

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
ENGENHARIA AMBIENTAL

INTERAÇÕES ENTRE SISTEMA E AMBIENTE: ESTUDO DE CASO DA
UNIDADE EXPERIMENTAL 001

Aluno: Willes Kengo Shimo

Orientadora: Profa. Dra. Anja Pratschke

Monografia apresentada ao curso de
graduação em Engenharia Ambiental da
Escola de Engenharia de São Carlos da
Universidade de São Paulo

São Carlos, SP

2011

Agradecimentos

Ao meu pai e minha mãe pelo apoio durante toda a minha vida.

À toda minha família.

À Profa. Dra. Anja Pratschke pela orientação, ensino, reflexões e o estímulo a minha vida acadêmica.

Ao Prof. Dr. Marcelo Tramontano e a todos os Nomads.

À Profa. Dra. Karin Chvatal pelo apoio durante todo o trabalho.

A todos os meus amigos.

*“Que ninguém se engane,
só se consegue a simplicidade através de muito trabalho.”*

-Clarice Lispector

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Casa da Floresta Negra. Fonte: Günter Pfeifer.....	9
Figura 2 - Dymaxion House. Fonte: Günter Pfeifer	10
Figura 3 - Casa Eficiente. Fonte: Casa Eficiente.....	11
Figura 4 - Team Germany (Technische Universität Darmstadt)	12
Figura 5 - Unidade Experimental de Habitação 001.....	13
Figura 6 - Construção da Unidade Experimental de Habitação 001.....	14
Figura 7 - Composição dos materiais de cada região	16
Figura 8 - Corte da parede em painéis de pinus spp.....	18
Figura 9 - Barreamento de taipa de mão.	18
Figura 10 - Corte da parede em taipa-de-mão	19
Figura 11 - Fachada de chapa ondulada de fibra de vidro translúcida.....	20
Figura 12 - Cobertura da Unidade 001. Fonte: Autor	20
Figura 13 - Vista interna da fachada da Unidade 001. Fonte: Autor.....	20
Figura 14 - Atual setor servido na cota 0,0m. Fonte: Autor	22
Figura 15 - Atual setor de serviços na cota 0,0m. Fonte: Autor.....	22
Figura 16 - Copa no setor de serviços da cota 0,0m. Fonte: Autor	22
Figura 17 - Banheiro no setor de serviços da cota 0,0m. Fonte: Autor.....	23
Figura 18 - Bancada de equipamentos no setor de serviços da cota 2,5m. Fonte: Autor.....	23
Figura 19 - Design Lab no setor servido da cota 2,5m. Fonte: Autor	24
Figura 20 - Bancada no setor de serviços da cota 5,0m.	25
Figura 21 - Documentação do Nomads.usp na cota 5,0m. Fonte: Autor	25
Figura 22 - Interface do Rhino + Grasshopper. Fonte: liftarchitects.com.....	28
Figura 23 - Interface do Autodesk Ecotect Analsys.....	29
Figura 24 - Interface do Design Builder Software. Fonte: designbuilder.co.uk ...	30
Figura 25 - Interface do site do Pachube. Fonte: pachube.com	31
Figura 26 - Fluxograma de exemplo do Pachube. Fonte: pachube.com	32
Figura 27 - Projeto PIX. Fonte: Tanise Spielmann	34
Figura 28 - Protótipo do Projeto ÉOS. Fonte: Nomads.usp.....	35
Figura 29 - Sensor HOBO U8	37
Figura 30 - Simulação da trajetória do Sol no mês de Dezembro (período quente).	46
Figura 31 - Simulação da trajetória do Sol no mês de Junho (período frio).....	46
Figura 32 - Feed criado do Edifício 001. Fonte: pachube.com	47
Figura 33 - Exemplo de gráfico no Pachube. Fonte: pachube.com	48
Figura 34 - Museu Quai Branly. Fonte: Patrick Blanc.....	50
Figura 35 - Bloomframe. Fonte: Bloomframe	51

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Temperatura na área Central da cota 0,0m.....	38
Gráfico 2 - Temperatura na 0,0m (Norte e Sul).....	39
Gráfico 3 - Temperatura na área Central da cota 2,5m.....	40
Gráfico 4 - Temperaturas na cota 2,5m (Norte e Sul)	41
Gráfico 5 - Temperatura na área Central da cota 5,0m.....	42
Gráfico 6 - Temperaturas na cota 5,0m (Norte e Sul)	42
Gráfico 7 - Temperaturas na região Norte	44
Gráfico 8 - Temperaturas na região Central.....	44
Gráfico 9 - Temperaturas na região Sul.....	45

RESUMO

Shimo, W.K. *Interações entre sistema e ambiente: Estudo de caso da Unidade Experimental de Habitação 001*. Monografia (Trabalho de Graduação). Instituto de Arquitetura de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2011.

Este trabalho teve como objetivo analisar as mudanças de um dado sistema em relação às condições impostas pelo meio ambiente local, através de observações do comportamento do sistema, medições e simulações computacionais.

O sistema analisado foi a Unidade Experimental de Habitação 001, atual sede do Nomads.usp – Núcleo de Estudos de Habitares Interativos – no Campus de São Carlos da Universidade de São Paulo, onde foi observado um superaquecimento da edificação deixando as condições de conforto térmico precárias para os pesquisadores que trabalham no edifício.

A Unidade Experimental de Habitação 001 foi construída com o objetivo de apresentar uma nova proposta de configuração de habitações residenciais com materiais de baixo valor comercial, impacto ambiental reduzido e menor complexidade tecnológica (*low-tech*).

O edifício apresenta três áreas compostas em materiais diferentes sendo: painéis de pinus spp, cobertura em chapas onduladas de fibra de vidro translúcidas e taipa-de-mão. Sendo assim, as medições de temperatura foram realizadas durante as estações de primavera/verão e outono/inverno nos três diferentes setores devido aos diferentes materiais e em cada um desses setores nas três cotas do edifício (0,0m; 2,5m e 5,0m). Com as medições foram constatadas maiores temperaturas na cota 5,0m e no setor composto por taipa-de-mão. Simulações com *software* indicaram maior tempo de exposição da luz do sol no verão devido ao trajeto solar ser mais alto. O setor Sul do edifício aquece menos durante o inverno, pois o trajeto do Sol é mais baixo quase não havendo incidência direta nas paredes feitas em taipa-de-mão.

Com as informações obtidas, foram sugeridas ações visando à melhoria do bem estar dos pesquisadores no edifício considerando aspectos ambientais.

Palavras-chave: Conforto Ambiental, Arquitetura, Meio Ambiente, Sustentabilidade, Cibernética

ABSTRACT

Shimo, W.K. *Interactions between system and environment: Case Study of the Experimental Housing Unit 001*. Monograph (Undergraduate Work). Architecture Institute of São Carlos, University of São Paulo, 2011.

This study aimed to analyze the changes in a given system related to the conditions imposed by the local environment, through observations of the system behavior, measurements and computer simulations.

The analyzed system was the Experimental Housing Unit 001, current headquarter of the Nomads.usp – Study Core of Interactive Housing – Campus of Sao Carlos of the University of Sao Paulo, where was seen a overheating of the building letting the thermal confort conditions poor for researchers working in the building.

The Experimental Housing Unit 001 was built aimed to present a new proposal of configuration of residential housing with low commercial value materials, reduced environmental impact and lower technological complexity (low-tech).

The building has three areas composed of different materials: pinus spp panels, coverage in translucent fiberglass plate and rammed earth. Thus, temperature measurements were performed during the seasons of spring/Summer and autumn/winter in three different sector due to different materials and each of these sectors in the three pavements of the building (0.0m, 2.5m and 5.0m). With the temperature measurements were found highest values in the 5.0m pavement and in the sector composed of rammed earth. Software simulations indicated longer exposure of sunlight in the summer due to the higher solar path. The southern sector of the building heats up less during the winter because of the lower Sun path almost not having direct incidence on the walls made of rammed earth.

With the information obtained, were suggested actions aiming at improving the well-being of the researchers in the building considering environmental aspects.

Keywords: Environmental Comfort, Architecture, Environment, Sustainability, Cybernetic

SUMÁRIO

Introdução	1
Objetivos	3
Capítulo 1. O Objeto de Estudos – Unidade Experimental 001	5
1.1. Leituras e referências bibliográficas.....	5
1.1.1. Consulta a fontes secundárias	5
1.2. Exemplos de construções	8
1.2.1. Casa vernacular: Floresta Negra (Schwarzwaldhaus)	8
1.2.2. Industrialização: Fuller, B. Dymaxion House	9
1.2.3. Atual: Casa Eficiente _LabEEE (UFSC).....	10
1.2.4. Solar Decathlon.....	11
1.3. Projeto 001.....	13
1.4. Construção.....	14
1.5. Unidade Experimental 001	15
1.5.1. Materiais e dados técnicos	16
1.5.1.1. Madeira: Pinus spp e Eucalipto	17
1.5.1.2. Terra crua: Taipa de mão	18
1.5.1.3. Chapa ondulada de fibra de vidro translúcida	19
1.6. Considerações do capítulo.....	21
Capítulo 2. O Ambiente Digital	26
2.1. Building Information Modelling (BIM)	26
2.2. <i>Software</i> de simulação.....	27
2.3. Pachube.....	31
2.4. Considerações do capítulo.....	33
Capítulo 3. Desempenho da Construção	36
3.1. Experimentos	36
3.1.1. Laboratório de Construção Civil – LCC	36
3.1.2. Equipamentos	36
3.1.3. Medições de temperatura.....	37
3.1.3.1. Período quente	37
3.1.3.2. Interpretação dos dados	38
3.1.3.3. Período frio	43
3.1.3.4. Interpretação dos dados	43
3.2. Integração com o Pachube	47
3.3. Considerações do capítulo.....	48
3.3.1. Estudo de exemplos de soluções arquitetônicas.....	49
Considerações Finais	52
Bibliografia	53

INTRODUÇÃO

O presente trabalho mostra os estudos realizados para verificar a interação do meio ambiente com um sistema, visando compreender os efeitos, positivos e negativos, ocorrentes dessa relação, buscando ações em que o sistema possa utilizar dos recursos do meio sem impactar negativamente o meio ambiente. O sistema que foi considerado é a Unidade Experimental de Habitação 001, atual sede do Nomads.usp, Núcleo de Estudos de Habitares Interativos no Campus de São Carlos da Universidade de São Paulo, onde há pesquisas aplicadas à arquitetura, arte e ao design de produtos abrangendo a visão sistêmica e a cibernética de segunda ordem. Para o ambiente em relação com o sistema foram observados fatores como a posição do edifício, o material, a ventilação natural, insolação e a ocupação do local de pessoas e máquinas.

A Teoria Geral dos Sistemas, desenvolvida por Ludwig Von Bertalanffy, tem como objetivo principal a análise da natureza dos sistemas e suas relações e partir da idéia de que eventos de naturezas diferentes, quando analisados com uma abordagem global, tornam-se possível a observação das relações entre estes.

As características básicas de um sistema são: os elementos do sistema, as interações desses elementos, o objetivo comum e o meio ambiente ao qual estão inseridos.

O meio ambiente não pode ser controlado pelo sistema, porém, pode haver troca de elementos com o sistema havendo influência mútua entre eles. Essa interação meio ambiente-sistema pode ser tão forte que se torna difícil a distinção entre os elementos do sistema e os do meio ambiente, uma saída para identificação de cada um, é observar se o elemento pode ser controlado pelo sistema.

O interesse em elaborar a pesquisa junto ao grupo de pesquisas Nomads.usp surgiu devido ao Núcleo ter experiências de estudos nas áreas interdisciplinares da arquitetura, *design* e Teoria Geral de Sistemas, oferecendo um conhecimento diferencial na graduação, além de estimular

a colaboração entre pesquisas, o que auxilia no desenvolvimento do aprendizado.

O Núcleo ainda apresenta um histórico de pesquisas voltadas à sustentabilidade ambiental e sociedade. As Unidades Experimentais 001 e 002, sendo a segunda, sede de outro grupo de pesquisas, o Habis. Estes edifícios foram produzidos dentro de uma pesquisa temática, financiada pela FAPESP, voltada à busca de uma forma inovadora e barata de habitações sociais, em que, buscando o barateamento da construção, foram pesquisados materiais de baixo valor comercial e baixo impacto ambiental, capazes de compor sistemas construtivos de baixa complexidade tecnológica (*low-tech*). Dentre outras pesquisas o Núcleo produziu estudos a respeito de design de mobiliários atendendo esses critérios, discutindo sobre sustentabilidade e consumo frente à criação de artifícios produtivos compatíveis com a escala consumidora, questionando como a identidade cultural e estética podem se tornar empecilhos à criatividade.

Para a interpretação da Unidade 001 como um sistema faz-se necessário considerar subsistemas complexos integrados à sua estrutura, pois, funcionam em seu interior objetos interativos híbridos, ou seja, dotados de instâncias concreta e virtual, o que faz com que o sistema do edifício tenha conexões que ultrapassem a barreira de seu espaço físico.

OBJETIVOS

Objetivo Geral

Esse trabalho teve como objetivo geral analisar os impactos, positivos e negativos, que ocorrem entre o meio ambiente e um dado sistema, buscando compreender suas relações e comportamentos a fim de elaborar meios que aprimorem ou reduzam tais impactos.

Objetivos Específicos

- Levantar materiais relacionados ao estudo do meio ambiente utilizando-se da Teoria Geral de Sistemas;
- Levantar *software* de simulação que possam ser considerados questões ambientais no projeto;
- Refletir sobre as possíveis pressões exercidas pelo sistema sobre o meio ambiente;
- Observar o comportamento e a adaptação do sistema nas condições impostas pelo meio ambiente;

CAPÍTULO 1. O OBJETO DE ESTUDOS – UNIDADE EXPERIMENTAL 001

Este capítulo tem como objetivo descrever o prédio da Unidade Experimental de Habitação 001, atualmente sede física do Nomads.usp – Núcleo de Estudos de Habitares Interativos, dentro do campus de São Carlos, Universidade de São Paulo, bem como dados técnicos do projeto e construção do edifício com breves comentários e reflexões em relação a questões do meio ambiente. Mostra ainda o levantamento de alguns exemplos de construções elaboradas para serem adaptadas ao meio ambiente local e com materiais e tecnologia que causassem menores impactos negativos ao ambiente.

1.1. Leituras e referências bibliográficas

A revisão bibliográfica auxiliou na familiarização com o tema estudado ao longo da elaboração do presente trabalho e na adaptação com os termos até então desconhecidos. Essa leitura permitiu a formação de uma visão crítica e estabeleceu a possibilidade de observações quanto às semelhanças e conflitos postos entre os diferentes autores que exploram o tema estudado.

Os autores e obras revisados pelo pesquisador estão listados na bibliografia deste relatório, sendo que a busca de fontes secundárias se deu, principalmente, junto à biblioteca central da EESC, em material da Documentação do Nomads.usp, e através da internet.

1.1.1. Consulta a fontes secundárias

As consultas a fontes secundárias se realizaram através de análises de textos e artigos publicados em revistas, *websites* da Internet buscando compreender a visão da Teoria Geral dos Sistemas, Cibernética de

Segunda Ordem, Complexidade e *Design* Paramétrico relacionados a situações no meio ambiente.

O estudo das teorias deu-se através de definições e conceitos desenvolvidos pelos seus principais autores e referências, visando uma conceituação o mais clara possível. Partiu-se, então, de publicações sugeridas pela orientadora.

Para compreensão do conceito da cibernética foi estudado _DANITZ, B. **[vídeo] Ecological design: inventing the future**, 1994. Este documentário retrata a emergência do design ecológico e a preocupação com o meio ambiente no século 20. Mostrando os trabalhos de Buckminster Fuller em meados de 1920 até o início do século 21. Este vídeo mostra as idéias de pensadores de diferentes áreas no assunto do meio ambiente e design. E consultado um importante pesquisador da área, _BATESON, G. **Steps to an ecology of mind: collected essays in anthropology, psychiatry, evolution, and epistemology**, 2000. Este livro estabelece o pensamento na visão da cibernética através de ensaios escritos durante as pesquisas do autor. Mostra diversas idéias em diferentes áreas do conhecimento e levanta questões como 'O que é um instinto?' ou 'Quanto você sabe?' expondo formas de observação abordando a cibernética nos diferentes assuntos estudados.

Estudos de exemplos de projetos abordando a cibernética como _PFEIFER, G. **A housing typology**, 2009. Nesta coleção de livros, o autor explica diversos modelos de estruturas de residências e suas visões cibernéticas acerca dos diferentes projetos. Mostra como cada modelo tem suas particularidades e ressalta as possibilidades de uso e as possíveis mudanças para cada tipologia particular de residência. _PFEIFER, G. **Pradigm shift – from the technological to the cybernetic principle in architecture and urban planning**, 2009. Este artigo mostra a importância da abordagem da cibernética durante o planejamento urbano e de estruturas arquitetônicas. Explica o significado dos princípios da cibernética na arquitetura e mostra exemplos de estruturas que utilizam de princípios da cibernética para adaptação ao ambiente do local. Mostra que

a cibernética deve ser aplicada durante a etapa de projeto da estrutura e faz uma crítica a alta tecnologia utilizada para a adequação do ambiente interno deixando de lado a relação dos ambientes interno e externo.

Nos estudos que cercam a complexidade foi estudado _MATURANA, H.R.; VARELA, F.J. **A Árvore do Conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana**, 2001. Este livro mostra, a princípio, de uma maneira simples, que a vida é um processo de conhecimento e para que possa ser possível entendê-la é preciso compreender como os seres vivos a conhecem. Ainda demonstra que o mundo que construímos também nos constrói. Mostrando que não recebemos um mundo já pronto, mas sim, um mundo em constante interatividade sendo construído e construindo o conhecimento fazendo com que voltemos às idéias no conhecer do conhecer.

Para uma maior familiarização com o tema do design paramétrico foi estudado _ALEXANDER, C. **Pattern Language**, 1967. Propõe um modelo que foi desenvolvido como uma solução participativa para os problemas de uma população. A partir deste modelo o autor propôs uma maneira de lidar com os problemas ambientais utilizando linguagens de arquitetura e baseando-se em “palavras” descrevendo configurações de espaços e elementos. Através dessas “palavras” os indivíduos mais sensibilizados com as questões ambientais criariam “padrões” para lidar com tais questões. A união das “palavras” criando “frases” guia os indivíduos a esses determinados “padrões” auxiliando na tomada de decisão para um dado problema. Este modelo se mostra interessante para obtenção de rápidas soluções lidando com os problemas mais comuns que uma dada população pode vir a enfrentar e auxiliar a compreender a situação em que estão apenas observando as “frases” formadas para cada ocasião. Aplicado ao meio ambiente, a formação das “frases” poderia retratar o estado do ambiente local onde a população está vivendo conscientizando-os da necessidade de preservação e indicando ações para a melhoria das condições ambientais e melhoria do bem-estar social. E a obra de _FRIEDMAN, Y. **Flatwriter**, 1973. Este projeto surgiu como um novo

conceito de processos, onde o próprio habitante podia escolher a configuração de seu espaço e o possível local a partir de uma “máquina”, que funciona como uma máquina de escrever, porém, ao invés das letras nas teclas, estas teriam as possíveis formas e configurações e os usos. Este processo aproximaria o usuário no processo de idealização da casa, evitando perdas e desentendimentos durante o manejo da informação ao sair do usuário para o arquiteto e seguindo para a concepção do projeto. O arquiteto agiria indiretamente na elaboração das matrizes de possibilidades em que o usuário configuraria para o seu espaço. Incluindo fatores ambientais nas matrizes de possibilidades o usuário poderia escolher suas opções de configuração dentro dos limites impostos pelo meio ambiente de modo a elaborar uma casa de estrutura adequada às condições locais qualquer que fosse a escolha das opções.

1.2. Exemplos de construções

Ao longo da história surgiram diferentes projetos de habitações acompanhando o progresso tecnológico e a possibilidade de adaptação do ser humano até mesmo nos climas mais extremos no planeta. A seguir, estão apresentadas alguns exemplos de casas adaptadas ao meio ambiente e como a tecnologia pode ser utilizada, sem a necessidade de alteração das características de certa região, para um melhor desempenho da casa quanto aos recursos básicos utilizados em uma residência comum.

1.2.1. Casa vernacular: Floresta Negra (Schwarzwaldhaus)

A arquitetura vernacular nos remete a uma idéia de sustentabilidade ambiental, partindo do princípio que a construção é totalmente elaborada com o material do próprio local, ganhando suas próprias características regionais através de meios rústicos menos impactantes ao meio

ambiente. A casa-fazenda da Floresta Negra é uma única estrutura projetada para adaptar-se a região. A sua estrutura cibernética determina um fluxo de energia em que se faz um controle de seus usos apenas pela forma de suas estruturas, como exemplo, a luz do Sol é aproveitada em toda a casa, de diferentes maneiras, no Inverno para iluminar e aquecer e no verão para iluminação e não superaquecer a casa. É um exemplo de como habitantes de uma região se adaptavam de certo modo fazendo parte do meio ambiente local sem a utilizar de tecnologias para conformação de seu modo de vida.



Schniderli farmhouse, 1593, Wolf Schneller

Figura 1 - Casa da Floresta Negra. Fonte: Günter Pfeifer

1.2.2. **Industrialização: Fuller, B. Dymaxion House**

Projetada nos anos de 1930, Fuller desenvolveu este projeto de casa com um design futurista para produção industrializada e mais eficiente, prevendo a escassez de recursos para grande parte da população e em resposta a uma falta de habitações global. A Casa Dymaxion teria o custo aproximado de um automóvel e tinha a proposta de ajudar a resolver os problemas de habitação. Uma casa projetada para ser auto-suficiente que regula automaticamente sua temperatura, purifica o ar, tem um consumo reduzido de água além de ser ela própria reciclada quando obsoleta. A casa tem um peso estimado em aproximadamente 4

toneladas, comparada às 150 toneladas de uma casa comum e era considerada uma idéia muito além de seu tempo.



Dymaxion house, Richard Buckminster Fuller

Figura 2 - Dymaxion House. Fonte: Günter Pfeifer

1.2.3. **Atual: Casa Eficiente _LabEEE (UFSC)**

Projeto de uma residência unifamiliar eficiente, a Casa Eficiente, elaborada através de uma parceria entre a UFSC – Universidade de Santa Catarina / LabEEE – Laboratório de Eficiência Energética em Edificações e a ELETROSUL – Centrais Elétricas S.A. juntamente com a ELETROBRÁS – Centrais Elétricas Brasileiras S.A. através do PROCEL – Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica, foi projetada com sistemas integrados e tecnologias voltadas para o conforto ambiental, eficiência energética e uso racional dos recursos naturais, utilizando de modelagens e simulações matemáticas antes do projeto e durante seu uso. O projeto tem como objetivo incentivar o desenvolvimento de construções mais eficientes e atualmente é sede do LMBEE - Laboratório de Monitoramento Ambiental e Eficiência Energética.



Figura 3 - Casa Eficiente. Fonte: Casa Eficiente

1.2.4. **Solar Decathlon**

É um concurso universitário, criado pelo Departamento de Energia dos Estados Unidos, que premia o melhor projeto de uma casa operada a luz solar que seja mais eficiente e de melhor custo benefício, desafiando 20 times de faculdades de todo o mundo. O Solar Decathlon teve sua primeira edição em 2002 e sua edição européia estreou em 2010. Suas principais propostas são de mostrar oportunidades de diminuir o consumo de energia através de novas tecnologias e na mudança dos hábitos, estimular meios mais inteligentes de uso de tecnologias mais eficientes para o bem-estar na casa, além do ensino aos estudantes e aos visitantes do evento.



Figura 4 - Team Germany (Technische Universität Darmstadt)
Equipe Campeã do U.S. Solar Decathlon 2009. Fonte: Solar Decathlon

A equipe alemã da *Technische Universität Darmstadt*, vencedora do Solar Decathlon 2009, projetou uma casa focando sua fachada, onde a superfície externa é toda coberta por células fotovoltaicas com uma produção de energia estimada em até 200% a necessidade da casa. As paredes foram construídas com tecnologia e materiais que mantêm a temperatura interna confortável e janelas com dispositivos automatizados para bloquear a luz solar evitando o aquecimento indesejado.

1.3. Projeto 001

A Unidade Experimental de Habitação 001 foi construída em 1999 a partir de um projeto que surgiu de diversos estudos sobre as condições da moradia popular brasileira abordando a questão da necessidade do redesenho do espaço doméstico contemporâneo devido, essencialmente, às mudanças dos modos de vida e configurações dos grupos familiares contemporâneos.



Figura 5 - Unidade Experimental de Habitação 001.

Fonte: Tramontano e Requena, 2000

Segundo Tramontano (2000), as habitações sociais ainda remontam ao conceito da habitação burguesa europeia no século 19, resultando, em sua maioria, em cômodos funcionalmente estanques – quartos, salas, cozinha e banheiro – agrupados em zonas sociais, íntimas e de serviços, construídas principalmente em alvenaria de tijolos.

O projeto da Unidade Experimental de Habitação 001 foi elaborado com o intuito de apresentar uma proposta inovadora de habitação, levantando possibilidades de materiais e soluções técnicas diversificadas e múltiplas configurações do espaço construído sugerindo um novo formato de habitação social adequado às necessidades do usuário.

1.4. Construção

O edifício da Unidade Experimental 001 é composto por uma estrutura principal e pisos de eucalipto serrado com vedações de painéis de madeira pinus spp, taipa-de-mão e terra-palha com algumas áreas em chapas onduladas de fibras de vidro translucidas. A cobertura é composta de uma chapa prensada de resíduos de celulose com betume sobre estrutura de madeira laminada colada de pinus.



Figura 6 - Construção da Unidade Experimental de Habitação 001.

Fonte: Tramontano e Requena, 2000

Com o intuito de se estudar possibilidades de isolamento térmico as paredes em painéis de madeira pinus, foram recheadas, no térreo, com argila expandida, no piso intermediário, com manta de lã de vidro e no piso superior com colchão de ar.

Partindo da idéia da flexibilidade dos espaços com a possibilidade de justaposição dos componentes espaciais, fez-se a escolha de materiais que tivessem propriedades que contribuíssem para diversas aplicações, visto o uso de chapas onduladas de fibras de vidro translucidas utilizada em vedações verticais, cobertura e permitindo a iluminação da construção, além das propriedades do material, foram empregados componentes da construção de pequenas dimensões possibilitando o uso de elementos de menor valor comercial. O uso de diferentes materiais que podem ser utilizados em justaposição de funções

permite soluções técnicas onde os componentes estruturais da construção são formados por elementos onde as funções podem ser complementadas (Tramontano, 2000).

1.5. Unidade Experimental 001

Com aproximadamente 54m² de área em planta, valor encontrável correspondente a unidades de habitação social já ampliadas, no estado de São Paulo (Tramontano e Requena, 2000), a Unidade Experimental 001 é dividida em dois espaços, o espaço de serviços que, em uma habitação convencional é presente em toda a edificação, é situado em um único bloco, uma área fixa por estarem presentes os equipamentos hidráulicos, e o bloco de espaços servidos, onde são realizadas as demais atividades e não há a utilização de equipamentos fixos. O edifício possui 3 cotas – 0,0m; 2,5m e 5,0m – formando um átrio ao centro da cota 0,0m o que permite a comunicação entre as cotas. Esse espaço central, situado no térreo, se caracteriza por uma área de conexão entre os blocos de serviço e servido possibilitando diferentes usos do espaço, criando ambientes apenas com o abrir ou fechar das portas dobráveis em torno da área central. Na área de serviço do térreo se encontrava a cozinha onde possibilitava ao usuário uma série de configurações sendo que esta poderia ser fechada, escondendo os equipamentos, tornando a área central um local de recepção ou podendo abrir como um espaço de cozinha como um cômodo fechado ao bloco servido. A porta de entrada da casa na área central permite a recepção de visitantes na área da cozinha, o que pode ser, neste caso, um conforto não encontrado em habitações convencionais, visto que o simples fechar das portas esconde a bancada e equipamentos alterando a função desta área qualificando-a como uma área de recepção. Essa falta de hierarquia na maioria dos espaços e flexibilidade de fechamentos internos e externos, da ao usuário a possibilidade de utilização de um mesmo espaço de maneiras diferentes permitindo a sobreposição e alteração de funções contribuindo para um melhor uso do espaço da habitação.

O edifício possui grandes aberturas para ventilação na área central da escadaria e janelas nos espaços de serviço e servido, possibilitando uma ventilação natural da construção, além de um portão na cota 0,0m na área central oposta a escadaria.

No entorno da construção situam-se laboratórios e maquetaria do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, a Unidade Experimental 002, o Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeiras (LaMEM) e o Instituto de Arquitetura e Urbanismo, sendo que estes edifícios exercem certa influência no comportamento térmico da 001 de maneira que possam bloquear parte da incidência direta da luz do sol.

1.5.1. Materiais e dados técnicos

Em busca de soluções de baixo custo associando-se aos padrões estéticos contemporâneos, os materiais utilizados na construção, bem como na elaboração do mobiliário interior, da Unidade 001 abordam soluções de baixa tecnologia e materiais de impacto ambiental negativo reduzido (Tramontano e Requena, 2000).

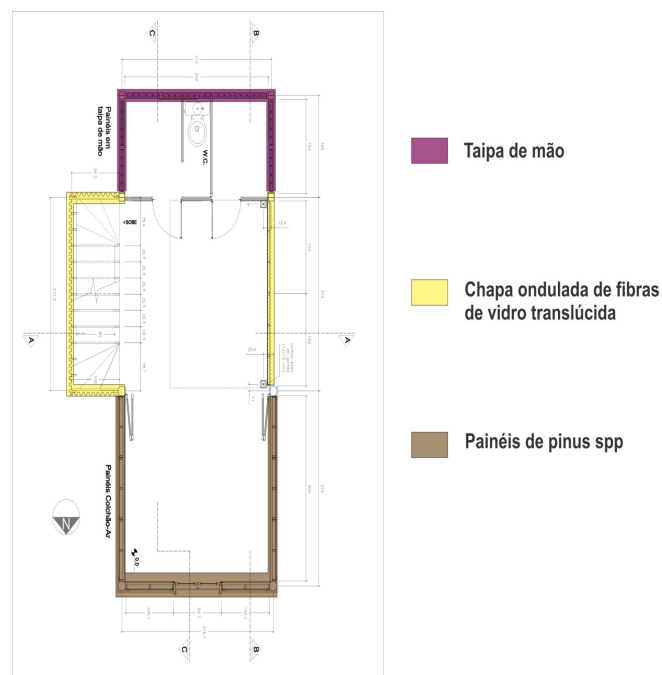


Figura 7 - Composição dos materiais de cada região

1.5.1.1. **Madeira: Pinus spp e Eucalipto**

Segundo Derli Dossa da Embrapa Florestas (2005) o setor florestal brasileiro contribui com cerca de 3% no PIB brasileiro e gera mais de um milhão de empregos diretos e indiretos. O reflorestamento para fins comerciais é importante para a crescente demanda de produtos que utilizam da madeira como matéria-prima, porém, a produção de madeira por árvores de reflorestamento é menor que a demanda do mercado havendo um déficit significativo de madeira sendo esta suprida pelo corte de florestas nativas.

O plantio de reflorestamento é predominante o uso de espécies de eucalipto e pinus, usadas na produção de madeiras devido ao crescimento mais rápido sendo que podem ser cortadas entre 10 e 15 anos, diferentemente das espécies nativas que precisam de cerca de 30 anos para o corte. Para o uso na construção estas devem passar por um processo de tratamento químico por autoclave devido à baixa resistência natural.

Essas espécies possuem um estimado valor socioeconômico e ambiental, principalmente no uso industrial, visando garantir o suprimento de matéria-prima, como por exemplo, em fábricas de papel e celulose, lenha e materiais para construção, como compensados, laminas e painéis reconstituídos (aglomerados, chapas de fibra e MDF) e serrado para fins estruturais.

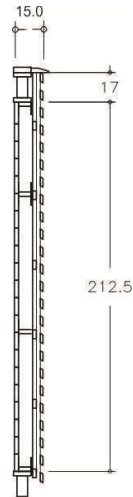


Figura 8 - Corte da parede em painéis de pinus spp da 001

1.5.1.2. Terra crua: Taipa de mão

A taipa de mão é uma técnica utilizada na construção de edificações consistindo de uma estrutura de madeira ou bambu entrelaçada vertical e horizontalmente coberta manualmente por uma mistura de barro e fibras colocadas dos dois lados ao mesmo tempo pressionados sobre a estrutura.



Figura 9 - Barreamento de taipa de mão.

Fonte: Tramontano e Requena, 2000

Essa técnica é utilizada de várias maneiras adequadas às diferentes culturas de cada região, tendo diferentes estruturas segundo o modo de construção. Como exemplo no Brasil, é possível observar as populares casas de pau-a-pique de estrutura simples e fácil aplicação com exemplares em todo país e as casas feitas com a mesma técnica pelos imigrantes alemães, com o sistema de enxaimel, deixado aparente e, geralmente de um pavimento, e dos italianos com uma estrutura aperfeiçoada de taipa de mão dando maior estabilidade às paredes e permitindo a construção de até dois pavimentos evidenciando as diferenças estruturais relacionadas às culturas (Lopes e Ino, 2006).

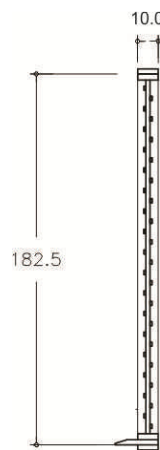


Figura 10 - Corte da parede em taipa-de-mão da 001

1.5.1.3. Chapa ondulada de fibra de vidro translúcida

A fibra de vidro tem diversos usos e é amplamente utilizada na construção devido às suas propriedades e pode oferecer uma resistência demasiadamente maior, em relação à resistência teórica do vidro, quando utilizado dentro de painéis pela adição de resinas.



Figura 11 - Fachada de chapa ondulada de fibra de vidro translúcida.

Fonte: Tramontano e Requena, 2000.



Figura 12 - Cobertura da Unidade 001. Fonte: Autor

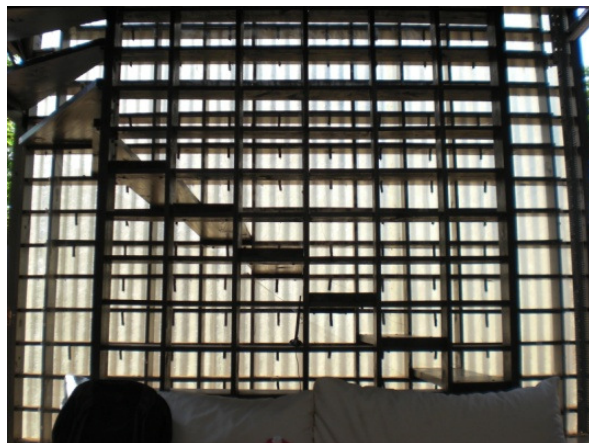


Figura 13 - Vista interna da fachada da Unidade 001. Fonte: Autor

A chapa ondulada de fibra de vidro translúcida, usada como fechamento vertical e na cobertura da 001, sugere alternativas de uso para um material leve e resistente, na forma de fechamentos, oferecendo uma luminosidade confortável ao usuário. Embora o material tenha baixa condutividade térmica e elevado calor específico, ele absorve uma parcela da radiação solar transmitindo o restante para o interior da construção. Essa energia incidente no interior é absorvida pelos objetos e reemitida em forma de infravermelho, caracterizando o efeito estufa (Alucci, Longo e Inoue, 1997).

1.6. Considerações do capítulo

Neste capítulo, foi possível conhecer a Unidade Experimental de Habitação 001, o propósito inicial do projeto buscando novas configurações de habitações sociais mais adequadas aos modos de vida contemporâneos e a utilização de materiais sugerindo soluções técnicas inovadoras.

Atualmente, a Unidade 001, como sede física do Nomads.usp, sofreu alterações para melhor acomodação dos usuários. A proposta do projeto inicial foi modificada e adaptada para um espaço que agora é utilizado como um núcleo de pesquisas.

Na cota 0,0m as atividades do setor servido são ligadas diretamente às pesquisas acadêmicas e reuniões do Núcleo, enquanto que no setor de serviços são utilizados os artefatos hidráulicos e está localizado o banheiro.



Figura 14 - Atual setor servido na cota 0,0m. Fonte: Autor



Figura 15 - Atual setor de serviços na cota 0,0m. Fonte: Autor

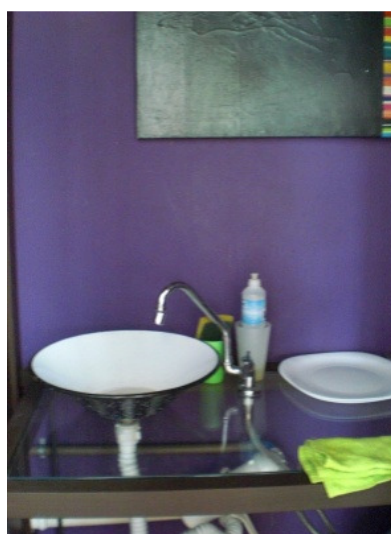


Figura 16 - Copa no setor de serviços da cota 0,0m. Fonte: Autor

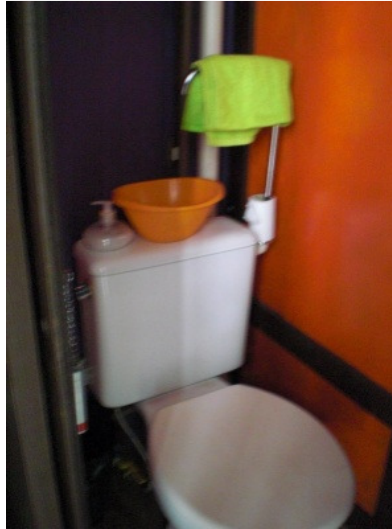


Figura 17 - Banheiro no setor de serviços da cota 0,0m. Fonte: Autor

A Unidade 001 passou por uma reforma onde foi mudado o local do banheiro, dispensas e pia da cota 2,5m para a cota 0,0m. No projeto foi considerado algumas questões ambientais no design, a pia do banheiro fica embutida à caixa acoplada do vaso sanitário, a água que enche a caixa acoplada passa pela pia de certa maneira que a água utilizada para lavar as mãos seja reutilizada na descarga.

Na cota 2,5m situa-se o Design Lab e no setor de serviços está os equipamentos utilizados para o laboratório como a fresadora e o scanner.

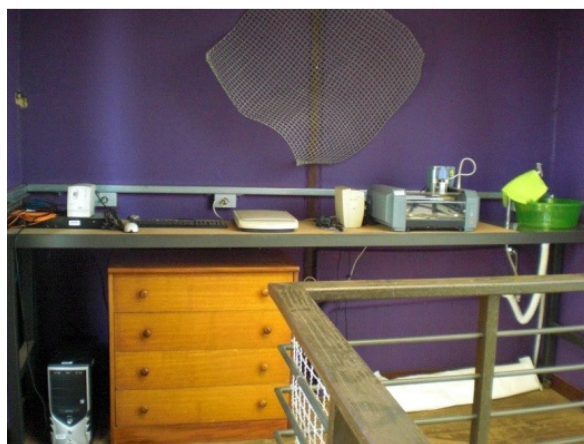


Figura 18 - Bancada de equipamentos no setor de serviços da cota 2,5m. Fonte: Autor



Figura 19 - Design Lab no setor servido da cota 2,5m. Fonte: Autor

O Design Lab é um laboratório com caráter híbrido, instâncias concreta e virtual, e foi desenvolvido no âmbito do projeto DOS – *Designers On Spot* – e tem como objetivo geral explorar, descrever e testar possibilidades de pesquisa e aplicações da internet avançada no processo de criação da Arquitetura e do Design.

Na cota 5,0m está localizada a Documentação do Nomads.usp, onde são catalogadas e armazenadas toda a produção bibliográfica do Núcleo bem como algumas referências bibliográficas utilizadas nas pesquisas. As produções do Núcleo também são publicadas via Internet no site do Nomads.usp. No setor de serviços da cota 5,0m há um espaço de bancada para trabalhos diversos.



Figura 20 - Bancada no setor de serviços da cota 5,0m.

Fonte: Tanise Spielmann



Figura 21 - Documentação do Nomads.usp na cota 5,0m. Fonte: Autor

CAPÍTULO 2. O AMBIENTE DIGITAL

Neste capítulo será retratado o uso do ambiente digital no processo de elaboração e gerenciamento de edificações e alguns exemplos de *software* usados para projetos onde são abordadas questões relativas ao meio ambiente e utilizados para simulação matemática dos diversos fatores da edificação.

2.1. Building Information Modelling (BIM)

O BIM – modelagem de informação da construção – é um conjunto de informações geradas e mantidas durante todo o ciclo de vida de um edifício, armazenada em uma base de dados. Essas informações são paramétricas e possuem uma ligação entre si de modo que qualquer alteração em um dos parâmetros influencia os outros, interligados no projeto.

Os modelos baseados no BIM contem desde a representação gráfica do projeto, usualmente baseados na tecnologia CAD (*Computer Aided Design*), até informações técnicas dos materiais componentes da construção fornecidos pelos fabricantes.

Segundo Kriegel e Nies (2008), BIM é definido como a criação e o uso de informação coordenada, consistente, computável sobre o projeto da construção no *design* – informações paramétricas usadas para as tomadas de decisões no *design*, produção de documentos de construção de alta qualidade, predição do desempenho da construção, estimativa de custos e planejamento da construção.

Na elaboração de um projeto utilizando o BIM, é criado um modelo paramétrico em três dimensões com os dados relacionados entre si, as peças gráficas do projeto não são apenas os desenhos da construção, mas uma representação interativa do modelo. Os diferentes *software* baseados no BIM garantem que qualquer mudança efetuada no projeto

seja alterada em todas as suas representações e nas bases de informações.

As questões ambientais integradas nos parâmetros do projeto dão a possibilidade de soluções sustentáveis para a construção. A integração de fatores ambientais necessita de estudos do comportamento do local como o clima e a cultura além de conhecimentos de outras áreas de estudos para a integração desses fatores no *software* e utilização no *design*.

2.2. **Software de simulação**

O *software* de simulação auxilia a ter uma melhor visão do comportamento do edifício antes mesmo de ser construído. No design paramétrico o *software* atua durante a fase de elaboração e execução do projeto até a demolição e disposição dos resíduos de construção, determinando formas e adaptando as mudanças realizadas pelas interações dos parâmetros dados.

Essa metodologia de projeto, quando utilizada com parâmetros ambientais, pode vir a determinar formas onde estabeleça um melhor desempenho da construção com materiais menos impactantes ao meio ambiente e uma disposição que se adapte naturalmente à região sem a necessidade do uso de tecnologias como o ar condicionado e iluminação elétrica desnecessária.

Para este trabalho foi feito o levantamento de exemplos de *software* utilizados para o *design* paramétrico e alguns dos quais consideram questões ambientais no projeto para a simulação em modelagem matemática da edificação.

Rhino+Grasshopper. Non Uniform Rational Basis Spline (NURBS)

Rhinoceros 3D é um software desenvolvido pela Robert McNeel & Associates de modelagem tridimensional que utiliza a tecnologia NURBS, modelagem matemática para representação gráfica.

Grasshopper 3D é um aplicativo utilizado em conjunto com o Rhino, desenvolvido por David Rutten na Robert McNeel & Associates, que auxilia na modelagem através de algoritmos generativos.

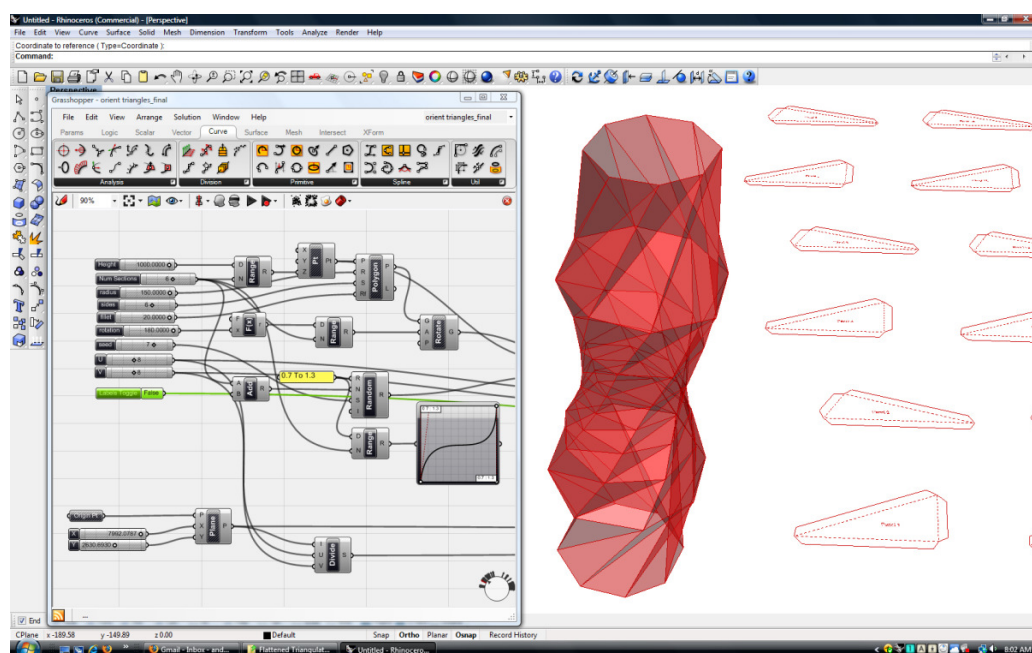


Figura 22 - Interface do Rhino + Grasshopper. Fonte: liftarchitects.com

Esses programas podem ser utilizados abordando questões referentes ao meio ambiente, gerando formas adaptadas às condições postas nos parâmetros declarados nas simulações matemáticas lançadas no programa.

Digital Toolbox <<http://digitaltoolbox.info/>>, neste site é possível encontrar tutoriais para utilização dos dois *software* além de projetos elaborados.

Autodesk® Ecotect® Analysis. Building Information Modeling (BIM)

Um *software* voltado para o design de construções sustentáveis que utiliza o BIM – modelagem de informação da construção – onde são considerados parâmetros da construção, desde informações dos fabricantes do material até parâmetros ambientais, gerando e armazenando informações durante todo o ciclo de vida da construção.

Desenvolvido pela Autodesk®, este *software* permite fazer simulações da construção como estimativa da energia utilizada, uso da água, desempenho quanto ao conforto térmico e fatores de incidência solar na construção.

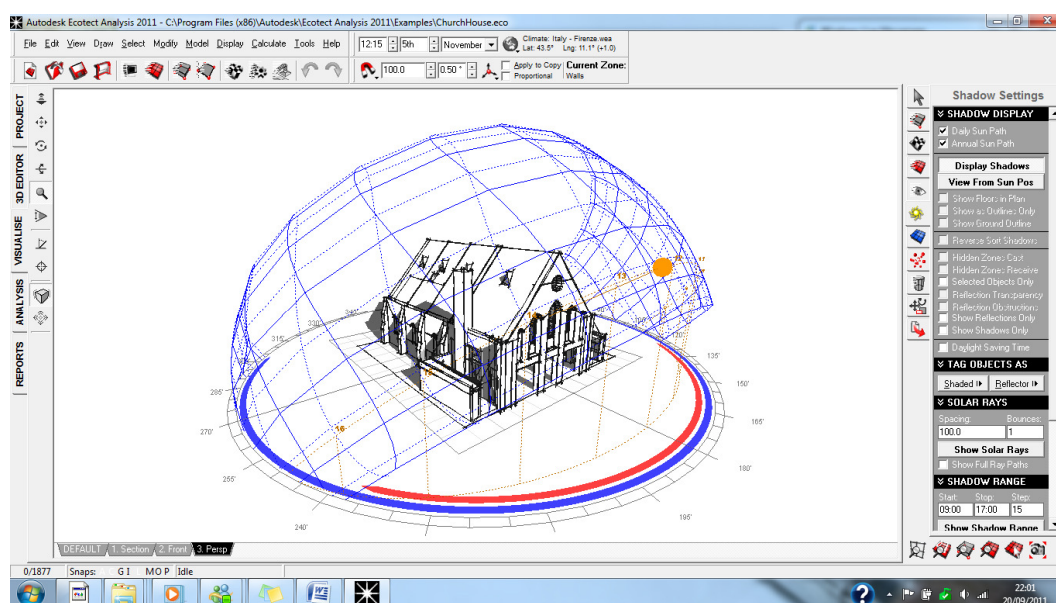


Figura 23 - Interface do Autodesk Ecotect Analysis.

Fonte: Exemplo "ChurchHouse" do software.

A inclusão dos parâmetros voltados para a sustentabilidade durante todo o ciclo de vida da construção ajuda a observar o comportamento da construção durante a fase de projeto auxiliando no design da obra, escolha do material utilizado direcionando o projeto para uma construção de melhor desempenho energético, mais confortável e menos impactante ao meio ambiente.

DesignBuilder Software.

Software desenvolvido pela *Design Builder Ltd.* destinado para o design de construções. Foi elaborado em torno dos dados do *EnergyPlus*, desenvolvido pelo *U.S. Department of Energy*, que tem como principal função a simulação de modelos matemáticos de fluxos de energia em construções, como calor, ventilação e iluminação.

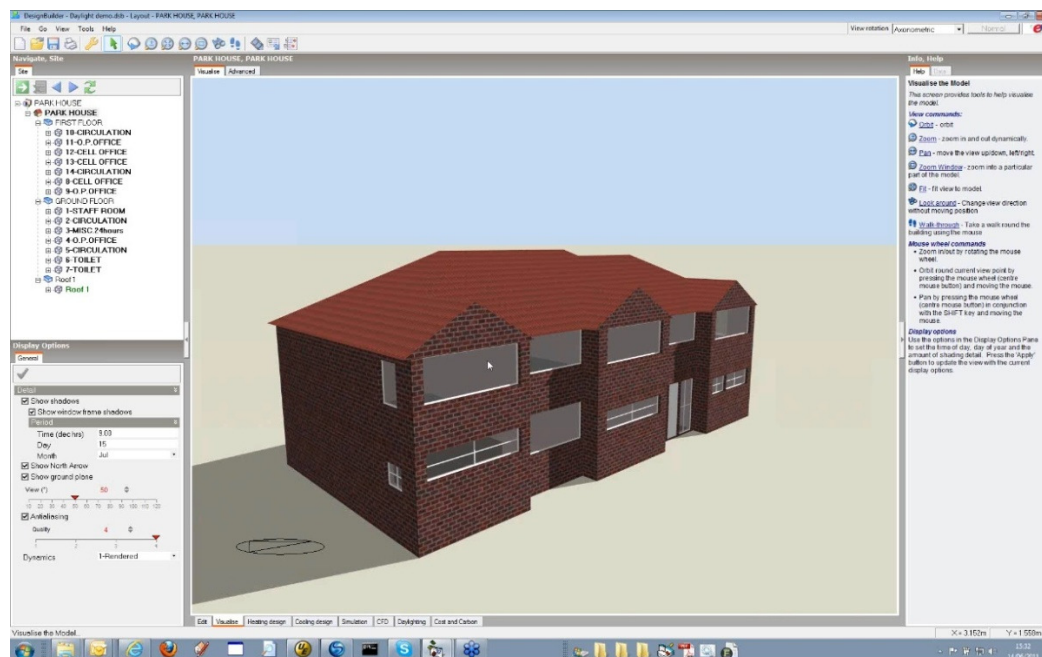


Figura 24 - Interface do Design Builder Software. Fonte: designbuilder.co.uk

O *DesignBuilder Software* facilita as interpretações do *EnergyPlus*, que possui uma interface gráfica de difícil interpretação para o usuário, apresentando uma interface mais amigável que possibilita o usuário uma visualização rápida e de fácil compreensão do projeto e como comporta os fluxos de energia.

No LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações <<http://www.labeee.ufsc.br/>>, no site do LabEEE é possível encontrar todos os *software* elaborados pela equipe do laboratório, além de alguns desenvolvidos na Universidade Federal de São Carlos (UFSCar), os *software* são voltados para pesquisas em conforto ambiental e eficiência energética em residências.

_No U.S. Department of Energy – Energy Efficiency & Renewable Energy

<http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/>, do Departamento de Energia dos Estados Unidos são fornecidos diversos *software* voltados à área de eficiência energética, energia renovável e sustentabilidade em construções. Apresenta uma breve descrição do *software*, os tipos de entradas de dados e as saídas de informações entregues pelo programa, suas fraquezas e os melhores usos do *software*.

2.3. Pachube

O Pachube <<http://www.pachube.com>> é uma plataforma idealizada pela *Haque: design+research* sob a coordenação de Usman Haque, designer e diretor, na qual disponibiliza serviços que permitem a armazenagem, análise e comparação de diversos tipos de dados postados, em tempo real, e medidos a partir de sensores conectados e controlados por usuários cadastrados no site.

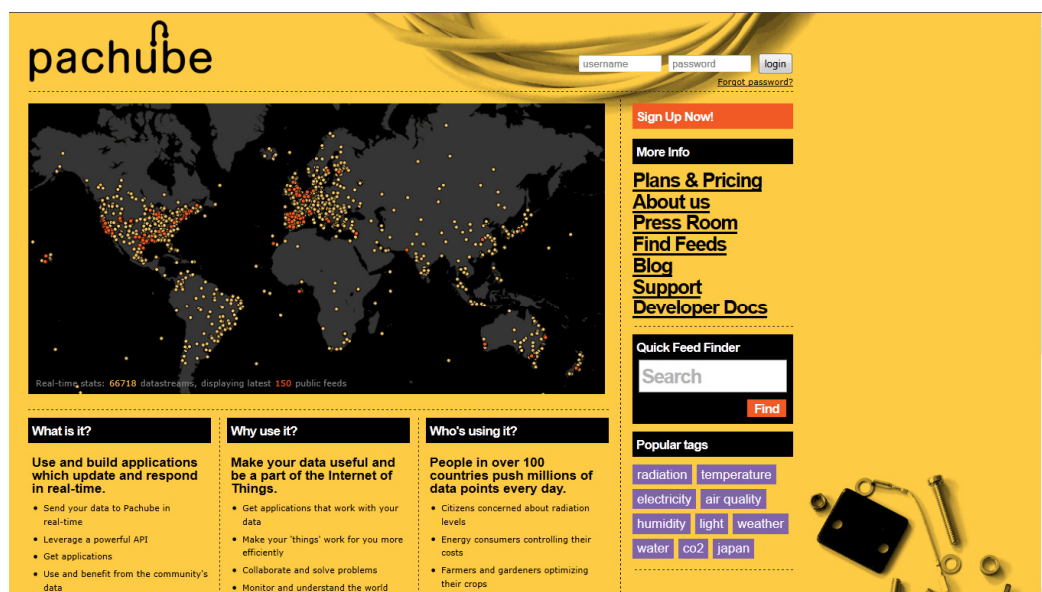


Figura 25 - Interface do site do Pachube. Fonte: pachube.com

Os dados postados e/ou observados são chamados de *feeds* e, também, mostram o local onde está sendo medido e podem ser postados em categorias como: agricultura, construção, dispositivos, energia, ambiente, transporte e outros. Os tipos de dados são dos mais variados podendo ser de temperatura, qualidade do ar, eletricidade, luminosidade, localização, etc.

Através destas informações, é possível interpretá-las e estabelecer uma conexão do local real com o mundo virtual dando a possibilidade de refletir sobre o espaço físico por meio de dados virtuais do ambiente.

Segundo consta no site <<http://community.pachube.com/about>> acessado em 15 de dez. 2010,

“Pachube é um pouco parecido com o YouTube, com exceção de que, ao invés de partilhar vídeos, o Pachube permite às pessoas monitorar e compartilhar dados do ambiente em tempo real, a partir de sensores que são conectados à Internet.”

No âmbito do meio ambiente o Pachube mostra-se interessante como ferramenta de monitoramento ambiental, até em escala global, podendo ser utilizado junto a mecanismos de controle. Esse câmbio de informações e dados auxilia a observação e acompanhamento do ambiente em outras localidades e estabelecer um comparativo das situações.

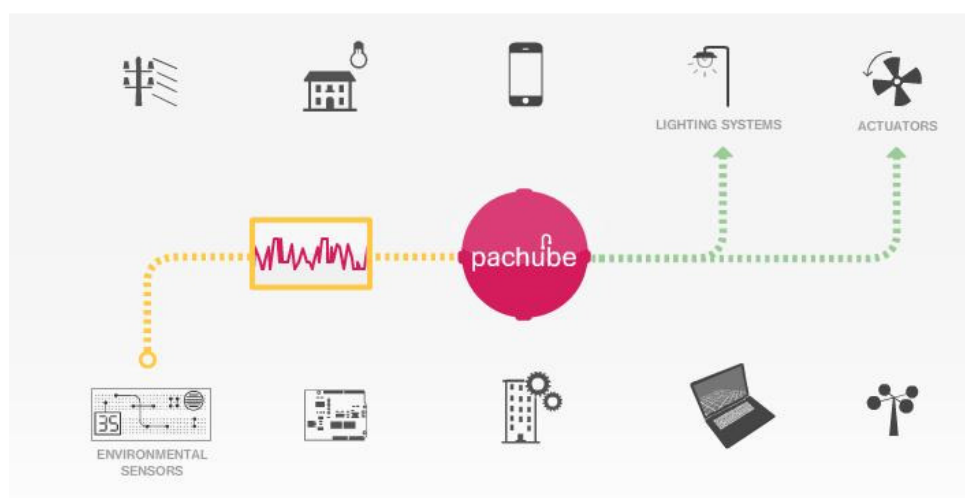


Figura 26 - Fluxograma de exemplo do Pachube. Fonte: pachube.com

A integração de dados de um ambiente com o Pachube permite a inserção das informações de um sistema em outro sistema ainda maior além do compartilhamento das informações coletadas e interpretação das condições ambientais do Edifício 001 por outras pessoas conectadas ao *website*. A troca de informações ajuda a enriquecer as pesquisas do Núcleo com idéias de pesquisadores de diversas áreas de estudos.

2.4. Considerações do capítulo

A utilização de um ambiente virtual para simulações auxilia o projetista à observação do comportamento de uma edificação antes mesmo desta ser construída. Incorporar fatores ambientais no *design* paramétrico junto à ferramenta BIM mostra-se uma ferramenta útil para o *design* e acompanhamento de todo o ciclo de vida de construções mais sustentáveis.

A integração de dados do Edifício 001 com o Pachube permite a consulta da situação do ambiente remotamente e a troca de informações com outros pesquisadores. O Pachube ainda permite o acionamento de dispositivos programáveis de acordo com os valores informados na linguagem de programação.

O Pachube se torna interessante como um ambiente virtual que por meio de dados demonstra características da Unidade 001 onde, também, funcionam objetos interativos híbridos, havendo a possibilidade de interconexão entre a plataforma e os objetos.

Os objetos interativos híbridos foram desenvolvidos no projeto DOS, nesse projeto, foram estudados objetos interativos utilizando-se a Internet Avançada em três diferentes escalas:

1. na escala do edifício, o PIX <www.nomads.usp.br/site/pix/>;
2. na escala do mobiliário, o ÉOS <www.nomads.usp.br/site/eos/>; e
3. na escala do corpo, o z.IP <www.nomads.usp.br/site/zip>.

1. Escala do edifício: O projeto PIX discute possibilidades de introdução de elementos interativos na escala do edifício, consiste em uma matriz luminosa de baixa resolução formada por 1200 LEDs em RGB (400 *red*, 400 *green*, 400 *blue*) instaladas em uma das faces da Unidade 001, sede do Nomads.usp, formada por uma grelha de madeira fechada com placas onduladas translúcidas de fibra de vidro. Cada retângulo da grelha é tratado como um pixel do display de baixa resolução controlado individualmente, através do qual imagens e animações luminosas poderão ser manipuladas, visualizadas e acionadas remotamente. Esse projeto ilustra a preocupação do Nomads.usp em explorar instâncias do habitar interativo através da introdução dos meios digitais no ambiente construído, e explora a possibilidade de comunicação remota através do uso da Internet Avançada.

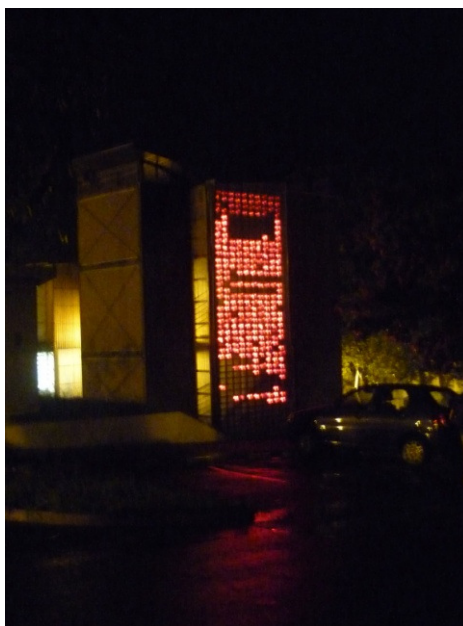


Figura 27 - Projeto PIX. Fonte: Tanise Spielmann

2. Escala do mobiliário: O projeto ÉOS consiste em um anteparo capaz de bloquear ou filtrar a entrada de luz solar através de uma fachada translúcida de 7 metros de altura por 3 metros de largura. O objeto deverá ser composto de componentes articulados produzidos em série para bloqueio da luz solar; atuadores responsáveis por movimentar os

componentes; micro-controladores destinados a controlar os atuadores, conectados a sensores diversos (de luz, temperatura, movimento e toque). Todos esses elementos deverão ser gerenciados através do servidor central do projeto D.O.S.



Figura 28 - Protótipo do Projeto ÉOS. Fonte: Nomads.usp

3. Escala do corpo: Para a realização de objetos híbridos na escala do corpo, também chamados de computação vestível ou *wearable computing*, o projeto z.IP, visa a produção de um objeto vestível, dotado de mobilidade, portabilidade e comunicação através de mídias digitais.

A conexão dos objetos com o Pachube traz a possibilidade de controlar e interagir remotamente à Unidade 001 através da Internet, permitindo a comunicação com os dispositivos pela plataforma virtual e a interpretação do ambiente real do edifício através de dados mostrados no ambiente virtual.

CAPÍTULO 3. DESEMPENHO DA CONSTRUÇÃO

Neste capítulo serão apresentados os experimentos realizados no Edifício 001, as medições de temperatura, as simulações realizadas com o auxílio de *software*, os resultados obtidos a partir das experimentações e observações a respeito dos dados coletados.

3.1. Experimentos

Para uso de um método mais adequado para as medições foram feitas reuniões com a Profa. Dra. Karin Chvatal do Instituto de Arquitetura e Urbanismo de São Carlos, especialista na área de conforto ambiental, que sugeriu procedimentos para as medições e bibliografias para familiarização com o assunto e forneceu os sensores para as medições da temperatura do edifício.

3.1.1. Laboratório de Construção Civil – LCC

O laboratório de construção civil fornece suporte aos cursos de Engenharia Civil e Arquitetura e Urbanismo da EESC-USP e tem pesquisas nas áreas de materiais e tecnologia da construção. O LCC possui uma pequena estação meteorológica no qual foram coletados os dados de temperatura do ambiente externo ao Edifício 001.

3.1.2. Equipamentos

Para as medições de temperatura e umidade foram utilizados sensores remotos modelo **HOBO U8** fabricada pela **Onset Computer Corporation**.



Figura 29 - Sensor HOBO U8

Detalhes do fabricante: o sensor possui uma abrangência de medida de temperatura de -20°C a 70°C com erro aproximado de $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ de 0°C a 40°C .

Os sensores são conectados ao computador via cabo USB e, utilizando o *software* **BoxCar Pro version 4.3**, desenvolvido pela *Onset*, é possível configurar o horário para iniciar as medições, os intervalos de tempo entre as medidas, e resgatar os dados medidos possibilitando a observação de gráficos de temperatura em função do tempo ou exportar em formato de planilhas em extensão .xml, utilizada pelo *Microsoft Excel*.

3.1.3. **Medições de temperatura**

As medições de temperatura foram realizadas com o intuito de analisar o desempenho do sistema em dada situação do clima. A partir dessa idéia as medidas foram feitas em épocas caracterizadas pelo clima quente, primavera/verão, e pelo clima frio, outono/inverno. Os sensores foram posicionados em três pontos do edifício – Norte, Central e Sul (N,C e S) – mostrados nas plantas em anexo e programados para registrar as medidas a cada 30 minutos durante dois dias.

3.1.3.1. **Período quente**

As medições tomadas nesse período foram feitas entre os dias 11 de Novembro e 13 de Dezembro de 2010, caracterizando um período de clima quente.

3.1.3.2. Interpretação dos dados

Os gráficos a seguir mostram as temperaturas internas medidas em cada cota do Edifício 001 em comparação com as medidas tomadas pela estação meteorológica do LCC.

O gráfico abaixo mostra a temperatura no ponto central (ponto C) do edifício, próximo à fachada composta por grelha de madeira e chapa ondulada de fibra de vidro translúcida.

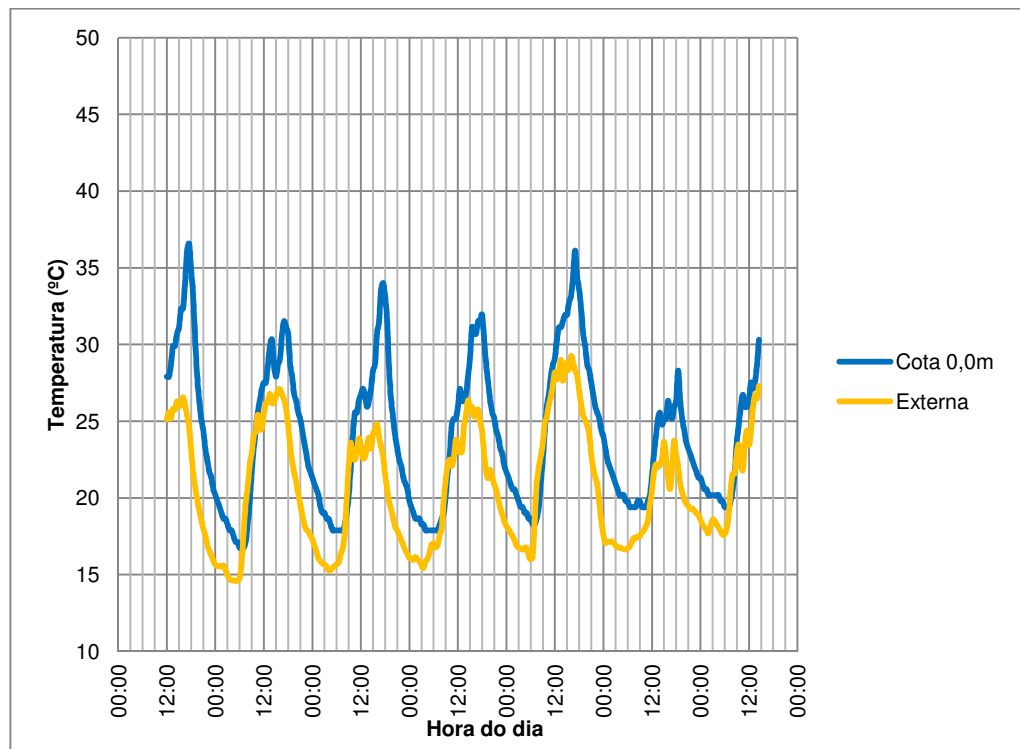


Gráfico 1 - Temperatura na área Central da cota 0,0m

Neste gráfico observa-se uma notável diferença de temperatura a partir das 12 horas, onde é possível observar uma estabilização da temperatura externa, porém a interna continua a aumentar até um horário próximo às 18 horas.

O gráfico a seguir mostra as temperaturas medidas entre a área Norte e Sul da 001 na cota 0,0m e possibilita fazer uma análise

comparativa das oscilações durante o dia entre os extremos da casa (pontos N e S).

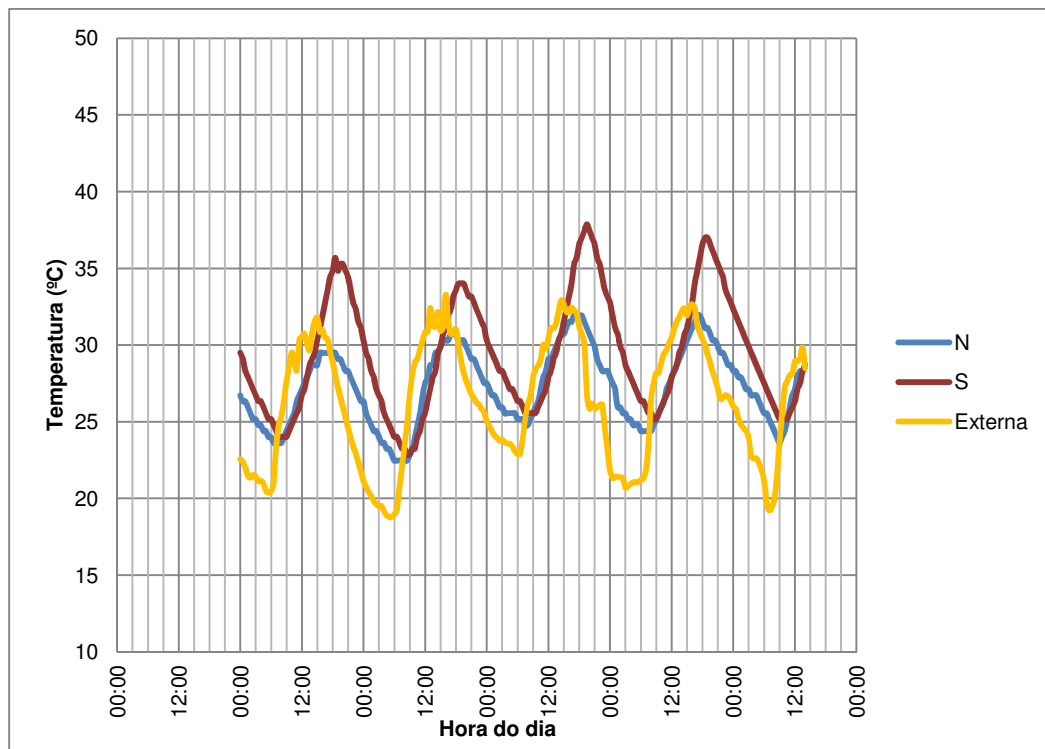


Gráfico 2 - Temperatura na 0,0m (Norte e Sul)

Observando o gráfico referente à cota 0,0m é possível notar temperaturas altas na área Sul da 001 com uma grande diferença em relação às temperaturas da área Norte. A face Sul da 001 é formada em estrutura de eucaliptos de reflorestamento com paredes feitas em taipa de mão enquanto que a face Norte é formada em painéis de pinus spp com espaço para formação de colchões de ar entre estes. Na região Sul é localizado o setor de serviços do edifício, e na cota 0,0 é formada uma área fechada onde está situado o banheiro e dispensa, sendo uma das possíveis causas pelo superaquecimento dessa área fechada, a retenção do calor provindo do aquecimento da parede de taipa-de-mão pelo Sol.

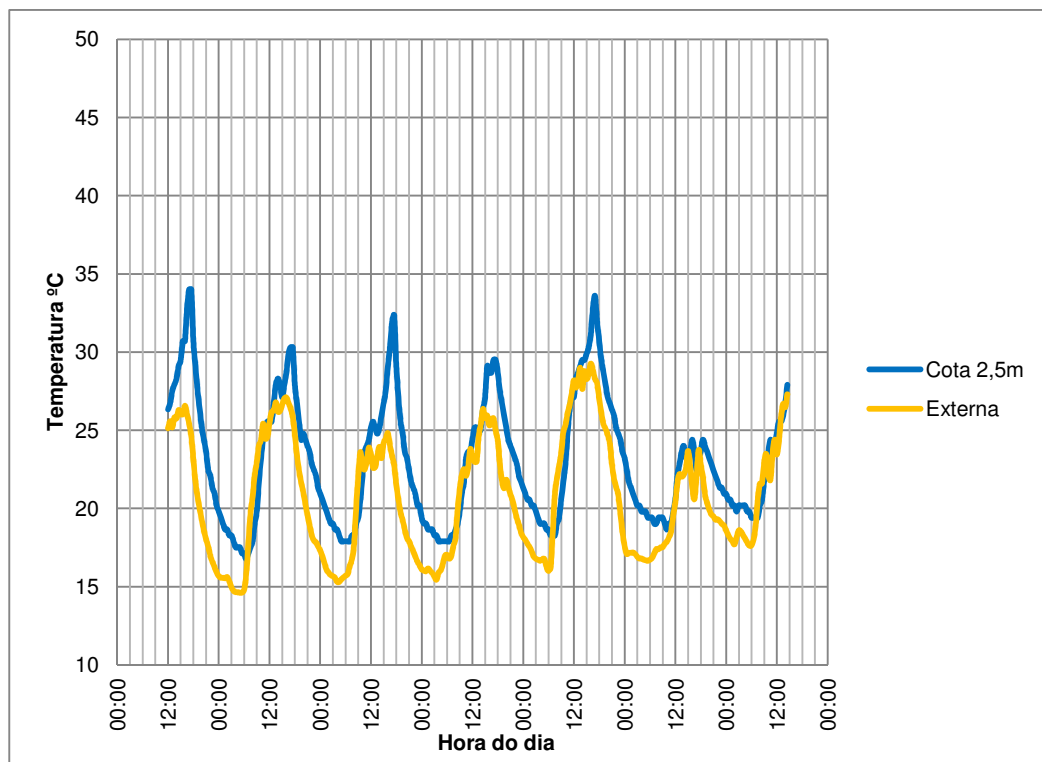


Gráfico 3 - Temperatura na área Central da cota 2,5m

A cota 2,5m aparenta ser mais fresca em relação à cota 0,0m e a cota 5,0m. Em primeira instância, se esperava que, com o acúmulo de calor no topo da casa, a temperatura aumentaria conforme a altura, porém, observa-se um comportamento diferente.

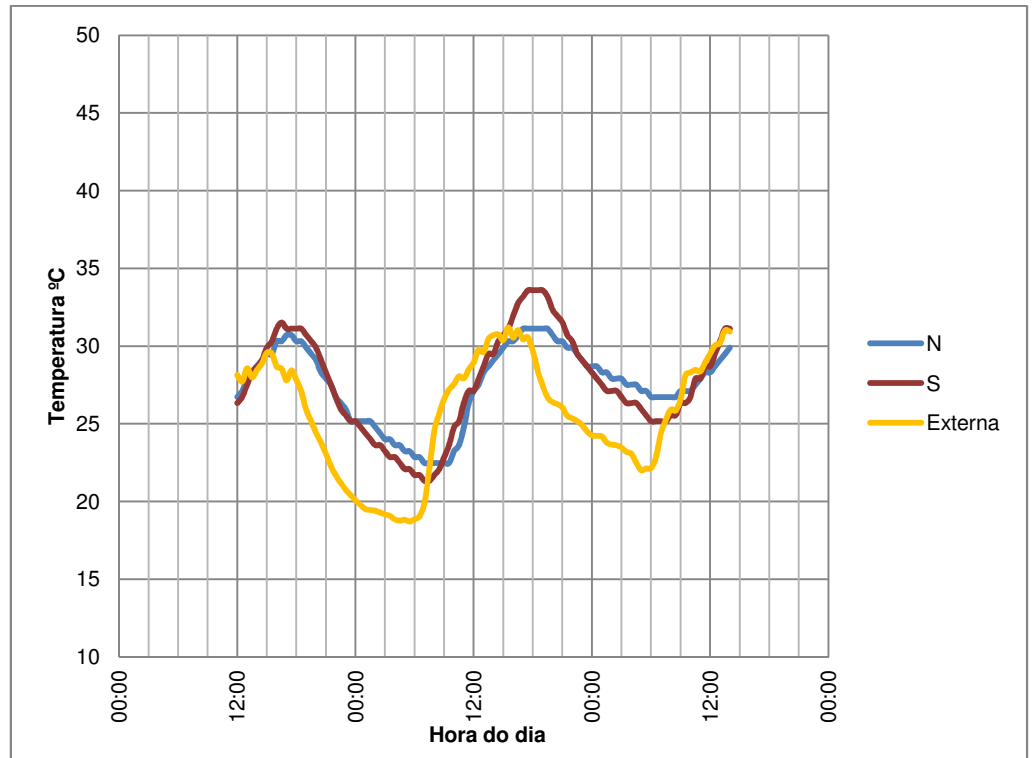


Gráfico 4 - Temperaturas na cota 2,5m (Norte e Sul)

É possível notar que nessa cota há menor diferença das temperaturas entre a área Norte e Sul. Sendo que neste caso, a área Norte é representada por uma área fechada, onde se situa, atualmente, o DesignLab, com as paredes formadas por painéis de madeira pinus spp recheadas com manta de lã de vidro, mostrando esta ser um eficiente isolante térmico.

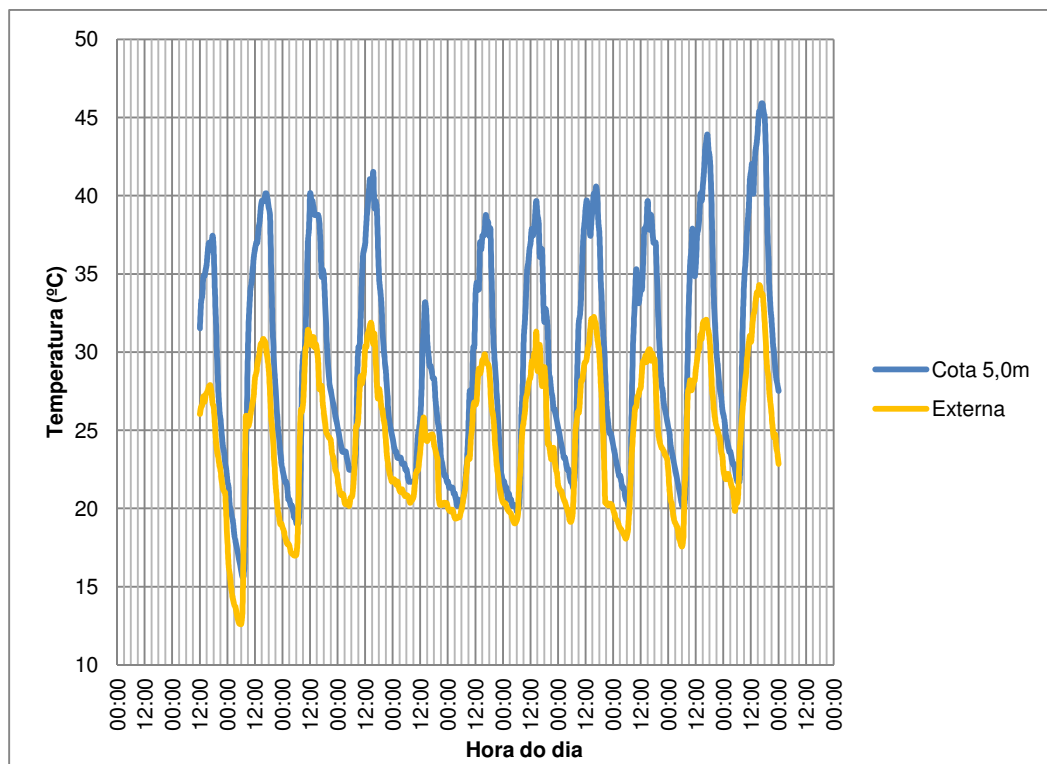


Gráfico 5 - Temperatura na área Central da cota 5,0m

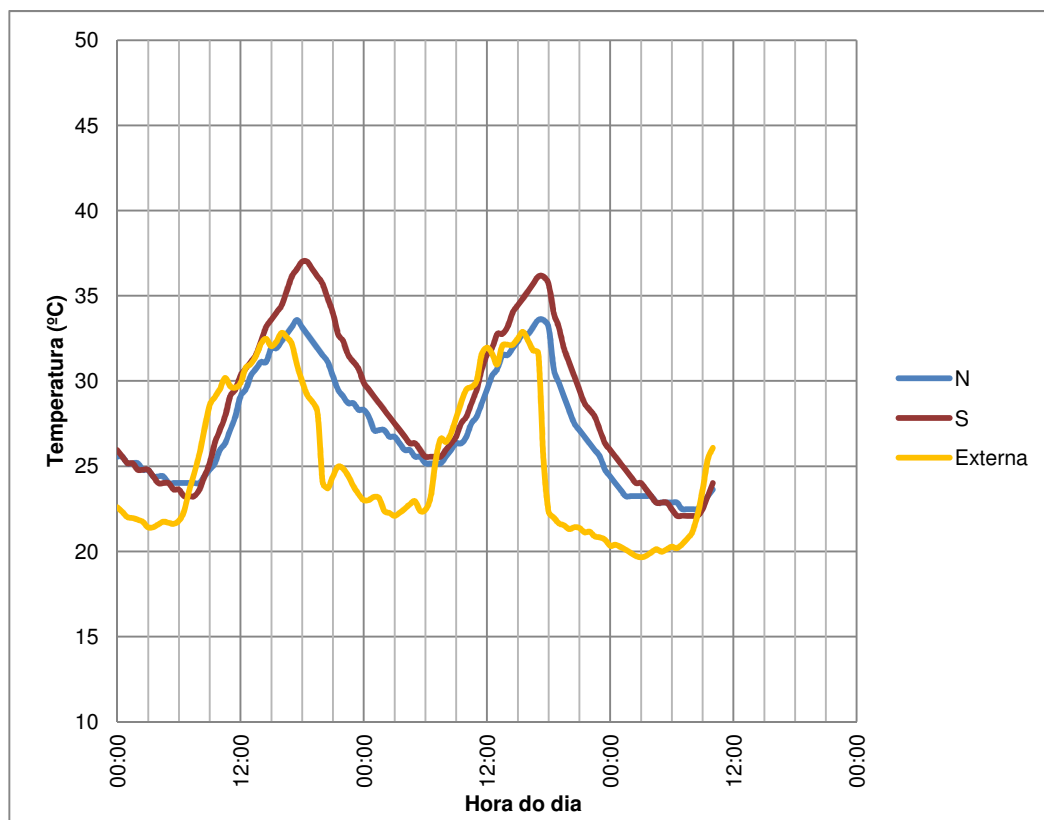


Gráfico 6 - Temperaturas na cota 5,0m (Norte e Sul)

A cota 5,0m mostrou-se ser a região mais quente da casa, com altos picos de temperaturas, havendo ocorrências de temperaturas acima de 40°C. Observa-se que a área Norte é mais fresca que a área Sul com pequena diferença de temperatura, porém, mais quente em relação às outras cotas.

Com os valores obtidos até então, observa-se que a área Central e a área Sul do Edifício 001 são as que mais necessitam de ações para reduzir a temperatura e melhorar o conforto local.

3.1.3.3. **Período frio**

As medidas foram realizadas entre os dias 20 de Junho de 2011 e 5 de Julho de 2011 caracterizando um período de transição das estações, sendo o final do Outono e o início do Inverno como mostra a figura a seguir:

3.1.3.4. **Interpretação dos dados**

Devido a problemas técnicos na estação meteorológica do LCC – Laboratório de Construção Civil – não foi possível obter dados para análise comparativa com a temperatura externa do local.

As condições instáveis do clima dificultaram a análise comparativa entre as três regiões observadas na Casa 001, visto que não havia sensores o suficiente para fazer a medição de todos os pontos ao mesmo tempo.

Nesta medição foi feita uma análise comparativa nas diferentes cotas de um mesmo setor do edifício.

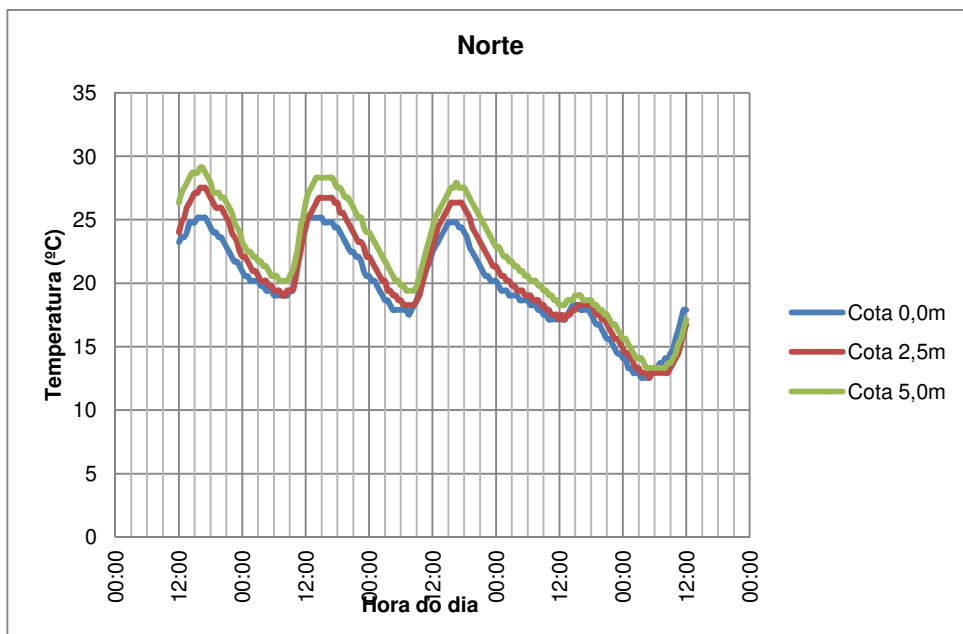


Gráfico 7 - Temperaturas na região Norte

Na região Norte da Casa 001 nota-se uma pequena diferença de temperatura nas diferentes cotas, demonstrando um comportamento semelhante entre as diferentes cotas dessa região.

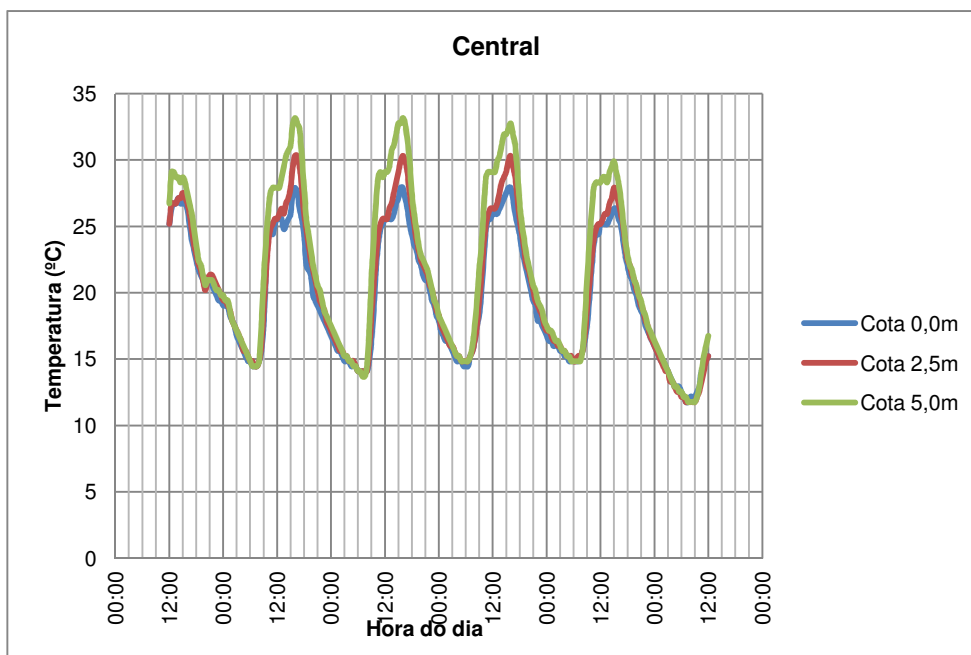


Gráfico 8 - Temperaturas na região Central

Na área Central é possível observar pequenas diferenças de temperatura entre as cotas, nota-se um rápido aquecimento a partir das 6 horas, isso ocorre, pois a área central tem a fachada voltada para o Leste, recebendo a luz do Sol toda a manhã, estabilizando a temperatura por volta das 15 horas e começando um rápido declínio a próximo às 18h horas. A área central apresenta temperaturas mais elevadas em relação a outras áreas mostrando que seu material, chapas translúcidas, colabora com o aquecimento do edifício.

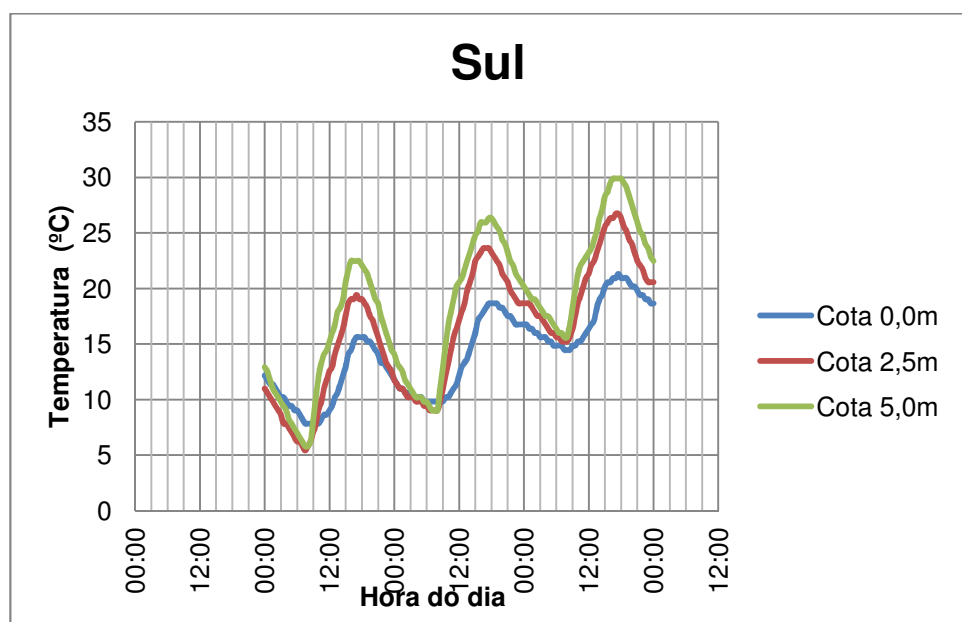


Gráfico 9 - Temperaturas na região Sul

Na face Sul da Casa 001 há uma mudança de comportamento no Inverno devido à posição do Sol. Durante o Verão a trajetória do Sol é mais alta no céu, como mostra a figura a seguir:

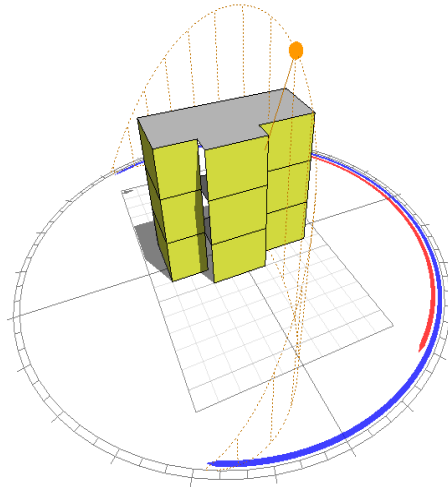


Figura 30 - Simulação da trajetória do Sol no mês de Dezembro (período quente).

Simulação feita com o auxílio do programa Autodesk Ecotect Analysis

Os raios do Sol têm maior tempo de incidência na região Sul da Casa 001 durante o período da Primavera/Verão aquecendo a área Sul, que é composta principalmente de taipa de mão, tornando essa área do edifício um lugar muito quente. A área Norte, composta por painéis de madeira de pinus, apesar de receber a luz solar durante todo o dia, mostrou-se manter a temperatura mais próxima nas diferentes cotas.

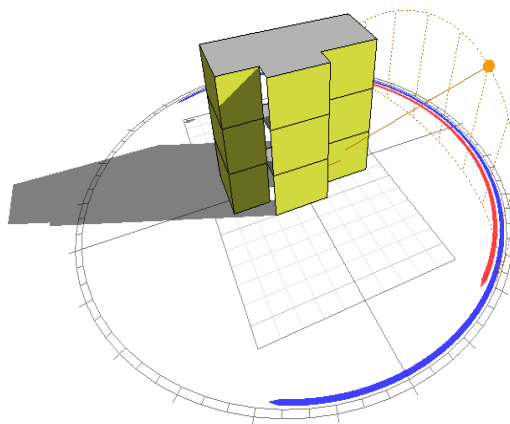


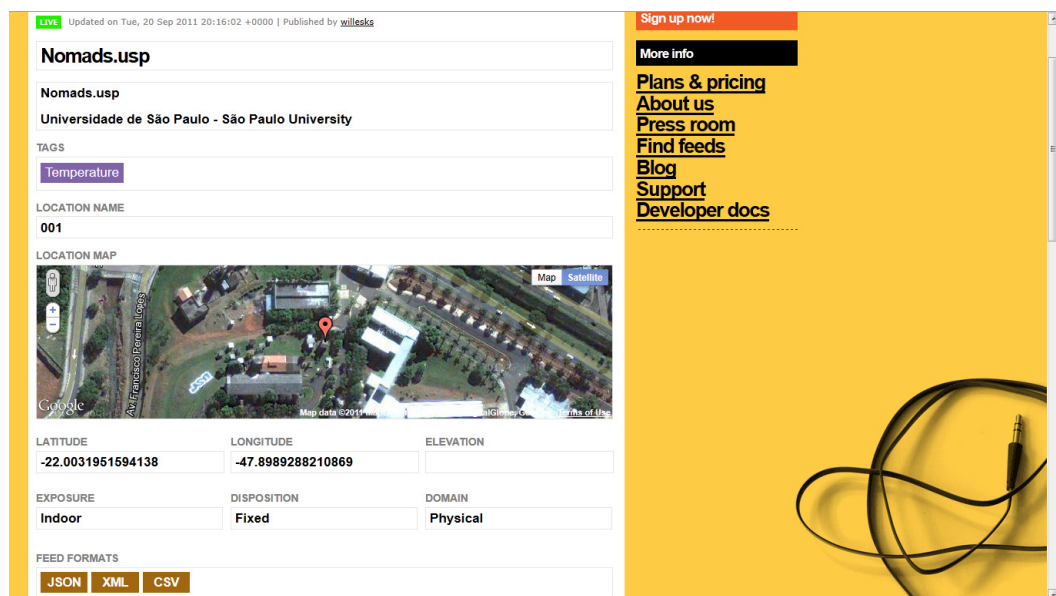
Figura 31 - Simulação da trajetória do Sol no mês de Junho (período frio).

Simulação feita com o auxílio do programa Autodesk Ecotect Analysis

Durante o Inverno é possível observar a trajetória mais baixa do Sol, sendo que a área Sul praticamente não incide a luz do sol. Sendo assim, a diferença de temperaturas entre as cotas da área Sul da Casa 001, durante o Inverno, pode ser devido à transmissão de calor provindo de outros setores, pois a cobertura com chapas translúcidas, apesar de auxiliar na iluminação natural do edifício, colabora com o superaquecimento formando uma espécie de estufa, sendo assim uma das razões da área central e a cota 5,0m serem um setor muito quente.

3.2. Integração com o Pachube

A integração dos dados de temperatura no Pachube permite que outros pesquisadores observem o comportamento da Casa 001 e tenham uma interpretação da construção apenas com os dados numéricos de temperatura.



The image shows a screenshot of a Pachube feed page for 'Nomads.usp'. The page is divided into several sections:

- Header:** 'LIVE Updated on Tue, 20 Sep 2011 20:16:02 +0000 | Published by willeksa'
- Feed Name:** 'Nomads.usp'
- Location:** 'Universidade de São Paulo - São Paulo University'
- Tags:** 'Temperature'
- Location Name:** '001'
- Location Map:** A satellite map showing the location of the building at the University of São Paulo.
- Coordinates:**

LATITUDE	LONGITUDE	ELEVATION
-22.0031951594138	-47.8989288210869	
- Exposure/Disposition/Domain:**

EXPOSURE	DISPOSITION	DOMAIN
Indoor	Fixed	Physical
- Feed Formats:** 'JSON', 'XML', 'CSV'
- Right Sidebar:** 'Sign up now!', 'More info', 'Plans & pricing', 'About us', 'Press room', 'Find feeds', 'Blog', 'Support', 'Developer docs'

Figura 32 - Feed criado do Edifício 001. Fonte: pachube.com

Disponível em: <<http://pachube.com/feeds/35936>>

O *feed* criado no Pachube mostra-se “frozen”, quando não há inserção de dados por mais de 15 minutos. Enquanto os dados são atualizados o status do *feed* mostra-se “live”.

Integrar a 001 ao Pachube através de sensores para diversas finalidades como de temperatura, uso de água e energia elétrica, movimento, que atualizam os dados automaticamente, permitiria acompanhar as ocorrências no edifício mostrando sua situação, em tempo real, através de números e gráficos, podendo utilizar dispositivos acionados através do próprio *site* para regularizar o desempenho da construção.

A seguir segue um exemplo do gráfico no Pachube, sendo que os dados inseridos na plataforma foram enviados através de um aplicativo integrado ao Twitter <<http://www.twitter.com/>>, onde, através de comandos enviados através de mensagens diretas ao @pachtweet, é possível atualizar os *feeds* através de qualquer aparelho eletrônico com acesso a Internet.

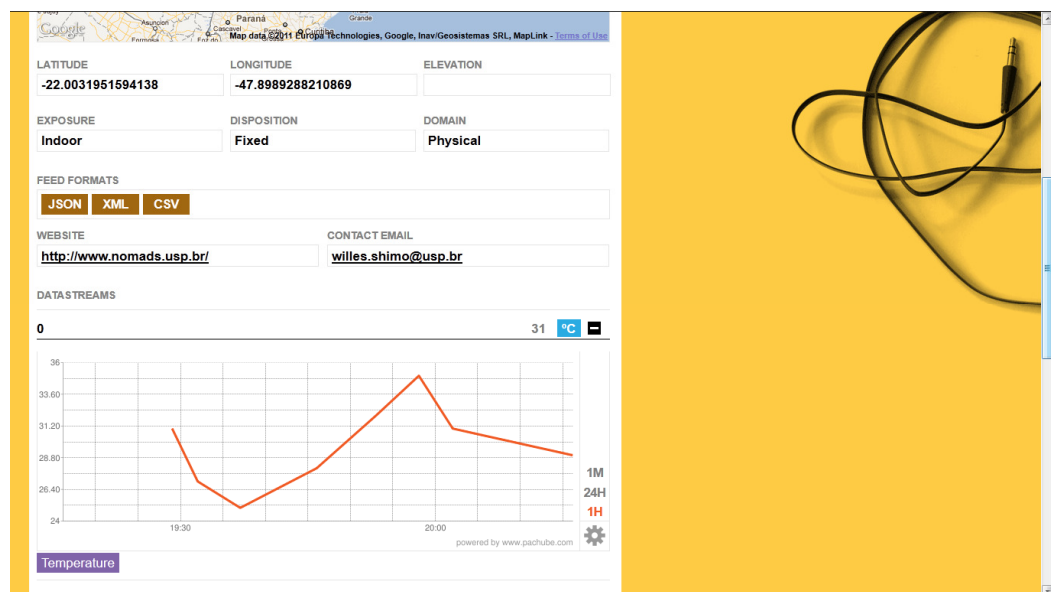


Figura 33 - Exemplo de gráfico no Pachube. Fonte: pachube.com

3.3. Considerações do capítulo

A Casa 001 enfrenta problemas de conforto ambiental, sendo o superaquecimento de algumas regiões um fator que acaba deixando alguns dos setores do edifício inativo devido às condições no qual o pesquisador fica submetido a trabalhar. Foi observado que as regiões do

edifício que mais aquecem são a cota 5,0m e o setor Sul devido à alta incidência de luz solar.

O setor Sul, apesar de ser composto, predominantemente, de taipa-de-mão, um material de baixa condutividade térmica, sofre um superaquecimento, principalmente, durante o verão. Esse fato ocorre devido ao longo tempo de exposição ao sol e a espessura das paredes, que mesmo demorando a aquecer quando estas atingem a temperatura máxima, demoram a esfriar.

O Nomads.usp é formado por uma grande equipe de pesquisadores de diversas áreas do conhecimento. Como sede física do Nomads.usp a Casa 001 necessita de uma reforma que possibilite o uso de cada setor de diferentes formas e de certa maneira que comporte os membros do Núcleo de maneira confortável.

3.3.1. **Estudo de exemplos de soluções arquitetônicas**

O superaquecimento de certas regiões mostrou-se ter como fatores principais, o Sol e o material componente da construção, visto que a Casa 001 apresenta três áreas compostas por materiais diferentes, os locais onde se observaram maiores temperaturas foram os compostos por taipa de mão (área Sul) e as regiões protegidas pelas chapas de fibra de vidro translúcidas (área Central e Cota 5,0m).

Como uma alternativa para o aquecimento das paredes da área Sul, pode-se proteger a área externa exposta ao Sol, a seguir estão apresentadas algumas alternativas.

_brise-soleil. Um dispositivo utilizado na arquitetura moderna, composto por laminas verticais e/ou horizontais, utilizadas externamente à construção para impedir a incidência direta de parte da radiação solar, otimizando o desempenho térmico. Evitando a incidência direta da luz do sol nas certas áreas pode auxiliar para que a região não fique superaquecida.

_vertical garden. Conceito criado pelo designer e botânico Patrick Blanc com a idéia de que plantas não necessitam necessariamente de solo para crescerem e voltado a estabelecer uma cobertura permanente de plantas em muros que exija baixa manutenção. O *vertical garden* remete a idéia de utilizar as habilidades das raízes de se desenvolverem, não apenas em volumes, como solo ou água, mas em uma superfície.

O *vertical garden* pode ser criado tanto em área interna como externa, funciona como um sistema natural de arrefecimento do ambiente, e representa um meio eficiente de limpeza do ar, além de adicionar um visual natural ao local.



Figura 34 - Museu Quai Branly. Fonte: Patrick Blanc

A área Central é formada por uma estrutura de grelha de madeira coberta por chapas translúcidas que são responsáveis por boa parte da iluminação do edifício, além de suportar o projeto PIX. Portanto, para substituir por um material que favoreça o conforto térmico deve ser considerados meios que mantenham a iluminação natural do local.

A alta incidência da luz do Sol dá a possibilidade do uso de sua energia como fonte de calor para o aquecimento de água e para a geração de eletricidade através de células fotovoltaicas instaladas nos pontos de maior incidência.

As possibilidades de reformas quanto à configuração espacial da 001 envolvem uma série de fatores quanto ao uso atual e quando esta foi construída. A Unidade Experimental 001, atual sede do Nomads.usp, foi construída com o propósito de estudar novas configurações em habitares buscando adequar as necessidades reais dos moradores utilizando espaços reconfiguráveis através da sobreposição ou justaposição de funções.

A 001, como sede física do Nomads.usp, funciona como um núcleo de pesquisa e, atualmente, sofre com a falta de espaço para o trabalho dos pesquisadores, necessitando de alternativas de espaços flexíveis que se adequam às necessidade do usuário.

_bloomframe®. Projeto de uma janela que se torna uma sacada, mostra uma possibilidade de espaços flexíveis, onde é possível aumentá-lo através de um objeto que se modifica para criar um novo espaço.



Figura 35 - Bloomframe. Fonte: Bloomframe

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Através dos estudos e observações realizados neste trabalho observou-se que o superaquecimento é um dos principais problemas de conforto do edifício.

A partir das análises puderam-se obter algumas sugestões para solução do problema como a diversificação de aberturas para aprimorar a ventilação do edifício.

O estudo de novas alternativas de materiais para os fechamentos como chapas de fibras de vidro que possuam um melhor desempenho térmico e o possível aumento da espessura das paredes de taipa-de-mão.

O eventual plantio de vegetação no entorno do edifício de maneira que impeça, parcialmente, a incidência direta da luz solar no edifício.

Tendo o propósito inicial da Unidade Experimental 001, alguns pesquisadores defendem a idéia de vida útil de uma construção, sendo que as alterações de suas funções prejudicariam a performance para qual o edifício foi projetado inicialmente, tornando-o socialmente obsoleto. Por esta razão o edifício perderia seu propósito e deveria ser demolido e elaborado um novo projeto destinado às novas necessidades dos usuários.

Essa idéia pode vir a estimular o designer a refletir a respeito de todo o ciclo de vida da construção, considerando fatores como materiais que possam ser reutilizados e a praticidade para “desmontar” a construção sem perdas excessivas dos materiais, podendo projetar construções que possam vir a ser recicladas.

BIBLIOGRAFIA

Capítulo 1

ALUCCI, M.P.; INOUE, M.I.; LONGO, C.C. **Banco de dados: características térmicas, luminosas e acústicas de vidros e plásticos translúcidos**, 1997. Disponível em: <<http://www.usp.br/fau/deptecnologia/docs/bancovidros/>> Acesso em: 17 Ago. 2011.

BATESON, G. **Steps to na ecology of mind: Collected Essays in Anthropology, Psychiatry, Evolution, and Epistemology**. Chicago: Chicago University Press, 2000.

BOSTANARU DAN, M.D. **Review of retrofit strategies decision system in historic perspective**. Revista Natural Hazards and Earth System Sciences, v. 4, ed. 3, p. 449-462, 2004. Disponível em: < <http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/4/449/2004/nhess-4-449-2004.pdf>>. Acesso em: 22 Jul. 2011

Embrapa Florestas, **Cultivo do Eucalipto**, 2003. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Eucalipto/CultivodoEucalipto/index.htm>> Acesso em: 17 Ago. de 2011.

Embrapa Florestas, **Cultivo do Pinus**, 2005. Disponível em: < <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Pinus/CultivodoPinus/index.htm>> Acesso em: 17 Ago. 2011.

KÓS, J. R.; FAGUNDES, T. C. Sistemas mais sustentáveis para a automação e informação residencial. **VIRUS**, São Carlos, n. 5, jun. 2011. Disponível em: <<http://www.nomads.usp.br/virus/virus05/?sec=4&item=5&lang=pt>>. Acesso em: 18 Ago. 2011.

LOPES, W.G.R.; INO, A. **Aspectos Construtivos da Taipa de Mão**. Cytet Habyted, Salvador-BA, v. 1, p. 15-36, 2003.

MATURANA, H.R.; VARELA F.J. **A árvore do conhecimento: as bases biológicas da compreensão humana**. São Paulo: Palas Athena, 2001.

MIYASAKA, E.L.; PRATSCHKE, A. **Yona Friedman: A produção de uma arquitetura baseada no processo de comunicação e no design de repertório**. Disponível em: <http://cumincades.scix.net/data/works/att/sigradi2010_427.content.pdf>. Acesso em: 13 Jul. 2011.

NOMADS.USP **001 e 002:conceitos, descrição e ficha técnica**. São Carlos: Nomads.usp, 2002. Disponível em: <http://www.nomads.usp.br/documentos/arquitetura/nomads/001/001_002_cdf.htm> Acesso em: 16 Ago. 2011

ORNSTEIN, S. **Avaliação Pós-Ocupação do ambiente construído**. São Paulo: Studio Nobel: Editora da Universidade de São Paulo, 1992.

PFEIFER, G. **Paradigm Shift – from the technological to the cybernetic principle in architecture and urban planning**. GAM 05, Urbanity not Energy, 2009. PP.43-57.

PFEIFER, G.; BRAUNECK, P. **Freestanding Houses: A Housing Typology**. Basel: Birkhäuser, 2008.

PFEIFER, G.; BRAUNECK, P. **Row Houses: A Housing Typology**. Basel: Birkhäuser, 2008.

Solar Decathlon, Disponível em: < <http://www.solardecathlon.gov/>>. Acesso em: 22 Jul. 2011

Solar Decathlon Europe, Disponível em: < <http://www.sdeurope.org/>>. Acesso em: 22 Jul. 2011

TRAMONTANO, M. **Unidades 001 e 002: a casa popular contemporânea?** In: *revista Projeto e Design*. n. 243, p. 30-32. São Paulo: Projeto Editores, 2000.

TRAMONTANO, M., REQUENA, C. A. **Unidades experimentais de habitação 001 e 002**. In: *revista Técnica*, n. 49, p. 56-59. São Paulo: Pini, 2000.

Capítulo 2

Autodesk® Ecotect® Analysis, Disponível em: <<http://usa.autodesk.com/>>. Acesso em 12 Jul. 2011.

DesignBuilder Software, Disponível em: <<http://www.designbuilder.co.uk>>. Acesso em: 15 Jul. 2011.

Digital Toolbox, Disponível em: <<http://digitaltoolbox.info/>>. Acesso em: 15 Jul. 2011.

Grasshopper 3D, Disponível em: <<http://www.grasshopper3d.com/>>. Acesso em: 12 Jul. 2011

KRYGIEL, E. NIES, B. **Green BIM: Successful Sustainable Design with Building Information Modelling**. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc. 2008.

LabEEE - Laboratório de Eficiência Energética em Edificações. Disponível em: <<http://www.labeee.ufsc.br/>>. Acesso em: 11 Jul. 2011.

NOMADS.USP. **D.O.S. – Designers On Spot**. Relatórios científicos 01 e 02. Projeto FAPESP – TIDIA-AE. São Carlos, USP. Março 2008 e Maio 2009.

Pachube. Disponível em: <<http://www.pachube.com/>>. Acesso em 15 Dez. 2010.

Rhinoceros 3D, Disponível em: <<http://www.rhino3d.com/>>. Acesso em: 12 Jul. 2011.

U.S. Department of Energy – Energy Efficiency & Renewable Energy, Disponível em: <<http://www.eere.energy.gov/>>. Acesso em: 11 Jul. 2011.

Capítulo 3

BLANC, P. **The vertical garden, from nature to cities: A Botanical and Artistic approach by Patrick Blanc.** Disponível em: <<http://www.verticalgardenpatrickblanc.com/#/en/resources>>. Acesso em 18 Jul. 2011.

Bloomframe®, Disponível em: <<http://www.bloomframe.nl/about.php>>. Acesso em: 15 Jul. 2011.

MIANA, A.C.; ASSIS, R.M.C. **Avaliação do desempenho térmico de brises transparente: ensaio em células-teste.** Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo EESC-USP, São Carlos, 2005.

SILVA, C.G.T.S., **Conceitos e Preconceitos relativos às Construções em Terra Crua.** Dissertação de Mestrado. Fundação Oswaldo Cruz, 2000.