

LABORATÓRIO CASA SUSTENTÁVEL: UM AMBIENTE DE ENSINO, PESQUISA E EXTENSÃO EM ARQUITETURA EM JUIZ DE FORA - MG

Letícia M. de A. Zambrano (1); Aline C. Marques (2); Pedro K. X. Bastos (3); Eduardo Breviglieri P. de Castro (4); Francisco Gomes (5); Ana Paula Luz (6); Mariana M. Almeida (7); Luciane Seixas (7); Yasmin Cyrillo (8), Hugo Bicas Valente (8)

(1) Arquiteta, PhD, Professora do Departamento de Projeto, Representação e Tecnologia. Coordenadora do Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Juiz de Fora, leticia.zambrano@ufjf.edu.br

(2) Arquiteta, Doutoranda em Arquitetura, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Co-tutela Institut National des Sciences Appliquées e Laboratoire de Recherche en Architecture, alinecalazans@ufrj.br

(3) Engenheiro, PhD, Professor do Departamento de Construção Civil. Líder do Grupo de Pesquisa Aplicada em Materiais e Construção Sustentável, Universidade Federal de Juiz de Fora, pedrokop@terra.com.br

(4) Engenheiro, Professor do Departamento de Engenharia de Produção. Líder do Grupo de Estudos em Edificação Sustentável, Eduardo.brevi@terra.com.br

(5) Engenheiro, PhD, Professor do Departamento de Engenharia Elétrica. Coordenador do Programa de Educação Tutorial da Engenharia Elétrica, chico.gomes@engenharia.ufjf.edu.br

(6) Arquiteta, Mestranda no Mestrado Profissional em Engenharia Urbana e Ambiental da PUC-RIO, anapaulaluz.arq@gmail.com

(7) Estudante do curso de Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Juiz de Fora, mariana.mma@gmail.com

(8) Estudante de Engenharia Elétrica, Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, yasmin.cyrillo@engenharia.ufjf.br

Universidade Federal de Juiz de Fora, Rua José Lourenço Kelmer, s/n - Campus Universitário
Bairro São Pedro - CEP: 36036-900 - Juiz de Fora – MG, Telefones: (32) 2102-3911

RESUMO

O objetivo deste artigo é apresentar o projeto do Laboratório Casa Sustentável (LCS) e o procedimento metodológico usado para chegar até ele. O LCS é um espaço de ensino, pesquisa e extensão, dedicado a temas relacionados ao conforto ambiental, arquitetura bioclimática e edificação sustentável. O LCS, em fase final de construção no Jardim Botânico da cidade de Juiz de Fora, foi concebido em parceria entre grupos de pesquisa de arquitetura e de engenharia.

O espaço foi idealizado de modo a fazer referência aos compartimentos de uma casa, e visa ser um local para investigação relacionada ao conforto, desempenho de técnicas e materiais, e principalmente, promover uma interação lúdica entre os visitantes e o espaço. Pretende-se facilitar o entendimento do público sobre os conceitos e as técnicas adotadas. No contexto das pesquisas, a opinião dos visitantes sobre cada espaço será coletada por meio de questionários dinâmicos aplicados em cada compartimento. Posteriormente, as respostas serão comparadas com dados de medições de conforto realizadas simultaneamente, durante as visitas. Esta estratégia permite aos pesquisadores testar o desempenho real das técnicas através do *feedback* dos usuários, e comparar os resultados com índices de conforto presentes na bibliografia.

A metodologia incluiu pesquisa e análise de estudos de caso de espaços similares desenvolvidos em universidades brasileiras, pesquisa bibliográfica relacionada aos princípios de conforto ambiental, arquitetura bioclimática e arquitetura sustentável, definição do programa arquitetônico e técnico com base interdisciplinar, simulação do estudo preliminar para orientar o desenvolvimento do projeto e projetos executivos detalhados pelas equipes especialistas.

Palavras-chave: Arquitetura sustentável, arquitetura bioclimática, conforto ambiental.

ABSTRACT

The objective of this paper is to present the methodological procedure of project development of the Sustainable Home Laboratory (LCS): an educational, research and extension space, dedicated to issues

related to environmental comfort, bioclimatic architecture and sustainable building. The LCS is in final stages of construction in the botanical garden of the city of Juiz de Fora. It was designed in partnership between architecture and engineering research groups.

The design was conceived based on the reference of a house's compartments, and it aims to be a place of investigations of comfort, techniques and materials performance, and mainly to provide a ludic interaction between visitors and the space, to make possible the general public understanding of the adopted techniques. In the context of the research, the visitors' opinions about each room are collected through dynamic questionnaires applied in each compartment, and after, compared with local environmental comfort measurements which are performed simultaneously to the questionnaires answers. This strategy allows researchers to test the actual performance of the techniques through the user's feedback, and compare the results with comfort indexes adopted by referential bibliography.

Keywords: Sustainable architecture, bioclimatic architecture, environmental comfort.

1. INTRODUÇÃO

O Laboratório Casa Sustentável – LCS está inserido no Jardim Botânico da cidade de Juiz de Fora, em fase final de implantação pela Universidade Federal de Juiz de Fora e será um espaço de ensino, pesquisa e extensão, voltado para a temática da edificação sustentável (Fig. 1).

O projeto foi desenvolvido pelo Laboratório de Conforto Ambiental e Sustentabilidade – ECOS do curso de Arquitetura e Urbanismo, em parceria com o Grupo de Estudos em Edificação Sustentável (GEES/CNPQ), com o Programa de Educação Tutorial da Engenharia Elétrica (Pet Eletrica), com o Grupo de Pesquisa Aplicada em Materiais e Construção Sustentável (PARES/CNPQ) e com o Núcleo de Iluminação Moderna, da Faculdade de Engenharia (NIMO), todos da Universidade Federal de Juiz de Fora. Por meio de um processo de concepção integrada entre várias especialidades envolvidas, foram abordados os materiais e sistemas construtivos, iluminação, sistemas hidrossanitários, eficiência energética, automação, monitoramento e simulação na área de conforto ambiental.

O principal fator motivador para a idealização do LCS foi o reconhecimento da grandeza dos impactos das construções sobre o meio ambiente e a consciência da necessidade de se agir em larga escala, junto à sociedade no sentido de contribuir para mudanças de comportamento de forma mais abrangente e efetiva. Pretende-se reduzir estes impactos e, ao mesmo tempo, contribuir para um maior conhecimento sobre edificações sustentáveis.

O desenvolvimento do projeto incluiu as seguintes etapas: pesquisa e análise de estudos de caso de espaços similares desenvolvidos em universidades brasileiras (cujos objetivos coincidem, em parte, com os nossos); pesquisa bibliográfica relacionada aos princípios de conforto ambiental, arquitetura bioclimática e arquitetura sustentável; definição de objetivos a serem atingidos pelo futuro espaço; definição do programa arquitetônico e técnico com base interdisciplinar; simulação do estudo preliminar para orientar o desenvolvimento do projeto; e projetos executivos detalhados pelas equipes especialistas. Concebeu-se uma arquitetura orientada para o conforto ambiental, com aplicação de estratégias projetuais de arquitetura bioclimática (ABNT, 2004), seleção de materiais e de técnicas construtivas baseada em princípios de sustentabilidade (HALLYDAY, 2008; SANMIGUEL, 2007) e sistemas prediais ecoeficientes (SCHLEIFER, 2010).

A adoção de estratégias que estimulem a percepção dos visitantes, através de um percurso lúdico por ambientes semelhantes aos de uma casa, permite reações positivas e/ou negativas de acordo com as sensações de conforto ou desconforto. Essas percepções podem ser manifestadas pelos visitantes, em cada ambiente, através de repostas a pergunta fritas em telas de computadores presentes em cada ambiente.

No âmbito da pesquisa, os grupos envolvidos utilizarão este espaço para avaliar o desempenho de materiais e técnicas, realizar medições e simulações de conforto ambiental e realizar pesquisas comportamentais junto ao público visitante. Inúmeras oportunidades temáticas poderão ser exploradas, envolvendo trabalhos de graduação e de pós-graduação.

No âmbito da extensão visa promover a conscientização do público visitante sobre o que são os princípios de sustentabilidade aplicados à edificações e sobre conceitos e técnicas de arquitetura bioclimática. Visa ainda promover a capacitação de estudantes de arquitetura e de engenharia para a realização de projetos mais sustentáveis. Os bolsistas serão guias que acompanharão os visitantes, conduzindo-os pelo percurso da exposição e orientando-os a emitir sua opinião sobre cada espaço visitado.

No ensino, o LCS representará uma oportunidade de atividades práticas para diversas disciplinas de arquitetura e engenharia, relacionados aos temas tocados pelo laboratório, como aplicações dos conhecimentos desenvolvidos em sala de aula.



Figura 1- Fotografia da edificação em fase final de obras. Fonte: Acervo dos autores

A estratégia descrita permite sensibilizar e mobilizar os usuários, através de instrumentos didáticos, para a importância do planejamento do projeto e construção de maneira eficiente e adequada, além de viabilizar testes do desempenho efetivo das técnicas, e confrontação de resultados de medições como a opinião dos usuários, criando insumos para análises críticas sobre índices de conforto adotados pela bibliografia e para pesquisas diversas.

2. OBJETIVO

O objetivo deste artigo é apresentar o procedimento metodológico para o desenvolvimento do projeto do Laboratório Casa Sustentável – LCS do Jardim Botânico de Juiz de Fora - MG, e o projeto propriamente dito, um espaço interdisciplinar de ensino, pesquisa e extensão, envolvendo engenharias e arquitetura em torno de diversos temas relacionados ao conforto ambiental, arquitetura bioclimática e edificação sustentável.

3. PROCEDIMENTO METODOLÓGICO PARA O DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Como premissas, estabeleceram-se alguns objetivos específicos que o projeto do espaço deveria promover ou viabilizar:

- Desenvolvimento de conhecimento em conforto ambiental, arquitetura bioclimática e edificação sustentável;
- Avaliação de desempenho de materiais, técnicas e sistemas aplicados nos ambientes;
- Capacitação de estudantes;
- Conscientização e capacitação da população para adoção de princípios de sustentabilidade em edificações novas ou a serem reformadas;
- Realização de medições e simulações de conforto ambiental dos espaços;
- Desenvolvimento de pesquisas comportamentais junto ao público visitante.

A primeira etapa consistiu em uma pesquisa exploratória na Internet para identificar e analisar projetos semelhantes desenvolvidos por grupos de pesquisas de conforto ambiental e eficiência energética de universidades brasileiras, cujos objetivos fossem similares aos enunciados para o LCS. A partir da pesquisa inicial, foram selecionados sete projetos para análise: (1) O Escritório Verde, projetado pela Universidade Técnica Federal do Paraná - UFTPR (BORBA, 2010); (2) A Casa Ecológica idealizada pela Secretaria de Estado para Assuntos do Meio Ambiente do Estado do Espírito Santo, com o apoio da Aracruz Celulose S.A. e do Laboratório de Planejamento e Projetos do Centro de Artes da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES (ALVAREZ, 2000); (3) A Casa Ecológica da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ (STILPEN, 2007); (4) A Casa eficiente idealizada pela Eletrobrás e Eletrosul em parceria com o Laboratório de Eficiência Energética em Edificações - LabEEE da Universidade Federal de Santa Catarina –UFSC (LAMBERTS, 2010); (5) Protótipos do Instituto Virtual Internacional de Mudanças Globais – IVIG da Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ (FONSECA, 2011); (6) A Casa Solar Eficiente no Centro de

Pesquisas de Energia Elétrica - CEPEL, no Rio de Janeiro, com participação do Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito - CRESESB, do Ministério de Minas e Energia -MME e da Eletrobrás (BARIZON, 2010); (7) A Casa Inteligente da Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE (NOGUEIRA, 2010).

Os exemplos analisados são espaços de demonstração e de espaços destinados ao desenvolvimento e aplicação de técnicas. Sobre os exemplos estudados, foi realizada uma sistematização dos objetivos, das características, das técnicas adotadas. Os dados foram agrupados e cruzados em uma planilha, que deu suporte para o refinamento dos objetivos e especificação de técnicas que deveriam ser adotadas no espaço a ser projetado.

Com base nos casos analisados, definiram-se as características desejáveis para o LCS:

- Deveria ser abordado o conceito amplo de edificação sustentável, indo além de conceitos mais restritos como de casa ecológica, arquitetura verde, etc. Neste sentido, todas as decisões de projeto deveriam ser baseadas em aspectos ambientais, sociais e econômicos;
- As soluções adotadas deveriam ser simples, estar disponíveis no mercado com custo acessível, para que pudessem ser adquiridas e adotadas pelos visitantes em suas próprias casas;
- A arquitetura deveria seguir a cultura construtiva presente na cidade, e a disponibilidade local de materiais e mão de obra (sustentabilidade ambiental e sociocultural)
- Introdução do usuário como um elemento ativo, que deveria interagir com o ambiente e expressar suas opiniões sobre as suas percepções e sensações acerca dos espaços visitados.

Tendo sido estabelecidas as estratégias projetuais e técnicas que seriam adotadas na edificação, partiu-se para uma pesquisa bibliográfica direcionada para princípios, estratégias e técnicas relacionadas ao conforto ambiental, arquitetura bioclimática e arquitetura sustentável (HALLYDAY, 2008; SCHLEIFER, 2010; RODITI, D., 2011; SANMIGUEL, 2007). Este material subsidiaria o desenvolvimento do projeto e seu detalhamento posterior.

Foram desenvolvidos os estudos preliminares de arquitetura, amparados por estudos em maquetes físicas em escalas variadas para estudos em Heliodon e simulação térmica computacional no programa TRNSYS-17 (SOLAR ENERGY LABORATORY, 2011), com vistas a orientar melhores decisões de projeto, no melhor compromisso entre as diversas variáveis envolvidas. Sabe-se que uma decisão de projeto, por mais localizada que seja, pode trazer impactos em diversas escalas, tanto para as pessoas como para o meio ambiente. É grande a responsabilidade envolvida nas inúmeras decisões que permeiam os projetos de edificações, e um caminho seguro para a sustentabilidade das edificações reside na postura adotada diante das decisões (ZAMBRANO, 2008).

4. RESULTADOS: O PROJETO

O projeto foi desenvolvido em um ambiente multidisciplinar. As estratégias bioclimáticas e os sistemas ecoeficientes foram propostos e debatidos pelos diversos participantes da equipe, visando escolhas equilibradas, que garantissem coerência entre a proposta global e as premissas inicialmente estabelecidas. Os estudos preliminares deram suporte para o desenvolvimento dos demais projetos de engenharia, detalhamentos construtivos e das técnicas e sistemas adotados. A seguir são apresentadas as características do projeto desenvolvido.

4.1. O conceito

O projeto se baseia na construção de módulos que simulam ambientes de uma moradia, interligados através de passarelas, rampas e escadas. Os módulos se encontram separados para que não haja interferência entre eles e que as técnicas aplicadas sejam melhores observadas pelo público e pelos futuros pesquisadores.

Idealizou-se que a população possa interagir e reagir aos espaços que serão vivenciados, para me emitir seus votos, de conforto ou desconforto, de frio ou calor, de agrado ou desagrado, sobre as sensações e percepções apreendidas nos diversos ambientes visitados. Os votos de cada visitante serão somados em um banco de dados, onde serão também armazenados dados de medições extraídas de cada ambiente (temperatura, umidade, iluminância e ruído) e do ambiente externo.

O LCS produzirá uma ampla variedade de informações relacionadas ao desempenho das técnicas adotadas, sobre a aceitação pelo público, bem como serão produzidos indicadores de conforto para a cidade. Os dados das medições realizadas coletados serão disponibilizados como insumos para pesquisas.

4.2. O projeto arquitetônico

Os módulos mencionados no item anterior são compostos por:

- Recepção

- Dois quartos com objetivos de comparação – um primeiro concebido sem preocupações de conforto e um segundo onde cada elemento foi minuciosamente estudado para a promoção de conforto;
- Sala;
- Escritório;
- Cozinha;
- Banheiro.

Todos esses ambientes distribuem-se ao redor de um jardim interno, e se comunicam através de passarelas abertas e cobertas, conforme apresentado na Figura 2. Essa implantação objetiva que cada ambiente seja estanque e assim, as medições de um ambiente não influenciem os outros ambientes, de forma que eles possam ser analisados e estudados separadamente. O único ponto de contato entre os mesmos são as passarelas cobertas.

Para dar suporte a melhores decisões, as soluções iniciais de projeto para os módulos de quarto convencional e quarto eficiente foram simuladas em computador para prever temperaturas finais, a partir das soluções projetuais propostas e indicar ajustes necessários para a melhoria do desempenho de cada módulo a ser edificado. As recomendações apontadas pelas simulações foram, então, incorporadas, gerando uma etapa de revisão do projeto.

Os quartos convencional e eficiente, concebidos para comparação, apresentam as mesmas dimensões, porém são distintos em termos de orientação de janela, tipo de cobertura e materiais de acabamento.

O módulo convencional foi projetado intencionalmente de forma inadequada, nos padrões do que se faz nas habitações de autoconstrução e sem preocupação com o conforto. Foi concebido sem telhado, com apenas uma laje de concreto impermeabilizada, o que leva a condições desconfortáveis durante o verão. Os materiais de acabamento foram escolhidos sem preocupação especial com a questão do conforto térmico. A janela não apresenta nenhuma proteção externa e é orientada para sul, o que nesta latitude considera-se inadequado, por comprometer o desempenho térmico do ambiente no inverno. No verão, deixa de aproveitar os ventos dominantes vindos da direção norte.

O módulo eficiente foi cuidadosamente projetado visando o conforto térmico e luminoso, com orientação da janela para direção norte, o que facilita os aportes solares no inverno e aproveitamento da ventilação natural (predominantemente norte-sul) no verão e utilização de materiais adequados. A janela é orientada para o norte, permitindo a penetração do sol no inverno, e possui venezianas externas retráteis para a proteção da radiação solar no período verão. Foi utilizado piso em madeira para maior conforto tátil e térmico no inverno.

Desta forma, o usuário poderá sentir as diferenças térmicas e luminosas resultantes entre os dois compartimentos semelhantes (quarto convencional e quarto eficiente), ao mesmo tempo em que são orientados sobre os aspectos que levam a tais diferenças. As figuras 2 e 3 a seguir apresentam planta e corte Norte/Sul do LCS.

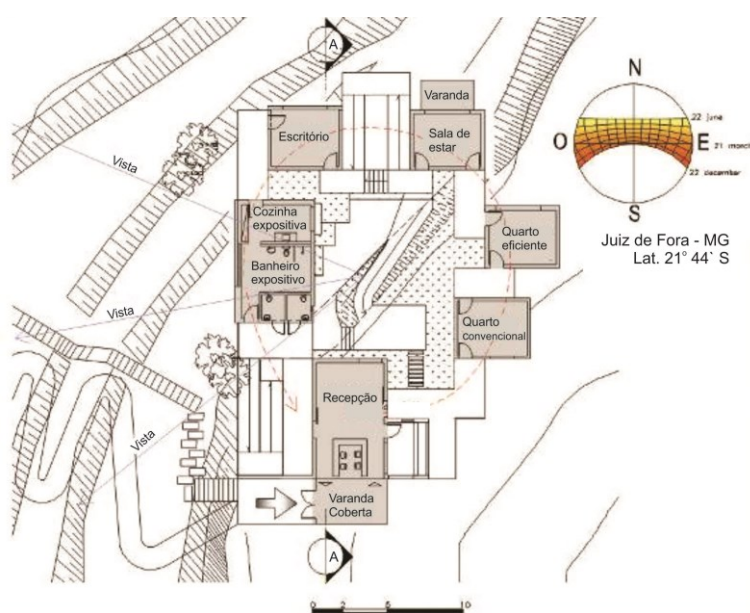


Figura 2 - Módulos implantados ao redor de um jardim central. Fonte: Acervo dos autores

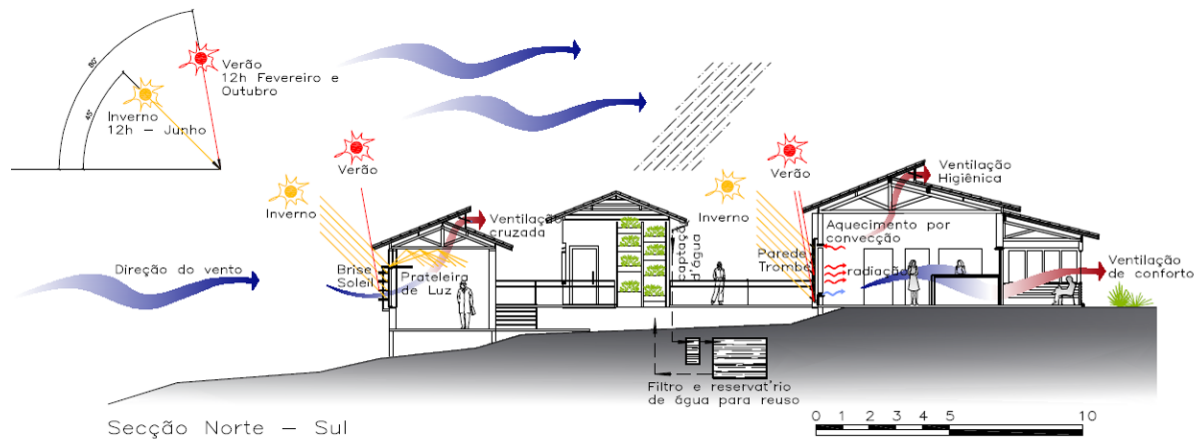


Figura 3 - Corte Transversal – Esquemas Térmicos e indicativos de iluminação indireta e captação d'água. Acervo dos autores

A seleção dos materiais também foi submetida a critérios de apoio à decisão que orientaram para escolhas mais equilibradas. Foram analisados os comportamentos de materiais concorrentes e avaliados seus possíveis desempenhos considerando aspectos sociais, econômicos e ambientais ligados a todo o seu ciclo de vida.

4.3. Estratégias bioclimáticas

A seguir são descritos os ambientes do projeto e as estratégias bioclimáticas adotadas.

Compartmento de Recepção: local ocorre o cadastro dos visitantes do LCS. Conta com balcão de recepção, sala de controle e ambiente de espera e exposição.

- Parede Trombe: Aquecimento do ambiente através de convecção do ar. Possui a capacidade de acumular o calor durante o dia e transmitir de noite o calor acumulado para o interior dos ambientes. Contribui para o conforto térmico, reduzindo demandas energéticas para o conforto do ambiente. O esquema de funcionamento e foto da execução encontram-se apresentado nas Figuras 4 e 5.
- Ventilação cruzada: Uso das aberturas na direção norte-sul (ventos predominantes ao longo de todo o ano na cidade), controláveis, de forma a favorecer a ventilação para o conforto no verão e interrupção da ventilação cruzada no inverno.
- Iluminação Natural: As dimensões das aberturas foram projetadas conforme prescrições da norma NBR 15.220 – Parte 3 (ABNT, 2004).

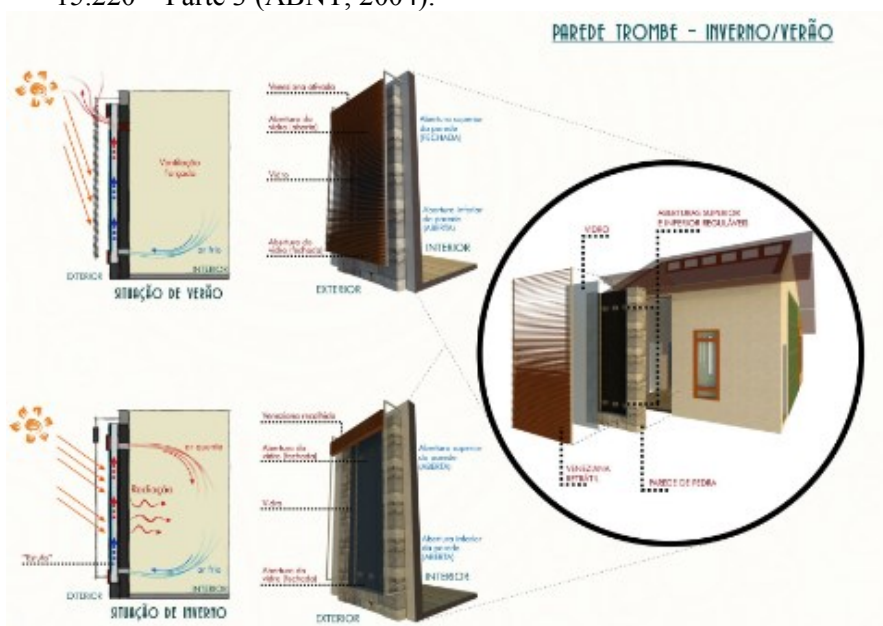


Figura 5 - Peça de exposição do ambiente com ilustração das técnicas adotadas na recepção. Acervo dos autores



Figura 4 - Foto da recepção (parede trombe) na fase final de obra. Acervo dos autores.

Quarto Convencional: Explora características negativas encontradas na maioria das casas, como laje descoberta, orientação solar da janela voltada para o sul não aproveita ganhos solares no inverno e impede a ventilação natural no verão; uso de lâmpada incandescente e materiais de acabamentos inadequados; sem utilização de técnicas eficientes.

Quarto eficiente: Projetado com orientação solar da janela voltada para o norte, aproveitando a radiação solar direta no inverno, e com proteção, através de veneziana externa, para o período de verão; aproveitamento dos ventos dominantes no verão; laje e cobertura em telha cerâmica, materiais adequados; painéis solares para aquecimento de ar.

- Persianas externas horizontais: Permitem controlar a entrada da radiação solar direta para o interior do ambiente, de forma a evitar ganhos de calor no verão e permitir ganhos no inverno. As venezianas quando instaladas internamente não evitam ganhos de calor da radiação solar que passa pelo vidro da janela. Sendo instalada externamente, a veneziana barra toda a radiação direta antes que esta penetre no ambiente.
- Ático ventilado: Fechamentos das empenas do telhado em venezianas permitem a renovação do ar no ático, evitando ganhos térmicos da radiação solar incidente que poderia ser transmitida para o compartimento através laje de teto.
- Aquecimento de ar por energia solar: Utilização, para período do inverno, de coletores solares para aquecimento de ar. Os painéis localizados na cobertura são conectados à tubulação de insuflamento/retorno. Ventiladores instalados na parede controlam as trocas de ar no ambiente, injetando o ar aquecido e retornando o ar para renovação. O sistema é acionado quando um sensor presente no ambiente acusa temperatura interna abaixo da temperatura de conforto previamente ajustada.

Sala de estar: Explora ventilação cruzada norte-sul (janela / cobertura), aquecimento solar passivo (varanda - estufa), e portas de correr envidraçadas para passagem de luz natural.

- Aquecimento solar passivo (varanda-estufa): Aproveitamento do calor para aquecimento dos ambientes. No inverno, a varanda sendo mantida com os vidros fechados, permite que os ganhos térmicos obtidos pela penetração da radiação solar no ambiente sejam retidos e transmitidos para a sala (com porta aberta), evitando gastos energéticos para aquecimento.

Escritório: Explora ventilação híbrida: ventilação cruzada norte-sul (janela e cobertura) e ventilação mecânica, por meio de duto enterrado e sistema de ventiladores; prateleira de luz para distribuição de iluminação natural; iluminação natural e controle de iluminação artificial por *dimmer* para controle do usuário, além de estudos de diferentes tipos de iluminação artificial.

- Ventilação por dutos embutidos no solo: Sistema que consiste em enterrar uma rede de condutos de ar num local adjacente ao edifício e localizar ventiladores nas extremidades do sistema, de forma a forçar a ventilação para captação e insuflamento do ar para o interior da edificação. O sistema permite captar o ar exterior a uma distância de 40m, forçar um percurso enterrado na terra, ao longo do qual a temperatura do ar irá aquecer ou resfriar, de acordo a temperatura da terra, sendo insuflado no ambiente em temperatura mais amena do que a do ar exterior.
- Prateleira de luz: Para melhor aproveitamento da luz natural e redução da incidência da radiação solar direta. Uma prateleira (pintada na cor branca) fixada na esquadria reflete a luz natural para um teto (pintado na cor branca), e este reflete a luz recebida para a porção mais profunda do ambiente. O sistema promove uma melhoria da qualidade da iluminação por gerar mais homogeneidade além de permitir acesso visual ao exterior.
- *Brise soleil*: Aletas reguláveis instaladas em um quadro fixado no exterior da janela evitam a incidência da radiação solar direta, o que no caso de ambiente de trabalho poderia comprometer a execução das tarefas, e permitem controlar o máximo aproveitamento da radiação difusa, para não comprometer a iluminação natural.

Cozinha e Banheiro: Foram adotados sistemas relacionados à economia de água e energia. Para tal, foram previstos: utilização de controladores de fluxo nos vasos sanitários, aeradores no lavatório e pia da cozinha, aquecimento solar de água, equipamentos com certificação energética, telhado verde (eficiência térmica e captação de CO₂), tratamento e aproveitamento de água da chuva para vaso sanitário e irrigação dos jardins.

- Dispositivos eficientes: Aeradores (economizadores de água): o ar substitui a água, diminuindo a quantidade de água liberada da torneira; válvulas de descarga com acionamento duplo para controle do fluxo: evita desperdício de água, liberando apenas a quantidade necessária para cada tipo de uso.
- Aquecimento solar de água: Executado por um sistema básico composto por coletores solares (placas coletoras), um boiler (reservatório térmico) e dutos de distribuição, conforme apresentado na Figura 6. Proporciona economia de energia em um dos principais pontos de consumo energético da residência, quando este aquecimento é realizado por chuveiro elétrico.
- Telhado verde ou cobertura vegetalizada: Distinguindo-se de todas as coberturas presentes no projeto (em telhas cerâmicas), sobre a laje da cozinha e banheiro se propôs e execução de uma cobertura vegetalizada, para fins didáticos. Cobrir a laje da edificação com solo e vegetação (gramínea ou

herbácea) pode responder a uma série de objetivos: compensar a impermeabilização do solo pela ocupação da edificação, aumentar a evapotranspiração contribuindo para o conforto ambiental externo, captar CO₂ da atmosfera, promover o conforto térmico e acústico no interior da edificação.

- Captação, tratamento e aproveitamento de água da chuva: Tendo por objetivo a valorização da água em atividades didáticas, a água coletada pelas calhas nos telhados é direcionada através de um percurso aparente, por um leito que perpassa o jardim central, passa por um lago para depois seguir para um tanque localizado abaixo da edificação do banheiro, onde será armazenada, conforme ilustrado na Figura 6. Neste tanque a água recebe tratamento e é bombeada para uma caixa d'água superior de onde será distribuída para vasos sanitários e rega dos jardins. Em ambientes urbanos, a drenagem com armazenamento e/ou aproveitamento da água da chuva contribui para evitar enchentes em áreas muito impermeabilizadas, onde a água da chuva não consegue infiltrar pelo solo num ritmo que impeça os alagamentos.

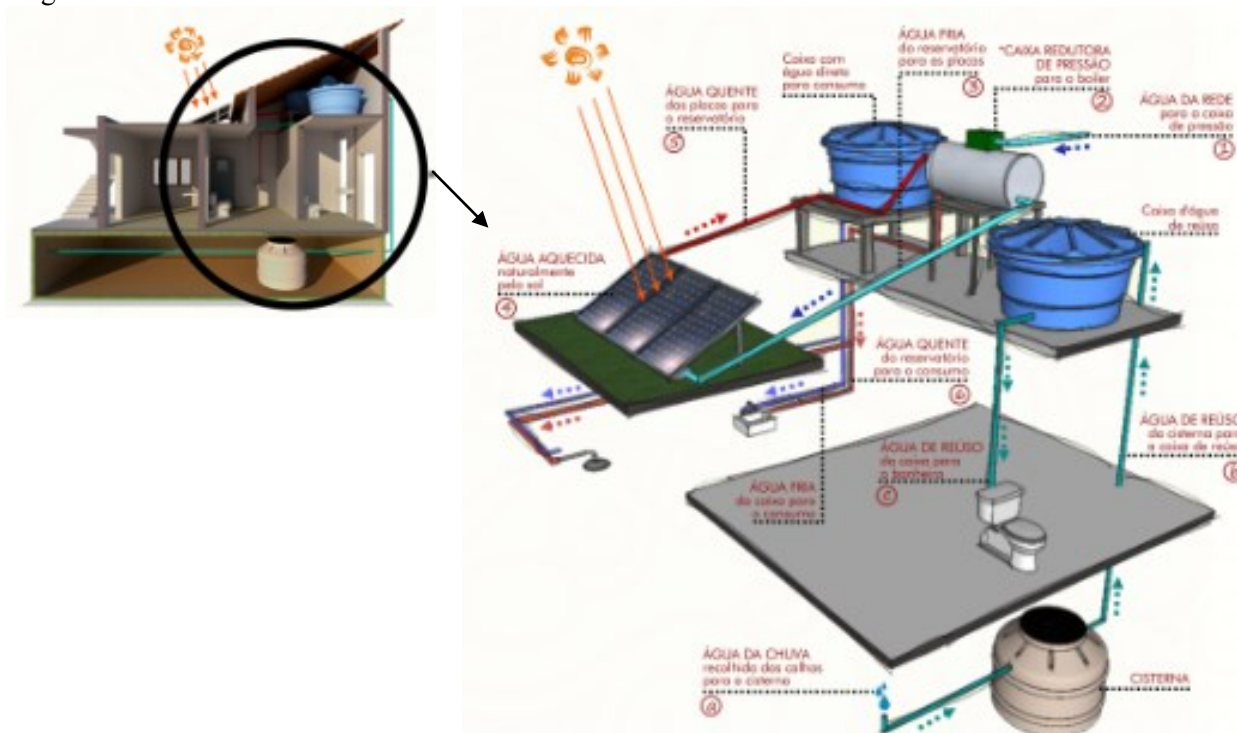


Figura 6 - Esquema de aquecimento solar apresentado no cartaz explicativo do ambiente. Acervo dos autores.

4.4. Sistemas de coleta de opiniões dos visitantes e de dados dos ambientes

A exposição é o meio multissensorial adotado para atrair a atenção e instigar o interesse do visitante, seja este, leigo ou conhecedor do assunto. Como explicitado por Pallasmaa (2011, p.68), “qualquer experiência implica em atos de recordação, memória e comparação”. A casa é, por princípio, espaço de domínio de qualquer pessoa. Assim, buscando a identificação entre o espaço expositivo e o de referência pessoal do visitante, estimulam-se associações imediatas. A expectativa é de que, o conhecimento promovido durante o percurso de visita dos espaços do LCS, se desdobre em ações, que vão desde o senso crítico até a adoção dos sistemas ou técnicas construtivas sustentáveis para uso próprio ou comum.

Em parceria com o Programa de Educação Tutorial da engenharia Elétrica da UFJF, foi desenvolvido o sistema que, através de uma interface amigável (em computadores dispostos em cada espaço) coletam-se as opiniões dos visitantes sobre diversos quesitos, armazenando-as em um banco de dados. Em tempo real, são coletados e armazenados dados térmicos, luminosos e acústicos de cada ambiente e dados climáticos do exterior da edificação, de acordo com o esquema apresentado na Figura 7.

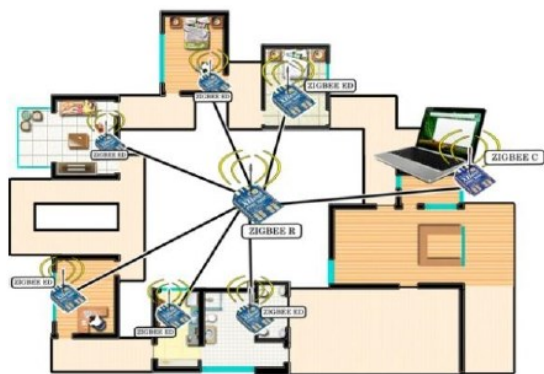


Figura 7 - Esquema do sistema de coleta de dados e transmissão sem fio.



Figura 8 - Telas do sistema de coleta de opiniões dos visitantes

Através de um sistema de transmissão sem fio, os dados são enviados para armazenamento em um servidor, onde administradores e pesquisadores terão acesso para o tratamento das informações.

Na recepção, o visitante efetua um cadastro que, para os pesquisadores, deverá permitir traçar o seu perfil quanto ao sexo, idade, peso, vestimenta, escolaridade e motivo da visita. A interface do usuário é simples e ilustrada, como apresentado da Figura 8. Ao fim do percurso, o visitante receberá um “extrato” comparativo dos seus votos com as medições térmicas, luminosas e acústicas.

Também estarão disponíveis ao final da exposição, em telões, valores médios das opiniões dos usuários, cruzados com os valores das variáveis ambientais medidas nos ambientes. Os resultados médios dos votos relativos a cada variável de conforto, num dado período (faixa horária, dia, mês, ano) podem ser cruzados com os dados das variáveis de conforto medidas no mesmo período pelos sensores presentes em cada ambiente, e extraídos gráficos analíticos diversos, como por exemplo: (1) as variações de satisfação média dos usuários por ambiente, de acordo com as variações de temperatura, o que permitirá correlacionar temperaturas de conforto típicas para a população da cidade Juiz de Fora como insumo para projetos; (2) comparação das variações de temperaturas medidas por ambiente ao longo de um dia, para análise de desempenho das soluções arquitetônica e técnicas; (3) para cada visitante poderá ser emitido um extrato que compara os votos que ele manifestou com os valores que foram medidos para cada variável de conforto no momento do voto, por ambiente, o que consolidará uma síntese propiciando uma compreensão global de toda a experiência vivenciada.

5. CONCLUSÕES

O presente artigo apresentou a metodologia adotada para o desenvolvimento do projeto Laboratório Casa Sustentável do Jardim Botânico de Juiz de Fora - MG. Reforça-se a ideia de que a produção de arquiteturas mais sustentáveis depende de um comportamento de comprometimento com todas as decisões ao longo do processo de projeto. Demonstraram-se, através do exposto, os benefícios para a qualidade final do produto a ser edificado, quando se conduz no projeto uma abordagem menos autoral e mais integradora das ideias dos diversos atores sociais envolvidos no projeto. As etapas apresentadas realçam o potencial de enriquecimento dos projetos de edificações quando estes são apoiados por instrumentos de auxílio à decisão, que reduzam empirismos e introduzam uma abordagem de pesquisa científica para as tomadas de decisões.

A proposição de um local de exposição, onde os visitantes possam interagir com diferentes espaços e perceber sensações de conforto e desconforto, indica ser uma abordagem adequada para facilitar ao público a compreensão dos benefícios e malefícios que podem estar relacionados ao projeto arquitetônico. Considerando a participação ativa dos visitantes na experimentação e testes sobre os ambientes, a configuração final da edificação e seus desdobramentos no ensino e nas pesquisas que ali serão desenvolvidas ao longo dos próximos tempos, é certa a contribuição do LCS para uma maior consciência na sociedade de Juiz de Fora, quanto a edificações sustentáveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. **Desempenho térmico de edificações Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social.** ABNT, Rio de Janeiro, 2004.

GOOGLE, Inc. **Sketch UP 8**. Disponível em: <http://sketchup.google.com/>.2011

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

METEOTEST. **Meteonorm 6.1**. Bern, Switzerland, 2012.

PALLASMAA, J. **Os Olhos da Pele: A Arquitetura e os Sentidos**. Porto Alegre : Ed. Bookman, 2011.

RODITI, D.. **Ventilation and lumière naturelles**. France : Eyrolles, 2011.

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

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

SCHMID, A. L. **A ideia de conforto. Reflexões sobre o ambiente construído**. Curitiba: Pactoambiental, 2005.

SOLAR ENERGY LABORATORY. **TRNSYS17**. University of Wisconsin-Madison, Madison, USA, 2011.

ZAMBRANO, L. M. A. **A Integração Dos Princípios da Sustentabilidade ao Projeto de Arquitetura**. Tese de Doutorado em Arquitetura, Universidade Federal do Rio De Janeiro, 2008

AGRADECIMENTOS

Universidade Federal de Juiz de Fora, pela oportunidade e apoio para o desenvolvimento deste projeto.
FAPEMIG, pelos auxílios concedidos para apresentação deste projeto em congressos representativos da área.