

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Construção Civil

ISSN 0103-9830

BT/PCC/434

**Uma Proposta para Disponibilizar
Sistemas de Simulação pela Internet**

**Marco Antonio Yamamoto
Cheng Liang Yee**

São Paulo - 2006

O presente trabalho é parte da dissertação de mestrado apresentada por Marco Antonio Yamamoto sob orientação do Prof. Dr. Cheng Liang Yee: "Uma Proposta para Disponibilizar Sistemas de Simulação pela Internet", defendida em 29/09/2005, na EPUSP.

A íntegra da dissertação encontra-se à disposição com o autor e na biblioteca de Engenharia Civil da Escola Politécnica/USP.

FICHA CATALOGRÁFICA

Yamamoto, Marco Antonio

Uma proposta para disponibilizar sistemas de simulação pela internet / Marco Antonio Yamamoto, Cheng Liang Yee. -- São Paulo : EPUSP, 2006.

12 p. -- (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Construção Civil ; BT/PCC/434)

1. Construção civil (Simulação computacional) 2. Internet
I. Cheng, Yee Liang II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Construção Civil III. Título
IV. Série
ISSN 0103-9830

Uma proposta para disponibilizar sistemas de simulação pela Internet

Marco Antonio Yamamoto; e-mail: marco.yamamoto@poli.usp.br

Cheng Liang Yee; e-mail: cheng.yee@poli.usp.br

Resumo

O trabalho investiga uma forma de divulgar ferramentas computacionais para simulação do desempenho de edificações, através da Internet. O objetivo central deste trabalho é aproveitar programas de simulação computacional existentes e com a ajuda das técnicas para projetos de programas e sistemas computacionais, entre elas a engenharia de *software*, procurar as melhores soluções para atender o perfil de usuário dos projetistas da construção civil e arquitetura, inclusive estudantes destas áreas. A partir da análise das peculiaridades dos programas de simulação e das formas tradicionais de distribuição de software, que muitas vezes apresentam características negativas para difusão da tecnologia, o trabalho apresenta uma proposta para disponibilizar os programas através da Internet, adotando uma estrutura cliente/servidor de aplicação remota. O sistema, formado pela disponibilização do pré e do pós-processamento via Internet e a simulação executada em um servidor remoto dedicado, possibilita a monitoração e controle das simulações realizadas, permitindo com isso, a intervenção dos desenvolvedores para realizar correções e/ou sugestões ao usuário nos casos com dados de entrada inconsistentes. Isso reduz os problemas e contribui para aumento da satisfação do usuário final.

O sistema concebido é baseado em dois servidores, um para páginas *web* e outro exclusivo para executar o *solver* de simulação, que armazenam dados e resultados em banco de dados e arquivo. A arquitetura baseada em dois servidores apresenta a vantagem de permitir melhor distribuição da carga de trabalho entre os dois

equipamentos, além de proporcionar maior facilidade de manutenção e capacidade de ampliação da capacidade de processamento (escalabilidade).

Um protótipo, baseado em um programa de simulação da ventilação, foi implementado com a função de comprovar a viabilidade técnica da solução proposta e permitiu a análise inicial da sua eficiência e eficácia. A popularização desta tecnologia poderá beneficiar as camadas menos favorecidas da população, através do seu baixo custo para projetar construções com maior conforto térmico, e contribuir para a economia de energia devido à diminuição da necessidade de utilização de soluções ativas, como o ar condicionado, em edificações com desempenho térmico mais eficiente.

Abstract

This work investigates a way to provide computational simulation system for evaluating building performance. The particular characteristics of simulation systems and the traditional ways for software distribution sometimes cause unwanted results on diffusion and application of the computational simulation in Architecture and Civil Engineering. The goal of this work is to develop an Internet based simulation system with client/server architecture, accessible to a largest possible number of users, requiring little learning time and a practical tool for building design. The proposed system is based on a client/server structure with two servers: a server for web page hosting and a server for the core solver of the simulation program. This structure presents advantages such distribution of the loads, easy maintenance and scalability. Also, it makes possible the monitoring and control of the simulations carried out by remote users, correction of the inconsistent input data by the program provider and feedbacks to the users. In order to certify the technical feasibility of the proposed system, a prototype based on a program for the simulation of ventilation in building is implemented by using approaches of software engineering methodologies and object oriented design. The results of the initial analysis illustrate its effectiveness and the efficiency.

1 Introdução

1.1 Visão geral

Segundo Tsou (2001), a previsão do comportamento e a avaliação do desempenho de uma edificação são tarefas importantes que deveriam ser executadas pelos arquitetos ou projetistas. A avaliação de desempenho abrange a estabilidade estrutural, acústica, iluminação, conforto térmico, ventilação e a qualidade interna do ar.

As abordagens disponíveis atualmente para análise e avaliação do desempenho são: experimental, analítica e numérica computacional. Entretanto, especificamente sobre os fenômenos da ventilação e trocas térmicas, observa-se que o projeto, relativamente a estes aspectos, se resume exclusivamente em seguir as determinações dos códigos de obras. As principais razões para isso parecem ser o alto custo dos estudos experimentais e as limitações das abordagens analíticas para tratamento dos fenômenos não lineares. Dentro deste contexto, a simulação do desempenho das edificações pode assumir um papel importante na fase do projeto devido à possibilidade de certificar a qualidade da edificação antes da construção.

Em conjunto com a evolução dos microcomputadores pessoais, o desenvolvimento das técnicas de simulação computacional tem permitido novas perspectivas para a investigação dos fenômenos de ventilação e trocas térmicas em ambientes semifechados. Além do baixo custo, rapidez e precisão dos resultados, as abordagens numérico-computacionais apresentam outras vantagens com flexibilidade para modelar geometrias complexas e considerar fenômenos não-lineares.

Atualmente suas aplicações são bastante difundidas e agregadas no cotidiano dos projetos mecânicos, navais e aeronáuticos há muito tempo. No momento que uma aeronave realiza o seu primeiro vôo experimental, muito dos possíveis problemas de concepção já foram detectados nas fases iniciais de projeto com a ajuda de muitas horas de simulações em túneis de ventos computacionais.

A Engenharia Civil e a Arquitetura são áreas em que os avanços computacionais são absorvidos e adotados mais lentamente que outros setores e as técnicas de simulação computacional para estudos de conforto térmico das edificações, por exemplo, a

dinâmica dos fluidos computacional (*Computational Fluid Dynamics* - CFD), são ainda raramente utilizados nas fases do projeto. Entre os motivos desta defasagem, podemos citar:

- Aqueles relacionados às características do mercado da construção civil, onde a escala dos empreendimentos é menor e as empresas de projeto são de pequeno porte.
- Aqueles relacionados a própria tecnologia da simulação computacional, que tem poucos casos de sucesso na construção civil e apresenta pouca facilidade de uso. Além disso, a simulação computacional exige de seus usuários alguns conhecimentos sobre as técnicas de simulação. Isto demanda em muitas horas de aprendizado e treinamento, além da necessidade de dispor de microcomputadores relativamente poderosos e de alto custo (HAM et al., 1997).

Por outro lado, uma característica singular da construção civil consiste no fato de, na maior parte dos casos, o protótipo ser o próprio produto final. Sendo assim, qualquer falha não detectada na fase de projeto resultará em problemas concretos da construção, que normalmente só aparecem depois da ocupação e são conseqüentemente, de difícil solução. Portanto, apesar de ainda ser uma ferramenta pouco difundida entre engenheiros civis e arquitetos, por ser uma alternativa eficiente e flexível, a simulação computacional pode proporcionar benefícios e melhorias significativas na qualidade das construções.

Como parte do esforço para a difusão da simulação computacional na área e a sua inserção dentro do processo do projeto arquitetônico, este trabalho discute algumas características fundamentais dos sistemas de simulação computacional e procura identificar os gargalos intrínsecos das abordagens numérico-computacionais relacionados à difusão da tecnologia.

Além disso, um protótipo do sistema é proposto como medida eficiente de acesso e divulgação da tecnologia. Ele foi implementado com a ajuda de técnicas para projetos de programas e sistemas computacionais, entre elas o projeto de software

orientado a objetos e a engenharia de software, com a finalidade de determinar as melhores soluções para atender o perfil dos usuários envolvidos nos projetos de construção civil e arquitetura. Ao mesmo tempo, a validação da estrutura física do sistema foi feita através de testes de comunicação entre cada componente do sistema.

1.2 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é:

- Propor um sistema para disponibilizar e divulgar programas de simulação computacional através da Internet.

A estrutura proposta tem o objetivo de ser uma plataforma de distribuição genérica para programas de simulação, devendo apresentar flexibilidade para ser adaptada, dentro de certos limites, para programas de simulação diferentes. Esta estrutura terá a finalidade de facilitar a interface entre o usuário final e os programas.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- Definir os procedimentos para desenvolver o sistema proposto utilizando algumas metodologias propostas pela engenharia de software;
- Implementar o sistema proposto e aplicá-lo para a simulação da ventilação, como caso de estudo, utilizando a linguagem Java;
- Analisar o funcionamento e identificar as vantagens e desvantagens do sistema implementado, com a ajuda de um desenvolvedor de solver e um usuário final.

2 Modelo proposto

Mesmo que a construção civil seja um segmento onde as expectativas de curto prazo para adotar soluções da Tecnologia da Informação não se concretizam, é importante pesquisar e divulgar ferramentas como a simulação computacional.

No mercado mundial, existem diversos programas que simulam os mais variados tipos de escoamento. Muitas empresas oferecem soluções completas que abrangem desde a definição geométrica do problema, passando pela geração de malhas até as ferramentas de visualização científica. Mas seus custos de aquisição, manutenção e renovação periódica de licenças de uso se tornam fatores que dificultam muito a sua adoção. Por outro lado, existem versões mais simples desenvolvidas e disponibilizadas por universidades para pesquisa, e que não podem ser utilizadas para fins comerciais (FORTUNA, 2000).

Tradicionalmente, a distribuição dos programas de simulação, que é um dos meios de difusão da tecnologia de simulação computacional, é realizada através duas formas básicas: como softwares comerciais e como programas de domínio público.

Independente da forma de distribuição, o que se tem observado é que muitos projetistas, de posse dos programas de simulação, acabam frustrados apesar da sua grande motivação inicial em adotá-los no processo de projeto. Além da falta de uma interface amigável, muito se deve ao desconhecimento e a indisponibilidade de assistência ou informações sobre os métodos empregados: os prós e contras; as considerações importantes sobre os parâmetros que influenciam os resultados; os limites de validade dos programas, etc. As experiências malogradas tendem a fomentar a descrença e o descontentamento sobre o uso das técnicas de simulação e afastam os potenciais usuários da tecnologia. Como consequência, ao invés de ajudarem na difusão da simulação, as formas tradicionais de distribuição muitas vezes geram efeitos adversos.

Portanto, este trabalho propõe e implementa um sistema de distribuição que procura atender algumas das necessidades levantadas.

A seguir analisaremos a estrutura básica de um sistema de simulação e enfocando os problemas relativos a simulação da ventilação, que será utilizado como caso de estudo neste trabalho. Por fim, apresentamos a estrutura do de distribuição sistema proposto, que visa contribuir para minimizar os problemas apontados.

2.1 Estrutura de um sistema de simulação

O processo de simulação numérica baseada em CFD pode ser dividido em três etapas principais, conforme pode ser observado na Figura 2.1. A fase de pré-processamento é realizada com a ajuda de programas especiais, que auxiliam o especialista a transformar as características geométricas do experimento em dados numéricos que são armazenados em um arquivo. Posteriormente este arquivo é acessado pelo programa principal (*solver*) que analisa os dados de entrada e processa a simulação, gerando um arquivo com os resultados. Para analisar os resultados, um terceiro programa é necessário para convertê-los de formato numérico para um formato gráfico mais amigável e de fácil interpretação.

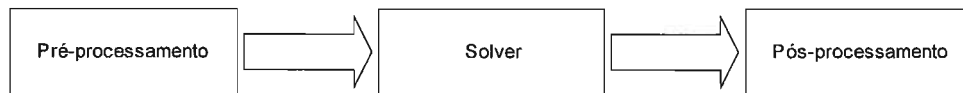


Figura 2.1 - Fluxo de funcionamento do sistema

Todo este processo de gerar arquivos de entrada, executar o programa e importar o arquivo de resultados para um visualizador é complicado e não faz parte do cotidiano dos arquitetos e engenheiros que atuam nos projetos da construção civil.

2.2 Sistema de distribuição proposta

Como solução eficaz para a difusão da simulação computacional e a inserção desta no processo do projeto, a proposta do sistema é aproveitar a evolução dos computadores pessoais e da Internet, estabelecendo um vínculo que proporcione um canal aberto de comunicação entre o desenvolvedor e o usuário.

A arquitetura do sistema é idealizada para ser genérica e capaz de disponibilizar programas existentes, na forma em que se encontram, com mínimas alterações no sistema. No caso dos programas legados permite criar módulos de entrada e saída independente do programa principal, com interface mais amigável, a serem veiculados pela Internet e executados em computadores pessoais dos usuários.

No presente trabalho para a construção de um protótipo do sistema limitaremos a implementação a um laboratório virtual didático para ventilação. Isso porque, além

da aplicação da tecnologia no ensino, é uma medida importante para a formação de uma nova geração de profissionais preparadas para abraçar a tecnologia. A preocupação com a questão do sigilo de informações, que é uma questão fora do escopo deste trabalho, é menor dentro do meio acadêmico. O programa de simulação da ventilação a ser utilizado é uma versão inicial, com recursos relativamente limitados, de um *solver* desenvolvido no LabCad¹ por Motezuki, Cheng e Pipinel (2005).

Enfocando a simulação computacional dos fenômenos de ventilação, o sistema foi batizado de Eos, a deusa do amanhecer na mitologia grega e mãe dos quatro ventos: Boreas (vento norte), Notos (vento sul), Euros (vento leste) e Zephyros (vento oeste) e a sua concepção inicial pode ser observada na Figura 2.2.

O sistema disponibiliza o pré e o pós-processador na Internet, através de um servidor *web*, como base da estrutura cliente local e servidor de aplicativo remoto. Desta maneira, a modelagem dos casos a serem simulados, as solicitações para executar a simulação e a interpretação dos resultados podem ser feitas através de um microcomputador pessoal conectado na Internet.

No pré-processador proposto, o destaque é dado na imposição das condições de contorno, onde são inseridas as informações sobre as características geométricas das edificações. Estas características são definidas por meio de um editor gráfico, com o qual o usuário pode desenhar a planta baixa da edificação que será simulada.

Deste modo, a entrada de dados torna-se tão simples e interessante quanto desenhar o croqui de uma planta baixa. Ao mesmo tempo, permite a checagem de consistência dos dados de entrada, filtrando, na medida do possível, os casos que violam os limites de validade do programa. Com um pré-processamento mais interativo e intuitivo, espera-se uma redução significativa do tempo de análise. O desenho gerado será armazenado em uma base de dados remota e posteriormente processado.

¹ LabCad – Laboratório de Projeto Assistido por Computador – Departamento de Engenharia de Construção Civil – Escola Politécnica da USP

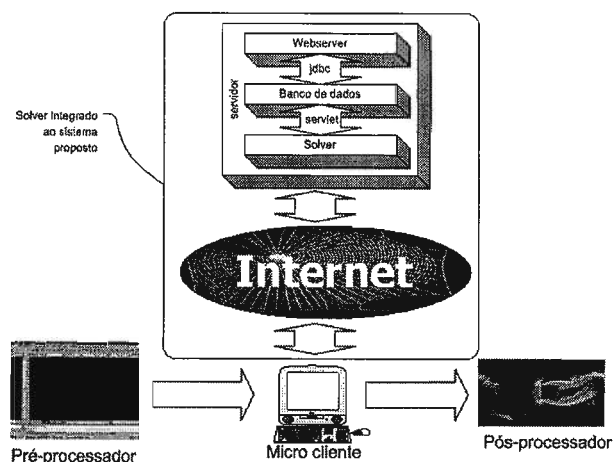


Figura 2.2 – Concepção inicial do sistema

A simulação computacional propriamente dita é feita em um servidor de aplicação dedicado. Os resultados da simulação serão armazenados na base de dados e disponibilizados para o usuário através de um pós-processador com visualização gráfica.

A Tabela 3.1 apresenta um comparativo entre o método tradicional e o uso do sistema de distribuição proposto, em relação às dificuldades e a necessidade de processamento para uma simulação computacional. Através dela podemos concluir que, com a alocação dos processos de cálculo que requer elevada capacidade de processamento em servidores remotos e dedicados, o sistema proposto permite maior facilidade de uso em todas as etapas da simulação e desobriga o usuário final dispor de um microcomputador pessoal com alta capacidade de processamento.

Método	Parâmetro	Pré-processador	Solver	Pós-processador
Tradicional	Facilidade de uso	Difícil	Médio	Médio
	Dificuldade de Processamento	Baixo	Alto	Baixo
Eos	Facilidade de uso	Fácil	Fácil	Fácil
	Dificuldade de Processamento	Baixo	Baixo	Baixo

Tabela 2.1 - Comparativo entre o método tradicional e o sistema Eos²

² A necessidade de processamento leva em consideração o microcomputador do usuário final

3 Desenvolvimento e implementação

O projeto do sistema é fundamentado em duas disciplinas principais: a usabilidade e a engenharia de software. Os conceitos de usabilidade foram adotados para garantir satisfação do usuário final e os conceitos da engenharia de software, que também enfoca a satisfação do usuário final, para gerenciar melhor os riscos de projeto e as dificuldades de implementação. A metodologia de projeto adotada para desenvolver o sistema é o projeto de software orientado a objeto, que é edificada sobre conceitos como abstração, ocultação (encapsulamento) de informações e modularidade. São conceitos importantes em projeto de software (PRESSMAN, 1995) porque permitem melhorar a organização e o reuso dos componentes.

Outra vantagem dos projetos de programas computacionais orientados a objeto é a sua abordagem para representar os atores, processos e regras de um micro-mundo real, dentro de um sistema computacional.

Esta abordagem utiliza como ponto de partida um “domínio do problema” que pode ser definido como uma área específica de atividade ou conhecimento, com seus conceitos e terminologias adotados e conhecidos por todos os profissionais que atuam na área analisada (BOOCH, RUMBAUGH e JACOBSON, 1999).

No caso do sistema Eos, o domínio do problema pode ser definido com a necessidade de disponibilizar e divulgar um programa de simulação da ventilação, através da Internet, profissionais e estudantes de arquitetura e engenharia civil.

3.1 A estratégia de desenvolvimento adotada no projeto

A estratégia de implementação foi baseada na adoção de 3 paradigmas de desenvolvimento propostas pela engenharia de software: modelo em cascata, prototipação e modelo espiral (PRESSMAN, 1995). A Figura 3.1 apresenta uma combinação dos três paradigmas para o desenvolvimento do sistema, onde o modelo espiral é a estrutura principal e o modelo cascata e a prototipação são utilizados no seu quadrante “engenharia”.

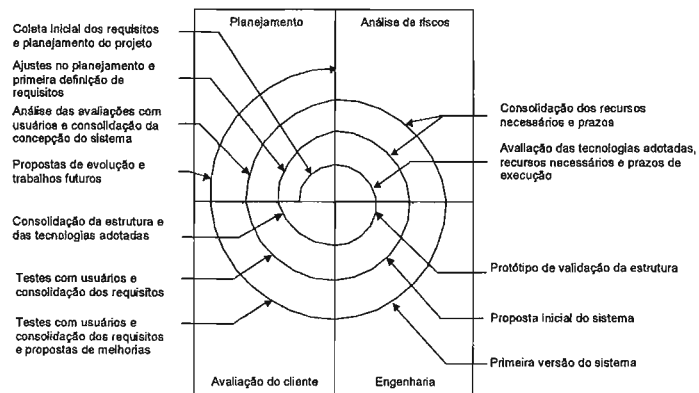


Figura 3.1 – Estratégia de desenvolvimento do sistema

(Adaptado de PRESSMAN, 1995)

O planejamento deste trabalho dividiu o desenvolvimento do sistema em 2 ciclos de desenvolvimento, onde o primeiro ciclo tem o objetivo provar a viabilidade técnica da concepção proposta e o domínio das tecnologias envolvidas. O segundo ciclo procura apresentar um protótipo do sistema, consolidar os requisitos inicialmente previstos e coletar novas necessidades através dos testes realizados. Os resultados do segundo ciclo também ajudarão a definir novas diretrizes para o aprimoramento do sistema, que poderão ser implementados em trabalhos futuros.

3.2 Estrutura de funcionamento do sistema

Na fase final do projeto do sistema identificou-se a necessidade de se acrescentar um servidor exclusivo para se executar o *solver*. Esta necessidade foi identificada devido à possibilidade de alguns casos de simulação consumirem muitos recursos do computador que o hospeda, podendo prejudicar o funcionamento do servidor *web*. Com a nova configuração é possível viabilizar a distribuição de carga entre dois equipamentos, melhorando o desempenho do sistema como um todo.

A estrutura final do sistema pode ser observada na Figura 3.2. O sistema é baseado em dois servidores: o primeiro (*WebServer*) tem como função hospedar as páginas HTML do sistema, controlar o acesso dos usuários e trabalhar como servidor de banco de dados. O segundo servidor (*SolverServer*) tem a função exclusiva de realizar a simulação propriamente dita. A adoção desta configuração apresenta a

vantagem de distribuir a carga de trabalho, facilidade de manutenção e possibilidade de ampliação da capacidade de processamento, sem comprometer a estrutura do sistema.

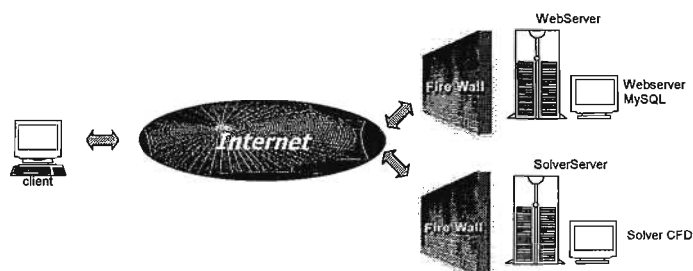


Figura 3.2 – Estrutura física do sistema

A solicitação da execução de uma simulação é feita por meio do *applet* de pré-processamento disponibilizado pelo WebServer. Assim que receber a requisição, um *servlet* intermediário, hospedado no WebServer e cuja função é fazer a ponte entre o *applet* cliente e o servidor de aplicação (SolverServer), é acionado para repassar a solicitação para o SolverServer. Este *servlet* intermediário é necessário devido as exigências de segurança do navegador de Internet do cliente, que permite o *applet* se comunicar somente com o computador do qual ele foi descarregado.

Para viabilizar a estrutura de comunicação entre o *applet* e os *servlets*, foi adotada a solução Java RMI (*Remote Method Invocation*) que permite o processamento distribuído. Os sistemas distribuídos são baseados em processamentos computacionais executados em espaços diferentes, normalmente em servidores diferentes, com a capacidade de se comunicar entre si. As aplicações RMI sempre são divididas em pelo menos dois programas separados: um cliente e um servidor. No caso específico do sistema Eos, todas as funcionalidades de simulação numérica estão encapsuladas nos objetos remotos do servidor e podem ser acionadas (ou invocadas) pelo *applet* cliente através da troca de mensagens entre eles. Este encapsulamento permite a conexão do sistema com qualquer outro programa de simulação, na forma em que se encontram, fazendo apenas pequenas alterações na interface entre o sistema e o programa.