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

LABORATÓRIO CASA SUSTENTÁVEL: LUGAR DE PRODUÇÃO, TROCA E DIFUSÃO DE CONHECIMENTOS

Letícia Maria de Araújo Zambrano (1); Aline Calazans Marques (2); Miriam Carla do Nascimento Dias (3); Cintia Borel Nunes (4)

(1) Professora Doutora em Arquitetura, leticia.zambrano@ufjf.edu.br, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Juiz de Fora, (32) 2102-3403 ramal 214.
(2) Professora Doutora em Arquitetura, alinecalazans@fau.ufrj.br, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Prédio da Reitoria, sl. 316. Tel: (21) 2102-3403 ramal 214.
(3) Arquiteta e Urbanista Mestre em Ambiente Construído, miriam.dias@arquitetura.ufjf.br, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Juiz de Fora, (32) 2102-3403 ramal 214.
(4) Estudante do Curso de Arquitetura e Urbanismo, cintia.borel@arquitetura.ufjf.br, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Juiz de Fora, (32) 2102-3403 ramal 214.

RESUMO

O Laboratório Casa Sustentável (LCS) é um espaço expositivo associado a ações de ensino, pesquisa e extensão, concebido sobre os pilares da sustentabilidade, para compor o conjunto de equipamentos do Jardim Botânico da UFJF. No campo da pesquisa o espaço objetiva ser palco para investigações quali-quantitativas na área de conforto ambiental, baseadas na opinião dos visitantes, testes de funcionamento e aprimoramento de conhecimentos sobre ecotécnicas existentes na bibliografia e experimentos para inovações. No ensino e extensão, volta-se para a difusão de conhecimento nas áreas de arquitetura sustentável, bioclimatismo, conforto ambiental e ecoeficiência, buscando atingir a sociedade, como estratégia de contribuição para a sustentabilidade da cidade em larga escala. Os projetos foram concebidos de maneira interdisciplinar entre arquitetura e engenharias, a partir de uma pesquisa de referenciais teóricos. O espaço foi aberto para visitação pública em abril de 2019, e as pesquisas de análise dos ambientes estão em curso de preparação, sendo portanto, momento adequado de contribuição pela comunidade acadêmica. Este artigo tem o objetivo de divulgar o LCS e suas estratégias, bem como os métodos de coleta e análise de dados quali-quantitativos em contribuição às pesquisas na área de conforto ambiental.
Palavras-chave: Arquitetura Sustentável, Arquitetura Bioclimática, Conforto Ambiental.

ABSTRACT

The Sustainable Home Laboratory (LCS) is an exhibition space associated to educational, research and extension actions, with design based on the sustainability pillars, developed to compose the set of buildings of the Botanical Garden / UFJF. The building aims to be the stage for the development of qualitative and quantitative environmental comfort surveys, based on the opinion of the visitors, functional tests and knowledge improvement about eco techniques existing in the bibliography and experiments for innovations. In teaching and extension, it is expected to disseminate knowledge in the areas of sustainable architecture, bioclimatism, environmental comfort and eco efficiency, seeking to achieve society as a strategy to contribute to the city sustainability on a large scale. The design were conceived in an interdisciplinary way between architecture and engineering, based on a research of theoretical references. The building was opened for public visitation in April 2019, and the comfort surveys are in the preparation process, and therefore, an appropriate moment for the academic community contribution. This article aims to disseminate the LCS and its strategies, as well as the methods of collecting and analyzing qualitative and quantitative data in contribution to research in the area of environmental comfort.
Keywords: Sustainable Architecture, Bioclimatic Architecture, Environmental Comfort.

1. INTRODUÇÃO

Ações em larga escala são necessárias para mudar os rumos insustentáveis da forma como se dá o crescimento das cidades, majoritariamente ocupadas de maneira informal, sem orientação de arquitetos e engenheiros, à margem de legislações urbanas e de normas que orientem para a qualidade construtiva. Segundo pesquisa realizada pelo Conselho de Arquitetura e Urbanismo e Datafolha, 85,40% da população das cidades brasileiras não têm acesso à profissionais (CAU/BR, DATAFOLHA, 2015). Embora uma parcela considerável de arquitetos e engenheiros hoje seja sensível ao novo paradigma que lhes foi posto, no sentido de basear suas práticas segundo premissas de sustentabilidade, muitos desconhecem como fazê-lo. E mesmo na hipótese de que 100% dos profissionais estivessem atuando plenamente segundo tais princípios, tendo apenas 25% de alcance na população, pouco se conseguirá no sentido de reverter o quadro de insustentabilidade em que nos encontramos.

Com base neste entendimento, e tendo recebido o convite para conceber e edificar uma casa ecológica no Jardim Botânico em Juiz de Fora - MG, a equipe de trabalho optou por explorar, através deste projeto, o potencial de alcance à população para disseminação de conhecimentos relacionados à sustentabilidade nas edificações, através de interações com os visitantes do jardim e de suas dependências.

A concepção teve como ponto de partida uma pesquisa bibliográfica acerca de laboratórios semelhantes desenvolvidos por grupos de pesquisas de conforto ambiental e eficiência energética de universidades brasileiras, cujos objetivos fossem similares aos pretendidos para o LCS.

Uma equipe interdisciplinar[1] concebeu um espaço de visitação, inspirado pelos ambientes de uma casa, no qual o visitante poderia experienciar a arquitetura e ter acesso à conhecimentos de bioclimatismo aplicado ao projeto da edificação e à técnicas ecoeficientes, que pudessem ser facilmente replicado. Além de ser um espaço de visitação, pretendeu-se criar um espaço de pesquisas interdisciplinares na temática da arquitetura sustentável, em várias possíveis abordagens: seleção de materiais e de técnicas construtivas baseada em princípios de sustentabilidade (HALLYDAY, 2008; SANMIGUEL, 2007), projeto de arquitetura bioclimática (ABNT, 2004), sistemas prediais ecoeficientes (SCHLEIFER, 2010), além de um enfoque amplo de arquitetura sustentável - reflexão social, econômica e ambiental de forma integrada e visando o alcance da sociedade como um todo.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar o LCS como foi edificado, destacando os principais elementos de seu funcionamento bioclimático e ecotécnicas, e apresentar os procedimentos metodológicos para a pesquisa quali-quantitativa continuada, em conforto ambiental, a ser conduzida a partir do segundo semestre de 2019.

3. MÉTODO

O LCS (Figura 1) se configura como um espaço expositivo concebido para fins de ensino, pesquisa e extensão à sociedade. No decorrer de um percurso lúdico por ambientes similares aos de uma casa (quartos, sala, varanda, escritório, cozinha e banheiro), o visitante poderá experienciar os ambientes, manifestar suas sensações quanto ao conforto ou desconforto, bem como, receber explicações sobre as técnicas empregadas (ZAMBRANO, MARQUES, DIAS, 2018).

O projeto arquitetônico foi baseado em diretrizes de arquitetura bioclimática, tendo como referenciais: as características climáticas da cidade (OLIVEIRA, ASSIS, FERREIRA, 2018), as diretrizes bioclimáticas para a cidade, com base na carta bioclimática de Givoni, através do software Analysis BIO (LABEEE, s/d) e as diretrizes normativas da NBR 15220 (ABNT, 2005) para a Zona Bioclimática 3.

A cidade de Juiz de Fora localiza-se na Zona da Mata - MG, na bacia hidrográfica do rio Paraíba do Sul, na latitude 21°46' sul e altitude de 940m. O clima é Tropical de Altitude, com temperaturas médias de 20ºC INMET (1983-2011, apud OLIVEIRA, ASSIS, FERREIRA, 2018), com verões amenos e chuvosos, média das máximas de 24,73°C, invernos secos e média das mínimas de 15,62°C. Os ventos predominantes acontecem de Norte para Sul, com velocidades médias de 3,4/s e os secundário, de sul para norte (Figura 1).

Considerando o contexto climático e diretrizes bioclimáticas, as principais estratégias de projeto são: ventilação e sombreamento de aberturas nos períodos mais quentes e aquecimento solar passivo nos períodos

[1]Professores e estudantes do Laboratório ECOS/FAU; GEES/CNPQ; PET Elétrica; GET Computação; PARES/CNPQ; NIMO/CNPQ, todos da Universidade Federal de Juiz de Fora.

mais frios. Recomendam-se paredes leves e refletoras, aberturas para ventilação médias, inércia térmica no interior da edificação (ABNT, 2005).



Figura 1 – (A) Foto do LCS no Jardim Botânico da UFJF. Foto: Jacqueline Motta, abril/2019; (B) Estudo tridimensional.

Para os períodos de calor, todos os cômodos nos quais foi adotada a ventilação natural como estratégia, tiveram suas aberturas no eixo Norte/Sul. Para ventilação cruzada foram criadas aberturas norte (inferior) /sul (superior). As aberturas zenitais instaladas em diversos ambientes, além de promover a saída de ar para a ventilação cruzada e efeito termo sifão, ampliam o aporte de iluminação natural.

Foi projetado um sistema de ventilação por duto embutido no solo, que se adapta às estações de frio e calor. A ventilação forçada, percorre 40m há um m sob o solo, de forma a trocar calor com o mesmo, assumindo sua temperatura que, pela inércia da terra, é sempre mais amena do que a temperatura do ar.

Para estratégia de resfriamento da cozinha, foi adotada laje vegetalizada, que, além de promover o conforto térmico no interior, contribui para o meio ambiente com captação de CO^2, permeabilidade da camada de solo com captação de água da chuva e evapotranspiração da vegetação. A captação de água da chuva também é feita nas calhas dos telhados e lajes presentes no projeto. A água de chuva coletada percorre um leito no jardim no centro do conjunto, acumulando-se temporariamente em um lago e sendo finalmente filtrada e armazenada para distribuição para irrigação e descarga de vasos sanitários.

Considerando os períodos de frio, as aberturas voltadas para o norte permitem a captação de sol no período de inverno, favorecendo o aquecimento solar passivo. Foi projetada uma parede trombe, com função de aquecer o ambiente durante o inverno e promover a ventilação no verão. Ela é formada por três camadas - vidro, ar e pedra (respectivamente de fora para dentro), recebendo a radiação solar através da camada de vidro, acumula o calor na câmara de ar e o transmite para o interior do ambiente, por furos e por transmissão através da pedra, com atraso térmico[2] . Uma varanda estufa, toda formada em esquadrias de madeira e vidro, capta a radiação solar aquecendo o ar e transferindo-o para a sala de estar adjacente, elevando a sua temperatura. Em períodos de calor, as esquadrias da varanda são abertas, promovendo a ventilação cruzada entre varanda e abertura zenital na sala.

Os telhados, em duas águas (norte/sul) permitiram a instalação dos três conjuntos de placas solares (de energia fotovoltaica, de aquecimento de água e de aquecimento de ar) orientadas para norte (Figura 1). As placas solares de aquecimento de ar constituem-se em uma inovação vinculada à este projeto, que está em fase de testes no LCS. Trata-se de placa de alumínio e vidro na parte superior (semelhante à placa de aquecimento de água), contendo ar em seu interior que capta a energia solar, aquecendo o ar que, por meio de ventilação mecânica controlada, é injetado aquecido no interior da edificação.

O quadro da Figura 2 apresenta as estratégias bioclimáticas adotadas nos ambientes[3] , e que compõem os elementos a serem testados para a promoção de conforto no verão e inverno, conforme o caso.

[2]As aberturas no painel de vidro e na parede de pedra são controláveis para permitir configurações de inverno e verão.

[3]O quarto convencional, diferente dos demais ambientes, não apresenta estratégias bioclimáticas, tendo sido concebido para ser uma representação das construções executadas sem apoio técnico, e portanto, com características que não contribuem para o conforto ambiental. Este foi concebido visando permitir comparações entre ambientes (principalmente com o quarto denominado eficiente), realizadas através de medições e mediante a opinião dos visitantes.



Figura 2 - Ambientes do LCS relacionados às ecotécnicas e estratégias bioclimáticas adotadas. Fonte: Acervo dos autores.

3.1. Metodologia de avaliação quali-quantitativa.

A metodologia quali-quantitativa irá avaliar o desempenho de cada ambiente, em função das ecotécnicas adotadas; a percepção do usuário em relação ao conforto ou desconforto; bem como determinar indicadores de conforto para a cidade de Juiz de Fora.

A partir da coleta e armazenamento de dados de variáveis climáticas do ambiente externo e dos ambientes internos, estes serão comparados para verificação da eficácia dos dispositivos adotados no ambiente, para a promoção de condições adequadas para conforto de inverno e verão.

Simultaneamente à coleta contínua de dados climáticos, em cada grupo de 10 visitantes, três deles serão convidados a responder perguntas sobre suas opiniões, de acordo com suas percepções, quanto ao conforto térmico e luminoso em cada ambiente, segundo escalas qualitativas (muito desconfortável até muito confortável), para cada ambiente do percurso de visitação.

O cruzamento das respostas dos usuários com os dados das variáveis climáticas medidas no exato momento das respostas, permitirá a correlação de valores numéricos com as respostas qualitativas, gerando indicadores de conforto e desconforto específicos para a cidade (zona bioclimática 3).

Embora a pesquisa envolva humanos, se demandará aos voluntários dispostos a responder, apenas opiniões sobre a percepção dos ambientes e não sobre questões pessoais. Não tocam questões particulares que poderiam expô-los a constrangimentos ou questionamento acerca do comportamento ético da pesquisa. Por esta razão julgou-se que a pesquisa não justifica submissão ao Comitê de Ética da instituição.

3.2. Referenciais metodológicos

Identificar o conjunto de referenciais e normativas pertinentes ao estudo é um procedimento fundamental para pesquisas direcionadas ao conforto do indivíduo e do ambiente construído. A Avaliação Pós Ocupação - APO "focaliza os ocupantes e suas necessidades para avaliar a influência e as consequências das decisões projetuais no desempenho do ambiente considerado, especialmente aqueles relacionados com a percepção e o uso por parte dos diferentes grupos de atores ou agentes envolvidos" (RHEINGANTZ et al, 2009, p.16). A partir de referenciais normativos e bibliográficos relacionados aos métodos de análise ambiental do ambiente construído, vigentes e/ou aplicáveis no Brasil[4] , e de pesquisas de APO que analisam a relação entre indivíduo e o ambiente, foram delineados os parâmetros necessários para a coleta de dados quantitativos, nos ambientes e qualitativos, junto aos visitantes.

3.3. Coleta de dados quali-quantitativos

A coleta dos dados quantitativos (climáticos) será efetuada por meio de sensores, com leitura contínua programada para intervalos de 1 minuto, com dados transmitidos por rede WI-FI e gravados em banco de dados (GONÇALVES et al., 2018). Cada ambiente será dotado de sensores de temperatura e umidade DHT-22 e de iluminância TSL2561, montados sobre estruturas móveis, na altura do plano de trabalho (0,80m), em base de 1,00m de diâmetro, visando distanciar os visitantes para impedir interferências nos dados coletados.

Externamente, será instalada uma estação meteorológica, modelo HOBO U30, em uma das coberturas da edificação, com sensores de temperatura, umidade, velocidade e direção dos ventos, radiação solar e, pluviosidade. Objetiva-se a comparação dos dados medidos internamente com os dados climáticos externos.

Serão estabelecidas rotinas de configuração dos ambientes para campanhas de medições (aberturas ou fechamentos de vãos; acionamento de sistemas), rotinas de coleta dos dados dos ambientes (períodos e frequência) e das respostas dos visitantes (perfis, amostra por grupo, por dia, etc), podendo variar de acordo com os períodos do ano e objetivos específicos da pesquisa.

A coleta dos dados qualitativos, das opiniões dos usuários, será efetuada a partir de um sistema digital desenvolvido pela pesquisa, implantado em tablets instalados nos ambientes, com perguntas que exploram a percepção de conforto, com opções de respostas de múltipla escolha, onde os visitantes poderão manifestar sua sensação de conforto ou desconforto em relação às variáveis ambientais em análise. Os dados obtidos em coletas simultâneas, pelos sensores, estação meteorológica e pelas respostas dos usuários, se configuram na base de dados da pesquisa quali-quantitativa de conforto ambiental (ZAMBRANO, 2018).

O sistema de interação com o visitante dispõe de (i) módulo de gestão - para inclusão e edição de perguntas; (ii) módulo de configuração do status do ambiente (configuração de aberturas e modo de funcionamento dos sistemas); (iii) módulo de registro dos visitantes respondentes, para entrada de dados das variáveis humanas necessárias à avaliação de conforto (sexo, idade, peso, altura, vestimenta, cor da vestimenta, número de identificação do visitante); (iv) módulo de registro dos votos dos visitantes (associa o identificador do visitante com as respostas fornecidas em cada ambiente).

[4]Conforto Térmico: ISO 7726 (1998); ISO 7730 (2005); ASHRAE Standard 55 (2004); NBR 15220-3 (2005).
Conforto Luminoso: NBR 15215-3 (2005) versão corrigida 2007; ISO/CIE 8995-1 (2013); IEC 62722-2-1 (2016).

Os dados somados ao longo do tempo permitirão a construção de indicadores de conforto para a cidade de Juiz de Fora considerando a percepção dos moradores da cidade e se configuram como insumo para o desenvolvimento de novas pesquisas.

4. RESULTADOS PRELIMINARES

Com as obras do LCS concluídas (restando algumas pendências em fase de finalização), o Jardim Botânico inaugurado e aberto à visitação desde 5 de junho, o espaço já recebeu cerca de 1000 visitantes. Ainda em caráter experimental, enquanto se prepara a etapa de coletas de dados quali-quantitativos, a equipe vem realizando percursos guiados com os grupos de visitantes, demonstrando as técnicas aplicadas e seus efeitos para o conforto e eficiência, além de debater questões conceituais de sustentabilidade (social, ambiental e econômica). Os retornos e manifestações espontâneas demonstram uma contribuição efetiva quanto ao valor do conhecimento compartilhado.

Neste momento finaliza-se o planejamento das campanhas de medições sistemáticas e coleta de opiniões, conforme apresentado neste artigo, enquanto se concluem as compras e montagem dos equipamentos e componentes dos sistemas de coleta e armazenamento de dados.

Enquanto se aguarda a instalação dos sensores, tablets e da estação meteorológica, estão sendo realizadas medições, com instrumentos manuais, para as primeiras verificações de dados quantitativos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Gostaríamos de destacar o retorno positivo que estamos recebemos na forma de manifestações espontâneas dos visitantes do LCS, nestes primeiros meses de visitações, em que se demonstram perplexos com possibilidades que nunca poderiam supor sobre elementos que, concebidos e incorporados no projeto de arquitetura, modificam a condição de conforto do espaço e eficiência da edificação.

Finalmente destacamos um dos elementos definidores do conceito deste laboratório, em relação aos princípios de sustentabilidade: que este conhecimento fosse acessível à toda a sociedade para que exemplos positivos e seus benefícios ambientais possam ser difundidos e replicados em larga escala, no sentido de promover uma mudança que seja de fato significativa para o desenvolvimento sustentável da cidade e região.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - NBR 15.220. Desempenho térmico de edificações. Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. ABNT: Rio de Janeiro,2005.

ALMEIDA, Mariana M.; LUZ, Ana Paula; ZAMBRANO, Letícia M.A.; MARQUES, Aline C. **Laboratório Casa Sustentável no Jardim Botânico – UFJF:** Estudos de Caso para Elaboração Conceitual do Projeto. Juiz de Fora: XIV ENTAC, 2012.

CONSELHO DE ARQUITETURA E URBANISMO DO BRASIL(CAU/BR); DATAFOLHA. **Pesquisa inédita: Percepções da sociedade sobre Arquitetura e Urbanismo**. 12 de Outubro de 2015. Disponível em: <https://www.caubr.gov.br/pesquisa-caubr-datafolha-revela-visoes-da-sociedade-sobre-arquitetura-e-urbanismo/> acesso em 09 de maio de 2019.

GONÇALVES, Caio S., et al. **Laboratório Casa Sustentável: Monitoramento de Parâmetros de Conforto usando Rede de Sensores sem fio Zigbee.** CONTECC'2018, Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia. Maceió, 2018.

HALLYDAY, S. **Sustainable constructions.** Netherlands: Elsevier, 2008.

RHEINGANTZ, Paulo A., et al. **Observando a qualidade do lugar:** procedimentos para a avaliação pós-ocupação. Rio de Janeiro : Coleção PROARQ / UFRJ, 2009.

LABORATÓRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES/LABEEE. Analysis BIO. Disponível em http://www.labeee.ufsc.br/downloads/softwares/analysis-bio. Acesso em 14 de julho de 2019.

OLIVEIRA, ASSIS, FERREIRA. Dinâmica Climática Regional Em Municípios Da Zona Da Mata, Campo Das Vertentes e Sul e Sudoeste de Minas Gerais: As Ondas de Calor e Frio. Revista Brasileira de Climatologia. Ano 14 – Edição Especial Dossiê Climatologia de Minas Gerais, NOV 2018 p. 290-310.

SANMIGUEL, S.. **Un Vitruvio Ecológico**. Spain: GUSTAVO GILI, 2007.

SCHLEIFER, S.K. (ed. coord.). **Green House pour une habitation éco-logique**. France: Maomao publications, 2010.

SILVA, Roberta P. T.; ZAMBRANO, Letícia.M.A.; DIAS, Míriam C.N.. A**valiação Das Condições De Conforto Térmico De Uma Biblioteca Setorial Através De Análise Bioclimática, Medição E Opinião Dos Usuários**. Artigo V Simpósio Brasileiro de Qualidade no Projeto do Ambiente Construído - V SBQP 2017.

ZAMBRANO, Letícia M.A.; MARQUES, Aline C.; DIAS, Míriam, C. N. **Desenvolvimento de procedimentos metodológicos para pesquisa de conforto do Laboratório Casa Sustentável**. Projeto para pesquisa de Iniciação Científica, UFJF, 2018.

_____; MARQUES, Aline C.; BASTOS, Pedro K.. **Laboratório Casa Sustentável: Um Ambiente de Ensino, Pesquisa e Extensão em Arquitetura em Juiz De Fora - MG**. Artigo XIII Encontro Nacional e IX Encontro Latino-americano de Conforto no Ambiente Construído - ENCAC/ELACAC 2015.

.

AGRADECIMENTOS

À FAPEMIG e às Pró-Reitorias de Pesquisa e Extensão da UFJF por financiamentos e apoios concedidos.

Promoção e organização

ANTAC

iesp faculdades

SAPIENTIA ÆDIFICAT
UFPB

SCIENTEC

Apoio financeiro

CAPES

iesp faculdades

Apoio institucional

CAU/PB
Conselho de Arquitetura e Urbanismo da Paraíba

CREA-PB
Conselho Regional de Engenharia e Agronomia da Paraíba

PB

sinduscon
Sindicato da Indústria da Construção Civil de João Pessoa