

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Computação e
Sistemas Digitais

ISSN 1413-215X

BT/PCS/0223

**Uma Biblioteca de Classes
Utilizando Java 3D para o
Desenvolvimento de Ambientes
Virtuais Multi-Usuários**

**Ricardo Nakamura
RomeroTori**

1297673

São Paulo - 2002

O presente trabalho é um resumo da dissertação de mestrado apresentada por Ricardo Nakamura, sob orientação do Prof. Dr. Romero Tori: "Modelagem e Desenvolvimento de uma Biblioteca para Construção de Ambientes Virtuais Tridimensionais Multi-usuários", defendida em 30/09/2002, na EPUSP.

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

FICHA CATALOGRÁFICA

Nakamura, Ricardo

Uma biblioteca de classes utilizando Java 3D para o desenvolvimento de ambientes virtuais multi-usuários / R. Nakamura, R. Tori. – São Paulo : EPUSP, 2002.

p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais, BT/PCS/0223)

1. Realidade virtual 2. JAVA 3. Terceira dimensão I. Tori, Romero II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais III. Título IV. Série
ISSN 1413-215X

CDD 006.6
005.133
006.693

Uma Biblioteca de Classes utilizando Java 3D para o Desenvolvimento de Ambientes Virtuais Multi-Usuários

**Ricardo Nakamura
Romero Tori**

INTERLAB - Laboratório de Tecnologias Interativas
Departamento de Engenharia de Computação e Sistemas Digitais
Escola Politécnica da Universidade de São Paulo
Av. Prof. Luciano Gualberto, travessa 3 no. 158 - CEP 05508-900 - São Paulo, SP,
Brasil

{ricardo.nakamura, romero.tori}@poli.usp.br

Abstract. In this paper we present the development of a Java class library for the creation of multi-user virtual environments. This library uses the resources of the Java 3D API to achieve platform independence without a large performance penalty. It presents a flexible architecture based in object orientation concepts, intended for use in a variety of applications. The development aspects are discussed, and the results of tests made with an early prototype are presented.

Resumo. Neste artigo é apresentado o desenvolvimento de uma biblioteca de classes em Java para a construção de ambientes virtuais multi-usuário. Esta biblioteca utiliza os recursos da API Java 3D para obter independência de plataforma sem muito prejuízo para o desempenho. A biblioteca apresenta uma arquitetura flexível baseada nos conceitos de orientação a objetos, permitindo seu uso em diferentes aplicações. Os aspectos de desenvolvimento serão discutidos, e os resultados feitos com um protótipo inicial serão apresentados.

Keywords: Virtual Reality, Java 3D, Networked Virtual Environment.

1. Introdução

Neste trabalho será apresentado o desenvolvimento de uma biblioteca de classes para a construção de Ambientes Virtuais Multi-Usuários (AVM). Durante o projeto, procurou-se aplicar um processo de engenharia de software que levasse a uma solução com uma arquitetura flexível e extensível. Na implementação, foi adotada a API Java 3D, o que permitiu avaliar a adequação da mesma a este tipo de sistema.

Segundo Kubo et al. (1999), um Ambiente Virtual (AV) é “um sistema que pode criar a ilusão de um mundo que na realidade não existe. Isto é possível através da representação tridimensional do ambiente para o usuário. Neste ambiente, o usuário pode interagir com os objetos do AV”. Um AVM é essencialmente um ambiente virtual no qual dois ou mais usuários podem participar simultaneamente, e interagir entre si. AVMs também são chamados de Ambientes Virtuais Compartilhados.

O interesse por AVMs tem aumentado nos últimos anos, influenciado por dois fatores: em primeiro lugar, o surgimento de adaptadores gráficos de alto desempenho e custo acessível para computadores pessoais. O outro fator é o aumento da largura de banda disponível para usuários domésticos pela Internet, através da popularização de serviços como *Digital Subscribers Line* (DSL) e *Integrated Services Digital Network* (ISDN). Estes acontecimentos viabilizaram o uso de AVMs em computadores pessoais, o que por sua vez aumentou significativamente o número de usuários potenciais destes sistemas.

O desenvolvimento de um AVM envolve diferentes áreas de conhecimento, como a computação gráfica, redes de computadores, bancos de dados e engenharia de software. Por este motivo é uma tarefa complexa. Por outro lado, existem componentes que constituem a infra-estrutura de um AVM e podem ser reutilizados em diferentes projetos. Consequentemente, diferentes bibliotecas, *toolkits* e outras ferramentas têm sido desenvolvidas para explorar este fato e simplificar a construção de AVMs.

Entretanto, estas ferramentas nem sempre satisfazem as necessidades dos desenvolvedores de AVMs. Um exemplo disso são os projetos de pesquisa que têm empregado *engines* de jogos multi-usuários no lugar de *toolkits* tradicionais para ambientes virtuais, conforme apresentado por Lewis & Jacobson (2002). Segundo os autores, estes *engines* possuem muitas vezes arquiteturas mais adequadas para a implementação de um AVM.

Nas próximas seções serão apresentadas algumas das bibliotecas e ferramentas existentes para a construção de AVMs. Em seguida, será discutida a biblioteca de classes que é o tema deste artigo, sob o ponto de vista de desenvolvimento e arquitetura. Por último, os resultados de alguns testes preliminares serão apresentados, seguidos de uma discussão geral sobre este projeto.

2. Trabalhos Relacionados

Uma série de diferentes bibliotecas e ferramentas para desenvolvimento de ambientes virtuais surgiram ao longo dos anos. Nesta seção serão apresentadas algumas delas, com uma breve descrição de suas características.

MR Toolkit: O MR Toolkit é um conjunto de ferramentas para diferentes plataformas, desenvolvido na Universidade de Alberta, no Canadá, para a produção de sistemas de realidade virtual e outras formas de interface de usuário tridimensionais. Ele consiste de um conjunto de bibliotecas de subrotinas, drivers de dispositivos, ferramentas e uma linguagem para definição de geometria e comportamento (MR Toolkit, 2002).

O MR Toolkit pode ser utilizado para a construção de AVMs através da extensão *peer package*. Entretanto, conforme observado por Shaw & Green (1993), a arquitetura de rede adotada limita o número de participantes simultâneos a 4 ou menos.

SPLINE: o sistema SPLINE foi desenvolvido entre 1995 e 1996 pelos laboratórios de pesquisa da Mitsubishi (MERL). Ele foi especificado para o desenvolvimento de ambientes virtuais de grande escala, capazes de sofrerem alterações sem a necessidade de um reinício do sistema. A arquitetura de rede adotada é ponto-a-ponto, com uma base de dados distribuída particionada (Anderson et al., 1995).

O sistema SPLINE introduziu algumas técnicas de particionamento do ambiente virtual e conexão de novos usuários em uma arquitetura ponto-a-ponto, denominadas Locales e Beacons. (Barrus et al., 1996). Entretanto, estas técnicas são mais importantes para ambientes virtuais de grandes dimensões, para grande número de usuários.

WorldToolKit: Esta ferramenta, criada pela empresa Sense8, foi uma das primeiras bibliotecas comercialmente disponíveis para desenvolvimento de ambientes virtuais. Consiste em uma grande biblioteca de funções na linguagem C e ferramentas auxiliares (Sense8, 2002).

Existem ainda muitas outras bibliotecas e ferramentas para a construção de ambientes virtuais e por este motivo não seria possível apresentar cada uma delas.

3. Desenvolvimento da Biblioteca

Nesta seção será discutido o processo de desenvolvimento da biblioteca de classes. A primeira etapa deste processo consistiu em uma pesquisa para compreender o funcionamento de um AVM e as diferentes técnicas e arquiteturas existentes para sua implementação. A pesquisa incluiu tanto AVMs dedicados a uma aplicação, como bibliotecas e outras ferramentas genéricas. O conhecimento adquirido permitiu a especificação da biblioteca de classes.

Na especificação da biblioteca de classes, foi decidido que ela seria voltada para o desenvolvimento de AVMs com visualização tridimensional, de pequeno e médio porte. Cada participante possui um avatar: uma representação, humanóide ou não, do usuário dentro do ambiente virtual (Kirner, 2001). Adicionalmente, podem existir outros objetos, estáticos ou com comportamentos programados, dentro do ambiente. Deve ser permitida a simulação de movimentos de avatares e objetos e a comunicação entre objetos através de mensagens com significado definido pela aplicação usuária da biblioteca.

O principal requisito da biblioteca de classes foi o estabelecimento de uma arquitetura flexível, possibilitando o seu uso em diferentes aplicações e a incorporação de novos recursos. Por exemplo, deveria ser possível utilizar diferentes protocolos de redes de computadores e diferentes mecanismos de animação dos objetos dentro do ambiente virtual.

Para o desenvolvimento da biblioteca foi escolhida a linguagem Java, o que permite a sua utilização em diferentes plataformas. Adicionalmente, esta linguagem disponibiliza, de uma forma simples, recursos para comunicação em redes de computadores e *multithreading*, ambos muito importantes para AVMs.

Um dos problemas comuns no desenvolvimento de ambientes virtuais, multiusuários ou não, é a pouca utilização de conhecimentos de engenharia de software. Kim et al. (1998) observam que há pouca estruturação e método nestes projetos. Conforme apontado pelos autores, pouca importância é dada à arquitetura do sistema como um todo e a especificação do ambiente virtual se limita à definição do seu conteúdo e comportamento dos objetos. Oliveira et al. (1999) indicam que existem poucos esforços em se aplicar metodologias de desenvolvimento a ambientes virtuais e o resultado são sistemas pouco flexíveis e de baixa qualidade. Segundo os autores, isto resulta de uma mentalidade de criar protótipos ou testes conceituais, e não produtos.

Por outro lado, Martins et al. (1999) relatam o uso de uma metodologia de projeto orientada a objetos utilizando a *Unified Modeling Language* (UML) para a especificação e projeto de um ambiente virtual. Os autores concluem que tal metodologia é adequada para o projeto de AVMs.

Tendo em vista os fatos expostos, foi decidido que uma metodologia de projeto deveria ser seguida para o desenvolvimento da biblioteca de classes. A metodologia escolhida foi o Processo Unificado (Jacobson et al., 1998) pelo fato de ter sido criada a partir de metodologias anteriores e por isso corrigir as suas falhas ou deficiências.

Uma vez que as escolhas acima foram feitas, o desenvolvimento da biblioteca foi iniciado. Para atingir o objetivo de flexibilidade, foi adotada uma arquitetura com subsistemas relativamente independentes conforme mostrado na Figura 1.

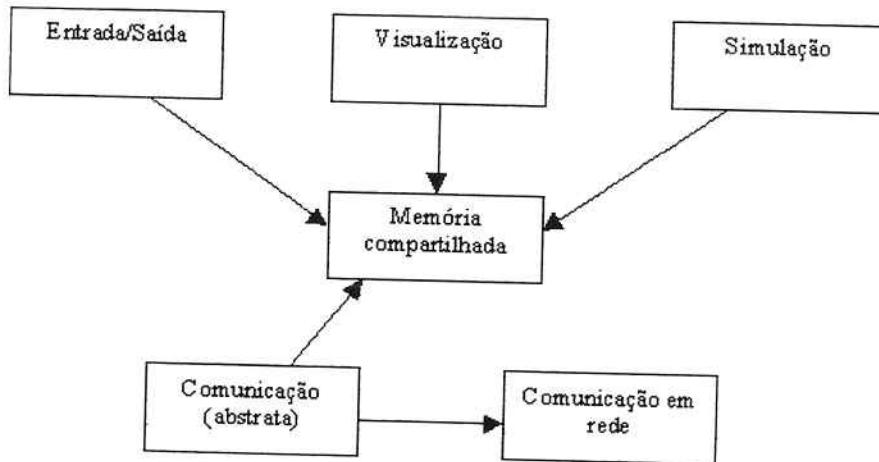


Figura 1 - Arquitetura da Biblioteca

Esta arquitetura se assemelha à apresentada por Singhal & Zyda (1999). O subsistema de Memória Compartilhada armazena os objetos que compõem o ambiente virtual e controla o acesso a eles. Na memória podem residir objetos controlados localmente, assim como cópias de objetos correspondentes a outros participantes, controlados remotamente.

O subsistema de Entrada/Saída é responsável pela abstração de dispositivos específicos como teclado, mouse, *data gloves*, sensores e dispositivos de *force-feedback*. O subsistema de Visualização realiza a geração de imagens do ambiente virtual, devendo ser capaz de ser configurado para diferentes dispositivos como monitor de vídeo e CAVE, entre outros.

O subsistema de Simulação atualiza o estado dos objetos de acordo com os seus comportamentos, o que depende de cada AVM. Dentro deste subsistema poderiam existir por exemplo componentes para movimentação do avatar do usuário e simulação de comportamento físico de objetos.

Finalmente, os outros dois subsistemas fazem a integração entre os participantes do AVM, formando uma estrutura de duas camadas. A camada de comunicação abstrata é utilizada para simular uma rede ponto-a-ponto. Desta forma, a biblioteca é estruturada como se operasse em um ambiente virtual descentralizado. A camada inferior é responsável por compatibilizar a camada abstrata com a rede real. Nesta camada podem ser implementadas diferentes arquiteturas de rede como ponto-a-ponto e cliente-servidor.

3.1. Detalhes da Arquitetura da Biblioteca

O diagrama de classes da Figura 2 mostra, de maneira simplificada, as principais classes da biblioteca e os seus relacionamentos. A partir desta figura é possível observar as interfaces existentes entre os subsistemas.

Na implementação dos subsistemas de Visualização e Simulação, foi adotada a API Java 3D (Java 3D, 2002). Esta API produzida pela própria *Sun Microsystems* é

voltada para a representação de cenas 3D e geração de imagens das mesmas. Ela também permite a implementação de animações e outros comportamentos dinâmicos na cena, e o tratamento de eventos como a colisão entre objetos. O Java 3D utiliza um modelo de alto nível chamado grafo de cena para representar a cena tridimensional.

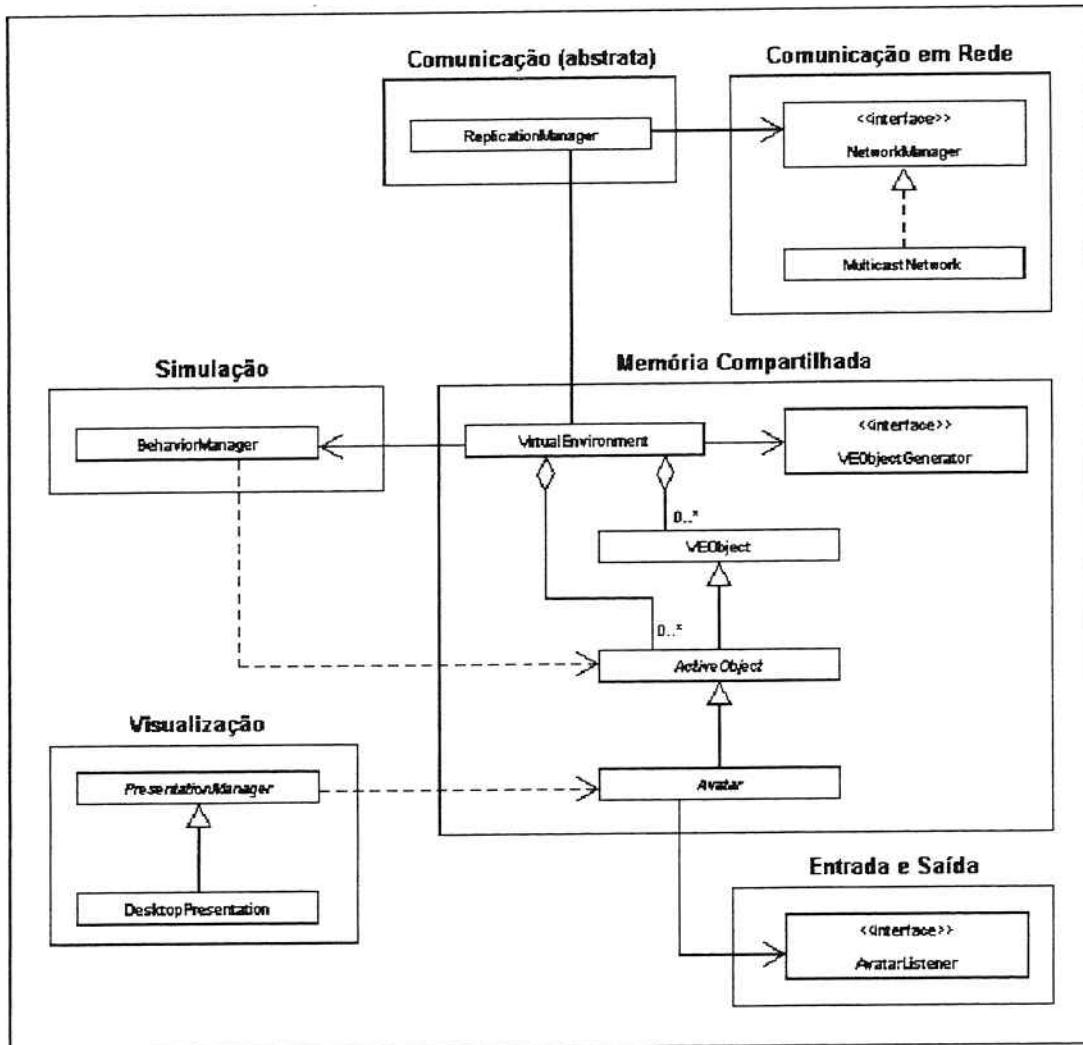


Figura 2 - Principais Classes da Biblioteca

Essas características do Java 3D o tornam atraente para o desenvolvimento de aplicações de Realidade Virtual, incluindo AVMs. Havia também o interesse em verificar a viabilidade de se utilizar esta API, sob o ponto de vista de desempenho. Por estes dois motivos, ela foi escolhida.

Voltando à Figura 2, é possível observar alguns exemplos da arquitetura flexível da biblioteca. Em primeiro lugar, na visualização é possível criar subclasses específicas para diferentes dispositivos como monitor de vídeo (a classe `DesktopPresentation`, na figura), CAVE ou *Head-Mounted Display* (HMD). Da mesma forma, classes nos subsistemas de comunicação e entrada/saída permitem o desacoplamento de implementações específicas. Na figura, por exemplo, existe a classe `MulticastNetwork` que implementa a interface de comunicação em rede através de *multicast*.

Dentro da memória compartilhada, existe uma classe responsável pela criação de todos os objetos do AVM. Em um caso simples, esta classe pode criar todos os objetos a partir de recursos locais; uma implementação mais sofisticada pode receber arquivos de geometria e texturas a partir de um servidor externo.

Conforme pode ser observado, existe uma distinção entre dois tipos de objetos, estáticos e dinâmicos. Objetos estáticos, representados pela classe *VEObject*, podem ser usados para compor o cenário do AVM. Objetos dinâmicos possuem algum tipo de comportamento variável com o tempo (movimento ou animação, por exemplo).

O subsistema de simulação foi estruturado de forma que existe um gerenciador de alto nível (o *BehaviorManager* na Figura 2) que executa métodos dos objetos da classe *ActiveObject* responsáveis por atualizar o estado da simulação. A implementação deste subsistema utiliza amplamente os recursos dos *behaviors* do Java 3D.

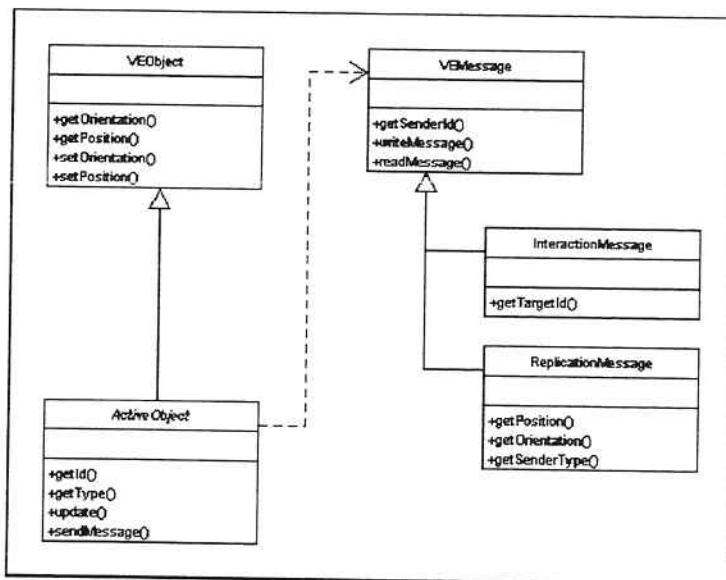


Figura 3 - Objetos do Ambiente Virtual

A figura 3 apresenta detalhes das classes principais do subsistema de Memória Compartilhada. Na figura pode-se observar as classes correspondentes aos objetos estáticos (*VEObject*) e dinâmicos (*ActiveObject*) e seus métodos públicos.

Os objetos dinâmicos podem trocar mensagens entre si e estas mensagens são representadas pela classe *VEMessage*. O sistema define duas categorias de mensagens, correspondentes às classes *InteractionMessage* e *ReplicationMessage*. A primeira categoria se destina a troca de informações entre objetos diferentes. A segunda categoria é utilizada para atualização de informações de um objeto dinâmico para suas cópias simuladas remotamente.

Enfim, através do uso de métodos da engenharia de software e da integração com uma API de alto nível, foi possível construir uma arquitetura bastante flexível e extensível para a biblioteca de classes.

4. Testes

Como discutido na seção anterior, o subsistema de simulação foi implementado através de *behaviors* do Java 3D. Consequentemente, era importante verificar o

comportamento do Java 3D com um grande número de objetos. Para isso foi construído um programa de teste que gerava cubos em posições aleatórias ao redor do observador. Cada cubo girava em torno do seu eixo, e este comportamento era implementado por um *behavior*, atualizando a rotação do cubo a cada novo quadro gerado. Foi medido o número de quadros por segundo (média calculada a cada 5 segundos) conseguidos para diferentes números de objetos.

A Tabela 1 traz os resultados do teste, realizado em uma máquina com a seguinte configuração: processador Athlon 1200MHz, 256MB RAM, aceleradora gráfica GeForce2 MX 400, Windows ME, Java 1.3, Java 3D 1.2.1, resolução 1024x768, 32 bits/pixel.

Tabela 1 – Teste de desempenho dos *behaviors* do Java 3D

Número de objetos	Quadros por segundo
50	85
100	85
200	68
350	31
500	17
1000	8

Dos resultados da tabela, pode-se concluir que o sistema não sofre degradação considerável até cerca de 200 objetos. Como a biblioteca de classes é voltada para ambientes de pequeno e médio porte, um total de entidades (entre participantes e objetos com comportamento dinâmico) desta ordem parece adequado.

Atualmente, um protótipo da biblioteca se encontra implementado, correspondendo à base da arquitetura que foi modelada durante o projeto. Dois ambientes virtuais simples foram construídos para realizar testes com a biblioteca. A Figura 4 apresenta uma imagem de cada ambiente.

Na imagem da esquerda, pode-se ver um ambiente virtual para um usuário, criado para testar o funcionamento da biblioteca. Na imagem da direita, pode ser visto o avatar – bastante simples – de um usuário, em um teste de comunicação em rede. Nos dois casos não houve preocupação com o conteúdo do ambiente, porque atualmente os testes ainda estão se concentrando no funcionamento da memória compartilhada, dispositivos de entrada e comunicação em rede.

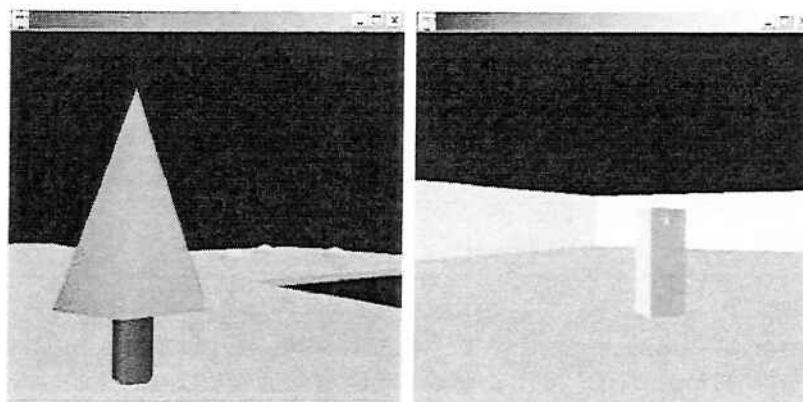


Figura 4 - Ambientes Virtuais construídos com a biblioteca de classes

5. Conclusões

Foi apresentada neste artigo uma nova biblioteca de classes para o desenvolvimento de ambientes virtuais multi-usuários. O estabelecimento de uma arquitetura consistente e flexível, que forma a base desta biblioteca, permitirá que ela seja utilizada em diferentes aplicações. A utilização de uma metodologia de análise e projeto orientado a objetos foi muito importante para se atingir este objetivo. A atenção ao aspecto da engenharia de software no desenvolvimento de aplicações de realidade virtual tende a se tornar cada vez mais comum, conforme estas aplicações passam de protótipos e testes conceituais para sistemas úteis no mundo real.

A utilização do Java 3D simplificou o desenvolvimento da biblioteca, devido aos recursos de geração de imagens 3D e simulação. Em testes preliminares, o desempenho do sistema de *behaviors* desta biblioteca pareceu adequado para AVMs de pequeno e médio porte.

Ainda existem vários elementos que precisam ser implementados na biblioteca. Os mais importantes são:

- classes para animação de objetos e avatares;
- classes do subsistema de redes, para comunicação ponto a ponto;
- classes para outros dispositivos de entrada, além do teclado.

Estes são os desenvolvimentos necessários para se obter uma versão funcional da biblioteca. Entretanto, ainda existem outras possibilidades que podem ser exploradas na sua arquitetura como: outros mecanismos de animação (com objetos deformáveis, por exemplo) e comunicação usando *multicast* na Internet através do MBONE.

Referências Bibliográficas

ANDERSON, D. B. et al. Building Multiuser Interactive Multimedia Environments at MERL. **IEEE MultiMedia**, v. 2, n. 4, p. 77-82, 1995.

BARRUS, J. W. et al. Locales And Beacons: Efficient And Precise Support For Large Multi-User Virtual Environments. In: IEEE VIRTUAL REALITY ANNUAL INTERNATIONAL SYMPOSIUM, Santa Clara, 1996. **Anais...** IEEE Computer Society Press, 1996. p. 204-213.

JACOBSON, I. et al. **The Unified Software Development Process**. Addison-Wesley. 1998. 463p.

JAVA 3D API Homepage. Site com informações sobre a biblioteca gráfica Java 3D. Disponível em: <<http://java.sun.com/products/java-media/3D/index.html>>. Acesso em mai. 2002.

KIM, G. J. et al. Software engineering of virtual worlds. In: ACM SYMPOSIUM ON VIRTUAL REALITY SOFTWARE AND TECHNOLOGY, 1998 Taipei. **Anais...** ACM Press, 1998. p. 131-138.

KIRNER, T. G., et. al. Development Of A Collaborative Virtual Environment For Educational Applications. In: ACM ANNUAL WEB3D SYMPOSIUM. 6., 2001, Paderborn. **Anais...** ACM Press, 2001. p. 61-68.

KUBO, M. M. et. al. VIRTUAL VIDEOCONFERENCE ROOM (VVR) - Uma Aplicação de Trabalho Cooperativo Suportado por Computador Baseada nas Técnicas de Realidade Virtual. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE REALIDADE VIRTUAL, 2., 1999, Marília. **Anais...** São Paulo: SBC, 1999. p. 1-22.

LEWIS, M., JACOBSON, J. Game Engines in Scientific Research. **Communications of the ACM**. v. 45. n. 1. p. 27-31. 2002.

MARTINS, V. F. et al. Análise, Projeto E Implementação De Uma Aplicação De Realidade Virtual Cooperativa. In: WORKSHOP BRASILEIRO DE REALIDADE VIRTUAL, 2., 1999. **Anais...** São Paulo: SBC, 1999. p. 43-55.

MR TOOLKIT. *Site* com informações sobre esta ferramenta. Disponível em <<http://www.cs.ualberta.ca/~graphics/MRToolkit>>. Acesso em mai. 2002.

OLIVEIRA, M. et. al. Components For Distributed Virtual Environments. In: VIRTUAL REALITY SOFTWARE AND TECHNOLOGY CONFERENCE, 1999, Londres. **Anais...** ACM Press, 1999. p. 176-177.

SENSE8 VIRTUAL REALITY 3D SOFTWARE. *Site* da empresa, contendo informações sobre a biblioteca World Toolkit. Disponível em <<http://www.sense8.com/>>. Acesso em mai. 2002.

SHAW, C., GREEN, M. The MR Toolkit peers package and experiment. In: IEEE VIRTUAL REALITY ANNUAL INTERNATIONAL SYMPOSIUM, 1993, Seattle. **Anais...** IEEE Computer Society, 1993. p. 463-469.

SINGHAL, S., ZYDA, M. **Networked Virtual Environments: Design and Implementation**. Nova York: ACM Press, 1999. 331 p.

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PCS/9301 - Interligação de Processadores através de Chaves Ómicron - GERALDO LINO DE CAMPOS, DEMI GETSCHKO
- BT/PCS/9302 - Implementação de Transparência em Sistema Distribuído - LUÍSA YUMIKO AKAO, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9303 - Desenvolvimento de Sistemas Especificados em SDL - SIDNEI H. TANO, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/9304 - Um Modelo Formal para Sistemas Digitais à Nível de Transferência de Registradores - JOSÉ EDUARDO MOREIRA, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/9305 - Uma Ferramenta para o Desenvolvimento de Protótipos de Programas Concorrentes - JORGE KINOSHITA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9306 - Uma Ferramenta de Monitoração para um Núcleo de Resolução Distribuída de Problemas Orientado a Objetos - JAIME SIMÃO SICHMAN, ELERI CARDOSO
- BT/PCS/9307 - Uma Análise das Técnicas Reversíveis de Compressão de Dados - MÁRIO CESAR GOMES SEGURA, EDIT GRASSIANI LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9308 - Proposta de Rede Digital de Sistemas Integrados para Navio - CESAR DE ALVARENGA JACOBY, MOACYR MARTUCCI JR.
- BT/PCS/9309 - Sistemas UNIX para Tempo Real - PAULO CESAR CORIGLIANO, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9310 - Projeto de uma Unidade de Matching Store baseada em Memória Paginada para uma Máquina Fluxo de Dados Distribuído - EDUARDO MARQUES, CLAUDIO KIRNER
- BT/PCS/9401 - Implementação de Arquiteturas Abertas: Uma Aplicação na Automação da Manufatura - JORGE LUIS RISCO BECERRA, MOACYR MARTUCCI JR.
- BT/PCS/9402 - Modelamento Geométrico usando do Operadores Topológicos de Euler - GERALDO MACIEL DA FONSECA, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/9403 - Segmentação de Imagens aplicada a Reconhecimento Automático de Alvos - LEONCIO CLARO DE BARROS NETO, ANTONIO MARCOS DE AGUIRRA MASSOLA
- BT/PCS/9404 - Metodologia e Ambiente para Reutilização de Software Baseado em Composição - LEONARDO PUJATTI, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/9405 - Desenvolvimento de uma Solução para a Supervisão e Integração de Células de Manufatura Discreta - JOSÉ BENEDITO DE ALMEIDA, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/9406 - Método de Teste de Sincronização para Programas em ADA - EDUARDO T. MATSUDA, SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF
- BT/PCS/9407 - Um Compilador Paralelizante com Detecção de Paralelismo na Linguagem Intermediária - HSUEH TSUNG HSIANG, LÍRIA MATSUMOTO SAITO
- BT/PCS/9408 - Modelamento de Sistemas com Redes de Petri Interpretadas - CARLOS ALBERTO SANGIORGIO, WILSON V. RUGGIERO
- BT/PCS/9501 - Síntese de Voz com Qualidade - EVANDRO BACCI GOUVÉA, GERALDO LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9502 - Um Simulador de Arquiteturas de Computadores "A Computer Architecture Simulator" - CLAUDIO A. PRADO, WILSON V. RUGGIERO
- BT/PCS/9503 - Simulador para Avaliação da Confiabilidade de Sistemas Redundantes com Reparo - ANDRÉA LUCIA BRAGA, FRANCISCO JOSÉ DE OLIVEIRA DIAS
- BT/PCS/9504 - Projeto Conceitual e Projeto Básico do Nível de Coordenação de um Sistema Aberto de Automação, Utilizando Conceitos de Orientação a Objetos - NELSON TANOMARU, MOACYR MARTUCCI JUNIOR
- BT/PCS/9505 - Uma Experiência no Gerenciamento da Produção de Software - RICARDO LUIS DE AZEVEDO DA ROCHA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9506 - MétodOO - Método de Desenvolvimento de Sistemas Orientado a Objetos: Uma Abordagem Integrada à Análise Estruturada e Redes de Petri - KECHI HIRAMA, SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF
- BT/PCS/9601 - MOOPP: Uma Metodologia Orientada a Objetos para Desenvolvimento de Software para Processamento Paralelo - ELISA HATSUE MORIYA HUZITA, LÍRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/9602 - Estudo do Espalhamento Brillouin Estimulado em Fibras Ópticas Monomodo - LUIS MEREGE SANCHES, CHARLES ARTUR SANTOS DE OLIVEIRA
- BT/PCS/9603 - Programação Paralela com Variáveis Compartilhadas para Sistemas Distribuídos - LUCIANA BEZERRA ARANTES, LIRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/9604 - Uma Metodologia de Projeto de Redes Locais - TEREZA CRISTINA MELO DE BRITO CARVALHO, WILSON VICENTE RUGGIERO

- BT/PCS/9605 - Desenvolvimento de Sistema para Conversão de Textos em Fonemas no Idioma Português - DIMAS TREVIZAN CHBANE, GERALDO LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9606 - Sincronização de Fluxos Multimídia em um Sistema de Videoconferência - EDUARDO S. C. TAKAHASHI, STEFANIA STIUBIENER
- BT/PCS/9607 - A Importância da Completeza na Especificação de Sistemas de Segurança - JOÃO BATISTA CAMARGO JÚNIOR, BENÍCIO JOSÉ DE SOUZA
- BT/PCS/9608 - Uma Abordagem Paraconsistente Baseada em Lógica Evidencial para Tratar Exceções em Sistemas de Frames com Múltipla Herança - BRÁULIO COELHO ÁVILA, MÁRCIO RILLO
- BT/PCS/9609 - Implementação de Engenharia Simultânea - MARCIO MOREIRA DA SILVA, MOACYR MARTUCCI JÚNIOR
- BT/PCS/9610 - Statecharts Adaptativos - Um Exemplo de Aplicação do STAD - JORGE RADY DE ALMEIDA JUNIOR, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9611 - Um Meta-Editor Dirigido por Sintaxe - MARGARETE KEIKO IWAI, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9612 - Reutilização em Software Orientado a Objetos: Um Estudo Empírico para Analisar a Dificuldade de Localização e Entendimento de Classes - SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF, PEDRO ALEXANDRE DE OLIVEIRA GIOVANI
- BT/PCS/9613 - Representação de Estruturas de Conhecimento em Sistemas de Banco de Dados - JUDITH PAVÓN MENDONZA, EDIT GRASSIANI LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9701 - Uma Experiência na Construção de um Tradutor Inglês - Português - JORGE KINOSHITA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9702 - Combinando Análise de "Wavelet" e Análise Entrópica para Avaliar os Fenômenos de Difusão e Correlação - RUI CHUO HUEI CHIOU, MARIA ALICE G. V. FERREIRA
- BT/PCS/9703 - Um Método para Desenvolvimento de Sistemas de Computacionais de Apoio a Projetos de Engenharia - JOSÉ EDUARDO ZINDEL DEBONI, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/9704 - O Sistema de Posicionamento Global (GPS) e suas Aplicações - SÉRGIO MIRANDA PAZ, CARLOS EDUARDO CUGNASCA
- BT/PCS/9705 - METAMBI-OO - Um Ambiente de Apoio ao Aprendizado da Técnica Orientada a Objetos - JOÃO UMBERTO FURQUIM DE SOUZA, SELMA S. S. MELNIKOFF
- BT/PCS/9706 - Um Ambiente Interativo para Visualização do Comportamento Dinâmico de Algoritmos - IZAURA CRISTINA ARAÚJO, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/9707 - Metodologia Orientada a Objetos e sua Aplicação em Sistemas de CAD Baseado em "Features" - CARLOS CÉSAR TANAKA, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/9708 - Um Tutor Inteligente para Análise Orientada a Objetos - MARIA EMÍLIA GOMES SOBRAL, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/9709 - Metodologia para Seleção de Solução de Sistema de Aquisição de Dados para Aplicações de Pequeno Porte - MARCELO FINGUERMAN, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/9801 - Conexões Virtuais em Redes ATM e Escalabilidade de Sistemas de Transmissão de Dados sem Conexão - WAGNER LUIZ ZUCCHI, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/9802 - Estudo Comparativo dos Sistemas da Qualidade - EDISON SPINA, MOACYR MARTUCCI JR.
- BT/PCS/9803 - The VIBRA Multi-Agent Architecture: Integrating Purposive Vision With Deliberative and Reactive Planning - REINALDO A. C. BIANCHI, ANNA H. REALI C. RILLO, LELIANE N. BARROS
- BT/PCS/9901 - Metodologia ODP para o Desenvolvimento de Sistemas Abertos de Automação - JORGE LUIS RISCO BECCERRA, MOACYR MARTUCCI JUNIOR
- BT/PCS/9902 - Especificação de Um Modelo de Dados Bitemporal Orientado a Objetos - SOLANGE NICE ALVES DE SOUZA, EDIT GRASSIANI LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/9903 - Implementação Paralela Distribuída da Dissecção Cartesiana Aninhada - HILTON GARCIA FERNANDES, LIRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/9904 - Metodologia para Especificação e Implementação de Solução de Gerenciamento - SERGIO CLEMENTE, TEREZA CRISTINA MELO DE BRITO CARVALHO
- BT/PCS/9905 - Modelagem de Ferramenta Hipermídia Aberta para a Produção de Tutoriais Interativos - LEILA HYODO, ROMERO TORI
- BT/PCS/9906 - Métodos de Aplicações da Lógica Paraconsistente Anotada de Anotação com Dois Valores-LPA2v com Construção de Algoritmo e Implementação de Circuitos Eletrônicos - JOÃO I. DA SILVA FILHO, JAIR MINORÔ ABE
- BT/PCS/9907 - Modelo Nebuloso de Confiabilidade Baseado no Modelo de Markov - PAULO SÉRGIO CUGNASCA, MARCO TÚLIO CARVALHO DE ANDRADE
- BT/PCS/9908 - Uma Análise Comparativa do Fluxo de Mensagens entre os Modelos da Rede Contractual (RC) e Colisões Baseada em Dependências (CBD) - MÁRCIA ITO, JAIME SIMÃO SICHMAN

- BT/PCS/9909 – Otimização de Processo de Inserção Automática de Componentes Eletrônicos Empregando a Técnica de Times Assíncronos – CESAR SCARPINI RABAK, JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/9910 – MIISA – Uma Metodologia para Integração da Informação em Sistemas Abertos – HILDA CARVALHO DE OLIVEIRA, SELMA S. S. MELNICOFF
- BT/PCS/9911 – Metodologia para Utilização de Componentes de Software: um estudo de Caso – KAZUTOSI TAKATA, SELMA S. S. MELNICOFF
- BT/PCS/0001 – Método para Engenharia de Requisitos Norteados por Necessidades de Informação – ARISTIDES NOVELLI FILHO, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/0002 – Um Método de Escolha Automática de Soluções Usando Tecnologia Adaptativa – RICARDO LUIS DE AZEVEDO DA ROCHA, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0101 – Gerenciamento Hierárquico de Falhas – JAMIL KALIL NAUFAL JR., JOÃO BATISTA CAMARGO JR.
- BT/PCS/0102 – Um Método para a Construção de Analisadores Morfológicos, Aplicado à Língua Portuguesa, Baseado em Autômatos Adaptativos – CARLOS EDUARDO DANTAS DE MENEZES, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0103 – Educação pela Web: Metodologia e Ferramenta de Elaboração de Cursos com Navegação Dinâmica – LUISA ALEYDA GARCIA GONZALEZ, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0104 – O Desenvolvimento de Sistemas Baseados em Componentes a Partir da Visão de Objetos – RENATA EVANGELISTA ROMARIZ RECCO, JOÃO BATISTA CAMARGO JÚNIOR
- BT/PCS/0105 – Introdução às Gramáticas Adaptativas – MARGARETE KEIKO IWAI, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0106 – Automação dos Processos de Controle de Qualidade da Água e Esgoto em Laboratório de Controle Sanitário – JOSÉ BENEDITO DE ALMEIDA, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/0107 – Um Mecanismo para Distribuição Segura de Vídeo MPEG – CÍNTIA BORGES MARGI, GRAÇA BESSAN, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0108 – A Dependence-Based Model for Social Reasoning in Multi-Agent Systems – JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/0109 – Ambiente Multilínguagem de Programação – Aspectos do Projeto e Implementação – APARECIDO VALDEMIR DE FREITAS, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0110 – LETAC: Técnica para Análise de Tarefas e Especificação de Fluxo de Trabalho Cooperativo – MARCOS ROBERTO GREINER, LUCIA VILELA LEITE FILGUEIRAS
- BT/PCS/0111 – Modelagem ODP para o Planejamento de Sistemas de Potência – ANIRIO SALLES FILHO, JOSÉ SIDNEI COLOMBO MARTINI
- BT/PCS/0112 – Técnica para Ajuste dos Coeficientes de Quantização do Padrão MPEG em Tempo Real – REGINA M. SILVEIRA, WILSON V. RUGGIERO
- BT/PCS/0113 – Segmentação de Imagens por Classificação de Cores: Uma Abordagem Neural – ALEXANDRE S. SIMÕES, ANNA REALI COSTA
- BT/PCS/0114 – Uma Avaliação do Sistema DSM Nautilus – MARIO DONATO MARINO, GERALDO LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/0115 – Utilização de Redes Neurais Artificiais para Construção de Imagem em Câmara de Cintilação – LUIZ SÉRGIO DE SOUZA, EDITH RANZINI
- BT/PCS/0116 – Simulação de Redes ATM – HSU CHIH WANG CHANG, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0117 – Application of Monoprocessed Architecture for Safety Critical Control Systems – JOSÉ ANTONIO FONSECA, JORGE RADY DE ALMEIDA JR.
- BT/PCS/0118 – WebBee – Um Sistema de Informação via WEB para Pesquisa de Abelhas sem Ferrão – RENATO SOUSA DA CUNHA, ANTONIO MOURA SARAIVA
- BT/PCS/0119 – Parallel Processing Applied to Robot Manipulator Trajectory Planning – DENIS HAMILTON NOMIYAMA, LÍRIA MATSUMOTO SATO, ANDRÉ RIYUITI HIRAKAWA
- BT/PCS/0120 – Utilização de Padrão de Arquitetura de Software para a Fase de Projeto Orientado a Objetos – CRISITINA MARIA FERREIRA DA SILVA, SELMA SHIN SHIMIZU MELNICOFF
- BT/PCS/0121 – Agilizando Aprendizagem por Reforço Através do uso de Conhecimento sobre o Domínio – RENÊ PEGORARO, ANNA H. REALI COSTA
- BT/PCS/0122 – Modelo de Segurança da Linguagem Java Problemas e Soluções – CLAUDIO MASSANORI MATAYOSHI, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0123 – Proposta de um Agente CNM para o Gerenciamento Web de um Backbone ATM – FERNANDO FROTA REDÍGOLO, TEREZA CRISTINA MELO DE BRITO CARVALHO
- BT/PCS/0124 – Um Método de Teste de software Baseado em Casos Teste – SÉRGIO RICARDO ROTTÀ, KECHI HIRAMA
- BT/PCS/0201 – A Teoria Nebulosa Aplicada a uma Bicicleta Ergométrica para Fisioterapia – MARCO ANTONIO GARMS, MARCO TÚLIO CARVALHO DE ANDRADE
- BT/PCS/0202 – Synchronization Constraints in a Concurrent Object Oriented Programming Model – LAÍS DO NASCIMENTO SALVADOR, LÍRIA MATSUMOTO SATO

- BT/PCS/0203 – Construção de um Ambiente de Dados sobre um Sistema de Arquivos Paralelos – JOSÉ CRAVEIRO DA COSTA NETO, LIRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/0204 – Maestro: Um Middleware para Suporte a Aplicações Distribuídas Baseadas em Componentes de Software – CLÁUDIO LUÍS PEREIRA FERREIRA, JORGE LUÍS RISCO BECERRA
- BT/PCS/0205 - Sistemas de Automação dos Transportes (ITS) Descritos Através das Técnicas de Modelagem RM-OPD (ITU-T) e UML (OMG) – CLÁUDIO LUIZ MARTE, JORGE LUÍS RISCO BECERRA, JOSÉ SIDNEI COLOMBO
- BT/PCS/0206 – Comparação de Perfis de Usuários Coletados Através do Agente de Interface PersonalSearcher – GUSTAVO A. GIMÉNEZ LUGO, ANALÍA AMANDI, JAIME SIMÃO SICHMAN
- BT/PCS/0207 – Arquitetura Reutilizáveis para a Criação de Sistemas de Tutorização Inteligentes – MARCO ANTONIO FURLAN DE SOUZA, MARIA ALICE GRIGAS VARELLA FERREIRA
- BT/PCS/0208 – Análise e Predição de Desempenho de Programas Paralelos em Redes de Estações de Trabalho – LIN KUAN CHING, LIRIA MATSUMOTO SATO
- BT/PCS/0209 – Previsões Financeiras Através de Sistemas Neuronebulosos – DANIEL DE SOUZA GOMES, MARCO TÚLIO CARVALHO DE ANDRADE
- BT/PCS/0210 – Proposta de Arquitetura Aberta de Central de Atendimento – ANA PAULA GONÇALVES SERRA, MOACYR MARTUCCI JÚNIOR
- BT/PCS/0211 – Alternativas de Implementação de Sistemas Nebulosos em Hardware – MARCOS ALVES PREDEBON, MARCO TÚLIO CARVALHO DE ANDRADE
- BT/PCS/0212 – Registro de Imagens de Documentos Antigos – VALGUIMA VICTORIA VIANA ODAKURA MARTINEZ, GERALDO LINO DE CAMPOS
- BT/PCS/0213 – Um Modelo de Dados Multidimensional – PEDRO WILLEMSSENS, JORGE RADY DE ALMEIDA JUNIOR
- BT/PCS/0214 – Autômatos Adaptativos no Tratamento Sintático de Linguagem Natural – CÉLIA YUMI OKANO TANIWAKI, JOÃO JOSÉ NETO
- BT/PCS/0215 – Fatores e Subfatores para Avaliação da Segurança em Software de Sistemas Críticos – JOÃO EDUARDO PROENÇA PÁSCOA, JOÃO BATISTA CAMARGO JÚNIOR
- BT/PCS/0216 – Derivando um Modelo de Projeto a Partir de um Modelo de Análise, com Base em Design Patterns J2EE – SERGIO MARTINS FERNANDES, SELMA SHIN SHIMIZU MELNIKOFF
- BT/PCS/0217 – Domínios Virtuais para Redes Móveis Ad Hoc: Um Mecanismo de Segurança – LEONARDO AUGUSTO MARTUCCI, TEREZA CRISTINA DE MELO BRITO CARVALHO
- BT/PCS/0218 – Uma Ferramenta para a Formulação de Consultas Baseadas em Entidades e Papéis – ANDRÉ ROBERTO DORETO SANTOS, EDIT GRASSIANI LINO CAMPOS
- BT/PCS/0219 – Avaliação de Performance de Arquiteturas para Computação de Alto Desempenho – KARIN STRAUSS, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0220 – BGSim: Simulador de Sistema Completo para o Blue Gene/L – LUÍS HENRIQUE DE BARROS CEZE, WILSON VICENTE RUGGIERO
- BT/PCS/0221 - μP: Uma Solução de Micropagamentos – PEDRO ANCONA LOPEZ MINDLIN, TEREZA CRISTINA MELO DE BRITO CARVALHO
- BT/PCS/0222 - Modelamento de Roteadores IP para Análise de Atraso – MARCELO BLANES, GRAÇA BRESSAN