

**Lucas Euzébio Machado**

**Técnicas de Distribuição para  
Jogos Multijogador em Massa**

**DISSERTAÇÃO DE MESTRADO**

**DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA  
Programa de Pós-graduação em  
Informática**

Rio de Janeiro  
Agosto de 2005

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA  
DO RIO DE JANEIRO



**Lucas Euzébio Machado**

## **Técnicas de Distribuição para Jogos Multijogador em Massa**

### **Dissertação de Mestrado**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática da PUC-Rio

Orientador: Prof. Bruno Feijó

Co-Orientador: Prof. Lauro Eduardo Kozovits

Rio de Janeiro  
Agosto de 2005



**Lucas Euzébio Machado**

**Técnicas de Distribuição para Jogos  
Multijogador em Massa**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre pelo Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

**Prof. Bruno Feijó**

Orientador

Departamento de Informática — PUC-Rio

**Prof. Lauro Eduardo Kozovits**

Co-Orientador

Departamento de Informática — PUC-Rio

**Prof. Renato Fontoura de Gusmão Cerqueira**

Departamento de Informática — PUC-Rio

**Prof. Alexandre Sztajnberg**

Departamento de Informática e Ciências da Computação

— UERJ

**Prof. José Eugenio Leal**

Coordenador Setorial do Centro Técnico Científico —

PUC-Rio

Rio de Janeiro, 12 de Agosto de 2005

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização da universidade, do autor e do orientador.

### **Lucas Euzébio Machado**

Graduou-se em Informática na PUC - Rio. Durante o Mestrado foi bolsista da CAPES, desenvolvendo trabalho aplicado na área de distribuição para ambientes virtuais. Atualmente trabalha desenvolvendo jogos eletrônicos.

#### Ficha Catalográfica

Machado Lucas

Técnicas de Distribuição para Jogos Multijogador em Massa/ Lucas Euzébio Machado; orientador: Bruno Feijó; co-orientador: Lauro Eduardo Kozovits. — Rio de Janeiro : PUC-Rio, Departamento de Informática, 2005.

v., 80 f: il. ; 29,7 cm

1. Dissertação (mestrado) - Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática.

Inclui referências bibliográficas.

1. Informática – Dissertações. 2. Distribuição. 3. Técnicas para Ambientes Virtuais Distribuídos I. Feijó, Bruno. II. Kozovits, Lauro Eduardo. III. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. IV. Título.

CDD: 004

Dedicado ao meu pai, que me ensinou sobre o amor.  
Dedicado à minha mãe, que me ensinou sobre a compaixão.  
Dedicado à galera do Icad, que me ensinou sobre a amizade.

## Agradecimentos

Ao meu orientador Bruno Feijó pelo exemplo, pela confiança e pelos ensinamentos. Ao meu co-orientador Lauro Eduardo Kozovits por toda a ajuda e dedicação. A toda a galera do ICAD (Esteban, Pozzer, Rodrigo, Borje, Fabio, Cristina, Ruben, Raul, Chico e Gilliard) pela amizade. Aos funcionários do Departamento de Informática, especialmente a Deborah, pelo bom trabalho. À CAPES pelo apoio financeiro.

## Resumo

Machado Lucas; Feijó, Bruno; Kozovits, Lauro Eduardo. **Técnicas de Distribuição para Jogos Multijogador em Massa**. Rio de Janeiro, 2005. 80p. Dissertação de Mestrado — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Essa dissertação apresenta diversas técnicas e tecnologias úteis na criação de ambientes virtuais distribuídos com milhares de jogadores conectados. Explicações sobre o uso adequado de TCP e UDP são fornecidas. São mostradas algumas técnicas de otimização no uso de sockets. São explicadas tecnologias que permitem tratar de muitos sockets ao mesmo tempo como a poll e a kqueue do Unix e o IO Completion Ports do Windows. Técnicas específicas de ambientes virtuais distribuídos são mostradas. Uma ferramenta que faz uso de várias das técnicas apresentadas é proposta.

## Palavras-chave

Ambientes Virtuais Distribuídos, Ambientes Virtuais em Rede, Jogos Multijogadores em Massa

## Abstract

Machado Lucas; Feijó, Bruno; Kozovits, Lauro Eduardo. **Distributed Techniques for Massively Multiplayer Games**. Rio de Janeiro, 2005. 80p. MSc. Dissertation — Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

This dissertation presents several techniques and technologies that are helpful in the creation of distributed virtual environments with thousands of connected players. Explanations about the proper use of TCP and UDP are given. Some optimization techniques in the use of sockets are also given. Technologies that allow many sockets to be handled at once are explained, such as poll and kqueue from Unix and IO Completion Ports from Windows. Specific techniques for distributed virtual environments are presented. A tool that uses many of these techniques is proposed.

## Keywords

Distributed Virtual Environments, Networked Virtual Environments, Massive Multiplayer Games

# Conteúdo

1	Introdução	11
2	Técnicas usando TCP,UDP e Sockets	17
2.1	Quando usar TCP e UDP	17
2.2	O Algoritmo de Naggle e o Ack Atrasado	18
2.3	Reduzindo cópias de buffer em WinSock	19
2.4	Usando sockets UDP conectados	21
2.5	Enviando múltiplos buffers em Sockets	22
2.6	Implementando Garantia de chegada em UDP	26
3	Técnicas para processamento de Sockets em servidores	30
3.1	Processando múltiplos clientes ao mesmo tempo	30
3.2	Usando verificação constante em sockets não bloqueantes	33
3.3	Usando IO Completion Ports de Windows	35
3.4	Usando kqueue em Unix	42
4	Técnicas para Ambientes Virtuais Distribuídos	45
4.1	Dead-Reckoning	46
4.2	Sincronização baseada em tempo de comando	47
4.3	Eliminando informações desnecessárias	48
4.4	Balanceamento	51
4.5	Nível de detalhe	54
4.6	Agregação de Mensagens	55
5	Ferramenta Proposta e Resultados	56
5.1	Objetivo	56
5.2	Servidor genérico	57
5.3	Servidor de RPG	66
5.4	Movimentação	70
5.5	Cliente	72
5.6	Resultados	73
6	Conclusões	75
6.1	Contribuições e Deficiências	75
6.2	Trabalhos Futuros	76
7	Bibliografia	78

## Lista de Figuras

1.1	Imagem do jogo Everquest	11
1.2	Imagem do jogo Lineage	12
1.3	Imagem do jogo World of Warcraft	12
1.4	Imagem do jogo Erinia	13
2.1	Comparação de sendto bloqueante com WSASendTo assíncrono usando buffer da aplicação	21
2.2	Comparação de sendto bloqueante com WSASendTo assíncrono usando buffer do WinSock	22
2.3	Comparação de envio de mensagens usando sockets UDP normais com sendto() e conectados com send()	23
2.4	Comparação de envio de mensagens usando sendto() e WSASendTo() usando 2 buffers	25
3.1	Performance de um servidor usando múltiplas threads	40
3.2	Performance de um servidor usando select	40
3.3	Performance de um servidor usando IOCP	41
3.4	Comparação de performance entre servidores usando múltiplas threads, select e IOCP	41
4.1	Tempo 0 segundos. O Cliente 1 começa a se mover na velocidade 10 m/s	48
4.2	Tempo 1 segundo. O Servidor começa a se mover. O Cliente 1 já se moveu 10 metros.	48
4.3	Tempo 2 segundos. O Cliente 1 reduz a velocidade para 5 m/s. O Cliente 2 coloca a velocidade 15 m/s	49
4.4	Os círculos preenchidos são os personagens que estão na área de interesse do jogador. O círculos não preenchidos são os personagens fora da área de interesse do jogador. O jogador recebe informações de todos os personagens em sua área de interesse.	50
4.5	Quando um jogador passa de um retângulo para outro, ele se conecta à um novo servidor	51
4.6	Retângulos e suas fronteiras. Quando um jogador cruza uma fronteira ele já se conecta ao novo servidor.	52
4.7	Jogador se aproximando de dois servidores em mundo dividido em hexágonos.	53
4.8	Jogador se aproximando de três servidores em mundo dividido em retângulos.	53
5.1	Início da comunicação de um servidor com o servidor mestre e com os outros servidores da rede.	58
5.2	A figura mostra uma possível organização para uma rede de servidores.	58
5.3	O processo de login de um cliente.	59

5.4	A figura mostra as classes da ferramenta implementada.	60
5.5	Como calcular uma posição de destino usando shorts ou chars.	71
5.6	A figura mostra um servidor e um cliente que fazem uso da ferramenta proposta nesta dissertação.	74