

INSERÇÃO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL DE CONFORTO AMBIENTAL EM CURSOS DE ARQUITETURA E URBANISMO

Delbin, Simone (1); Silva, Vanessa Gomes da (2)

Faculdade de Engenharia Civil da UNICAMP, Caixa Postal 6021, 13083-852, (19)3788-2399

(1) e-mail: sdelbin@yahoo.com.br

(2) e-mail: vangomes@fec.unicamp.br

RESUMO

Nos cursos de graduação de Arquitetura e Urbanismo no Brasil, conforto ambiental, eficiência energética e projeto arquitetônico são normalmente tratados como áreas distintas de conhecimento, o que se reflete na qualidade dos projetos elaborados pelos alunos, futuros arquitetos. Fica clara então a necessidade de inserção de alguma ferramenta ou método que possa ser aplicado em ensino e ajude a preencher a lacuna entre tópicos teóricos de conforto ambiental e a prática de projeto. Como uma tentativa neste sentido, foi elaborada uma metodologia de ensino adaptada às características da grade curricular do curso de Arquitetura e Urbanismo da UNICAMP. Uma disciplina eletiva foi oferecida aos alunos da graduação do curso a fim de testar, entre outros, sua resposta à ferramenta de simulação e de definir o melhor momento para inserção no currículo. A disciplina foi dividida em dois blocos: o primeiro revisou conceitos de conforto e o segundo, os introduziu no contexto do programa de simulação previamente selecionado (ECOTECH). O oferecimento da disciplina de simulação em paralelo ou no semestre imediatamente seguinte a primeira disciplina de conforto (térmico), pode auxiliar na fixação do conteúdo aprendido e na utilização de simuladores nas disciplinas de conforto seguintes, maximizando o benefício de utilização destas ferramentas de projeto. Os alunos mostraram-se bastante receptivos à utilização do programa. A observação no atelier de projeto seguinte indicou que a maioria deles pareceu incorporar a metodologia de simulação ao processo de projeto.

Palavras-chave: conforto ambiental, desempenho de eficiência energética, ensino, simulação computacional.

ABSTRACT

In architectural design teaching at undergraduate level in Brazil, environmental comfort and energy efficiency have been traditionally kept as separate knowledge domains. To help overcome these problems a new discipline is being formulated to introduce students to building simulation. The discipline was offered to undergraduate students in an elective basis in order to evaluate the best moment to insert it in the regular curriculum. The discipline was divided into two blocks: the first on was dedicated to review comfort concepts; and the second introduced students to the simulation tool (ECOTECH). The results of this experience showed that a simulation discipline should be at the same semester as the first comfort discipline or on the following semester. This way it would help students assimilate the subject learnt and keep students using the simulation tool during their following comfort disciplines and design studios. The students were very receptive to use the simulation tool and have already incorporated the simulation methodology into their design practice as observed during their design studio.

Key-words: comfort, building simulation, energy efficiency asses, teaching.

1. INTRODUÇÃO

O II Encontro de Professores de Conforto Ambiental, realizado em João Pessoa em agosto de 1994, apontou alguns problemas graves relacionados ao ensino de conforto. Professores renomados relataram que apesar de seus esforços no ensino da disciplina, muitos dos seus ex-alunos, agora arquitetos, produziam em sua atividade profissional projetos sem compromisso com as questões ligadas a conforto ambiental e eficiência energética. O que levou os presentes a pensar que a maneira como conforto ambiental e eficiência energética vinha sendo ministrada não atingia seu objetivo (BITTENCOURT, TOLEDO, 1997).

O método comumente adotado em aulas de conforto ambiental, baseado na apresentação de conhecimentos teóricos seguidos de resolução de exercícios de cálculo, totalmente desvinculados de um problema real de projeto arquitetônico, faz com que o aluno não desenvolva o senso crítico voltado ao conforto (BITTENCOURT, TOLEDO, 1997, VIANA, 2001). As constatações realizadas pelos autores estão defasadas em quatro anos, ou seja, em quatro anos pouco avanço se verificou nos métodos de ensino voltados às disciplinas de conforto ambiental.

As abordagens didáticas utilizadas nas instituições não se diferem muito, como primeiro exemplo utilizamos a experiência da UNISINOS - Universidade do Vale dos Sinos, São Leopoldo – RS. Vemos que na década de 70 a área de conforto térmico era contemplada na grade curricular, enquanto as outras disciplinas de conforto ambiental deveriam ser abordadas nos estúdios de projeto. Nos anos 80 foram criadas duas novas disciplinas com o objetivo de ampliar o conteúdo de conforto ambiental e eficiência energética, porém a experiência foi frustrante. “O grande contraste entre a avalanche de dados, gráficos, ábacos, tabelas, fórmulas e grandezas (tal como nos foram assinalada), com o direto, sintético, amplamente gráfico e sensitivo, sistema interativo do nosso público alvo” (BONI, 1997). A disciplina chegou a ser comparada pelos alunos com mais uma disciplina de “cálculo” a ser “vencida”.

Modificações didáticas foram feitas, o curso passou a abordar inicialmente a necessidade conceitual do tema, e depois, passou a utilizar elementos mais técnicos. “Procedimentos sintéticos ou simplificados, que processem toda a informação científica em instrumentos preferencialmente gráficos, de ampla compreensão, e principalmente, que interagassem diretamente nas rotinas habituais de projeto” (BONI, 1997). Para tal, o uso de ferramentas de simulação seria perfeitamente aplicável.

A UFRN - Universidade Federal do Rio Grande do Norte tem um planejamento de ensino que procura a integração das disciplinas do currículo. A integração é feita com a exploração de um mesmo tema em todas as disciplinas ministradas em um mesmo semestre, facilitando, principalmente, o diálogo entre disciplinas de conforto e projeto. Conforto ambiental é introduzido no curso no quarto semestre, é esperado que o aluno após o término da disciplina possa realizar análises de insolação, máscaras de sombras e cálculo de *brises*. Como ferramenta de auxílio de ensino são utilizados o programa ECOTECH e a ferramenta SunTool. A experiência didática vem apresentando bons resultados (OLIVEIRA, MACEDO, 2005).

Marsh (2006) acredita que apesar de em geral a educação em arquitetura dar uma boa base em física da construção, na prática profissional muito deste conhecimento é esquecido rapidamente. Existem muitas razões para que isto ocorra. Bittencourt e Toledo (1997) acreditam que esse esquecimento, ou não absorção, de todos os conceitos vistos em aula se deva a: 1) objetivos de disciplinas muito ambiciosos para a carga horária disponível; 2) falta de interação entre os conteúdos, 3) o aluno ao final do curso não se sente habilitado a fazer análises coerentes de iluminação natural e ventilação ao mesmo tempo, privilegiando um dos aspectos nos seus projetos; e por fim 4) falta aplicação do conhecimento adquirido na prática projetual.

A falta de incentivo dos professores de projeto, para que o aluno aplique os princípios de arquitetura bioclimática nos trabalhos, acontece em diversas Universidades. “O aluno passava a empregar os seus

recentes conhecimentos, praticamente por iniciativa própria acompanhado à distância pelo assessor, sem maiores interferências ou exigências” (BONI, 1997).

Para superar os problemas relacionados à aplicação de conceitos de conforto ambiental em projetos de arquitetura, o curso da Unicamp estrutura tópicos específicos de conforto ambiental em três disciplinas de projeto, conectando o conteúdo teórico à exploração criativa de soluções de problemas (KOWALTOWSKI et al., 2005).

Mesmo achando que esta iniciativa iria facilitar a assimilação de conceitos bioclimáticos e sua aplicação nos projetos, os resultados obtidos ao final de cada semestre demonstraram que ainda há possibilidade de melhoria (KOWALTOWSKI et al., 2005). Uma reflexão entre os professores nas possíveis causas da aparente perda de compromisso com a arquitetura bioclimática depois da disciplina específica apontou que:

- existe uma dificuldade em perceber as implicações de suas decisões de projeto de uma forma clara e tangível, e adotar uma solução que eles estejam suficientemente confiantes para prosseguir no desenvolvimento do projeto;

- sendo intuitivos experimentos no laboratório funcionam bem para fundamentos de física e efeitos pontuais de diferentes soluções, mas não das sinergias e do desempenho global em termos de conforto, internalização de conceitos;

- há dificuldade em comunicar sentimentos de conforto ao longo do processo de projeto arquitetônico (KOWALTOWSKI, 1998). Por causa das peculiaridades da comunicação gráfica, existem dificuldades em incorporar parâmetros de conforto ambiental e resultado de simulações na expressão do projeto. O processo de projeto necessariamente inclui avaliações, que deveriam realçar ao extremo imagens gráficas de conceitos de conforto.

Alguns professores envolvidos no *atelier* de projeto acreditam que o exercício de simulação durante o processo de desenvolvimento dos projetos pode ser a resposta para superar algumas das dificuldades já discutidas.

No entanto, o uso da simulação em atividade de projeto em *atelier* apresenta algumas limitações práticas, especialmente com relação ao tempo disponível no sistema de um semestre de aulas para estudos complementares importantes. Os estudantes devem aprender a utilizar a ferramenta, desenvolver seus projetos a um nível de detalhe que possam obter dados de entrada para o programa de simulação com toda a limitação de um semestre de 15 semanas.

A pesquisa anterior de Bittencourt e Toledo (1997) revelou que os professores se dividem quanto à utilização de ferramentas computacionais durante o processo de projeto, acredita-se que a resistência venha do fato dos professores terem conhecimentos limitados das ferramentas. Outros, com métodos consolidados, relutam na quebra de um processo tradicional. O domínio dos princípios de conforto ambiental pelo corpo docente da área de projeto é condição fundamental para o êxito do aprendizado.

Recentemente na Unisinos optou-se por utilizar a pesquisa digital durante a etapa programática inicial, na disciplina de Projeto Arquitetônico IV, onde informações gráficas e descritivas são manipuladas pelos alunos, através do uso de diferentes softwares, banco de dados e Internet (ROCHA, 2000). A inserção de ferramentas computacionais no *atelier* dá abertura à inserção da simulação dos projetos cada vez mais cedo no processo de projeto.

No Brasil ainda são poucas as iniciativas do uso de software de simulação de conforto ambiental em disciplinas de projeto. A Universidade Federal de Pelotas inseriu os programas sketch-up e o ECOTECT na disciplina de projeto, onde já os primeiros esboços são realizados no computador. O uso do ECOTECT possibilita a realização automática das avaliações de conforto ambiental, integrando o projeto ao conteúdo de conforto como deveria ser a prática usual (FRESTEIRO, MÉNDEZ, 2004).

Vale destacar uma iniciativa de utilização de software de simulação no ensino de conforto ambiental, realizada na *Federal Institute of Technology* – EPEL na Suécia, onde o *Radiance* foi utilizado como suporte às aulas teóricas. Nesta disciplina os alunos deveriam projetar as aberturas e iluminação artificial de uma determinada sala de escritório; após esta tomada de decisão os mesmos modelavam seus projetos e passavam para uma pessoa encarregada das simulações, como em um processo de consultoria. O principal problema encontrado foi à falta de tempo para a segunda simulação (COMPAGNON, 1997).

O uso de softwares de simulação faz parte das novas metodologias de ensino de conforto ambiental sugeridas por Bittencourt e Toledo: “As novas metodologias propostas requerem o uso de laboratórios de conforto para o desenvolvimento de trabalhos que estimulem a percepção sensorial (no que diz respeito ao impacto produzido na sensação de conforto) em situações diversas (...) Acredita-se que o emprego de softwares seja de grande valia no aprendizado da matéria pela possibilidade de: através de simulações, realizar estudos paramétricos de alternativas arquitetônicas” (BITTENCOURT, TOLEDO, 1997).

A Universidade Federal do Rio de Janeiro utilizou o programa CASAMO-Clim em disciplina de conforto ambiental com o objetivo de avaliar o Índice de Conforto Térmico em edificações, durante o período de ocupação. O uso do programa possibilitou a simulação de diversos materiais construtivos em um mesmo modelo, oferecendo subsídio para comparação dos resultados (DANTAS, CORBELLA, 2001).

Scarazzato (1999) acredita que explorar os benefícios do uso do computador em sala de aula pode não apenas diminuir o tempo gasto com os cálculos em avaliação do desempenho térmico de edifícios, mas principalmente, auxiliar os alunos a compreenderem melhor de que modo os diversos aspectos de um projeto contribuem para a sua caracterização sob o ponto de vista ambiental.

Programas de avaliação/simulação vêm sendo gradativamente empregados na prática de alguns exercícios em disciplinas de conforto. Programas como o Arqutrop, CTCA, Luz do sol, *Daylight*, DLN auxiliam na assimilação do conteúdo da teoria. No entanto, estes programas são bastante simplificados e utilizados em exercícios, na maioria das vezes, distanciados de aplicação em projetos, sendo utilizados somente na resolução de exercícios, sem inserção efetiva na prática projetual dos futuros arquitetos.

2. OBJETIVO

Este artigo tem por objetivo descrever a proposta estudada por Delbin (2006) para incorporar o processo de simulação de conforto ambiental ao ensino de projeto de arquitetura, com a finalidade de fomentar a prática de simulação no processo de projeto cotidiano de futuros.

3. METODOLOGIA

A pesquisa foi conduzida de forma exploratória, em cinco etapas: 1)Seleção de um software adequado às necessidades específicas de ensino de conforto ambiental e projeto arquitetônico; 2)Adequação de arquivo climático para a cidade de Campinas; 3)Pré-teste: simulação de projetos de alunos em disciplina de projeto, e acompanhamento dos alunos em disciplina seqüencial; 4)Revisão bibliográfica de métodos de ensino de simulação conforto ambiental, e; 5)Elaboração e oferecimento de uma disciplina eletiva de simulação de conforto ambiental.

Neste artigo são apresentados somente os resultados das duas últimas etapas citadas acima.

3.1 Métodos de ensino de simulação de conforto ambiental

É necessário paciência para integrar o ensino de simulação de edifícios em cursos de Arquitetura. Este processo ainda está incipiente. É necessário criar uma cultura de simulação nas escolas de arquitetura de forma gradual (AL-SALLAL, 2006).

Com os alunos se tornando cada vez mais familiarizados com o uso de computadores, e a profissão sendo levada cada vez mais à sua utilização em análises de edifícios como uma parte fundamental do processo de projeto, a integração do software de simulação no currículo mínimo da arquitetura é inevitável. Obviamente cada curso é diferente, e cada grupo de estudantes irá demonstrar suas capacidades (MARSH, 2006).

A decisão por utilizar um software de análise em qualquer curso é sempre difícil. O maior problema é invariavelmente o tempo necessário para que os alunos ganhem proficiência suficiente para realmente fazer uso dos resultados das análises. Recomenda-se, então, que o software não seja introduzido ao mesmo tempo em que se deseja que os alunos utilizem a ferramenta na análise dos próprios projetos. Deve-se despertar o interesse dos estudantes, demonstrando, por exemplo, como eles podem mover o Sol no modelo e ver os efeitos de sombra; modificar a latitude para entender melhor a geometria solar. Estes exemplos podem ser realizados em sala de aula, sem a necessidade de ter um projeto específico associado a ele (MARSH, 2006).

O emprego de simulação computacional em ensino dividia-se até recentemente em duas linhas de atuação. A primeira, aqui denominada escola americana, utiliza o software DOE-2, desenvolvido pelo *Simulation Research Group* do *Lawrence Berkeley National Laboratory* (LBNL) e por James J. Hirsch & Associates (JJH). A segunda, aqui chamada escola européia, utilizava o software ESP-r, desenvolvido pela *University of Strathclyde*, na Escócia. Recentemente os softwares Energy Plus e Energy-10 vêm sendo introduzidos em cursos de Arquitetura e Engenharia Civil em nível de graduação e pós-graduação nos Estados Unidos, enquanto o ECOTECT vem sendo inserido em cursos na Europa, Canadá e Hong Kong.

Em trabalho sobre uso de simulação nos EUA, Barnaby (2001) traça o panorama de utilização de softwares de simulação naquele país e afirma que, para ensino de graduação em escolas de arquitetura, o software mais recomendado é o *Energy-10*, enquanto o DOE-2 restringia-se ao ensino de graduação em engenharia mecânica e a treinamento profissional específico, e o Energy Plus, apontado como o sucessor do DOE-2 (BARNABY, 2001).

As diferenças de metodologia de ensino entre as ferramentas são demonstradas na **Tabela 1**. Pode-se notar que as diferenças principais na abordagem do método de ensino estão relacionadas à ferramenta em si.

A metodologia de ensino proposta por Hand e Crawley (1998), sintetiza todas as metodologias, em especial a adotada para o programa ECOTECT, onde o ensino dos programas segue uma seqüência de introduções a noções de simulação e não somente de comandos na ferramenta.

Cada ferramenta de simulação tem sua própria interface, que pode ser difícil para novos usuários. As melhores soluções são: (1) para enfatizar a etapa de interpretação de resultados, ou sensibilização do aluno quanto à capacidade da mesma, é interessante começar as simulações por modelos prontos. O que dispensa o aprendizado da modelagem no primeiro momento. Com análises simples e compreensíveis os alunos irão voluntariamente realizar investigações próprias (MARSH, 2006). Strank et al (2004) assinalam que apesar do Energy Plus ser um potente programa de simulação sua interface dificulta o aprendizado. Ferramentas complexas com interfaces não gráficas podem causar desânimo aos novos usuários que procuram uma ferramenta de simulação com muitas expectativas; (2) preparar um caso simples (com apenas uma zona, ou janela) com condições bem impostas para que os alunos aprendam como usar a ferramenta de simulação, e então simular seus próprios projetos (ABADIE, 2006).

É importante que os alunos se sintam confiantes com a utilização de ferramentas que possam auxiliar no desenvolvimento de seus projetos. “Uma vez os alunos introduzidos e alfabetizados no novo instrumento, passam a buscar sua aplicação nas outras disciplinas” (DUARTE, 2002). O interesse do aluno aumenta quando ele se sente motivado a resolver problemas detectados por eles em seus próprios projetos. O rendimento dos alunos aumenta quando eles têm o dever de apresentar à terceiros os resultados de suas simulações (HAND, HENSEN, 1995).

Hand e Hensen (1995) reforçam a opinião dos outros autores quando afirmam que a proficiência em aspectos operacionais da ferramenta per si não formam *experts* em simulação, ainda são necessários treinamento na metodologia de simulação, em especial na abstração do problema a simular. A experiência de Delbin et al (2006) e de outros autores demonstram claramente que os alunos têm mais dificuldade com a definição do modelo, com a metodologia de simulação e análise de resultados do que com a utilização do software propriamente.

Tabela 1 - Comparação entre metodologias de ensino de ferramentas de simulação

Software	Pré-informações	Módulo Básico	Módulo Intermediário	Pontos Fortes	Pontos Fracos
<i>ECOTECT</i>	Comandos de modelagem; Utilização de arquivo CAD; Descrição de zonas; Visualização do modelo	Análise de sombras; diagrama de insolação; projeto de brises	Modos de exportação para outros programas; análise de resultados	Bastante interativo A evolução dos exercícios estimula a interpretação dos resultados.	Muito superficial, não aborda padrão de ocupação, edição de materiais...
<i>EnergyPlus</i>	Editores IDF/EPP; arquivos de saída; relatórios de saída	Dados climáticos; materiais construtivos, zoneamento; perguntas de modelagem	Influência de fechamentos; aberturas; ventilação, Ar loops, zone equipment	A evolução dos exercícios estimula a interpretação dos resultados.	Método muito superficial, não estimula o aluno fica limitado aos exemplos.
<i>ESP-r</i>	Comandos básicos de Unix e do ESP-r	Definição de um problema. Simulação simples. Análise de resultados. Geração de relatório	Ferramentas específicas de simulação	A evolução dos exercícios estimula a interpretação dos resultados.	Método muito superficial, não estimula o aluno fica limitado aos exemplos.
ViasualDOE	Editores do <i>VisualDOE</i> ; modelamento de sistemas de condicionamento de ar	Criação de um modelo; simulação simples; análise de resultados; geração de relatórios	Edição de materiais construtivos; emprego do <i>Daylight Control</i>	A evolução dos exercícios estimula a interpretação dos resultados.	Muito focado em Ar Condicionado
Método de ensino sem ferramenta	Fenômenos físicos dos edifícios e relação com o modo de simulação; interface de diversos programas	Conceitos de modelagem; capacidade das ferramentas	Transformar perguntas de projeto em objetivos de simulação; uso interligado de ferramentas	Amplia a visão do aluno sobre programas de simulação, Prepara para o aprendizado de qualquer ferramenta, Ensina Metodologia de simulação	Não ensina a utilizar nenhuma ferramenta

Já Hand e Crawley (1998) acreditam que o instrutor deva assumir que os que estão sendo treinados já têm um *background* adequado (conhecimento de física aplicada) e propõem um *check list* antes de iniciar a simulação: 1) comece com o contexto do problema. Onde estão localizados, quais são os atributos relacionados ao sítio que você poderia encontrar na ferramenta? Tais atributos são apresentados juntos ou separados?; 2) Olhe a geometria do problema. Qual é a relação entre o que você vê e os “blocos do edifício” dos modelos introduzidos no curso? Como o edifício foi subdividido em zonas? e; 3) Faça algumas simulações para alguns dias de inverno e verão e veja as previsões. Os padrões de comportamento das temperaturas estão de acordo com o esperado? Se não, você deve procurar por mais informações? Há maneiras alternativas para olhar o desempenho; diferentes níveis de detalhe ou até mesmo critérios de desempenho?

Reinhart (2005) reforça esta idéia afirmando que, entre as ferramentas Energy 10, Energy Plus e ECOTECT, o ultimo apresenta-se como o mais adequado ao ensino de simulação por ter uma interface bastante gráfica. Da perspectiva do aluno de graduação em arquitetura e urbanismo a análise gráfica das simulações no projeto é necessária. Alunos de engenharia, acostumados com cálculos e análises de dados não sentem tanta falta de dados visuais.

3.2 Elaboração e Oferecimento de uma disciplina eletiva de simulação de conforto ambiental.

Com base na experiência dos pesquisadores citados e nos resultados do pré-teste (DELBIN et al, 2006), foi elaborada uma disciplina, com ênfase no ensino de metodologia de simulação de conforto ambiental e comandos do programa de simulação selecionado, ECOTECT.

O programa da disciplina foi feito a partir da análise comparativa dos métodos de ensino dos softwares de simulação. Foram feitas adaptações quanto à carga horária e ao método de ensino adotado no curso da Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo da Unicamp.

Optou-se por concentrar o conteúdo teórico nas seis primeiras aulas, com desenvolvimento de pequenos exercícios apoiados por tutoriais neste período. No decorrer das nove últimas aulas foi enfatizada a prática de simulação, apoiada por pequenas exposições teóricas, conforme necessidade dos alunos.

O método de avaliação proposto previa a realização de pequenos trabalhos em aula (exercícios 1 a 4) e dois trabalhos mais complexos (exercícios 5 e 6), seguindo a metodologia de simulação típica. A escolha por uma seqüência de pequenas simulações, com gradual aumento de complexidade, vem de encontro às recomendações dos professores de simulação estudadas na literatura ou em informações pessoais.

A fim de estimular o uso da ferramenta, no exercício 5 os alunos simulavam o conforto térmico e visual de um edifício projetado por um arquiteto conhecido e o último exercício (6), propunha que os alunos utilizassem a ferramenta durante o processo de desenvolvimento de projetos próprios e percebessem como a ferramenta poderia ajudá-los na solução de problemas referentes a conceitos de conforto. Finalmente a apresentação dos resultados das simulações e das alternativas de projeto, em forma de seminário, pretendia que dar a oportunidade para a tomada de decisão de forma responsável e justificada.

4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

As estratégias para implementação de uma metodologia de simulação de conforto ambiental em edifícios aqui sugeridas se enquadram às características específicas do curso de Arquitetura e Urbanismo da Unicamp, mas o procedimento é replicável e adaptável a outros cursos.

A disciplina de simulação pretendia sensibilizar os alunos quanto ao potencial de ferramentas de simulação e demonstrar a facilidade de utilização de um software específico. Os alunos, por outro lado demonstraram que sentiam a necessidade de ferramentas mais eficientes na análise de conforto, mais rápidas e mais simples que o processo de resolução de fórmulas usual.

Os alunos, com sólida formação em informática aplicada, rapidamente dominaram os comandos do programa. Como uma disciplina de apoio ensino de conforto, considera-se que esta experiência foi bem sucedida, pois os alunos foram capazes de fazer análises mais profundas em projetos em um tempo menor do que poderiam conseguir com cálculos manuais, e ainda consolidaram conceitos recebidos anteriormente.

O exercício de simulação térmica dos projetos de arquitetos demonstrou que os alunos utilizam bem os comandos de modelagem do programa e sabem como realizar análises de sombreamento e insolação. As dificuldades surgem com relação às análises de conforto térmico, desde o zoneamento do edifício, passando pela escolha dos materiais até a interpretação dos resultados obtidos com a simulação. Desta forma, as modificações no projeto também ficaram comprometidas. Em alguns casos, o aluno percebia que o desempenho do edifício não era satisfatório (comparado às metas de desempenho), mas não sabia como resolver o problema e quais alternativas deveriam testar, revelando uma falha conceitual anterior.

Deve-se adotar parâmetros de referência de desempenho. Desta maneira, o aluno que ainda não tem maturidade para desenvolver e simular diversas alternativas de projeto poderá balizar melhor a avaliação do desempenho de seu modelo.

Os alunos declararam que o programa é de fácil utilização, e que as maiores dificuldades encontradas se relacionam com: 1) modelagem: (ferramenta limitada); 2) escolha de materiais (idioma e dificuldade de obtenção de dados termofísicos); e 3) dificuldade de dividir o modelo em zonas térmicas (reflete a falta de capacidade de simplificação do modelo). Estes problemas foram transpostos com explicações mais detalhadas sobre os limitantes de modelagem do programa, ênfase nas simplificações, e criação de uma biblioteca de materiais nacionais baseado na norma brasileira de desempenho térmico de edifícios.

Todos percebemram a ferramenta como um facilitador para análises de conforto e sentem-se plenamente capazes de utilizá-la em seus futuros projetos. Os que declararam ainda dificuldade na modelagem, disseram valer a pena o tempo despendido na criação do modelo pela facilidade de obtenção de resultados nas análises. Uma das capacidades mais elogiadas no programa é a análise de sombras e elaboração de cartas solares. Para o funcionamento deste comando o modelo pode ser importado em formato .3ds, (dispensando modelagem no programa de simulação), não é necessário ter um arquivo climático (utiliza apenas latitude e longitude do local) e aplicação de materiais.

A experiência de apresentação de telas capturadas para mostrar a interface de outras ferramentas de simulação não foi suficiente para que os alunos percebessem como o ECOTECT é uma ferramenta amigável face às alternativas de simuladores. Seria interessante: 1) desenvolver pequenas simulações com os alunos utilizando outras ferramentas, como sugere a experiência de Hand e Crawley (1998), para que percebam por si, as dificuldades em sua utilização; e/ou 2) adoção de seminários, elaborados pelos alunos, sobre outras ferramentas de simulação utilizadas por arquitetos, como na experiência de ensino utilizada por Andrade (2004).

Os alunos foram bastante receptivos à simulação de iluminação, o que demonstra que seria produtivo apresentar-lhes também o programa Radiance. O programa EnergyPlus também poderia ser utilizado para análises de desempenho térmico e energético em um pequeno exercício para que os alunos conhecessem a ferramenta. A experiência demonstrou que 30 horas aula são suficientes para ensino da ferramenta ECOTECT e, com um bom planejamento é possível mostrar as duas outras ferramentas sugeridas, (Radiance e EnergyPlus), ambas gratuitas e capazes de importar o modelo gerado pelo ECOTECT.

O conteúdo da disciplina poderia ser melhor assimilado pelos alunos, se ministrado em uma disciplina obrigatória no mesmo semestre que a primeira disciplina de conforto ambiental, para que os alunos possam utilizar a ferramenta na simulação de seus projetos durante os ateliês seguintes. Durante os *ateliês* seguintes, o aluno deve ser incentivado a formular diversas soluções de projeto e analisá-las antes de criarem vínculos afetivos com o projeto, o que dificulta a modificação ou abandono da idéia desenvolvida.

Em diversos exercícios nos laboratórios são apresentados aos alunos alguma ferramenta de simulação (Luz do Sol, Relux, CTCA, etc), o ECOTECT também pode fazer as simulações realizadas por estes programas. Seria mais fácil para o aluno se familiarizar com uma ferramenta capaz de produzir simulações completas a utilizar diversas ferramentas para pequenas análises isoladas.

É fundamental que todo corpo docente, em especial os professores de projeto e de conforto, esteja envolvido com a utilização do programa e incentive os alunos à utilização de simulação. Como nem todos dispõem de tempo para aprender o programa, seria importante que instrutores PED (programa de estágio docente), que acompanham estas disciplinas, tenham a habilidade de utilizar o programa. Para tal é necessário que seja implantado um programa de ensino e treinamento nas ferramentas de simulação indicadas (ECOTECT, Radiance e EnergyPlus).

A utilização da ferramenta de simulação durante aulas de conforto ambiental não pretende eliminar a utilização dos experimentos convencionais, como estudos de insolação com maquetes no heliodon, ou visitas e monitoramento de ambientes. Antes pretende-se seu emprego como mais um instrumento de ensino, capaz de auxiliar no preenchimento da lacuna entre o aprendizado de conceitos de conforto e sua aplicação na prática de projeto, oferecendo inclusive, a oportunidade de aferir os resultados de análises de modelos físicos e simulados. O ECOTECT está, ainda, sendo testado como ferramenta para elaboração de exercícios e jogos didáticos em curso de Ensino à Distância no Projeto TIDIA - Tecnologia da Informação para o Desenvolvimento da Internet Avançada, com financiamento Fapesp e tem por objetivo promover a geração de conhecimentos, formação de recursos humanos e produção científica, tecnológica e de produtos na área da Tecnologia da Informação aplicada à Educação explorando as características da Internet Avançada.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABADIE, M. (2006) Discussion list. EnergyPlus_Support. Mensagem recebida por sdelbin@yahoo.com.br em 31 de jan. 2006.
- AL- SALLAL, K. A. (2006) "Simulation tool for education" [Mensagem pessoal]. Mensagem recebida porsdelbin@yahoo.com.br em 01 fev. 2006.
- ANDRADE, M. L. V. X. de (2004). O ensino da disciplina de informática aplicada à arquitetura: uma experiência pedagógica. In: SIGRADI, 2004, **Anais...**, 2004. p. 95-97.
- BARNABY, C. S. (2001) "Building Simulation in the United States" **In: eSIM 2001. June 2001. (oral presentation)**
- BARTHOLOMEW D., et al (1997) "An application manual for building energy and environmental modeling". In: INTERNATIONAL IBPSA CONFERENCE, 5., 1997, Prague. **Proceedings...** Prague: Building Simulation, 1997
- BITTENCOURT, L. S.; TOLEDO, A. M. (1997) "Ensino de conforto ambiental: mudanças de enfoque e metodologia". In: ENCAC, 4., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, 1997. p. 537-541.
- BONI, F. (1997) "A formação do arquiteto e a área de conforto ambiental - a experiência da Unisinos". In: ENAC, 4., 1997, Salvador. **Anais...** Salvador: ANTAC, p. 598-599..
- COMPAGNON, R. The RADIANCE simulation software in the architecture teaching context. In: INTERNATIONAL CONFERENCE FOR TEACHERS OF ARCHITECTURE, 2., 1997, Firenze. **Proceedings...** Firenze: 1997.
- DANTAS, P. M. C.; CORBELLA, O. D. O ensino do conforto ambiental - destaque para importância do período de ocupação. In: ENCAC, 4., 2001, São Pedro. **Anais...** São Pedro: ANTAC, 2001.
- DELBIN, S. (2006) **Inserção de simulação computacional de conforto ambiental de edifícios em ensino de projeto arquitetônico: proposta de metodologia** Dissertação (Mestrado) Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006, 220p.
- DELBIN, S; SILVA, V. G. da; KOWALTOWSKI, D., LABAKI, L C. (2006) Implementing building energy simulation into the design process: a teaching experience in Brazil... **In: The 23 Conference on Passive and Low Energy Architecture, 2006, Geneva. PLEA 2006. Imprimerie St-Paul Fribourg, 2006. v.II. p.755 – 760**
- FRESTEIRO, R. H.; MÉNDEZ, R. B. A informática como ferramenta de avaliação do conforto ambiental nos cursos de engenharia. In: COBENGE, 2004, **Anais...**, 2004.

- HAND, J. W.; CRAWLEY, D. B. Forget the tool when training new simulation users. **Building performance analysis club**, [S.L.], n. 1, p. 3-5, Spring 1998.
- HAND, J. W., HENSEN, J. L. M. Recent experiences and developments in the training of simulationists. **Proceedings...** Building Simulation 95, Madison, Wisconsin, 1995. p.346-353.1995
- HEINHART, C. (2005) ARCH- 676 **Building Simulation**. 2005 Disponível em: <http://www.arch.mcgill.ca/prof/reinhart/arch676/winter2005/LectureNotes/L1_Overview_Climate.pdf> Acesso 15 jan. 2006.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. K.; LABAKI, L. C. (1993) O projeto arquitetônico e o conforto ambiental: necessidade de uma metodologia. In: ENTAC, 1993, **Anais...** : ANTAC, 1993.
- KOWALTOWSKI, D. C. C. et al (1998). A visualização do conforto ambiental no projeto arquitetônico. In: ENTAC, 3., 1998, Florianópolis. Anais... Florianópolis: ANTAC, 1998.
- KOWALTOWSKI, D.C.C.K. et al (2005) "The Challenges of teaching bioclimatic architectural design". In: PALENC, 2005, Santorini. Proceedings... Santorini, 2005.
- OLIVEIRA, M. M. F.de; MACEDO, I. P. de O. (2005) Uma metodologia de ensino de conforto ambiental. In: ENCAC, 8., 2005, Maceió. **Anais...** Maceió: ANTAC, 2005.
- MARSH, A. (2006) ArchiCAD Summer School: ECOTECH - advanced building physics: One-day course, 2004 . Disponível em <http://www.exmicro.mistral.co.uk/ACUE_www/workshops/ECOTECH_one-day.html> Acesso em 01 mar. 2006a
- ROCHA, I. A. M. (2000) O processo de projeto de arquitetura em ambiente computacional uma experiência de ensino-aprendizagem no curso de Arquitetura e Urbanismo- Universidade do Vale do Rio dos Sinos - UNISINOS - São Leopoldo RGS - Brasil. In: NUTAU, 2000, São Paulo. **Anais...** São Paulo
- SCARAZZATO, P. S. (1999) Recursos computacionais aplicados ao ensino do conforto térmico em arquitetura CTCA: conforto térmico, cálculo e análise. In: ENCAC, 5., 1999, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: ANTAC
- STRAND, R. K.; LIENSEN, R. J.; WITTE, M. J. (2004) Resources for teaching building energy simulation. In: BUILDING SIMULATION US NATIONAL CONFERENCE BOULDER, 2004, **Proceedings...** : IBPSA, . p. 1-8. 2004
- VIANA N. S. (2001) "Análise crítica do ensino de conforto ambiental nas escolas de arquitetura". In: ENCAC, 6., 2001, São Pedro. Anais... São Pedro: ANTAC, 2001.