

Antes do Second Life e do GoogleEarth: A utilização da simulação baseada na web para o estudo de processos operacionais

Ilan Chamovitz
ilan@ufrj.br

Francisco Sabbadini
sabbadini01@yahoo.com.br

Paulo Souza Jr.
pr_juniorbr@yahoo.com.br

Mário J. de Oliveira
mario_jo@pep.ufrj.br

Universidade Federal do Rio de Janeiro - COPPE/PEP – RJ, Brasil

RESUMO

A simulação baseada na Web provê recursos para a representação de alguns aspectos da realidade e inclui basicamente duas áreas: simulação e World Wide Web. A simulação pode ser aplicada para simplificar um modelo durante estudos de processos operacionais. A Web oferece um canal que pode ser usado para desenvolvimento, teste e disseminação de processos operacionais. O crescimento contínuo da Internet provoca mudanças: modelos podem ser construídos colaborativamente, via Web, e diversos podem ser compartilhados por um número significativo de usuários. Este trabalho apresenta diversos aspectos da simulação baseada na Web e sugere algumas tendências relacionadas ao estudo de processos operacionais.

Palavras-Chave: Simulação baseada na Web, Simulação, Processos Operacionais

1. INTRODUÇÃO

A simulação baseada na World Wide Web abrange aspectos da Web e da simulação. A Web vem apresentando um impacto significativo no campo da computação em geral e no campo da simulação em particular. A simulação pode ser definida como a reprodução de um processo do mundo real ou de um sistema, durante um período de tempo (BANKS, 1984). A crescente facilidade de conexão, a diminuição do custo de acesso e a disseminação do conhecimento utilizando-se as novas tecnologias de informação e comunicação promovem, com o passar dos anos, mudanças nos comportamentos de pesquisadores, professores, alunos, empresas e dos profissionais. Fica cada vez mais fácil um gerente controlar e gerir a produtividade de sua equipe a distância, durante uma viagem internacional. Em outro exemplo, especialistas têm acesso, em segundos, à imagem disponível da pista de pouso, antes do acidente aéreo em julho de 2007 (figura 1), utilizando na Web o programa GoogleEarth (GoogleEath, 2007). Dias após o acidente, vídeos com simulação já estavam disponíveis em http://br.youtube.com/results?search_query=simulador+acidente+congonhas.



Figura 1. Local do acidente aéreo no aeroporto de Congonhas, São Paulo, Acessado pelo programa GoogleEarth, disponível na Internet.

A tecnologia já permite a realização de atividades em laboratórios virtuais, independente da localização de pessoas e de instrumentos. Por exemplo, após o preenchimento de um formulário na web, pode-se agendar uma observação astronômica remota, via Internet (INPE 2006). Outro exemplo seria a utilização de um ambiente virtual desenvolvido em 2003, chamado Second Life (<http://secondlife.com>), que hoje é bastante divulgado para simulação de jogos e, também, para pesquisa operacional.

Neste contexto da simulação, retornamos a 1996 quando, a partir de 3 artigos apresentados em uma sessão técnica do Winter Simulation Conference (FISHWICK, 1996; BUSS & STORK, 1996; NAIR *et. al.*, 1996), surgia um novo campo de estudos - a simulação baseada na Web, que compreende aspectos técnicos, operacionais, de natureza diversa como arquitetura, ferramentas, linguagem e aplicações, que serão especificados ao longo do artigo e que tornam este tema interessante, abrangente e difuso.

Esta pesquisa não pretende esgotar o tema, mas contribuir para o entendimento acerca da simulação baseada na Web e apontar algumas tendências para o futuro de sua aplicação em estudos de processos operacionais. A pesquisa é exploratória, essencialmente qualitativa, e foi realizada em 2006, durante a disciplina de Tópicos Especiais em Simulação, em um curso de pós-graduação *stritu sensu* de uma universidade federal. A metodologia utilizada é descrita na seção 2. A seção 3 apresenta o conceito e a relevância da simulação baseada na Web. A seção 4 descreve o surgimento da *web simulation* na Pesquisa Operacional. A seção 5 é dedicada à simulação, ambientes de desenvolvimento e são apresentadas algumas aplicações disponíveis na Web. Na seção 6 são apresentados os temas e as áreas de aplicação. Na seção 7 são apresentadas as tendências para o futuro e exemplos - na área de gerência de processos, disponíveis na Internet. As conclusões finalizam o artigo, na seção 8.

2. METODOLOGIA

A pesquisa foi estruturada seguindo uma metodologia específica de busca e registro, utilizada anualmente pelo professor da disciplina de Simulação, no Programa de Engenharia de Produção, com o objetivo de acompanhar a evolução de determinadas áreas da Pesquisa Operacional, no campo da simulação a eventos discretos. A proposta metodológica é de que alunos do ano corrente pesquisem e complementem as informações já organizadas pelos alunos do período anterior, do modo a formar um repositório de conhecimento em permanente atualização.

Para este artigo, o processo de investigação foi realizado para coletar e estruturar informações sobre *Web-Based Simulation*, identificada como um campo novo de estudo e ainda em desenvolvimento, englobando recursos tecnológicos da Web combinados com a tecnologia de simulação. A metodologia utilizada compreende 5 aspectos: 1) sobre as organizações de pesquisa, envolvidas com a área pesquisada; 2) os principais pesquisadores que desenvolvem projetos; 3) as conferências realizadas ou agendadas. 4) dentro de cada conferência, identificam-se os temas englobados naquele ano e 5) para cada tema, quantos trabalhos foram selecionados.

A partir de uma lista de trabalhos por tema, os alunos preparam uma relação de títulos com os nomes dos autores de cada trabalho que consideram inovadores. O material é analisado em aula pelos discentes e os documentos produzidos são armazenados no servidor do grupo de Pesquisa Operacional do Programa de Pós-graduação. Parte do material está disponível para acesso em

<http://api.adm.br/websimulation.htm>. Para complementar o trabalho, foi realizada uma pesquisa exploratória na literatura e na Internet.

As tendências são baseadas na verificação de novos temas e na evolução tecnológica. Para registrar e organizar os eventos pesquisados, foi utilizada a técnica de Redes Sistemáticas (BLISS, MONK & ORGBORN, 1983) e um *software* que permitiu registrar na Web, em um só local e de forma sistêmica, as informações sobre os sites pesquisados.

3. A IMPORTÂNCIA E A ABRANGÊNCIA DA SIMULAÇÃO BASEADA NA WEB

PAGE & OPPER (1999) citam o princípio da separação de conceitos (DIJKSTRA, 1976), que afirma que o principal objetivo da maioria dos sistemas de software é a corretude. A corretude é baseada em se considerar primeiramente os aspectos de design do software, independentemente da infra-estrutura que servirá para a execução do sistema. A separação das etapas de modelagem e de execução promovem mudanças nestas duas fases. Assim, o ambiente de simulação que oferece a infra-estrutura para a execução da simulação deve aceitar a modelagem previamente desenvolvida e permitir a sua implementação. Page oferece seis princípios que servem para diferenciar a simulação baseada na Web da tradicional, e servem para prever algumas mudanças no processo de simulação. A tabela 1, adaptada de (PAGE & OPPER, 1999) constam os princípios e algumas questões pertinentes.

Tabela 1. Princípios e questões de simulação baseada na Web (adaptação a partir de PAGE & OPPER, 1999).

Princípios para simulação na web	Questões pertinentes
Proliferação de objetos digitais	Identificação de responsáveis pelos objetos, problemas de segurança, direitos de propriedade e de uso dos objetos; excesso de objetos disponíveis, problemas de validação e pesquisa.
Disseminação de padrões de software	Importante para a interoperabilidade de aplicações e para a modelagem ou uso de componentes. Ex. CORBA, UML, OLE/COM, HLA.
Construção por composição	Aplicações podem ser composições de objetos digitais, acessíveis via web. Apenas funcionalidades não existentes devem ser codificadas.
Aumento da abordagem “tentativa-erro”	Desenvolvimento da modelagem ganha velocidade: o modelo de simulação pode ser testado, alterado e novamente testado...
Proliferação de uso de simulação por leigos	Com a disseminação de componentes via web, pessoas despreparadas tem acesso e podem utilizá-los de forma indevida.
Arquitetura multi-camada e sistemas multi-linguagens	Em uma simulação, componentes podem ser desenvolvidos para construir modelos para execução repetitiva, e outra linguagem pode ser utilizada para auxiliar na execução dos modelos em tempo real.

A Simulação baseada na Web foi classificada por Page e Opper (1999) em cinco áreas:

- *Simulação como hypermídia*: A produção, armazenamento e recuperação de documentos textuais, imagens, áudio e vídeo utilizando a Internet oferece facilidades para o treinamento a distância, educação e capacitação baseada em simulação.
- *Metodologia da Pesquisa em Simulação*: modelos podem ser rapidamente disseminados na Web. A publicação de artigos e divulgação de resultados mudam o comportamento de

pesquisadores, professores e estudantes. Novas abordagens para realização de pesquisa são estudadas e implementadas.

- *Acesso baseado em Web para programas de simulação:* esta área inclui a execução remota de simuladores hospedados em um computador servidor de aplicações, utilizando navegadores (browsers) e, também, códigos que podem executar simulações em computadores-cliente.
- *Modelagem e simulação distribuída:* esta área inclui atividades que usam tecnologias orientadas para Web, tais como CORBA, Java e RMI, como infraestrutura para suportar a execução de simulação distribuída. Jogos com Internet e plataformas para cooperação no desenvolvimento e modelagem de simuladores também estão incluídos nesta área.
- *Simulação da World Wide Web:* Modelagem e análise da Web para otimização e performance estão incluídos nesta área.

Os autores não limitam apenas a estas categorias, mas percebemos que muitos trabalhos podem ser classificados em uma ou mais, inclusive com superposição das mesmas. Isto pode ser apreciado ao identificarmos os temas que fizeram parte da primeira conferencia Internacional de Modelagem e Simulação baseadas na web (WEBSIM98 1998).

4. HISTÓRICO DA WEB E DA SIMULAÇÃO BASEADA NA WEB

A Web foi criada a partir de um projeto da CERN (Organização Européia para Pesquisa Nuclear), chamado ENQUIRE, iniciado por Tim Berners-Lee em 1989. Basedo no conceito de hipertexto, o projeto visava, principalmente, permitir que pesquisadores compartilhassem informações. O primeiro website foi ao ar em 1991. Em 30 de abril de 1993, foi anunciado pela CERN que a World Wide Web seria gratuita para todos. A década de 90 foi marcada pela evolução da WWW. Em 1995 houve um esforço grande, a partir do desenvolvimento de diversos grupos de trabalho e, como consequência, o ano de 1996 foi marcado por inovações, pela versão HTML 3.2 da linguagem de hipertexto. Nesta versão foram adicionados diversos recursos como tabelas, applets e textos em torno de imagens, sobrescrito e subscrito.

Neste mesmo ano (1996), foram apresentados os primeiros artigos sobre web-based simulation numa sessão técnica na Winter Simulation Conference, inicialmente como parte da área temática de metodologia de modelagem. A partir de 2000 passa a ser uma área específica da WSC. O interesse crescente e a relevância do tema ficam evidentes com a criação em 1998 da primeira Conferência Internacional de Modelagem e Simulação baseada em Web. Além disso, com base nos arquivos da International Modeling and Simulation Multiconference, identificou-se a Web-Simulation como uma seção temática específica, da Annual Simulation Symposium onde se podem encontrar diversas abordagens como em HUANG E MILLER (2001), HOLMES ET AL (2001), BELFORE ET AL (2001), HOLMES ET AL (2002), MILLER ET AL (2002), LIMA FILHO E HIRATA (2002), BRUZZONE E ORSONI (2003), TRUONG (2004). HUANG E MADEY (2005). De 1999 até 2005 os principais pesquisadores envolvidos com o tema desenvolveram simuladores e muitos estão disponíveis na Internet até hoje. O anexo I, apresenta uma compilação das principais áreas, pesquisados e instituições envolvidas com a simulação baseada na Web. A tabela 2 apresenta uma síntese cronológica, baseada nos trabalhos apresentados nas edições da WSC de 1996 a 2005.

Tabela 2. Síntese do desenvolvimento da *Web-Based Simulation* (Baseado na WSC e ANSS, 1996-2005)

Ano	Posicionamento	Tópico de sessão temática
1996	Tópico de sessão temática	Conceitos, Simulação a eventos discretos na Web e Linguagem Java para ambiente de simulação
1997	Tópico de sessão temática	Web-Based Simulation baseada em Java, Linguagem de simulação de processos baseada em Java e Modelagem de filas e redes baseada em Java.
1998	Tópico de sessão temática	Arquitetura, Método das três fases em Java e Ambientes de simulação
1999	Tópico de sessão temática	Simulação em rede baseada na Web (CORBA), Arquitetura, processamento de dados on-line em modelos de simulação e visualização de simulação a eventos discretos distribuída
2000	Sessão temática abordando Web-Based e Java-Based Simulation	Otimização da simulação a eventos discretos distribuída baseada na Web, simulação de sistemas distribuídos baseada na Web, VRML e motor de busca baseado em Java para UML.
2001	Sessão temática específica Web-Based Simulation	Aplicações em Supply Chain e APL, simulação paralela, sistema de treinamento
2002	Sessão temática específica Web-Based Simulation	Suporte para a simulação de projetos, Aplicações em manufatura, Linguagem SRML (Simulation Reference Markup Language) e simulador SR (Simulation Reference Simulator), Web Services, Projetos de simulação e B2B.
2004	Sessão temática e renomeada para Tecnologias de simulação possibilitadas pela WEB dividida em 03 sub áreas temáticas: 1) Governo e Defesa; 2) Ferramentas e aplicações em XML; 3) Ferramentas, linguagens e aplicações possibilitadas pela WEB.	Arquitetura de sistema de alto nível, simulação paralela a eventos discretos, ambientes de simulação baseada em XML, modelagem de simulação, simulação Supply Chain baseada em XML.
2005	Sessão temática e renomeada para Tecnologias de simulação possibilitadas pela WEB. Neste ano aparece dividida em 02: 1) Simulação em redes de computadores e distribuída; e 2) Aplicações possibilitadas pela web.	Simulação de infra-estrutura de redes de computadores, consistência de dados em infraestrutura de alta performance, modelos de simulação on-line, modelagem e simulação de sistemas complexos baseados em XML.

Para facilitar o acesso aos principais trabalhos desenvolvidos envolvendo Simulação baseada na web, o autores estão construindo redes sistêmicas (BLISS, MONK & ORGBORN, 1983) para estruturar e organizar conceitos sobre o assunto. A ferramenta utilizada para construção das redes é o GRS – Gerador de Redes Sistêmicas na Web (CHAMOVITZ & ELIA 2003). Para acessar as redes basta acessar o programa no endereço do Projeto GRS e digitar o código das redes (396 e 397) no campo de atalho. A rede 396 contém links para os sites dos principais eventos de Simulação na Web, estruturada por ano de realização do evento. A rede 397 apresenta

as principais categorias relacionadas com Simulação baseada na Web. Para conhecer melhor as Redes Sistemáticas e o GRS acesse <http://www.nce.ufrj.br/ginape/GRS>. Para acessar o programa clique no link GRS, localizado no menu lateral da página principal do projeto. A figura 2 apresenta a tela do GRS e a rede 396, com algumas páginas abertas a partir do clique nos links dos eventos realizados a partir do ano de 1998.

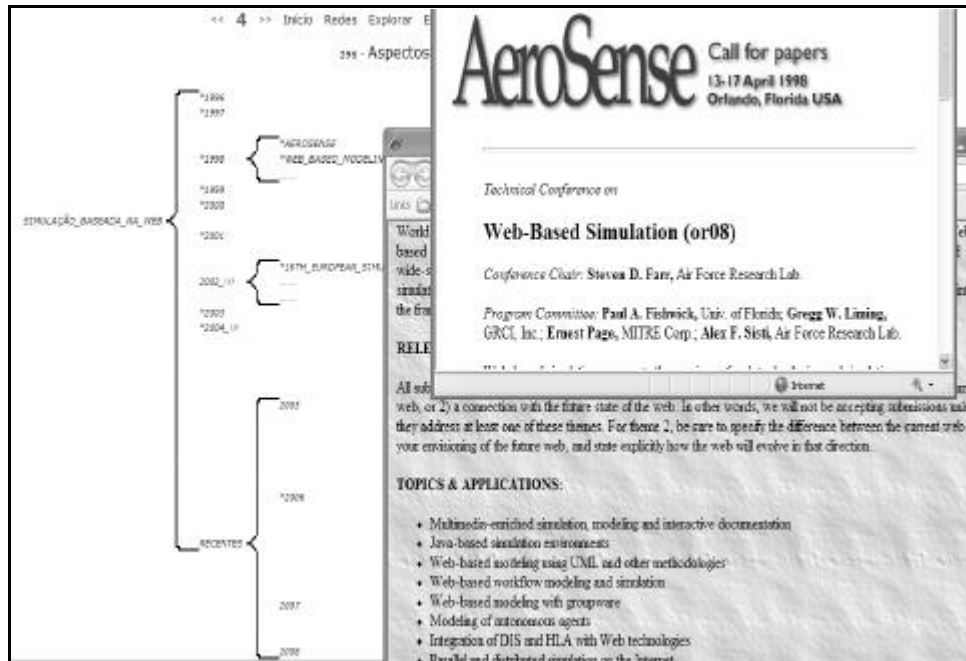


Figura 2. Rede sistêmica 396, com acesso aos principais websites de eventos sobre simulação (Fonte: <http://www.api.adm.br/GRS>)

5. SIMULAÇÃO E AMBIENTES DE DESENVOLVIMENTO

Alguns modelos de simulação podem ser desenvolvidos para serem executados no servidor – um computador central, que coloca disponível o aplicativo. Outros modelos são executados na própria máquina do cliente, após serem copiados, via web. Maiores detalhes sobre a execução de simulação baseada na web podem ser recuperados no trabalho de REICHENTHAL (2002). O autor reintroduz a simulação baseada na web pelo ponto de vista do desenvolvedor de software e, também, apresenta uma linguagem e um simulador, ambos construídos em pesquisas na Boeing: a linguagem SRML – Simulation Reference Markup Language e o simulador SR (Simulation Reference simulator).

A utilização da abordagem de orientação a objetos revelou-se adequada para a construção de modelos de simulação baseada na Web. A construção de componentes de software, reutilizáveis, independentes de plataforma e escaláveis, permite o aumento da velocidade de desenvolvimento de software e uma minimização dos custos. A web oferece a oportunidade de colaboração e cooperação. Desenvolvedores disseminam conhecimentos e constroem, a distância e em grupo, componentes de software, que ficam disponíveis na web. Neste contexto, tecnologias baseadas em componentes facilitam a interoperabilidade.

A linguagem Java permite uma abordagem orientada a objeto, compatível com o ambiente de simulação. É independente de plataforma, é composta por módulos voltados para modelagem e simulação. Ambientes de desenvolvimento facilitam o desenvolvimento de componentes ou de

aplicações: JBuilder, da Borland, é um exemplo. A Microsoft e a Sun também construíram ambientes para desenvolvimento em Java, que permitem, em diversos casos, a produção de software utilizando-se janelas, arrastando e soltando elementos gráficos, inserindo valores em caixas de texto, clicando em botões, sem a necessidade de se digitar código em editores de texto. Alguns ambientes permitem a geração do modelo graficamente e, com apenas alguns cliques, constroem a aplicação, gerando o código, e o programa, pronto para ser executado.

6. TEMAS ABORDADOS EM EVENTOS E ÁREAS DE APLICAÇÃO

A utilização da simulação em diversas áreas foi estendida, graças à utilização de plataformas baseadas na Web e de componentes, que permitem a distribuição e o reuso de código em programas de computador. A partir dos Programas dos Congressos em Simulação Baseada na Web foram coletados tópicos pertinentes, apresentados na tabela 3:

Tabela 3. Tópicos em Simulação Baseada na Web

<ul style="list-style-type: none"> • Metodologia e Ferramentas • Computação de alta performance e grande escala • Verificação, validação e certificação • Educação e jogos • Simulação em meio ambiente, ecologia, biologia e medicina • Ambiente de simulação baseada na Web (WSE) • Simulação Interativa Distribuida baseada na web (WDIS) 	<ul style="list-style-type: none"> • Técnicas e Padrões para integração de modelos • Comunicação e Interoperabilidade em WSE and WDIS • WSE e WDIS em aplicações de educação, treinamento e aprendizagem. • Simulation visualization/animation in WSE and WDIS • Simulação Distribuida baseada na Web • Linguagens e ferramentas para simulação discreta • Compartilhamento e reuso de modelos de simulação e ferramentas em ambientes de simulação baseada na web - WSE
---	---

Diversas aplicações vêm sendo desenvolvidas e distribuídas via Web. A lista não pretende esgotar a totalidade das aplicações existentes e possíveis, mas tão somente contribuir para uma compilações relacionada ao tema. O sucesso de uma organização depende fundamentalmente da eficiência e da efetividade de seus processos de negócio. Neste sentido a combinação das tecnologias web e da simulação a eventos discretos contribuem significativamente para o entendimento e a identificação de oportunidades de melhorias significativas nas operações e nos seus processos, compreendendo aspectos operacionais, táticos e estratégicos. Na tabela 4 estão relacionadas as principais áreas onde a simulação baseada na Web vem sendo utilizada.

Tabela 4. Áreas de aplicação da Simulação Baseada na Web

<ul style="list-style-type: none"> • Sistemas automotivos • Imagens • Robótica • Eletrônica, Informática e Telecomunicações • Logística • Transportes • Gestão da Saúde • Realidade Virtual e simulações gráficas em aplicações industriais e comerciais • Aquisição, organização e representação do conhecimento 	<ul style="list-style-type: none"> • Modelagem de Sistemas Complexos • Aeroespacial • Marinha • Design em produção Industrial • Engenharia de Processos • Energia • Engenharia Petroquímica • Militar • Verificação, validação e certificação • Educação, treinamento e aprendizagem;
--	---

conhecimento <ul style="list-style-type: none"> • Modelagem cognitiva • Problema de tomada de decisões • Prova de teoremas • Visão computacional 	jogos <ul style="list-style-type: none"> • Modelagem da performance humana • Planejamento • Raciocínio aproximado • Reconhecimento de padrões
--	---

Métodos estatísticos são utilizados para programação da produção, acompanhamento de vendas, auditoria, controle de processos operacionais, na indústria, comércio e em serviços. Para estudar os modelos estatísticos, por exemplo, o Rice Virtual Lab in Statistics pode ser acessado no endereço <http://www.ruf.rice.edu/~lane/rvls.html>, e oferece aplicativos com demonstrações estatísticas: ANOVA, distribuição binomial, Chi-Quadrado, Intervalo de Confiança, Distribuições, T-test, entre outras.

Alguns autores também oferecem páginas na web com uma lista de aplicativos e modelos desenvolvidos por seus grupos ou explorados em outros sítios. Na página do professor Fishwick (<http://www.cise.ufl.edu/~fishwick/websim.html>) existem vários exemplos de demonstrações e simulações: Simulação de Monte Carlo híbrida, tráfego rodoviário, transporte ferroviário, entre outras. Na figura 3 é apresentada a aplicação que simula o tráfego metroviário na cidade de Los Angeles, Califórnia - Estados Unidos.

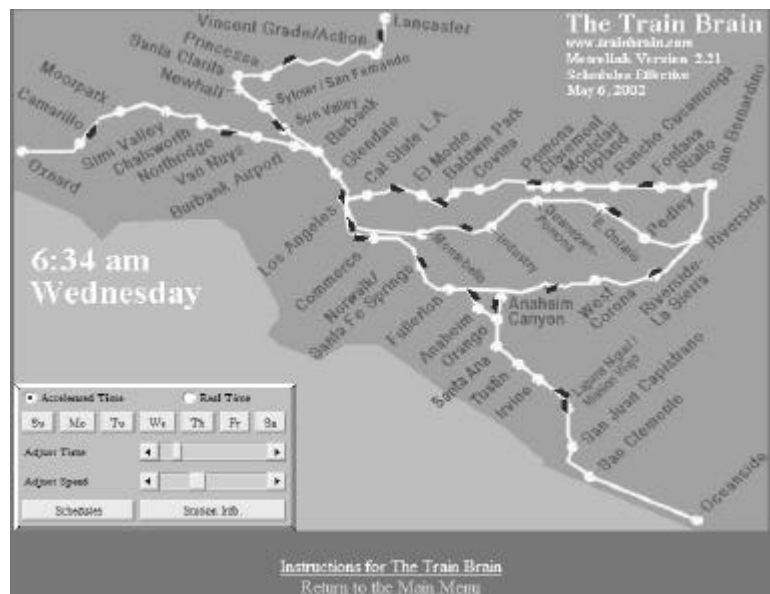


Figura 3. Metrolink

Fonte: <http://www.trainbrain.com/metrolink.html>

Outra fonte de aplicações e assuntos relacionados a simulação baseada na web é a página do projeto MITRE, finalizado em 1999. A página, apesar de não estar sendo atualizada, apresenta várias referências e pode ser acessada a partir do endereço <http://www.thesimguy.com/Projects/websim/survey/text.html>. Alguns modelos podem ser executados em servidores centrais por meio de programas instalados nos servidores – Common Gateway Interface (CGI), outros são executados no cliente, ou seja, na própria máquina do usuário, utilizando applets Java.

Aplicações em Web-Based Simulation voltadas para processos operacionais podem ser encontradas em diversas áreas, sendo que algumas destas serão apresentadas a seguir. LULAY E REINHART (1998), apresentam a utilização das tecnologias Web associadas a um modelo hierárquico de simulação, para a tomada de decisão com o objetivo de agilizar o processamento de pedidos e aumentar a flexibilidade em unidades de produção descentralizadas. A partir desse trabalho os autores identificaram a customização do modelo pelo uso dos recursos tecnológicos combinados (Web e simulação) e desenvolveram um sistema assistente de simulação para monitoramento da produção, contribuindo para a tomada de decisão locais em consonância com os objetivos globais, relacionados a unidade de produção descentralizadas.

SEILA E MILLER (1999) apresentam uma aplicação baseada em Web-Based Simulation para avaliação de desempenho e tomada de decisão. Neste estudo os autores avaliaram um serviço de emergência hospitalar sob diversos aspectos e detalham os passos e requisitos relativos ao modelo de simulação e ao ambiente de desenvolvimento do mesmo.

CHANDRASEKARAN ET AL (2002) apresentam um estudo relacionando serviços Web com simulação, no qual utilizam estas tecnologias para o avaliação de um serviço de compras pela internet através da simulação dos processos com o objetivo de identificar oportunidades de melhoria. Os autores desenvolveram uma ferramenta, Web Services Designer Tool (WSDT), a qual associada ao software de simulação JSIM, permite acompanhar visualmente os processos Web em ação antes da sua implementação, possibilitando um melhor entendimento das operações.

Em projetos de simulação há necessidade de atividades cooperativas que envolvem uma intensa comunicação entre os participantes. HENRIKSEN ET AL (2002) apresentam o Web Based Simulation Center (WBSC) que foi desenvolvido com o intuito de dar suporte, a partir de ferramentas disponíveis na Web, a especialistas de vários campos envolvidos em projetos de simulação. O conceito compreende o desenvolvimento e o gerenciamento de projetos de simulação de forma colaborativa na qual consultores e desenvolvedores distintos, separados geograficamente, podem atuar de maneira interativa e operacionalmente. Em colaboração com universidades, o protótipo do software WBSC foi aplicado em um projeto de simulação B2B.

GRAUPNER ET AL (2002) utilizaram Web-Based simulation e animação para auxiliar o trabalho de equipes de vendas no acompanhamento dinâmico da demanda individualizada de produtos em função das necessidades dos consumidores. A ferramenta desenvolvida permite configurar, simular e animar um sistema de manufatura via internet, funcionando como um sistema de apoio à decisão para estes profissionais. Após a simulação é possível visualizar o modelo em 2D/3D além de avaliar a performance do sistema.

MORAES ET AL (2002) utilizaram os recursos tecnológicos da Web para uma simulação virtual multiusuário, na qual estudam o processo de chegada de pacientes numa unidade de saúde e o comportamento das filas.

Uma aplicação utilizando técnicas de simulação paralela a eventos discretos é descrita por RABELO ET AL (2004), com o objetivo de representar o paralelismo funcional estruturado presente no fluxo de operações relacionadas ao lançamento de naves do sistema de transportes da NASA. Os autores apresentam um ambiente paralelo síncrono para emulação e simulação a eventos discretos que permite simular o ciclo de vida operacional do lançamento espacial e possibilita a customização utilizando Java 3D e VRML (Virtual Reality Modeling Language). Uma aplicação envolvendo simulação da cadeia de suprimentos pode ser vista em CHATFIELD ET AL(2004) e em operações espaciais da NASA em Park (2005).

7. TENDÊNCIAS FUTURAS

A Web 2.0 reforça alguns conceitos, baseados em colaboração. Usuários passam a ser mais responsáveis pelo conteúdo da web. Aplicativos que hoje estão nos computadores de cada indivíduo, passam a ficar disponíveis na Web. Assim, com apenas o sistema operacional e o navegador, um aluno pode utilizar um editor de texto que está disponível na Web e salvar o texto produzido em um servidor-web, acessível por um endereço web (URL). Estando em outro ambiente físico ou em outro país, um colega pode alterar o arquivo e salvá-lo também. Este procedimento vale para planilhas, bancos de dados e aplicativos. Vale também para desenvolvimento de modelos de simulação. E mais: após construir o modelo, o responsável pode colocá-lo na web, disponível para teste.

A partir da pesquisa efetuada foram identificadas algumas tendências para o futuro da Web-Base simulation, compreendendo particularmente esforços de pesquisados, empresas e universidades no sentido melhorias nas seguintes áreas:

- arquitetura de alta performance, construção de ambientes de simulação baseados em recursos tecnológicos da Web, Simulação de operações on-line, em tempo real e com a captação de dados para a execução de simulações a partir da internet;
- Aplicações em 3D, visualização em 3D, modelagem e animação via internet e realidade virtual;
- Desenvolvimento de ferramentas, plataformas, linguagens e simuladores baseados nas tecnologias da Web;
- Modelagem flexível, ambiente gráfico integrado;
- Multimodelagem e simulação em ambiente colaborativo e em tempo real.
- Simulação distribuída e paralela a eventos discretos;
- Sistemas de treinamento por simulação via Web; e
- Simulação virtual multiusuário baseada na Web.

8. CONCLUSÃO

A pesquisa realizada demonstra a amplitude, a relevância e as oportunidades relacionadas com a simulação baseada na Web, considerando-se o fórum de debates, os pesquisadores e as instituições envolvidas com o tema e as áreas de aplicação identificadas e particularmente no que diz respeito ao estudo e ao entendimento de processos operacionais. Neste campo a Web-Based simulation contribui significativamente como ferramenta de apoio à decisão com implicações gerenciais e estratégicas importantes. O crescimento do acesso via web, a disseminação de componentes e aplicativos com modelos e simuladores cresce cada vez mais.

Dentre os benefícios oferecidos se encontra a possibilidade da construção de modelos em cooperação, o compartilhamento de softwares e a construção coletiva do conhecimento que resultam numa maior compreensão dos processos, mais agilidade, eficiência e eficácia para os gestores. No mesmo sentido contribuem efetivamente para a solução de problemas.

Quanto aos riscos podemos considerar que muitos problemas com a utilização de simuladores na Web estão relacionados com o excesso de informação, a necessidade de validação de grande quantidade de componentes disponíveis e da informação oferecida.

9. REFERÊNCIAS

- BANKS, J. Coord. (1998) “Handbook of simulation – principles, methodology, advances, applications, and practice”. John Wiley & Sons.
- BERNERS-LEE, T. (1990) - Information Management: A Proposal. CERN, March 1989, May 1990. Disponível em <http://www.w3.org/History/1989/proposal.html>. Acesso em junho de 2006.
- BELFORE, L.A.; CHITITHOTI, S. Multiuser extensions to the interactive Land Use VRML application (ILUVA). Proceedings of the 34th Annual Simulation Symposium, 2001.
- BLISS, J., MONK, M., OGBORN, J. (1983) Qualitative Data Analysis for Educational Research: A guide of systemic networks. London: Croom Helm.
- BRUZZONE, A.; ORSONI, A. AI and simulation-based techniques for the assessment of supply chain logistic performance. Proceedings of the 36th Annual Simulation Symposium, 2003
- BUSS, A.R. Describe-Event simulation on the World Wide Web using Java. Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference .
- CHAMOVITZ, I. ; ELIA, M.F. (2003) Gerador de redes sistêmicas: um instrumento de apoio a pesquisa na Web. SBC2003. Rio de Janeiro
- CHATFIELD, D.C.; HARRISON, T.P. e HAYYA, J.C. XML-Based supply chain simulation modeling. Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference .
- DIJKSTRA, E.W.(1976). A discipline of Programming, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- FISHWICK, P. A. Web-Based simulation: some personal Observations. Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference.
- GOOGLEEARTH (2007) – Disponível em <http://earth.google.com/>. Acesso em julho de 2007.
- GRAUPNER, T.; RICHTER, H. e SIHN, W. Configuration, simulation and animation of manufacturing system via internet. Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference.
- HENRIKSEN, J.O.; LORENZ, P; HANISCH, A. OSTERBURG, S. SCRIBER, T.J. Web Based Simulation Center: professional support for simulation projects. Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference.
- HOLMES, V.P.; LINEBARGER, J.M.; MILER, D.J. VANDERWART, R.L. Envolving the Web-based distributed SIPDO Architecture for High-Performance Visualisation. Proceedings of the 34th Annual Simulation Symposium, 2001.
- HOLMES, V.P.; KLEBAN, S.D.; MILLER, D.J.; PAVLAKOS, C.; POORE, C.A., VANDERWART, R.L. An architecture and implementation to support large-scale data access in scientific simulation environments. Proceedings of the 35th Annual Simulation Symposium, 2002.
- HUANG, X ; MILLER, J.A. Building a Web-Based Federated Simulation System with Jini and XML. Proceedings of the 34th Annual Simulation Symposium, 2001.
- HUANG, Y.; MADAY, G. Autonomic Web-Based simulation. Proceedings of the 38th Annual Simulation Symposium, 2005.
- INPE (2006) Instituto de Pesquisas Espaciais - Miniobservatório Astronômico. Disponível em <http://www.das.inpe.br/miniobservatorio/index.php>. Acesso em junho de 2006.
- LULAY, W.E.; REINHART, G. Coordinating order processing in decentralized production units using hierarchical simulation models and web-technologies. Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference.
- LIMA FILHO, H.A.S.; HIRATA, C.M. GroupGraph: a collaborative hierarchical graph editor based on the internet. Proceedings of the 35th Annual Simulation Symposium, 2002.

- MILLER, J.A.; CARDOSO, J; SUKVER, G. Using simulation to facilitate effective workflow adaptation. Proceedings of the 35th Annual Simulatin Symposium, 2002.
- MILLS, JD (2002) Using Computer Simulation Methods to Teach Statistics: A Review of the Literature. Journal of Statistics Education Volume 10, Number 1 (2002).
- MORAES, A.B.; DE OLIVEIRA, M.J.F.; ESPOSITO, S.M.; BORDALO, S.M. A multi-user simulation of a hospital queue. Proceeding of the 28th Meeting of the European Working Group on Operational Research Applied to Health Services, 2002.
- NAIR, R. S.; MILLER, J. A.; ZHANG, Z. A Java-Based Query Driven Simulation Environment. Proceedings of the 1996 Winter Simulation Conference.
- PAGE E.H. (1998) The Rise of Web-Based Simulation: Implications for the High Level Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference.
- PAGE, E.H., Opper, J.M, (1999). Investigating the Application of Web-based Simulation Principles within the Architecture for a Next-Generation Computer Generated Forces Model. To appear in Future Generation Computer Systems, Elsevier Science Publishing
- PAGE, E.H., BUSS, A., FISHWICK, P.A., HEALY, K.J., NANCE, R.E. AND PAUL, R.J. (1999). "Web-Based Simulation: Revolution or Evolution?" submitted to: ACM Transactions on Modeling and Computer Simulation, February.
- PARK, J. MORAGA, R; RABELO, L.; DAWSON, J.; MARIN, M e SEPULVEDA, J. Addressing complexity using distributed simulation: a case study in spaceport modeling. Proceedings of the 2005 Winter Simulation Conference.
- RABELO, L.; SEPULVEDA, J.; MARIN, M.; PARUCHURI, A.; NAYARANAN, K. Parallel discrete event simulation of space shuttle operations. Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference.
- SEILA, A.F.; MILLER, J.A. Scenario management in Web-Based Simulation. Proceedings of the 1999 Winter Simulation Conference.
- TRUONG, T.N. Computacional science and engineering on-line: an integrated web-based simulation environment for computational science and engineering. Proceedings of the 37th Annual Simulatin Symposium, 2004.
- WDVL (2006) - Web Developers Library. History of the Internet and the World Wide Web. Disponível em <http://wdvl.internet.com/Internet/History/> . Acesso em junho de 2006.
- WIKIPEDIA (2003) - Second Life. In: Wikipédia, a enciclopédia livre. Disponível em http://pt.wikipedia.org/wiki/Second_Life . Acesso em julho de 2007.
- WEBSIM98 (1998) - International Conference on Web-based Modeling & Simulation. January 11-14 1998, San Diego, California. Disponível em <http://cise.ufrl.edu/~fishwick/webconf.html> . Acesso em junho de 2006.

ANEXO I – WEB-BASED SIMULATION PESQUISAS E APLICAÇÕES

	Artigo	Autor	Instituição
WSC	Web-Based Simulation: Some Personal Observations	Paul A. Fishwick	University of Florida
WSC	Discrete-Event Simulation on the World Wide Web Using Java	Arnold H. Buss, Kirk A. Stork	Naval Postgraduate School
WSC	A Java-Based Query Driven Simulation Environment	Rajesh S. Nair, John A. Miller, Zhiwei Zhang	University of Georgia

WSC	Web-Based Simulation in Simjava Using Remote Method Invocation	Ernest Page, Robert Moose, Sean Griffin	The Mitre Corporation
WSC	An Architectural Design for Digital Objects	Paul A. Fishwick	University of Florida
WSC	Component-Based Simulation Environments: JSIM as a Case Study using Java Beans	John A. Miller, Yongfu Ge, Junxin Tao	University of Georgia
WSC	A Widely Deployable Web-Based Network Simulation Framework Using CORBA IDL-Based APIs	Arjun Cholkar Philip Koopman	GTE Data Services Carnegie Mellon
WSC	On-Line Data Processing in Simulation Models: New Approaches and Possibilities through HLA	Thomas Schulze, Steffen Strassbu Ulrich Klein	Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation
WSC	Web-Based Performance Visualization of Distributed Discrete Event Simulations	Adel S. Elmaghraby, Sherif Elfayoumy, Irfan Karachiwala, James H. Graham, Ahmed Emam, and AlaaEldin Sleem	University of Louisville
WSC	Distributed Web-Based Simulation Optimization	Yuh-Chyun Luo Chun-Hung Chen Enver Yücesan Insup Lee	Chung-Cheng Institute of Technology George Mason University INSEAD University of Pennsylvania
WSC	The Monarc Toolset for Simulating Large Network-Distributed Processing Systems	Iosif C. Legrand and Harvey B. Newman	California Institute of Technology
WSC	A Web-Based Interface for Storing and Executing Simulation Models	Ashu Guru, Paul Savory, and Robert Williams	University of Nebraska
WSC	A Java-Based Simulation Manager for Web-Based Simulation	Charles Marr and Christopher Storey William E. Biles Jack P.C. Kleijnen	US Army University of Louisville Tilburg University
WSC	An Interactive Land Use VRML Application (ILUVA) with Servlet Assist	Lee A. Belfore, II and Suresh Chititho	Old Dominion University
WSC	A Model-Based Approach for Component Simulation Development	Perakath Benjamin, Dursun Delen, and Richard Mayer Timothy O'Brien	Knowledge Based Systems NASA
WSC	Dynamic Component Substitution in Web-Based Simulation	Dhananjai Madhava Rao and Philip A. Wilsey	University of Cincinnati
WSC	Finding a Substrate for Federated Components on the Web	John A. Miller, Andrew F. Seila, and Junxiu Tao	University of Georgia
WSC	SIMFONE': An Object-Oriented Simulation Framework	Manuel D. Rossetti Ben Aylor, Ryan Jacoby, Alyson Prorock, and Antoine White Ben Aylor, Ryan Jacoby, Alyson Prorock, and Antoine White	University of Arkansas University of Virginia
WSC	VisualSLX - An Open User Shell for High-Performance Modeling and Simulation	Thomas Wiedemann	Technical University of Berlin
WSC	A Review of Web Based Simulation: Whither We Wander?	Jasna Kuljis and Ray J. Paul	Brunel University

WSC	Issues in Java-Based Continuous Time Step Physical Modelling	Lisa A. Schaefer Philip M. Wolfe	The MITRE Corporation Arizona State University
WSC	Open Source Simulation Modeling Language (SML)	Richard A. Kilgore Dean C. Chatfiel	ThreadTec Virginia Tech
WSC	SISCO: A Supply Chain Simulation Tool Utilizing Silk™ and XML	Terry P. Harrison and Jack C. Hayya	Penn State University
WSC	Web-Based Simulation of Systems Described by Partial Differential Equations	Manuel Alfonseca Juan de Lara and Hans Vangheluwe	Universidad Autonoma Madrid Juan de Lara and Hans Vangheluwe
WSC	Managing Event Traces for a Web Front-End to a Parallel Simulation	Boon Ping Gan, Li Liu, and Zhengrong Ji Stephen J. Turner and Wentong Cai	Gintic Institute of Manufacturing Technology Nanyang Technological University Nanyang Technological University
WSC	The Design of a Web-Based Training System for Simulation Analysis	Yu-Hui Tao and Shin-Ming Guo	I-Shou University
WSC	D-SOL; A Distributed Java based Discrete Event Simulation Architecture	Peter H.M. Jacobs, Niels A. Lang, and Alexander Verbraeck	Delft University of Technology
WSC	Transaction Cycle of Agents and Web-Based Gaming Simulation for International Emissions Trading	Hideyuki Mizuta Yoshiki Yamagata	IBM Japan National Institute for Environmental Studier
WSC	Web based Simulation Center: Professional Support for Simulation Projects	James O. Henriksen Peter Lorenz André Hanisch Stefan Osterburg Thomas Schriber	Wolverine Corporation Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg Fraunhofer Institut für Fabrikbetrieb und Automatisierung University of Michigan
WSC	Configuration, Simulation and Animation of Manufacturing Systems via the Internet	Tom-David Graupner, Hendrik Richter, and Wilfried Sihm	Fraunhofer Institut für Produktionstechnik und Automatisierung
WSC	The ABELS System: Designing an Adaptable Interface for Linking Simulations	G. Ayorkor Mills -Tetty, Greg Johnston, Linda F. Wilson, Joseph M. Kimpel, and Bin Xie	Dartmouth College
WSC	Simulation Web Services with .Net Technologies	Richard A. Kilgore	OpenSML and ThreadTec, Inc
WSC	Re-Introducing Web-Based Simulation	Steven W. Reichenthal	Boeing
WSC	Implementing the High Level Architecture in the Virtual Test Bed	José A. Sepúlveda, Luis Rabelo, and Jaebok Park Frank Riddick Cary Peaden	University of Central Florida National Institute of Standards and Technology NASA
WSC	Parallel Discrete Event Simulation of Space Shuttle Operations	Luis Rabelo, José Sepúlveda, Mario Marin, Amith Paruchuri, Amit Wasadikar, and Karthik Nayaranan	University of Central Florida
WSC	Efficient Process Interaction Simulation in Java: Implementing Co-Routines Within a Single Java Thread	Richard M. Weatherly and Ernest H. Page	The MITRE Corporation
WSC	SRML Case Study: Simple Self-Describing Process Modeling and Simulation	Steven W. Reichenthal	Boeing
WSC	XML Mediation Services Utilizing Model Based Data Management	Andreas Tolk	Old Dominion University

WSC	Examining the Feasibility of Constructing Simulation Models Using the Web-Based 'Grab-and-Glue' Framework	Tillal Eldabi, Man Wai Lee, and Ray J. Paul	Brunel University
WSC	HDPS, an XML/XSLT Based Hierarchical Modeling System	Richard Evan Curry Kikiakos Vlahos	London Business School Athens Laboratory of B.A
WSC	XML-Based Supply Chain Simulation Modeling	Dean C. Chatfield Terry P. Harrison and Jack C. Hayya	Virginia Tech Penn State
WSC	Simulation of Grid Computing Infrastructure: Challenges and Solutions	Sugato Bagchi	IBM T. J. Watson Research Center
WSC	Time Management in Distributed Factory Simulation, a Case Study Using HLA	Ke Wang, Sheng Xu, and Leon F. McGinnis	Georgia Institute of Technology
WSC	Initialization of Online Simulation Models	Andre Hanisc, Juri Tolujew Thomas Schulze	Fraunhofer Institute IFF University of Magdeburg
WSC	Addressing Complexity Using Distributed Simulation: A Case Study in Spaceport Modeling	Jaebok Park, Reinaldo Moraga, Luis Rabelo, Jeffrey W. Dawson, Mario Marin e Jose Sepulveda Mathias Roehl e Adelind M. Uhrmacher	University of Central Florida University of Rostock
ANSS	Building a Web-Based Federated Simulation System with Jini and XML Using simulation to facilitate effective workflow adaptation	Xuexim Huag John A. Miller J. A. Miller e Jorge Cardoso	University of Georgia
ANSS	Evolving The Web-Based distributed SI/PDO Architecture for High-Performance Visualization	V.P. Holmes, J.M. Linabarger, D.J. Miller e R.L. Vanderwart C.P. Crowley	Sandia National Laboratories University of New Mexico
ANSS	Multiuser Extensions to the interactive Land Use VRML application (ILUVA)	Lee A. Belfore e S. Chitithoti	Old Dominion University
ANSS	An architecture and implementation to support large-scale data access in scientific simulation environments	V. P. Holmes, S.Kleban, D.J.Miller, C. Pavlakos, C. Poore e R.L. Vanderwart C.P. Crowley	Sandia National Laboratories University of New Mexico
ANSS	GroupGraph: A collaborative hierarchical graph editor based on the internet Translating activity cycle diagrams to java programs	H. A.S. Lima Filho Celso M. Hirata Wladimir L. Araujo Filho e Celso M. Hirata	ITA – Instituto Tecnológico de Aeronáutica
ANSS	Performance simulation of the Jambala Platform	Maria Toeroe	Ericson Research
ANSS	Integrating Web service and grid Enabling technologies to provide desktop access to high-performance components for large-scale data services	Victor P. Holmes, Wilbur R. Johnson e David J. Miller	Sandia National Laboratories
ANSS	Computational Science and engineering on-line: an integrated web-based simulation environment for computational science and engineering	T. n. Truong	University of Utah
ANSS	A self-manageable infrastructure for supporting web-based simulations Autonomic Web-Based simulation	Y. Huang, X. Xiang e G. Madey Y. Huang e G. Madey	University of Notre Dame
ORAHS	A multi-user simulation of a hospital queue	Adriana B. Moraes, Mário J. F. de Oliveira, Sheila M. Esposito e Simone M. Bordalo	Federal University of Rio de Janeiro

Fonte: Winter simulation Conference – WSC (1996-2005), Annual Simulation Symposium – ANSS (2001-2005) e Operational Research Applied to Health Services – ORAHS (2002)