

## **SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL URBANA – PROJETOS NO DEPARTAMENTO DE TECNOLOGIA - AUT/FAUUSP**

**Denise Duarte, Alessandra Rodrigues Prata**

Universidade de São Paulo/Faculdade de Arquitetura e Urbanismo / Dep. Tecnologia (AUT) /  
LABAUT – Laboratório de Conforto Ambiental e Eficiência Energética  
Rua do Lago, 876 Cidade Universitária 05508-900 São Paulo – SP Brasil  
tel.: 11 3091-4681, r.217 / fax: 11 3091-4539 dhduarte@terra.com.br prata@novaodessa.com.br

### **RESUMO**

Este trabalho apresenta um relato da disciplina optativa AUT 209 – Eficiência Energética no Ambiente Construído, do Departamento de Tecnologia da FAUUSP - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, oferecida no semestre 2002/1, para os alunos a partir do 6º semestre do curso de graduação. Além de conforto ambiental e eficiência energética, a disciplina abordou questões sobre sustentabilidade ambiental, incluindo variáveis como o uso de fontes alternativas de energia, reuso de água, coleta e destinação final de resíduos sólidos e entulho de construção, e reciclagem de edifícios no projeto de arquitetura.

### **ABSTRACT**

This paper presents the report of the elective course AUT 209 – Energy Efficiency in the Built Environment from the Technology Department of FAUUSP - Faculty of Architecture and Urbanism of the University of Sao Paulo, offered to the 4<sup>th</sup> grade in the undergraduate programme. Besides environmental comfort and energy efficiency, this discipline embraces the environmental sustainability, including variables like the use of alternative energy sources, water collection and reuse, collection and final disposal of solid waste and construction residues and building recycling in the architectural design process.

### **1. INTRODUÇÃO - PROPOSTA DA DISCIPLINA**

Este trabalho apresenta um relato da disciplina optativa AUT 209 – Eficiência Energética no Ambiente Construído, do Departamento de Tecnologia da FAUUSP - Faculdade de Arquitetura e Urbanismo da Universidade de São Paulo, oferecida no semestre 2002/1 para os alunos a partir do 6º semestre do curso de graduação.

A disciplina é de 60h e, no semestre 2002/1, foi aberta uma turma com 45 alunos, com 4 horas semanais entre aulas teóricas, ateliês e seminários. Os professores responsáveis pelo curso foram: Prof.Dr. Geraldo Gomes Serra, Prof. Dr. Marcelo de Andrade Roméro, Prof. Dra. Denise Duarte e a Arq. Doutoranda Alessandra Rodrigues Prata, estagiária do PAE - Programa de Aperfeiçoamento de Ensino da USP, além de alguns professores e profissionais convidados.

A AUT 209 abordava principalmente o panorama energético nacional e internacional, as relações entre conforto e consumo de energia, eficiência energética e reabilitação tecnológica de edifícios. No semestre 2002/1 os professores da disciplina optaram por incluir novos temas, ampliando o seu escopo para a sustentabilidade ambiental urbana. Procurou-se, principalmente, incentivar a pesquisa e a aplicação de novas tecnologias no projeto de espaços urbanos e de edifícios, na busca de soluções inovadoras.

No semestre 2002/1 a disciplina se propôs a acolher projetos de livre escolha dos alunos, de preferência trazendo trabalhos que estivessem em desenvolvimento ao longo do mesmo semestre em outra disciplina, ou ainda sendo desenvolvidos como extensão ou como TFG - Trabalho Final de Graduação. A condição é que houvesse alguma vinculação com um dos temas abordados na AUT 209.

As propostas de trabalho começaram a ser apresentadas pelos alunos por volta da 3ª aula e foram as mais variadas. Alguns optaram por desenvolver pelo menos um dos temas abordados pela AUT209 no mesmo projeto da disciplina AUT 256 - Conforto Ambiental – Integração Interdisciplinar II (Conforto II)<sup>1</sup>. Outros trouxeram trabalhos das disciplinas de planejamento, do TFG e um terceiro grupo optou por desenvolver um trabalho totalmente novo.

Como muitos desses temas ainda são relativamente novos, um ponto importante foi a motivação dos alunos para a pesquisa na busca de novas soluções e a incorporação de tecnologias ambientalmente mais conscientes.

## **2. PROGRAMA DA DISCIPLINA NO SEMESTRE LETIVO 2002/1**

No decorrer do curso o Prof. Dr. Geraldo G. Serra abordou questões sobre conceitos de sustentabilidade, recursos hídricos, materiais de construção/mineração urbana, lixo e entulho. O Prof. Dr. Marcelo Roméro tratou do panorama energético, das fontes alternativas de energia e eficiência energética. A Prof. Dra. Denise Duarte abordou o conforto ambiental no edifício e na cidade. A disciplina contou ainda com a participação de professores convidados que contribuíram para o aprimoramento do curso: o Prof. Dr. Ualfrido Del Carlo, falando sobre edifícios sustentáveis e fontes alternativas de energia, a Prof. Dra. Cláudia Oliveira e o doutorando Leonardo Miranda sobre projeto de edifícios recicláveis e minimização de entulho, a Arq. MSc. Maria Cristina Bonani sobre resíduos de construção, a Arq. Doutoranda Cláudia Ruberg sobre resíduos sólidos domésticos e a Prof. Dra. Roberta Kronka sobre arquitetura de baixo impacto humano e ambiental.

Cada um dos tópicos enumerados abaixo foi desenvolvido com 2h de aula expositiva e 2h de discussão sobre o tema, enfocando as possibilidades de trabalho que poderiam ser desenvolvidas pelos alunos em cada assunto. A partir da 3ª aula as duas horas finais aconteceram no ateliê, discutindo as propostas apresentadas. Além das aulas expositivas e dos ateliês, como atividade extra classe foi realizada uma visita ao Aterro Sanitário São João, além de seminários para exposição, apreciação e avaliação das propostas.

|   |
|---|
| <b>PROGRAMA DA DISCIPLINA – sequência das aulas expositivas</b>   |
| <b>1. LIMITES AO DESENVOLVIMENTO E SUSTENTABILIDADE – CONCEITOS</b>   |
| Conceitos básicos. Antecedentes históricos da questão: Malthus, Meadows, Forrester, Furtado. A reunião do Rio de Janeiro. A sustentabilidade da construção e da operação dos edifícios e das cidades. Aspectos fundamentais: água, energia, solo e materiais de construção. Adaptações espaciais e aglomerações sustentáveis. Âmbito do universo a ser considerado. |
| <b>2. LIMITES AO DESENVOLVIMENTO E SUSTENTABILIDADE – CONCEITOS (continuação)</b>   |
| <b>3. OS RECURSOS HÍDRICOS E A CIDADE</b>   |
| Disponibilidade de recursos hídricos. Pluviometria, evaporação e infiltração. Condições para o aproveitamento da água. Coleta, tratamento e destino final do esgoto. Contaminação dos recursos hídricos. Drenagem. Enchente x falta d'água. Água como limite ao crescimento das megacidades.  |

---

<sup>1</sup> DUARTE, D, GONÇALVES, J. Exercício de Projeto Bioclimático no Departamento de Tecnologia - AUT/FAUUSP In. VI ENCAC, 2001, São Pedro. *Anais*. Conforto Ambiental na Arquitetura Latino-Americana. Das Origens à Contemporaneidade, Campinas, ANTAC, 2001.

|   |
|---|
| <p><b>4. CONFORTO AMBIENTAL NO EDIFÍCIO E NA CIDADE</b></p> <p>Eficiência e eficácia na construção e na operação dos edifícios e das cidades. Conforto térmico, acústico e luminoso nos edifícios e nas cidades. A possibilidade do controle das condições de conforto em espaços abertos. Uso do solo e conforto ambiental urbano.</p>   |
| <p><b>5. FONTES ALTERNATIVAS DE ENERGIA: FOTOVOLTAÍCOS, GEOTERMIA E VENTO</b></p> <p>Energia solar incidente no planeta. A biomassa como dispositivo de aproveitamento direto. A energia solar e as diversas formas de energia disponíveis. Os fotovoltaicos. Geração autônoma de energia elétrica. Geotermia e energia eólica. Células de energia. Autonomia energética das edificações.</p> |
| <p><b>6. MATERIAIS DE CONSTRUÇÃO – MINERAÇÃO URBANA</b></p> <p>O espaço natural e os materiais de construção. Materiais, técnicas e forma arquitetônica e urbana. A sustentabilidade da produção de materiais de construção. Avaliação de sistemas construtivos inovadores e a sustentabilidade. Desenvolvimento de sucedâneos para os materiais usuais. Edificação sustentável.</p>          |
| <p><b>7. EDIFÍCIOS SUSTENTÁVEIS – FORMA E SISTEMAS</b></p> <p>A sustentabilidade das edificações em função da sua forma e sistema construtivo. Sistemas para aumentar a sustentabilidade. O edifício autônomo. Conforto ambiental e alternativas energéticas. Coleta e aproveitamento da água da chuva. Sistemas de refrigeração de baixo consumo energético.</p>                             |
| <p><b>8. ARQUITETURA DE BAIXO IMPACTO HUMANO E AMBIENTAL (ABIHA)</b></p> <p>Cenário de degradação ambiental global. Escassez de matéria-prima, de água, de energia, aumento da poluição, crise social e econômica. Aplicações práticas da ABIHA no Jardim Sustentável, na Reciclagem do Galpão da POLI, e no Mini Laboratório de Conforto e Eficiência Energética.</p>                        |
| <p><b>9. EFICIÊNCIA ENERGÉTICA</b></p> <p>Conforto ambiental e consumo de energia elétrica nas edificações. Iluminação. Ar condicionado. Potencial de conservação de energia elétrica nas edificações. A experiência européia e americana. Metodologias de avaliação e retrofit de edifícios.</p>   |

Ao final, com a conclusão dos projetos dos alunos, foram feitos vários seminários para a apresentação e discussão dos mesmos. Os trabalhos foram expostos no Salão Caramelo da FAUUSP na reabertura das aulas em 2002/2 e alguns deles participaram da Mostra ArquiSol durante a XXV Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente (ASADES) e XI Encuentro de la Asociación Internacional para la Educación en Energía Solar (IASEE-Argentina), de 23 a 26 de outubro de 2002.

### **3. ALGUMAS PROPOSTAS APRESENTADAS**

#### **3.1 Trabalhos conjuntos com a disciplina AUT 256**

O trabalho da AUT 256 tem por objetivo a concepção de projeto considerando o diagnóstico climático, a geometria mais adequada às condições de exposição do edifício ao sol, a exposição aos ventos e ao ruído urbano, o tratamento da envoltória e dos espaços externos, a avaliação de desempenho térmico, acústico e luminoso do edifício, bem como o uso de novas tecnologias para conforto e redução do consumo de energia. Como exercício, os trabalhos poderiam ser elaborados para cidades com climas diferentes, no território nacional.

No semestre 2002/1 o programa a ser desenvolvido era o projeto de um edifício residencial de alto padrão e do seu entorno. O clima era de livre escolha de cada equipe, mas uma via próxima de tráfego rápido e pesado foi incluída em todas as propostas.

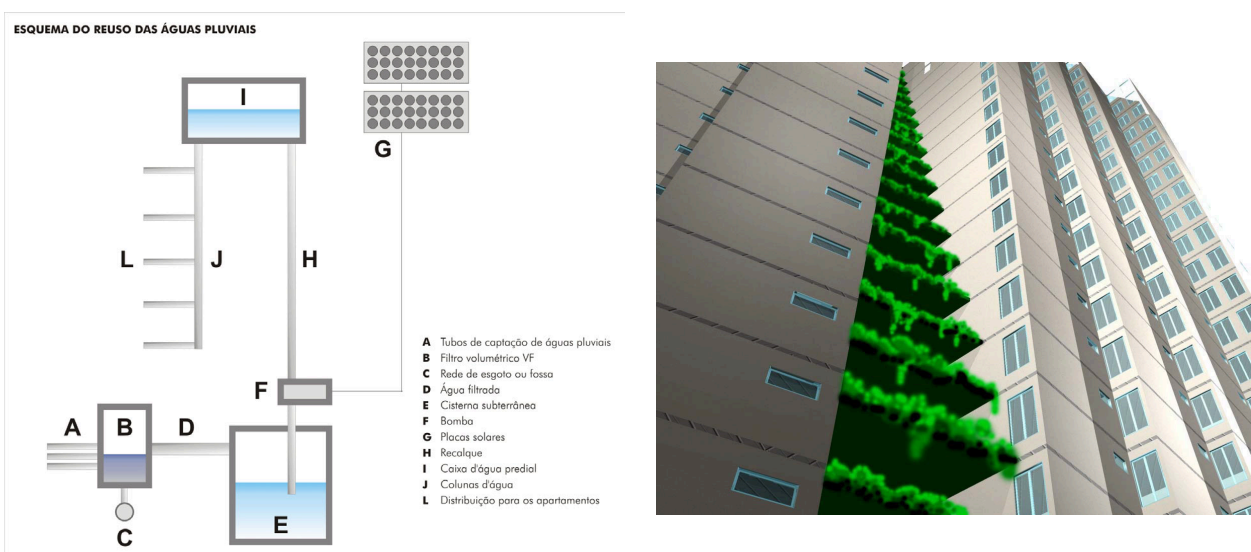
O projeto da equipe Fábio Faria, Fabrício Angelelli, Sandra Nasser e Vivian Hashimoto foi desenvolvido para o clima de Salvador e apresentou uma assimetria em planta para compensar as diferentes exposições ao sol entre os apartamentos, priorizando a melhor orientação para os dormitórios, aproveitamento da ventilação cruzada e do efeito chaminé, além de detalhes como bandeiras nas portas. Na elaboração do projeto, os alunos realizaram um ensaio de erosão bastante

simplificado utilizando um secador de cabelos e serragem para cobrir a maquete, para uma melhor visualização do fluxo de vento. O projeto incorporou a vegetação ao longo da altura do edifício e foram tomados cuidados com a orientação dos cômodos de maior exigência para as vias menos movimentadas (Figura 1).



**Figura 1 – Ensaio de erosão e perspectiva do edifício.**

O trabalho também propôs a coleta e o reuso de água da chuva no edifício de apartamentos com a incorporação de painéis fotovoltaicos para suprir o consumo de energia das bombas. Salvador apresenta precipitação bem distribuída ao longo do ano e índices pluviométricos elevados. Como a área de cobertura é proporcionalmente reduzida em edifícios altos, a proposta foi fazer a coleta no próprio terreno. Foi dimensionada também a relação entre consumo das bombas e água a ser coletada, volume recomendável de armazenamento e sazonalidade.

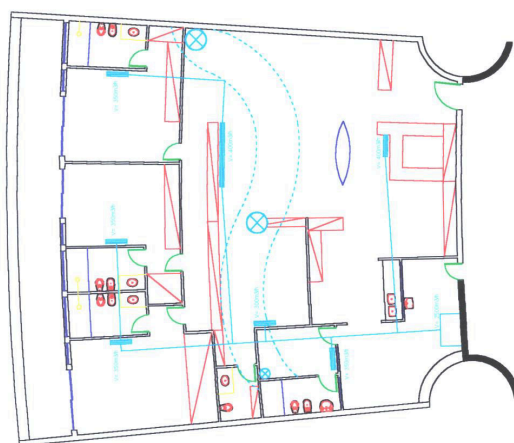


**Figura 2 – Esquema do reuso de águas pluviais e uso de vegetação ao longo das fachadas.**

Outra equipe, formada pelos alunos João Luiz Bellia e Ricardo Garcia, explorou o conflito entre o ruído urbano e a necessidade de ventilação em Salvador. O edifício de apartamentos era predominantemente horizontal, com 3 pavimentos. A proposta estudou a viabilidade de se fazer uma troca de calor com o solo para suprir 100% das necessidades de ventilação do edifício que se localizava próximo a uma via ruidosa. A idéia foi aproveitar as dimensões generosas do terreno, com boa parte da área sombreada por árvores adultas já existentes, para se fazer a captação de ar fresco. A inovação está no uso dos conceitos de geotermia para resfriar o ar que seria insuflado nos apartamentos.

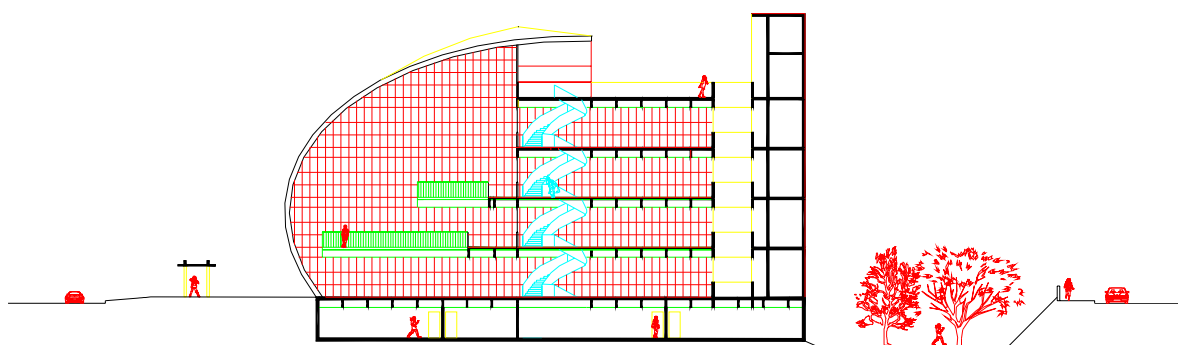
O sistema consiste em um túnel de captação e resfriamento do ar ambiente, composto por uma boca de captação horizontal coberta por grades metálicas, estrategicamente localizada na área arborizada do terreno. O túnel tem 2m de altura por 7,5m de largura e 100m de extensão, totalizando 1500m<sup>3</sup> de ar. O sistema está enterrado a 3m de profundidade, aproveitamento a menor temperatura do solo.

O duto sai da extremidade oposta da boca de captação e segue enterrado por baixo da edificação em toda a sua extensão. Ao longo desse duto ramificações completam o sistema (Figura 3), distribuindo ar frio para cada grupo de 3 apartamentos, alinhados verticalmente. No interior de cada apartamento, a exaustão completa o funcionamento do sistema.



**Figura 3 – Planta exemplificando a saída de ar frio nos apartamentos.**

Outro projeto, desenvolvido pelos alunos Márcio Roberto Dela Marta, José Luís Dubon e Elis Yoneco Okuyama, propôs o estudo da viabilidade de incorporação de painéis fotovoltaicos à cobertura de um museu de arte popular (Figura 4), também desenvolvido na AUT 256, mas no semestre letivo 2001/1.

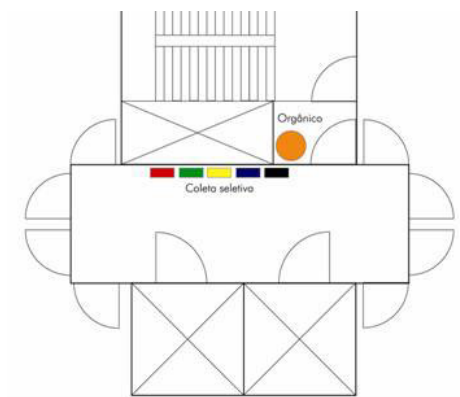


**Figura 4 – Corte – Museu de Arte Popular.**

### 3.2 Outros trabalhos

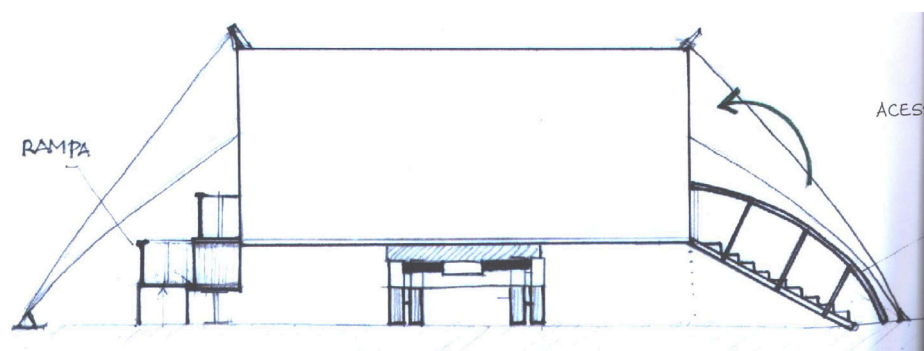
O projeto da equipe Adriana Gouveia Rodrigo, Ana Clara Gianecchini, Laila Milek de Andrade e Stella Litsuko Tomiyoshi apresenta uma proposta de coleta seletiva de resíduos domésticos em condomínios residenciais. Acredita-se que este seja um ponto de partida para a conscientização da sociedade, através da reutilização e reciclagem dos resíduos inertes e orgânicos, e também reduzindo a produção dos mesmos, visto que o quadro atual observado na cidade de São Paulo é o esgotamento das áreas de acondicionamento.

Nesta proposta o morador faria a separação do lixo, visando o mínimo de gastos com a implantação e a manutenção do projeto. O material reciclável, já pré-selecionado, seria coletado pelas cooperativas e direcionado aos centros de triagem. O material orgânico seria encaminhado para as usinas de compostagem. Seriam instalados também centros comunitários do lixo, com o objetivo de mostrar às comunidades a importância da educação ambiental e as possibilidades de obtenção de renda a partir do lixo. Para que projetos de preservação ambiental tenham sucesso, a sustentabilidade econômica é um fator de fundamental importância. Nesse contexto, a reciclagem tem se mostrado uma excelente oportunidade para novos empreendimentos, gerando emprego e renda para diversos níveis da pirâmide social, considerando-se que o mercado de materiais recicláveis e reciclados está ao alcance do micro e pequeno empresário.



**Figura 5 – Hall típico encontrado em São Paulo (edifícios com 4 aptos. por andar).**

O trabalho proposto pela equipe formada por Glória Chuan Shen e Karen Yukari Yokoyama foi a criação de uma oficina itinerante para reciclagem de papel, montado sobre caminhões (Figura 6), que poderiam percorrer as cidades do interior, funcionando como uma ferramenta de educação ambiental incentivando a coleta correta e a reutilização de papel. Esta oficina poderia proporcionar treinamento para a população que poderia utilizar as técnicas aprendidas, como fonte de geração de renda.



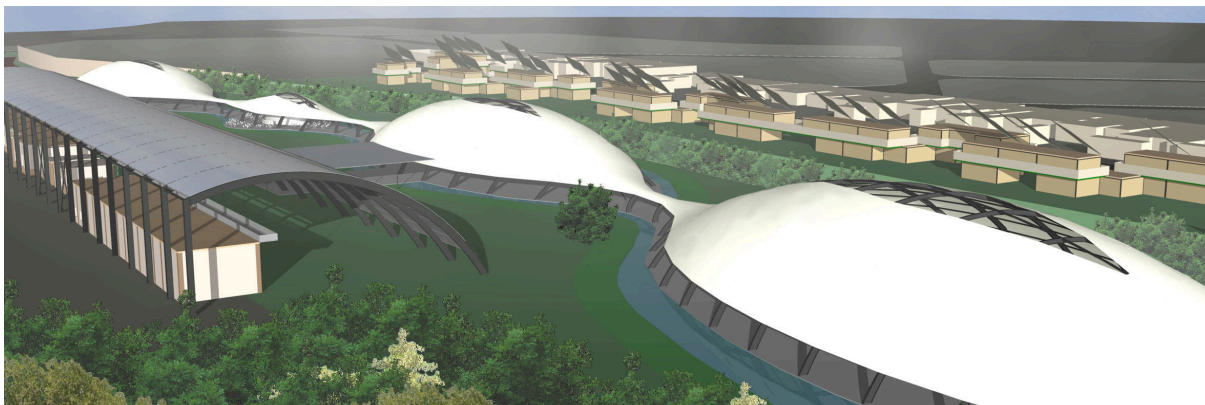
**Figura 6 – Esquema da utilização do caminhão.**

O trabalho desenvolvido pela aluna Mônica Pereira Marcondes, em paralelo com o seu TFG, propôs uma intervenção em uma área degradada em Campinas (Figura 7), a antiga Estação Guanabara da Cia Mogiana de Estradas de Ferro, visando sua requalificação e reintegração no tecido urbano da cidade, enfatizando as questões ambientais.

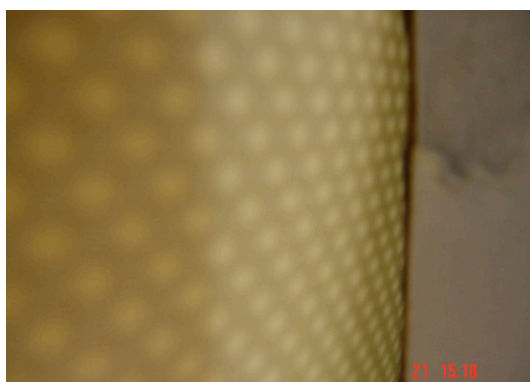
Para o aprimoramento das informações teóricas, foi realizado um ensaio com uma amostra de cobertura têxtil especificada para os edifícios, com o objetivo de avaliar o seu desempenho. Foram utilizados dois piranômetros e dois luxímetros, sendo um conjunto dentro de uma caixa com interior



preto e coberta com a amostra, e outro fora (Figura 8). Desse modo foi possível medir a quantidade de radiação e de iluminação difusa que passa pela cobertura.



**Figura 7– Vista do conjunto.**



**Figura 8 – Ensaio de transmissão de luz e calor pela cobertura têxtil.**

#### **4. CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os resultados mostraram uma grande variedade de propostas arquitetônicas e tecnológicas para planejamento urbano e projeto de edifícios, além de propostas relacionadas à educação ambiental. Os alunos exploraram diferentes possibilidades de uso de materiais ambientalmente mais adequados, vegetação em fachadas, painéis fotovoltaicos, troca de calor com o solo, ventilação natural e propostas de aproveitamento de materiais a serem reciclados e ou reutilizados.

A experiência de se trabalhar com projetos que estavam sendo desenvolvidos simultaneamente em outras disciplinas se mostrou bastante positiva, dando oportunidade aos alunos de agregar novos conceitos e exigências aos projetos, ampliando o leque de questões contemporâneas a serem abordadas no processo de projeto de espaços urbanos, de edifícios e de educação ambiental.

O envolvimento dos alunos durante todas as atividades do curso foi fundamental para a implementação das atividades propostas e para o resultado de sucesso dos trabalhos apresentados. Muitos alunos acabaram por trazer questões para discussão em sala de aula, enriquecendo o debate.

#### **5. BIBLIOGRAFIA DO CURSO**

A bibliografia foi discriminada segundo os tópicos abordados pela disciplina, sempre buscando os títulos mais atualizados na área e os títulos de referência.

- BEATLEY, T. (1999) *Green Urbanism : Learning from European Cities*. Island Press.
- BEHLING, S. et al. (1996) *Sol Power. The evolution of solar architecture*. Munich: Prestel.
- CORBETT. (2000) *Designing Sustainable Communities. Learning from Village Homes*. Island Press.
- DANIELS, Klaus, SCHWAIGER, Elizabeth. (1997) *The Technology of Ecological Building: Basic Principles and Measures, Examples and Ideas*. Birkhauser.
- GOULDING, John R., et al. (ed.). (1994) *Energy in Architecture. The European Passive Solar Handbook*. Batsford for the Comission of the European Communities. London.
- GOULDING, John R., LEWIS, J. Owen, STEEMERS, Theo C. (ed.). (1993) *Energy Consious Design*. Batsford for the Comission of the European Communities. London.
- HAMZAH, T. R., YEANG, Ken. (1994) *Bioclimatic Skyscrapers*. 2 ed. London: Ellipsis.
- HAMZAH, T. R., YEANG, Ken. (2001) *Ecology of the Sky*. Victoria: Images.
- HERZOG, T. et al. (ed.). (1996) *Solar Energy in Architecture and Urban Planning*. Prestel.
- HOUGH, Michael. (1998) *Naturaleza y ciudad*. Barcelona: Gustavo Gili.
- JONES, David Lloyd. (1998) *Architecture and the Environment*. Laurence King: London.
- MEADOWS, Donella et al. (1992) *Beyond the Limits. Confronting global collapse, envisioning a sustainable future*. Vermont: Chelsea Green.
- MOLLISON, Bill. *Introdução à Permacultura*. Trad. André Soares.
- PEREIRA, F. et al. (ed). (2001) Renewable Energy for a Sustainable Development of the Built Environment. PLEA2001. The 18th International Passive and Low Energy Architecture Conference. Florianópolis, November, 2001. *Proceedings*. Florianópolis: UFSC.
- REVELLE, Penelope, REVELLE, Charles. (1992) *The Global Environment: Securing a Sustainable Future*, Boston, Jones & Bartlett.
- ROAF, Susan. (2001) *Ecohouse. A Design Guide*. New Delhi: Architectural Press.
- ROGERS, R., POWER, A. (2000) *Cities for a Small Country*. London: Faber and Faber.
- ROGERS, Richard. (1997) *Cities for a Small Planet*. London: Faber and Faber.
- RUANO, M (1999) *Ecourbanismo. Entornos humanos sostenibles: 60 proyectos*. Barcelona: G.Gili.
- SCHAEFFER, John. (1999) *The Real Goods Solar Living Sourcebook: The Complete Guide to Renewable Energy Technologies and Sustainable Living* (Real Goods Solar Living Sourcebook). Real Goods.
- SLESSOR, C., LINDEN, J. (1997) *Eco-Tech: Sustainable Architecture and High Technology*. Thames and Hudson.
- STEEMERS, Koen, YANNAS, Simos (ed.). (2000) Architecture, City, Environment. PLEA2000. The 17<sup>th</sup> International Passive and Low Energy Architecture Conference. Cambridge, July, 2000. *Proceedings*. London: James & James.
- STITT, Fred (ed.). (1999) *Ecological Design Handbook*. McGraw-Hill.
- SZOKOLAY, S. (ed.) (1999) Sustaining the future. Energy-ecology-architecture. PLEA'99. The 16<sup>th</sup> international Passive and Low Energy Architecture Conference. Brisbane, Australia, 22-24 September 1999. *Proceedings*. Brisbane: University of Queensland, 2v.
- WINES, James. (2000) *Green Architecture*. Taschen.
- YEANG, Ken (2000). *The Green Skyscraper: The Basis for Designing Sustainable Intensive Buildings*. Prestel.
- Revistas: Técnica, Climatização, Sustainable Building, Swedish Research for Sustainability, RIBA, Architectural Review, Architectural Record.
- Agradecimentos aos alunos da disciplina AUT 209 no semestre 2002/1 e aos professores convidados.