

## TESTES INICIAIS DO SISTEMA DE MODELAGEM ARCHICAD COMO PRÉ-PROCESSADOR PARA O SISTEMA MESTRE DE ANÁLISE TÉRMICA, LUMÍNICA E ACÚSTICA DE EDIFICAÇÕES

**Aloísio Leoni Schmid (1); Cervantes Ayres Filho (2)**

(1) Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Brasil  
e-mail: [iso@ufpr.br](mailto:iso@ufpr.br)

(2) Programa de Pós-Graduação em Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Brasil  
e-mail: [ceayres@gmail.com](mailto:ceayres@gmail.com)

### RESUMO

Sistemas que simulam o desempenho de edifícios a partir da modelagem sólida, por comportarem um detalhamento variável do domínio em questão, podem gerar modelos razoavelmente precisos, que são repassados aos métodos específicos para análise de cada aspecto do ambiente. O sistema Mestre, desenvolvido para simulação do desempenho térmico, lumínico e acústico surgiu com esta proposta, procurando solucionar problemas referidos a geometrias exatas de edificações. O sistema foi desenvolvido com base em arquivos de dados do tipo texto, em que os edifícios eram lidos através de seus elementos como paredes, pilares ou lajes tratados em pilha de memória. No entanto, tal processo se mostra moroso, em especial quando o sistema é utilizado para propósito didático, como num curso de graduação em Arquitetura e Urbanismo. Apresentam-se aqui os primeiros resultados da utilização do sistema ArchiCAD de modelagem de edifícios em conjunto com o sistema Mestre. Ressalte-se que o ArchiCAD pouco tem em comum com os sistemas de desenho por computador mais usuais (CADs genéricos), pois representa objetos físicos através de elementos tridimensionais aos quais podem ser atribuídas características do objeto real. Em contraste, os CADs genéricos representam objetos físicos de forma mais abstrata, em geral como agrupamentos de linhas. Considerando-se a similaridade de concepção dos objetos tridimensionais representados tanto pelo ArchiCAD, como pelo sistema Mestre, espera-se uma ágil transição da etapa de desenho (modelagem) para a de simulação.

Palavras-chave: simulação; modelagem tridimensional; modelagem integrada de edifício (BIM)

### ABSTRACT

Building analysis systems which simulate performance on the basis of a solid modelling allow a variable degree of detail of the analysis domain. More accurate models are generated and can thus fit the needs of each kind analysis to be done on the environment. The Mestre system, developed for the simulation of the thermal, acoustical and visual performance of buildings, is based on such an assumption of shape integrity, dealing with the exact geometry of buildings. The system was developed on the basis of text-type data files in which buildings were input element by element, (wall by wall, beam by beam, etc.) in a memory stack fashion. However, such a data input was proved to be too time consuming, particularly when the system is used for educational purposes. This paper presents the first results of the combined use of the ArchiCAD modeling system with the Mestre analysis system. It should be stressed that ArchiCAD does not resemble conventional CAD systems (generic CAD), as it represents physical by means of three-dimensional elements to which some features of the real object can be assigned. In contrast, the generic CAD system represent physical objects in an abstract fashion, by means of points, lines and surfaces. Considering the similarity of 3-D objects as represented by ArchiCAD as well as by the Mestre system, an agile transition from the designing (modeling) phase to the modeling phase can be expected.

Keywords: simulation; 3-D modelling; building integrated modelling (BIM)

## 1. INTRODUÇÃO

A simulação do desempenho ambiental de edifícios tem experimentado significativo desenvolvimento nas últimas duas décadas. Produtos comerciais têm surgido, tornados mais ou menos acessíveis aos projetistas. No primeiro caso, prestam-se ao uso por especialistas. No segundo, servem ao amplo público e, de maneira especial, revelam-se instrumentos didáticos ao demonstrar o peso que têm as decisões de projeto. Mencione-se como exemplos, para análise do desempenho térmico dois sistemas desenvolvidos nos EUA, TRNSYS (KLEIN, 2001), VisualDoe (ARCHENERGY 2007) e, no Brasil, o sistema Arquitrop (USP, 2007); para análise da iluminação natural, o sistema Radiance (RADIANCE, 2007), desenvolvido nos EUA; para análise da adequação acústica, o sistema dinamarquês Odeon (ODEON, 2007), e para análise de exposição ao ruído o sistema Soundplan (BRAUNSTEIN & BERNDT, 2007). Como iniciativa de abordar todos os problemas citados num único sistema, mencione-se o britânico Ecotect (ECOTECT, 2007), que vem ganhando popularidade entre projetistas.

O presente trabalho trata de um sistema brasileiro, o Sistema Mestre, apresentado por Schmid (2001; 2001 a, 2004; 2006), foi utilizado em quatro diferentes turmas, por dois anos consecutivos, como instrumento educativo no curso de Arquitetura e Urbanismo da UFPR. Objetivo era mostrar aos alunos de segundo e terceiro ano que as decisões de projeto têm conseqüências imediatas no desempenho ambiental dos edifícios projetados.

Em 2005 foi utilizado o módulo térmico/energético (resultando na marcha horária de temperaturas para cada cômodo, em função da arquitetura e da energia de calefação fornecida). Havia duas turmas: uma de segundo ano, incumbida do projeto de uma residência, e outra de terceiro ano, incumbida do projeto de uma Escola de Arquitetura. Ambas as tarefas se tratavam da última proposta, no ano letivo, pelos professores de projeto integrado. Na ocasião, o professor da disciplina Conforto Ambiental I (segundo ano) e Conforto Ambiental II (terceiro ano) e dois monitores.

Em 2006, foi utilizada uma nova versão do Mestre. Como novidade, acrescentou-se a possibilidade de representação de sombras provocadas pelo sol em dado conjunto de data e hora. Acrescentaram-se funções de visualização de coordenadas e eventual correção da geometria prévia à execução do programa. novamente o módulo térmico/energético com uma turma de segundo ano. O projeto em pauta era de uma biblioteca de bairro. Na turma de terceiro ano, o projeto em pauta era de um auditório com capacidade para 500 pessoas. Foi utilizado o módulo de análise de adequação acústica, desenvolvido entre 2005 e 2006, e próprio para cálculo do tempo de reverberação, coeficientes de clareza, e ainda um pós-processamento permitindo a auralização (audição de exemplos musicais, produzidos a partir de gravações anecóicas de música e sua convolução com a resposta impulsiva calculada para o projeto).

Embora se possa considerar atingido o objetivo, nas quatro turmas pode se considerar que foi uma atividade desgastante. O Sistema Mestre, até então, utilizava procedimento de entrada de dados em arquivos-texto, contendo parâmetros numéricos, até formar uma pilha de objetos como paredes, pilares, materiais e zonas. Quando uma equipe de alunos conseguia completar seu modelo, a análise apontava a necessidade de modificações. Se a substituição de materiais era elementar, envolvendo a troca de um único número no arquivo-texto, a alteração da geometria (como por exemplo a criação ou eliminação de aberturas) mostrou-se morosa e foi evitada.

Os alunos, em avaliação não sistemática reconheceram um certo valor da atividade; porém, reivindicaram mais facilidade na entrada e modificação dos dados, tendo sugerido que se desenvolvesse uma comunicação entre o AutoCAD e o Mestre. Ora, tal idéia foi refutada de início, pois dificilmente se concebe uma transição de pontos, linhas e superfícies para um objeto ocupando porção definida e não negociável do espaço, e ainda dotado de massa e de outras propriedades físicas.

No entanto, a partir da proposta de um dos autores, usuário do ArchiCAD, surgiu a iniciativa de desenvolver em parceria a interface de comunicação entre os dois sistemas, que é o objeto deste trabalho.

O ArchiCAD (GRAPHISOFT, 2007) é um *software* de projeto arquitetônico cujo desenvolvimento teve início em meados da década de 1980, pela empresa húngara Graphisoft. Atualmente o software encontra-se na décima versão, e é considerado um dos produtos mais desenvolvidos no segmento que ocupa. Desde a sua criação, sua proposta foi abordar a atividade de projeto da perspectiva do arquiteto,

e não do desenhista. Dessa forma, para permitir que o projetista concentre seus esforços na concepção formal e nas soluções espaciais e técnicas, e não na produção do desenho, o *software* se encarrega de gerenciar automaticamente as informações necessárias à documentação do projeto.

O problema de pesquisa que se apresenta é: como intercambiar um modelo de edifício entre o sistema ArchiCAD e o Sistema Mestre, evitando com isso o atual processo de entrada dos dados geométricos através de arquivo texto?

Supôs-se que a construção de uma interface entre o ArchiCAD e o Sistema Mestre seria uma solução mais rápida que a construção de uma interface própria (inserida no Sistema Mestre) para a entrada visual e interativa dos dados para a construção dos modelos dos edifícios. Primeiramente, pelo fato de o ArchiCAD já possuir uma interface completa, intuitiva e estável para a entrada desses dados. Além disso, a estrutura de *software* utilizada no ArchiCAD permite a inserção de novas funções ao programa básico, através da utilização de um conjunto de ferramentas de programação disponibilizadas pelo fabricante a desenvolvedores independentes.

## **2. OBJETIVOS**

O objetivo da pesquisa é identificar e desenvolver, numa versão inicial, uma combinação de novas rotinas específicas a serem adicionadas ao ArchiCAD, e de adaptações das rotinas já existentes no Sistema Mestre, para facilitação e agilização do processo de análise ambiental dos projetos.

## **3. METODOLOGIA**

Mais que uma discussão de método, relata-se aqui a seqüência das etapas necessárias ao estabelecimento da interface ArchiCAD – Mestre.

Etapa 1: orientação aos usuários: preparação de uma série de instruções ao usuário de ArchiCAD para que, nesta etapa, produza os elementos minimamente necessários para a geração de modelos para análise no Mestre, antes de acrescentar detalhes que não seriam aproveitados nas análises térmica, lumínica ou acústica;

Etapa 2: geração de saída em texto: modificação dos métodos do ArchiCAD para geração de saída em formato-texto, na linguagem C, de modo a registrar as variáveis comumente utilizados pelo Mestre;

Etapa 3: modificação do Mestre de modo abrir arquivos gerados no ArchiCAD e complementar os modelos, incluindo:

Etapa 3.1: geração de dados de conectividade das zonas para a análise térmica (isto é, criação de zonas com definição de inércia térmica devida a objetos ali contidos e também definição de marchas horárias de geração de calor e taxas de ventilação e climatização; atribuição de uma zona do lado de dentro, e outra zona do lado de fora de cada parede ou pavimento definido);

Etapa 3.2: atribuição de materiais;

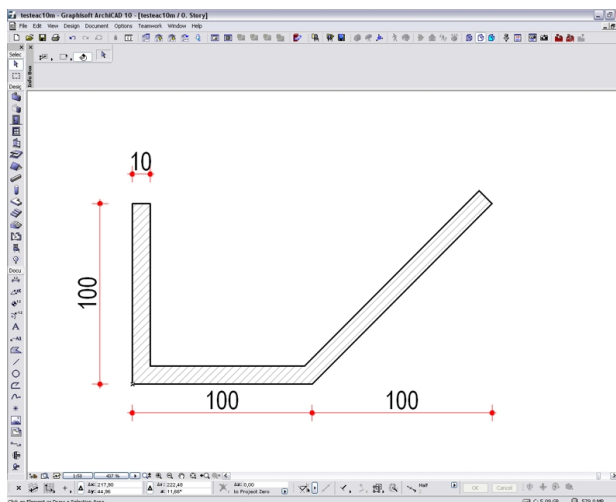
Etapa 4: definição de condições particulares de cada análise (antes feitas no arquivo-texto): data e hora, nebulosidade, ângulo de rotação do conjunto, densidade da malha de insolação e escalas dos gráficos.

Depois destas quatro operações, continuará existindo o arquivo-texto. Entretanto, ele será criado e modificado somente durante a utilização de programas de alto nível (interface gráfica), não mais em editores de texto.

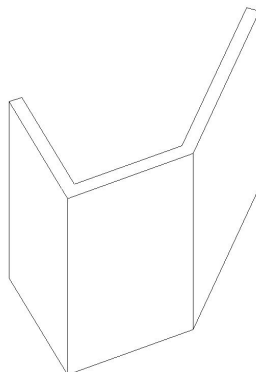
## **4. RESULTADOS**

A etapa 1 correspondeu à seleção dos parâmetros ArchiCAD úteis à modelagem no Mestre. Uma simples parede definida produz um conjunto de XXX variáveis.

A etapa 2 foi realizada mediante cuidadoso trabalho de modificação do método do ArchiCAD que produz saída no formato-texto. As figuras abaixo exemplificam a geração de um segmento de arquivo-texto já legível ao Mestre como parte de uma pilha.



**Ilustração 1 - exemplo de parede no ArchiCAD, em planta**



**Ilustração 2 - exemplo de parede no ArchiCAD, em perspectiva**

```
//Arquivo exportado do AC10 para o programa Mestre
//
//Paredes
//
//p x y z azi alt larg esp h mat zf zi n
//
p 0.1 0 0 90 0 1 0.1 2 66 0 0 25 Parede 90
p 0 0 0 0 0 1 0.1 2 66 0 0 25 Parede 0
p 1 0 0 45 0 1.41421 0.1 2 66 0 0 25 Parede 45
//Fim do documento exportado
```

**Ilustração 3 - trecho de arquivo de dados para o Mestre, gerado em método acrescentado ao ArchiCAD**

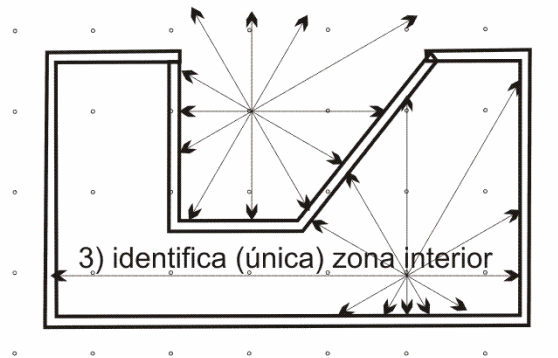
Etapa 3.1: geração de dados de conectividade das zonas para a análise térmica (isto é, criação de zonas com definição de inércia térmica devida a objetos ali contidos e também definição de marchas horárias

de geração de calor e taxas de ventilação e climatização; atribuição de uma zona do lado de dentro, e outra zona do lado de fora de cada parede ou pavimento definido);

- aqui, será implementado um algoritmo de identificação de espaços, a compreender os seguintes passos:
  - identificam-se pontos de coordenadas ortogonais (X,Y,Z) extremas do domínio em pauta;
  - gera-se malha de pontos para identificação de zona, com espaçamento menor que a menor dimensão das superfícies;
  - de cada um deste ponto, geram-se NN direções e identifica-se quais as superfícies encontradas por vetores partindo do ponto, em cada direção;
  - cada zona diferente (isto é, cada diferente espaço fechado) ganha um número ascendente, até percorrida toda a malha;
  - o usuário recebe solicitação de atribuir variáveis básicas a cada zona identificada, inclusive duas zonas externas (o ar externo e o solo externo);
  - o usuário recebe solicitação de atribuir um material a cada elemento sólido ou presente no modelo; para tanto, o sistema Mestre oferece uma lista de materiais com propriedades físicas pré-definidas, ou permite ainda criação de novos materiais;
  - ao solicitar uma nova simulação, o usuário ainda é solicitado a definir condições gerais como data e hora no caso de simulação térmica; coordenadas de fonte e ouvinte, no caso de acústica; condições do céu, no caso da simulação lumínica.

1) Loop por toda a malha →  
(Aqui representada em planta)

2) identifica zona exterior



3) identifica (única) zona interior

**Ilustração 4 - algoritmo de reconhecimento de zonas**

Uma ilustração do procedimento de reconhecimento de zonas é apresentada na Ilustração 4.

## 5. DISCUSSÃO

Deve-se considerar que os testes práticos realizados no Mestre foram feitos pelos próprios autores, os quais não têm o distanciamento crítico de um usuário no seu dia-a-dia, de estudante ou de profissional.

O Sistema Mestre continua exigindo do usuário a entrada dos mesmos dados que anteriormente, embora de forma diferente. Para efeito didático ou profissional, a simulação sugere pleno conhecimento do objeto modelado e simulado. No entanto, a criação e as modificações do modelo geométrico devem ser enormemente facilitadas.

Com isso espera-se que o uso do sistema Mestre possa se popularizar como ferramenta auxiliar de projeto. No entanto, este desenvolvimento depende, também, da disseminação do ArchiCAD, o qual, por sua vez, demanda do usuário uma abordagem diferenciada durante as etapas do projeto.

## 6. CONCLUSÕES

Nesta pesquisa mostrou-se a viabilidade de se associar um sistema de simulação do desempenho físico de edifícios – o Mestre – a um sistema de projeto arquitetônico já amadurecido comercialmente – o ArchiCAD, - com vantagens já evidentes na geração de modelos. Uma das grandes vantagens poderia ser maior agilidade na criação e reparação de modelos, permitindo o exame de um número maior de alternativas de soluções arquitetônicas nas fases de estudo preliminar e anteprojeto.

Outra seria um efeito de sinergia: a maior popularização, principalmente entre estudantes, do ArchiCAD, sistema de projeto por modelagem do tipo *building information modelling*. Os autores acreditam em expressivo acréscimo de produtividade e qualidade no processo de projeto associado ao uso de tal ferramenta.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

SCHMID, A. L. . *Simulação de desempenho térmico em múltiplas zonas: MESTRE, um sistema brasileiro na linguagem Java* In: VI Encontro Nacional e III Encontro Latino-americano sobre Conforto no Ambiente Construído, ANTAC: S. Pedro (SP), 2001.

SCHMID, A. L. . *Daylighting and Insolation in High-density Urban Zones: How Simulation Supported a New Law in Curitiba*. In: Building Simulation 2001, 2001, Rio de Janeiro. Building Simulation 2001, 2001. v. 1.

SCHMID, A. L. . *Simulação da luz natural: combinação dos algoritmos de raytracing e radiação e suas aplicações na Arquitetura*. Ambiente construído, Porto Alegre, v. 4, n. 2, p. 51-59, 2004.

SCHMID, A. L. . *Acústica arquitetônica e auralização no sistema Mestre de simulação de edifícios*. Pôster e artigo apresentado nos anais do encontro anual da Sociedade Brasileira de Acústica. SOBRAC: São Paulo, 2006.

USP – LABAUT. Páginas sobre sistemas computacionais disponíveis para *download* no endereço: [http://www.usp.br/fau/pesquisa\\_sn/laboratorios/labaut/conforto/conforto.html](http://www.usp.br/fau/pesquisa_sn/laboratorios/labaut/conforto/conforto.html). Acesso em 14/05/2007.

GRAPHISOFT. *GraphiSoft ArchiCAD 10 Reference Guide*. Obtido da *GraphiSoft Homepage*, que está disponível em <http://www.GraphiSoft.com> Acesso em 14/05/2007.

RADIANCE. Páginas do sistema de análise *Radiance*, disponíveis em <http://www.radiance-online.org>. Acesso em 14/05/2007.

KLEIN, S.A. et al. *TRNSYS 15, A transient simulation program*. Solar Energy Laboratory, Universidade de Wisconsin, Madison, Wisconsin, USA, 2001.

ARCHENERGY. Páginas a respeito do sistema de análise *Visual Doe 4.0*. Disponíveis no endereço <http://www.archenergy.com/products/visualdoe/>, acesso em 14/05/2007

ODEON. Páginas a respeito do sistema de análise *Odeon* disponíveis no endereço <http://www.dat.dtu.dk/~odeon/about.htm>, acesso em 14/05/2007.

BRAUNSTEIN & BERNDT. Páginas a respeito do sistema de análise *Soundplan*, disponíveis no endereço <http://www.soundplan.com>, acesso em 14/05/2007.

ECOTECT. Páginas a respeito do sistema de análise *Ecotect*, disponíveis no endereço [www.ecotect.com](http://www.ecotect.com), acesso em 14/05/2007.