) analysis of climate variables in the region and definition of bioclimatic guidelines for the project, with documental and bibliographic research; 2) designing; 3) building performance analysis through computer simulations using Sun Tool and DesignBuilder. The results of the simulations indicate that the thermal performance of the building is satisfactory, but that the biggest thermal gain of the building is through the roof. Therefore, it is necessary to test other materials, especially on the roof, to increase the occurrence of comfort. Thus, "Sustainable House" can became a reference for local building design processes and construction, considering the results of the simulations.

Keywords: *Design Process, Bioclimatic Guidelines, Thermal Performance Simulation.*

1. INTRODUÇÃO

Há uma crescente procura por construções sustentáveis nos últimos anos, em decorrência da urgência da conservação de energia e do aumento de emissão de poluentes (ANBOUHI et al., 2016). Tendo em vista a amplitude do conceito de sustentabilidade (SYKES, 2013; MONTANER, 2012; CORBELLA; YANNAS, 2003; ROAF et al, 2001) e a pequena experiência de pesquisas e projetos para implantação de habitações sustentáveis no contexto socioeconômico e ambiental do semiárido potiguar (PACHECO, 2016; JUNIOR et al., 2017), o artigo aqui apresentado discute a primeira etapa do Projeto de Ensino "Casa Sustentável" desenvolvido pela Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA). Este projeto visa desenvolver, para as condições do semiárido potiguar, uma residência sustentável que possa servir de modelo para a população da região.

Para Lamberts et al (2014, p.260-261) as considerações projetuais de uma arquitetura bioclimática "incluem as condicionantes locais do clima, explorando suas vantagens e evitando seus extremos, tendo como objetivo o conforto do usuário, porém com baixo consumo de energia". A adaptação do projeto arquitetônico ao clima pode ser feita a partir do resgate da construção vernacular, retomando as características culturais e regionais. As antigas casas de fazendas são um exemplo. Utilizam estratégias como: paredes espessas de tijolos de barro maciço, telhas de barro espessas, pé-direito alto, paredes internas que não tocam o teto (meias paredes) e possibilitam maior permeabilidade, além de grandes terraços circundando a casa (sombreamento da edificação). Características essas que permitem o conforto térmico mesmo em dias com altas temperaturas, pois são adaptadas ao clima quente e seco (NASCIMENTO et al., 2013). Assim, também é possível trabalhar as estratégias passivas, as quais incorporam eficiência energética ao processo de projeto, a exemplo da movimentação de ar para resfriamento (BITTENCOURT; CÂNDIDO, 2005).

A avaliação do desempenho de edificações que utilizam a ventilação natural, pode ocorrer considerando o conforto adaptativo, o qual leva em conta a aclimatação do usuário à média de temperatura no último mês e a velocidade do ar (DE DEAR; BRANGER, 2002). Ao implantá-las nas primeiras fases do processo projetual, podem ter maior impacto nas decisões projetuais e atingir melhores níveis de conforto (BALCOMB, 1998). No entanto, a efetividade dessas estratégias precisa ser mensurada para garantir que os projetos possam atender às metas a que se propõe. Dessa forma, as simulações termoenergéticas também podem auxiliar no processo de projeto levando a soluções adequadas (HOLM, 1993; MORBITZER et al., 2001; AUGENBROE, 2003; WILDE, 2004; HENSEN; LAMBERTS, 2011; TUCKER; BLEIL DE SOUZA, 2015).

Nesse sentido, este material apresenta a primeira etapa do projeto que focou no desenvolvimento do estudo preliminar de um projeto habitacional de interesse social que se utilizasse de estratégias bioclimáticas passivas para atender ao conforto adaptativo.

2. OBJETIVO

O objetivo é demonstrar o processo projetual de uma habitação de interesse social adaptada ao clima local e que promova conforto ao usuário, com baixo consumo de energia.

3. MÉTODO

O método utilizado está pautado nas seguintes etapas: 1) análise das variáveis climáticas da região em que o projeto está inserido e definição das estratégias bioclimáticas para o projeto; 2) o desenvolvimento do projeto da residência, com definição de planta baixa, cortes, fachadas; 3) análise do desempenho do edifício por meio de simulações computacionais.

Para o desenvolvimento da primeira etapa foram realizadas pesquisas documental e bibliográfica relacionadas às características climáticas e estratégias projetuais recomendadas para o local de inserção da "casa sustentável". Esta etapa foi essencial uma vez que, por meio dela, possibilitou-se traçar as primeiras decisões projetuais relativas ao conforto térmico da edificação. E, consequentemente, a análise de desempenho a partir de dois softwares o *Sun Tool* (MARSH, 2001) para avaliar o sombreamento adequado da abertura no oeste e o *DesignBuilder* (DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD, 2000-2005) para análise termoenergética da edificação. Ainda nessa etapa, utilizou-se o arquivo climático da cidade de Mossoró/RN (cidade mais próxima e que se assemelha as condições do clima).

O uso da simulação nas primeiras fases projetuais deve ser simplificada, tendo em vista que algumas decisões ainda não foram tomadas (PEDRINI, 2003; WILDE, 2004; HENSEN; LAMBERTS, 2011; RODRIGUES, 2017). Apesar de nessa fase, a definição dos materiais ainda não ter sido tomada para a configuração do modelo foi utilizado na envoltória: tijolo maciço cerâmico de 27cm nas paredes externas

(U=2,25 W/m²K) na cor branca[3] (absortância = 0,2), paredes internas com tijolo cerâmico com 6 furos de 14cm de espessura (U=2,47 W/m²K) e cobertura de telha de barro com forro de madeira (U= 1,78 W/m²K); para a ocupação (rotinas e atividades) e para o sistema de iluminação, foram utilizadas as indicações do Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais (RTQ-R) (BRASIL, 2012); foi considerado apenas o uso de ventilação natural, sendo as janelas e portas internas configuradas como abertas 24h por dia, devendo-se fechar, apenas, quando a temperatura externa atingisse valores superiores a temperatura externa ou a temperatura externa fosse inferior a 20ºC (PACHECO, 2016).

3.1. Região de análise

A "Casa Sustentável" será implantada em um terreno de 100 m², localizado na Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA (Figura 1). Está localizada na cidade de Pau dos Ferros, latitude 6° 6' 9" sul e longitude 38° 12' 33" oeste, está a 196m de altitude, e se distancia 387 km da capital Natal/RN. A região tem clima semiárido seco, no qual os níveis pluviométricos são baixíssimos e a insolação média anual é de aproximadamente 2.900 horas. Há predominância do céu aberto com poucas ou nenhuma nuvem e uma ventilação nos sentidos nordeste, durante o verão, e sudeste, no inverno (DNOCS, 2010).



Figura 1 - Localização do terreno do projeto (destaque em vermelho) (Adaptado de Google Maps, 2018).

3.2. Estratégias bioclimáticas utilizadas

Utilizou-se estratégias bioclimáticas propostas pela NBR 15.220-3 (ABNT, 2005), por Armando de Holanda (1976), por Lamberts et al (2004) e as análises da arquitetura vernacular realizadas por Nascimento et al (2013). Segundo a NBR 15.220-3, a cidade localiza-se na Zona Bioclimática 7 na qual recomenda-se pequenas aberturas e sombreadas, paredes e coberturas pesadas (remetendo a arquitetura das antigas fazendas); e ventilação seletiva (nos períodos quentes, quando a temperatura interna seja superior à externa).

3.3. Critérios de análise

Os critérios de análise são três. O primeiro é a redução da temperatura operativa em relação a temperatura externa. O segundo é a verificação do comportamento das cargas térmicas calculados pelo balanço térmico. O programa de simulação apresenta como dado de saída as fontes de cargas térmicas: vidros (condução), paredes, forro, piso, divisórias, cobertura, ventilação natural interna, ar externo, da iluminação, dos equipamentos, da ocupação e dos ganhos solares em janelas externas. Essa análise permite verificar a magnitude da contribuição de cada elemento, o momento da sua ocorrência, se é coerente com as propriedades térmicas e a uma possível anulação das cargas. O terceiro é a ocorrência de conforto considerando a ventilação híbrida ou natural pelo método adaptativo[4]. O resultado é expresso em ocorrências de desconforto ao frio, conforto, conforto com movimento de ar e desconforto ao calor, com base na temperatura operativa. Pode-se verificar o potencial do uso de ventilação híbrida, por meio de ventilação natural ou de ventilação mecânica.

4. O PROCESSO PROJETUAL

Para uma melhor compreensão do percurso realizado, dividimos o processo de desenvolvimento do projeto em duas partes: decisões projetuais e análise de conforto.

4.1. Decisões projetuais

O processo projetual incorporou como diretriz a adequação às variáveis climáticas - temperatura, ventilação e insolação – por meio de estratégias bioclimáticas. Considerou-se os condicionantes locais do clima,

[3] Como se trata de simulação nas primeiras fases projetuais, optou-se por utilizar apenas a cor branca nessa simulação. Já que a cor será especificada em fases futuras do projeto.
[4] Proposto por Negreiros (2010), com base no modelo de De Dear e Brager (2002) e na ASHRAE Standard 55 (ASHRAE, 2004)

explorando suas vantagens e evitando os extremos (Lamberts et al, 2004), dessa forma, no estudo da forma do projeto (Figura 2), as janelas ganharam sombreamentos (por meio de beirais e brises projetados com galhos de árvores locais) para evitar a radiação direta, essa estratégia está presente na maioria das fachadas. As aberturas projetadas com venezianas permitiram o uso de iluminação natural, ventilação cruzada (Figura 3A e B) e ventilação seletiva, adequando-se a NBR 15.220-3 (ABNT, 2005). Para garantir a renovação de ar em horários mais quentes, utilizou-se aberturas[5] no ponto mais alto do telhado e frestas no forro (Figura 3C). Assim, o pé direito alto possibilita a estratificação do ar, reduzindo o desconforto para o usuário. Considerando que a envoltória controla a troca de calor entre o interior e o exterior e fornece condições de conforto térmico aos ocupantes (ANBOUHI et al., 2016), adotou-se tijolos de barro de 30 cm (paredes espessas) para garantir um atraso térmico.



Figura 2 – Estudo preliminar da casa sustentável

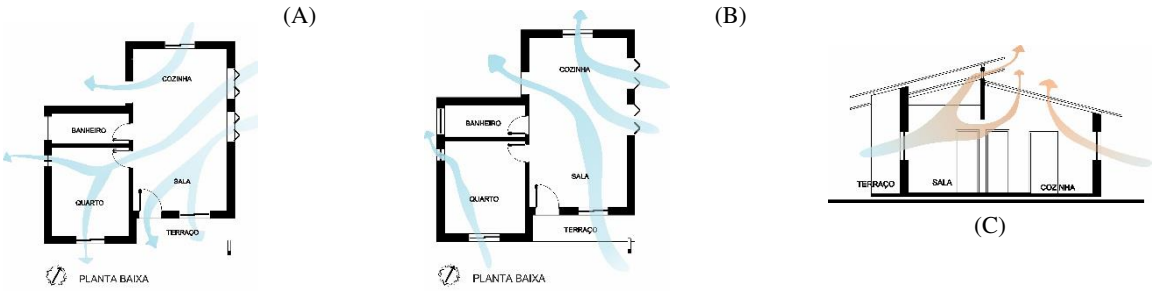


Figura 3 – Ventilação natural: aproveitamento dos ventos nordeste, durante o verão (A); aproveitamento dos ventos sudeste, no inverno (B); e exaustão (C) (Autores, 2018).

4.2. Análise de conforto

A simulação termoenergética demonstra que é recorrente, ao longo do ano, a redução da temperatura operativa (Top) máxima, em torno de 2ºC, se comparada à temperatura externa (Figura 4).

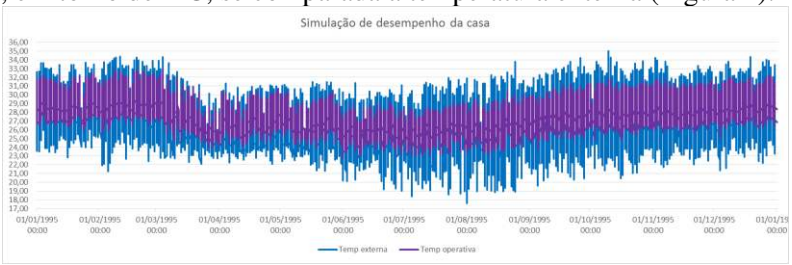


Figura 4 - Simulação de desempenho anual (temperatura interna, radiante e operativa) comparada a temperatura externa (Autores, 2019).

O maior ganho térmico da edificação se dá pelo telhado (Figura 5), no entanto, o elevado pé-direito atrelado aos mecanismos de estratificação do ar permite que o usuário esteja em contato com o ar mais frio. Vale salientar que nos momentos de maior ganho térmico da edificação, as janelas estão fechadas, evitando o ganho de calor pela ventilação natural.

[5] As aberturas preveem dispositivos de controle para fechamento nos momentos em que a temperatura externa for maior do que a interna, evitando a ventilação natural nesses períodos.

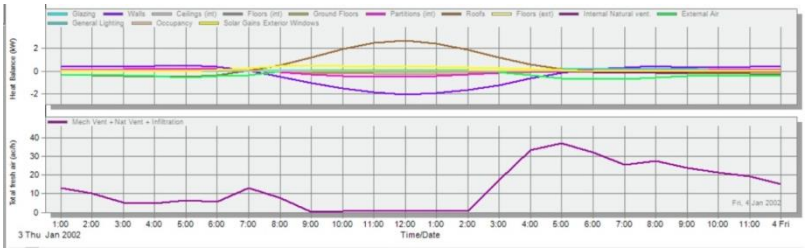
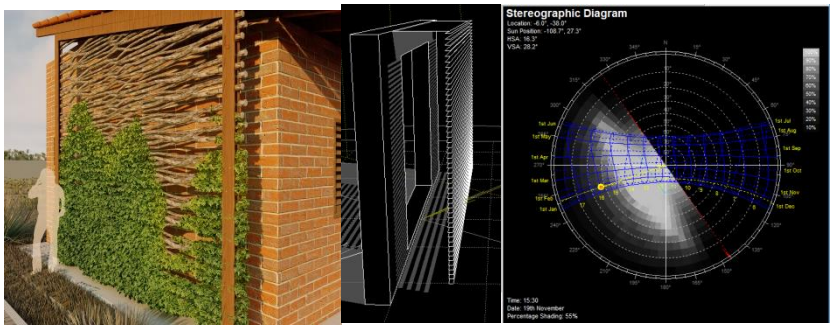


Figura 5 - Ganho térmico da edificação e ventilação (Autores, 2019).

Ainda conforme gráfico do ganho térmico da edificação é possível observar a baixa carga térmica vinda das aberturas, o que sugere que o sombreamento está adequado (Figura 5, em amarelo). Essa informação é confirmada pela máscara de sombra (Figura 6C), percebe-se que, na fachada oeste (Figura 6A e B), até as 15:30h há cerca de 80% de sombreamento na abertura.



(A) (B) (C)

Figura 6 – Análise de sombreamento: proteção solar (A), simulada e máscara de sombra (Sun Tool, 2018).

Os dados da Figura 7 apresentam um desempenho satisfatório considerando o conforto adaptativo, uma vez que na maior parte dos horários a edificação possibilita conforto aos usuários. Nos horários entre 10h e 18h observa-se conforto caso haja movimento de ar na pele do usuário, para os quais propõe-se a instalação de ventiladores de teto. Durante os meses de janeiro e fevereiro entre 12hs e 15hs poderá ocorrer desconforto (Figura 7A, em vermelho), totalizando anualmente 0,42 %. Para esse período haverá momentos em que, mesmo com a circulação de ar ativa, o usuário não terá conforto. Ainda é possível verificar que os meses de junho e julho estima-se conforto em 100% do tempo. Entre agosto a dezembro, apenas com a movimentação de ar ativa é possível atingir conforto (Figura 7B).

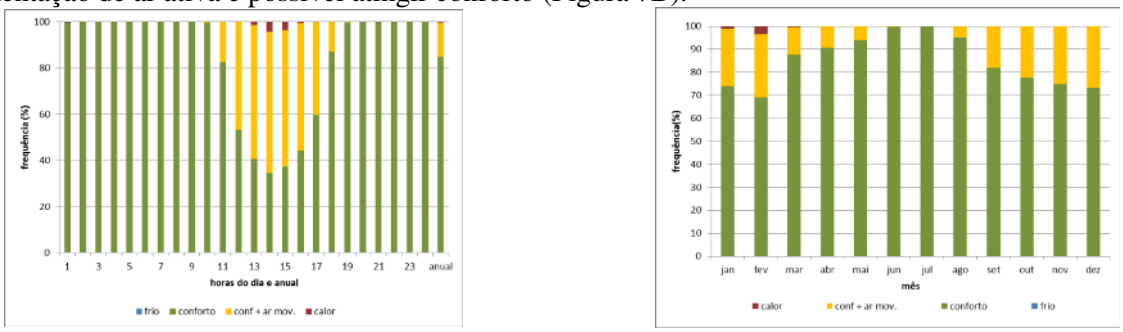


Figura 7 – Ocorrência de horas em conforto: horas do dia e anual (A) e por mês (B) (Adaptado de Negreiros, 2010).

Apesar dos resultados obtidos serem satisfatórios sugere-se que sejam testados outros materiais na coberta para aumentar a ocorrência de conforto. Vale ressaltar que o projeto ainda está em desenvolvimento e a temática do desempenho deve permanecer como ponto de investigação.

5. CONCLUSÕES

Foi possível conceber um projeto de habitação de interesse social destinada a implantação no semiárido nordestino com bom desempenho ambiental para o clima quente e seco, a partir das diretrizes bioclimáticas e usando como referência a arquitetura vernacular. O desenvolvimento do estudo preliminar deste projeto evidencia que o método de simulação confere uma visualização quantitativa do desempenho do projeto que utilizou das diretrizes bioclimáticas em sua concepção. O auxílio dos softwares possibilitou analisar quantitativamente como as decisões projetuais agem diretamente no resultado do desempenho da edificação. Assim, na concepção do projeto “Casa Sustentável”, as simulações ajudaram a compreender a influência dos

fatores climáticos e indicaram quais questões devem ser melhor investigadas nas próximas etapas, tais quais: a especificação detalhada de materiais, em especial a cobertura.

Espera-se que essa primeira etapa do processo projetual, interligando projeto e análise, sirva de base para ampliar a investigação para questões ambientais e sociais da sustentabilidade, a serem aprofundadas nas próximas etapas do projeto. Por fim, entende-se que a "Casa Sustentável" pode se tornar referência nos estudos projetuais e construtivos locais, tendo em vista os bons resultados das simulações em relação ao melhor aproveitamento energético da edificação, bem como conforto ao usuário, além de resgatar os elementos construtivos próprios para a região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASHRAE. **Standard 55-2004** - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy SI. Atlanta, Ga.: American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2004. 35 ISBN 1041-2336.

ANBOUHI, Maryam Habibi; FARAHZA, Nariman; AYATOLLAHI, Seyed Mohammad Hossein. **Analysis of Thermal Behavior of Materials in the Building Envelope Using Building Information Modeling (BIM)—**A Case Study Approach. Open Journal of Energy Efficiency, v. 5, n. 03, p. 88, 2016.

AUGENBROE, G. Trends in Building Simulation. In: MALKAWI, A. M. e AUGENBROE, G. (Ed.). **Advanced Building Simulation**. 1. New York/ London: Spon Press, 2003. cap. 1, p.20.

BALCOMB, D. **The coming revolution in building design**. Environmentally Friendly Cities - PLEA'98, 1998, Lisbon. James & James Science Publishers Ltd, June. p.33-37.

BITTENCOURT, L.; CÂNDIDO, C. **Introdução à Ventilação Natural.** Maceió: EdUFAL, 2005.

BRASIL. **Portaria n.º 18, de16 de janeiro de 2012. Regulamento Técnico da Qualidade para o Nível de Eficiência Energética em Edificações Residenciais.** INMETRO: Diario Oficial da União. Portaria n.º 18/2012 2012.

CORBELLA, O.; YANNAS, S. **Em Busca de uma Arquitetura Sustentável para os trópicos**. Rio de Janeiro: Ed. Revan, 2003

DE DEAR, R. J; BRANGER, G. S. Thermal comfort in naturally ventilated buildings: revison to ASHRAE Standard 55. **Energy and Building**, v. 34, n.6, p. 549-561. 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/S0378-7788(02)00005-1> Acesso em: 10 May 2019

DESIGNBUILDER SOFTWARE LTD. **DesignBuilder** 2000-2005.

DNOCS, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. **Perímetro Irrigado Pau dos Ferros.** 2010. Disponível em: <http://www.dnocs.gov.br/~dnocs/doc/canais/perimetros_irrigados/rn/pau_dos_ferros.htm>. Acesso em: 07 set. 2017.

NASCIMENTO, J.C.; BORGES, A. M.; XXXXXX, C. O. M.; PEDRINI, A. **Avaliação do conforto térmico em antiga casa de fazenda no clima quente e seco, no interior do Rio Grande do Norte.** 2013.

NEGREIROS, B. D. A. **Análise de métodos de predição de desempenho térmico de habitação em clima quente-úmido com condicionamento passivo**. 2010. (mestrado). Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

HENSEN, H. L. M.; LAMBERTS, R. Introduction to building performancce simulation. In: HENSEN, H. L. M. e LAMBERTS, R. (Ed.). **Building Performance Simulation for Design and Operation.** 1. New York: Spon Press, 2011. cap. 1, p.12.

HOLANDA, A. D. **Roteiro para construir no Nordeste:** Estudos Urbanológicos. Recife: UFPE, 1976.48 p.

HOLM, D. Building thermal analyses: What the industry needs: The Architect's perspective. **Building and Environment,** v. 28, n. 4, p. 2, Out 1993 1993. Disponível em: < https://doi.org/10.1016/0360-1323(93)90017-W >.

JUNIOR, C. A. S; RODRIGUES, C. O. M; PEDRINI, A. **A integração de simulação computacional no processo projetual de um edifício vertical multifamiliar na zb7**. Balneário Camboriu, 2017.

LAMBERTS, Roberto; DUTRA, Luciano; PEREIRA, Fernando Oscar Ruttkay. **Eficiência Energética na Arquitetura:** São Paulo: ProLivros, 2014.p.

MONTANER, J. M. **A modernidade superada**: ensaios sobre arquitetura contemporânea. 2. ed. São Paulo: Editora G. Gili, 2012.

MARSH, A**. SUNTOOL v1.10 - Window Shading and Overshadowing.** Perth (Australia) 2001.

MORBITZER, C.; STRACHAN, P.; WEBSTER, J.; SPIRES, B.; CAFFERTY, D. **Integration of building simulation into the design process of an architecture practice.** Seventh International IBPSA Conference. Rio de Janeiro, Brazil: Building Simulation 2001.

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

PEDRINI, A. **Integration of low energy strategies to the early stages of design process of office buildings in warm climate.** 2003. 300 Tese de doutorado (Ph.D.). Department of Architecture, University of Queensland, Brisbane.

PACHECO, G. H. S. **Determinação de recomendações bioclimáticas para habitação de interesse social de quatro climas do Rio Grande do Norte** 2016. 128 (Metre). Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal

RODRIGUES, C. O. M.; PEDRINI, A. **Integração da simulação termoenergética nas primeiras fases do processo projetual**: o estudo de seis casos. Ambiente Construído, v. 17, n. 1, 2017. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000100134 >. Acesso em: 14 jun 2017.

ROAF, S.; FUENTES, M.; THOMAS, S. **Ecohouse**: a design guide. Boston, MA: Architectural Press, 2001. 346 p. ISBN 0750649046.

SYKES, A. K. Introdução. In: SYKES, A. K. (Ed.). **O campo ampliado da arquitetura**. São Paulo: Cosac Nayfe, 2013.

TUCKER, S.; BLEIL DE SOUZA, C. Thermal simulation outputs: exploring the concept of patterns in design decision-making. **Journal of Building Performance Simulation,** 2015 2015. Disponível em: < http://dx.doi.org/10.1080/19401493.2014.991755 >.

WILDE, P. D. **Computational Support for the Selection of Energy Saving Building Components.** 2004. (PhD). Delft University of Technology. Delft, 2004.