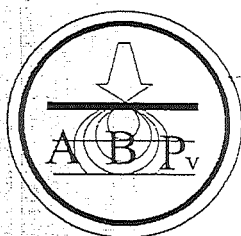


ANAIIS

33ª

RAPv

Reunião Anual de
Pavimentação



ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA
DE PAVIMENTAÇÃO

3º Seminário Nacional
Modernas Técnicas
Rodoviárias



Associação Catarinense
de Engenheiros



CentroSul
CLUBING DE COMERCÍO DE FLORIANÓPOLIS

20a23
NOV2001
Florianópolis - SC

33ª RAPv - Reunião Anual de Pavimentação					
Trabalhos apresentados por Seção técnica					
Nº	TÍTULO DO TRABALHO	AUTORES	EMPRESA / CARGO	E-MAIL	Página
5ª Sessão Técnica - Gerência de Pavimentos e Análise Econômica					
060	Custos Rodoviários: Tabelas de Preços e/ou Metodologias?	Eliane Zarur	Engª Civil, Consultora Independente	eliane@zarur.com.br	1256
066	Conforto e Segurança em Rodovias: Uma Experiência Através da Informática	Collet Silva Filho, R.G.	Arquiteto, Doutorando da FAUUSP, Orientador no Mestrado e Doutorado, Professor CEFET/SP	colleto@ig.com.br	1271
015	O Emprego da realidade Virtual como Ferramenta para Simulação de Projetos Geométricos de Vias	José Remo Ferreira Brega	Doutor em Transportes, Professor, UNESP/FEESR	remo@fundanet.br	1280
		Antônio Carlos Sementille	Doutor em Física Computacional, Professor, UNESP/FEESR		
		Cláudio Kirner	Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação, Professor, FEESR		
		Manoel Henrique Alba Sória	Doutor em Transportes, Professor, EEESC-USP		
041	Um Método para Integração entre um Sistema de Informação Geográfica e um Sistema de Gerência de Pavimentos para Malha Rodoviária Federal do Estado da Paraíba	Robson Ferreira de Lima	M.Sc em Engenharia Civil pela UFPB	engrfl@ig.com.br robsonfl@dec.ufpb.br	1292
		John Kennedy Guedes Rodrigues	Professor D.Sc do Departamento de Engenharia Civil da UFPB	jkennedy@dec.ufpb.br	
123	Desenvolvimento e Aplicação de um Sistema de Aquisição de Imagens Digitais para Avaliação da Condição Superficial de Pavimentos	Rodrigo Maluf Barella	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - EPUSP	rmaluf@hotmail.com	1307
		Sérgio Massara Filho		massara@snakes.net	
		José Tadeu Balbo		jotbalbo@usp.br	

**33ª REUNIÃO ANUAL DE
PAVIMENTAÇÃO
FLORIANÓPOLIS/SC**

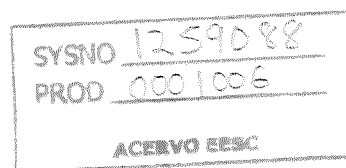
**O EMPREGO DA REALIDADE VIRTUAL COMO
FERRAMENTA PARA SIMULAÇÃO DE PROJETOS
GEOMÉTRICOS DE VIAS**

**José Remo Ferreira Brega¹
Antônio Carlos Sementille²
Cláudio Kirner³
Manoel Henrique Alba Sória⁴**

1. Doutor em Transportes, Professor, UNESP/FEESR
2. Doutor em Física Computacional, Professor, UNESP/FEESR
3. Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação, Professor, FEESR
4. Doutor em Transportes, Professor, EESC-USP

1. Faculdade de Ciências - Unesp - Av Luis Edmundo C. Coube s/n - Bauru - SP - Brasil
e-mail: remo@fundanet.br
2. Faculdade de Ciências - Unesp - Av Luis Edmundo C. Coube s/n - Bauru - SP - Brasil
3. Fundação Eurípides Soares da Rocha - Av. Hygino Muzzi Filho, 529 - Marília - SP - Brasil
4. Escola de Engenharia de São Carlos - USP - Av. Dr Carlos Botelho, 1465 São Carlos - SP - Brasil

5ª Seção Técnica - Trabalho 015



1. INTRODUÇÃO

Com a evolução da informática nos últimos anos, permitindo o acesso a equipamentos com razoável capacidade de processamento, associado a facilidades de comunicação, novas soluções para os problemas existentes estão sendo desenvolvidas. Dentro do conjunto das novas técnicas de simulação, está inserida a Realidade Virtual, a qual permite um novo tipo de interface homem-computador.

A Realidade Virtual propõe a criação de um ambiente virtual, representando da forma mais fiel possível a realidade dos problemas da vida real. Pode permitir por exemplo que o usuário (no caso os engenheiros rodoviários) tenha sensações de imersão, interação, exploração e envolvimento com o mundo representado, possibilitando o trabalho com dados extremamente complexos em um ambiente de manipulação simples.

Dentre as inúmeras possibilidades de uso desta tecnologia, tem-se sua utilização como ferramenta para simulação de um projeto geométrico de vias, com os objetivos de verificar se o projeto proposto realmente atinge os objetivos esperados.

2 O PROJETO GEOMÉTRICO DE VIAS

O problema do projeto geométrico, tratado neste trabalho, envolve mais especificamente as rodovias e podem ser definidas como: é uma trajetória ao longo da qual se restringe o fluxo de veículos seguindo uma determinada rota que liga uma origem a um destino (1).

Esta rota seria o melhor caminho, de preferência o menor caminho, o que nem sempre ocorre por problemas das características dos veículos, e pelos problemas que a natureza impõe como cruzamento de rios, montanhas, etc. Além destes problemas existem os problemas criados pelo homem como cidades, construções existentes, locais históricos, propriedades particulares, etc.

Com todos estes problemas levantados, é necessário avaliar as vantagens e desvantagens de diversos traçados de vias. Neste problema devem ser estudados a localização da via, onde pretende-se minimizar o custo de aquisição do terreno, e seguir as restrições de traçado.

Para cada localização deve-se verificar: a) viabilidade do projeto da via, onde os veículos devem viajar a uma velocidade de projeto estabelecida; e b) capacidade viária suficiente para os volumes de tráfego para cada trecho.

Verificadas as características de locomoção dos veículos (onde são definidas rampas, raios e superelevações de curvas), e características de capacidade (relacionadas com os veículos usuários, larguras das vias, número de faixas) passa-se ao detalhamento do projeto.

Este detalhamento consiste de quatro componentes, segundo Setti e Widmer (2) ; a) o alinhamento horizontal composto por trechos retos, curvas circulares e curvas de transição (estas fazem a ligação entre os trechos retos e curvas circulares) ; b) o alinhamento vertical que define o perfil vertical ao longo da via e é composto por retas e curvas parabólicas; c) a seção transversal identificando as faixas e largura da plataforma; e d) projeto de intersecções.

Com todos estes dados levantados é possível a simulação de determinados pontos onde o projetista verificaria se o projeto atende os objetivos propostos.

3. REALIDADE VIRTUAL

A Realidade Virtual pode ser definida como a forma mais avançada de interface com o usuário de computador (3). Define-se também como uma forma das pessoas visualizarem, manipularem e interagirem com os computadores e dados extremamente complexos. O usuário pode realizar navegação, imersão e interação em um ambiente sintético tridimensional, envolvendo um controle altamente interativo de processos computacionais. O usuário entra no espaço virtual das aplicações e visualiza, manipula e explora os dados da aplicação em tempo real, usando seus sentidos.

Estes sistemas podem ser imersivos (onde o usuário tem o sentimento de estar dentro do ambiente) e não imersivos (a visualização do ambiente ocorre através de um monitor). Esta interação está diretamente relacionada a capacidade do computador de detectar, através de dispositivos especiais, a vontade do usuário e mudar instantaneamente o mundo virtual e as ações sobre ele, modificando as cenas em função dos movimentos do usuário.

Para se criar um mundo virtual é necessário: a modelagem geométrica tridimensional, simulação das ocorrências em tempo real, como navegação, capacidade de locomoção dos veículos, resistência ao rolamento e detecção de colisões. Estas condições levariam o mundo criado a ter as características importantes do mundo real e com a sua interação com o usuário que conduzindo um veículo ele teria a sensação de trafegar pela via.

4. METODOLOGIA

O método empregado neste trabalho é o modelo de computação distribuída orientada a objeto (DOC – Distributed Object Computing) para a construção de Ambientes Virtuais Distribuídos (AVD). A Tecnologia do Objeto vem atualmente sendo adotada por plataformas de desenvolvimento de sistemas completos que suportam a interoperabilidade entre esses sistemas em ambientes heterogêneos.

Uma das principais plataformas distribuídas orientadas a objeto é a Arquitetura de Gerenciamento do Objeto – OMA (Object Management Architecture), definida pela OMG (Object Management Group). A OMA define uma arquitetura ampla que compreende: objetos, modelos de referência, serviços e relacionamentos dentro do ambiente. A primeira especificação aprovada como modelo foi o CORBA (Common Object Request Broker), (4).

Portanto, este trabalho concentrou-se na idéia que AVDs altamente imersivos, de pequeno e médio porte, possam ser construídos utilizando como camada *middleware* os serviços oferecidos pelo CORBA, em combinação com um subsistema de comunicação eficiente, representado por um confiável protocolo *multicast*. Este trabalho utiliza idéias e soluções apresentadas em (Deriggi et al., 1999) (5) e (Deriggi et al. 1998) (6).

4.1. CORBA

O CORBA da OMG foi especificado de forma a permitir a integração de um grande número de sistemas diferentes, definindo como os objetos devem interoperar em um ambiente distribuído. Para atingir este objetivo foi definida uma linguagem para definição de interfaces (IDL), que é uma das características mais importantes deste padrão (7), (8) e (9).

Basicamente o CORBA possui os seguintes componentes:

- **Object Request Broker (ORB)** : Toda interação entre um solicitador de serviços e um objeto é feita pelo ORB (Figura 1), fazendo com que os participantes desta interação não se preocupem com os aspectos de comunicação da rede. As chamdas feitas aos objetos distribuídos são feitas após um mapeamento da IDL para a linguagem de programação do solicitador de serviços, tudo feito através de pré-processadores IDL e os módulos gerados são ligados ao código do solicitador.
- **Common Services**: Estes serviços são usados para criar objetos e componentes, nomeá-los, introduzi-los no ambiente, etc. Atualmente os serviços definidos pela OMG são: Startup, Naming, Life Cicle, Properties, Relationships, Security, Persistence, Events, Query, Time, Trader, Externalization, Transactions, Concurrency, Collections and Licensing. Estes serviços aumentam a funcionalidade do ORB.
- **Common Facilities**: Funções genéricas que podem ser configuradas pelas necessidades de ambientes e aplicações específicas. Atualmente a OMG define as seguintes facilidades: Interface com o Usuário, Gerenciamento da Informação, Gerenciamento de Sistemas e Gerenciamento de Tarefas.
- **Application Interfaces**: Representa os objetos realizando as tarefas necessárias para os usuários. Tem por missão compartilhar e reusar os objetos.

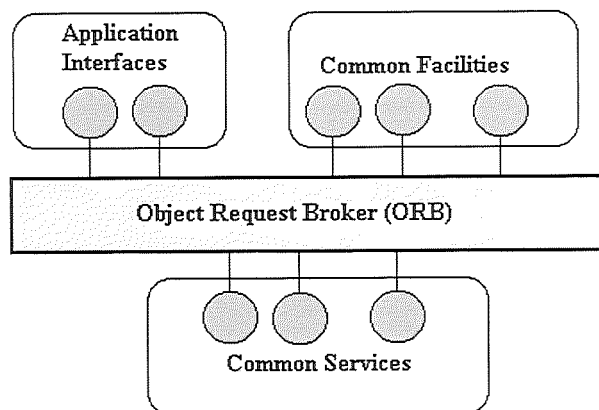


Figura 1 – A Arquitetura CORBA.

4.2. A APLICAÇÃO ALVO

O tipo de AVD escolhido para estudo neste trabalho, quanto ao grau de envolvimento do usuário, pode ser classificado como altamente imersivo.

A característica de imersão está ligada ao sentimento de estar dentro do ambiente. Esta imersão pode ser de duas formas: não imersiva ou imersiva (10).

Quando o sistema apenas utiliza a tela do computador e seus dispositivos comuns, esta forma de imersão pode ser chamada de não imersiva

A forma imersiva necessita que o usuário tenha, em seu campo de visão, a projeção do ambiente, simulando a realidade. Esta projeção pode ser em paredes de uma sala (um exemplo deste tipo de sistema é o CAVE (11)), ou com um dispositivo HMD que o usuário utiliza. Todas as sensações de espaço podem ser proporcionadas como por exemplo, o som. Esta forma é chamada altamente imersiva.

A aplicação de realidade virtual distribuída escolhida é a de uma Cidade Virtual. Nesta aplicação, diversos usuários, representados por um avatar modelado como um veículo, podem percorrer a malha viária de uma mesma cidade virtual (Figura 2).

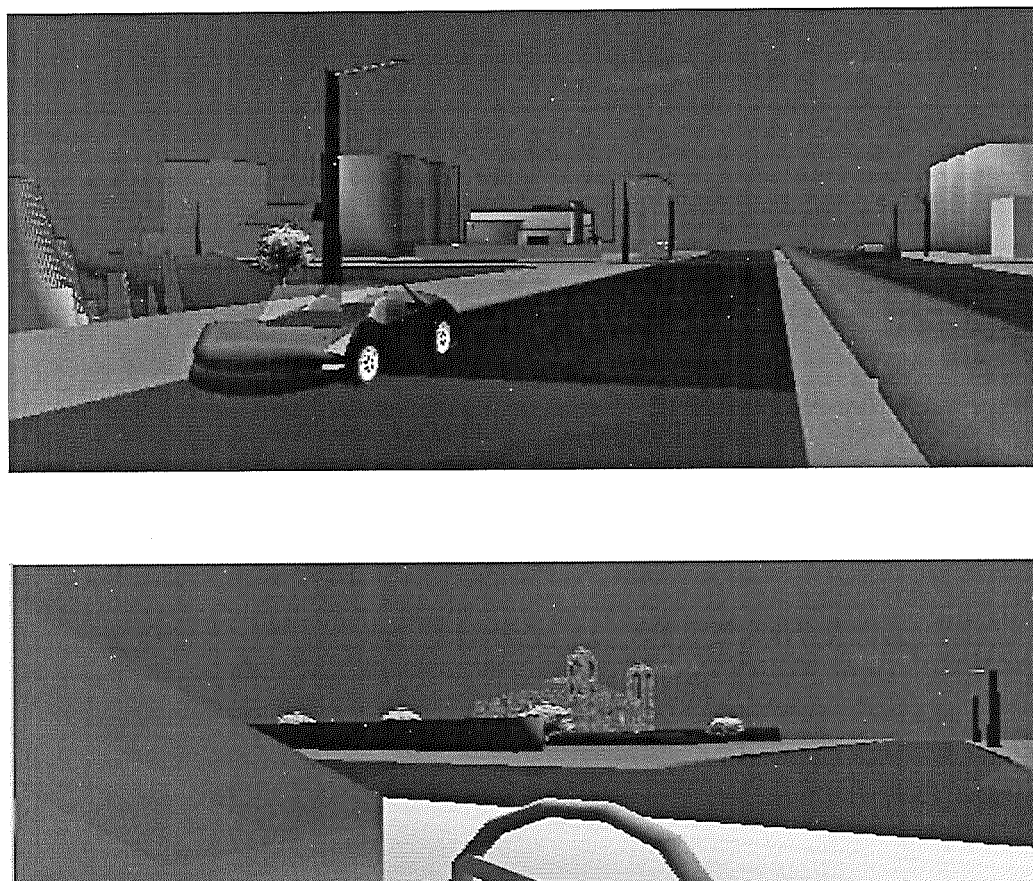


Figura 2 – Imagens da aplicação de realidade virtual distribuída

A fim de facilitar a programação e o estudo do comportamento dos objetos envolvidos, os objetos foram agrupados nas seguintes classes funcionais: Objetos Estáticos (OE), Objetos Dinâmicos Dirigidos pelo Usuário (ODU) e Objetos Dinâmicos Dirigidos por Simulação (ODS). Os OE são fixos e caracterizam o contexto da aplicação como edifícios, ruas, avenidas, placas de sinalização, etc. Os ODU representam as ações dos usuários sobre o ambiente virtual, no caso, os veículos. Os ODS são incorporados ao ambiente para aumentar o realismo da simulação, seguindo um comportamento pré-definido, neste caso, veículos criados para gerar uma certa situação de tráfego.

Ambientes virtuais são sistemas complexos e requerem formas de se integrar, de maneira padronizada, a descrição geométrica dos objetos com seus comportamentos programados. Isto geralmente requer a utilização de um toolkit de modelagem 3D. Estes toolkits são melhor desenvolvidos quando utilizam uma abordagem de orientação a objeto, onde cada tipo de objeto (polígono, fonte de luz, etc.) é modelada como uma classe. Instâncias dessa classe são arranjadas em um grafo de cena hierárquico. O instanciamento dos subgrafos permite ao modelo explorar similaridades na cena (por exemplo, a geometria para quatro rodas idênticas de um carro só precisa ser especificada uma vez). Cada grafo de cena é processado de forma transversal, e para cada nó visitado, o apropriado método da classe correspondente é chamado.

Como a criação de um toolkit para modelagem e renderização é uma tarefa complexa e tediosa, optou-se pela solução de utilizar-se um software já existente, o Sense8 WorldToolkit (12) e (13).

O WorldToolkit (WTK) pode ser descrito como um ambiente de desenvolvimento de aplicações gráficas 3D de tempo real, de alto desempenho. Possui uma biblioteca de mais de 1000 funções escritas em linguagem C que permitem ao programador desenvolver aplicações de realidade virtual de qualidade. As funções WTK são orientadas a objeto e estão organizadas em mais de 20 classes. Estas classes incluem: the Universe, Lights, Sensors, Paths, Motion Links, e outras. No núcleo de uma aplicação escrita em WTK existe um Loop de Simulação, o qual lê sensores de entrada, atualiza objetos, e renderiza uma nova visão do grafo de cena no display (Figura 3).

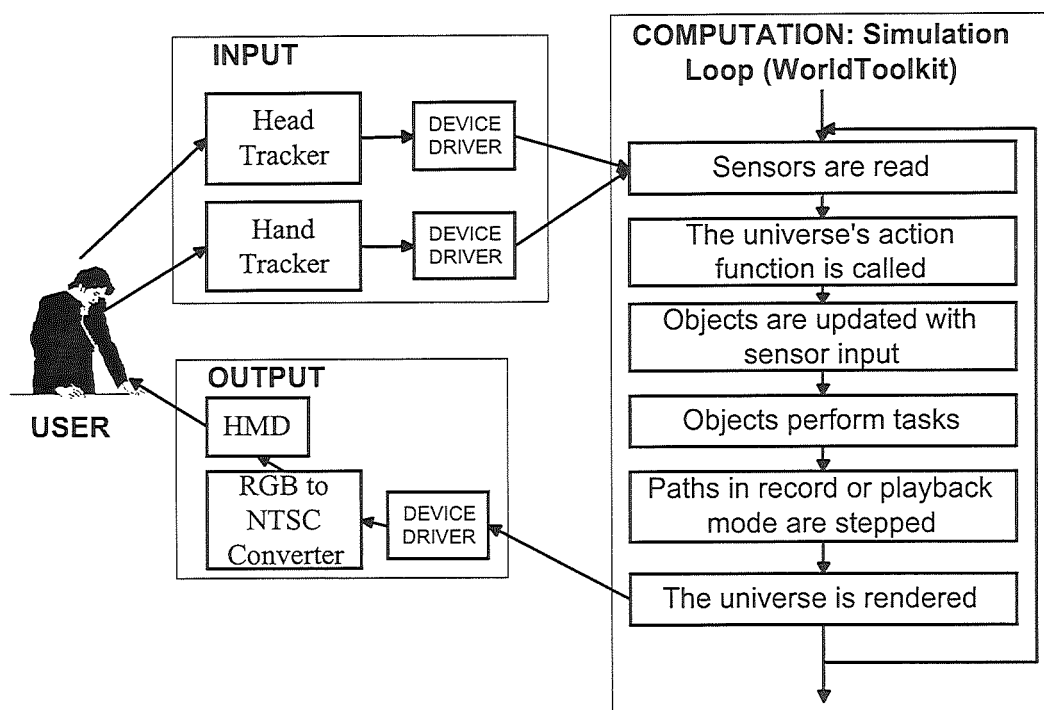


Figura 3 – Visão geral do nível de aplicação construída com o WordToolkit.

Foram estudados: a) a modelagem de objetos e a melhor forma de representar um segmento de uma cidade; b) a movimentação de um veículo, com chassis e rodas independentes (inclusive mostrando um movimento giratório) permitindo aceleração e alteração de direção; c) mudança

dos pontos de vista do usuário, deixando ele imersivo ou não; d) a detecção da colisão com prédios e outros veículos; e) a deformação do veículo que sofreu uma colisão; e f) a iluminação do universo criado mostrando um ambiente em um dia claro com boa visibilidade. A Figura 4 mostra uma representação simplificada do grafo de cena criado.

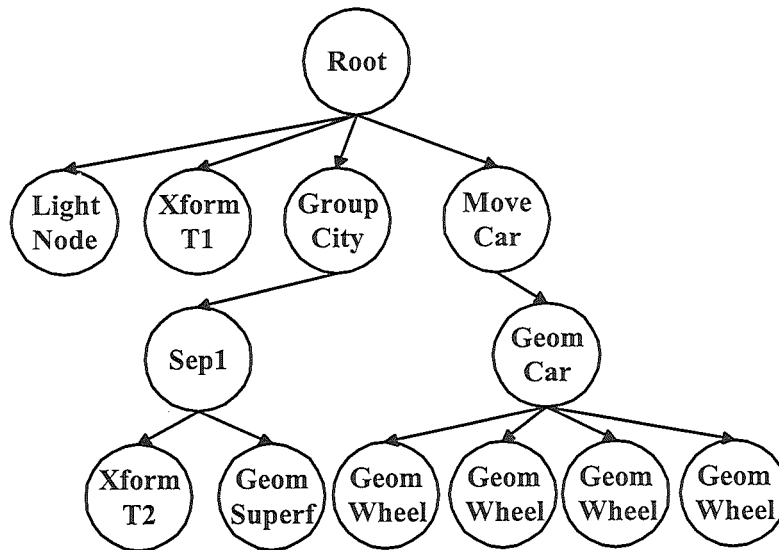


Figura 4 –Grafo de cena simplificado

4.3. ESTRUTURA PROPOSTA

Como mencionado anteriormente, a finalidade deste trabalho é a utilização do CORBA como infra-estrutura de suporte a criação de AVDs de pequeno e médio porte. O CORBA, através de seus serviços e facilidades, habilita que os objetos gráficos criados com o WorldToolkit sejam armazenados, gerenciados, e usados de forma mais eficiente, permitindo, ainda, que estes objetos sejam compartilhados pelos mundos virtuais. Com o CORBA, os componentes da aplicação fazem chamadas aos objetos que gerenciam o ambiente virtual de forma transparente, através do ORB. Naturalmente a arquitetura do CORBA impõe que seja utilizada a abordagem do cliente-servidor, sendo o ORB o elemento responsável pela comunicação entre clientes e servidores.

A abordagem cliente-servidor, nas aplicações de RV, pode trazer certas desvantagens, como por exemplo: a possibilidade de falha no servidor causar o colapso do sistema, bem como, o servidor se tornar um “gargalo” do sistema, limitando sua escalabilidade. A fim de minimizar ou eliminar estas desvantagens, resolveu-se restringir o papel do servidor às tarefas de gerenciamento e controle de conexão e desconexão dos usuários (objetos clientes) com o ambiente. Esta decisão, aliada a utilização do Serviço de Eventos do CORBA e de um protocolo multicast confiável, melhoraram em muito o desempenho do sistema.

4.4. IMPLEMENTAÇÃO

Utilizou-se, aqui, o modelo cliente-servidor puro. Nesta implementação, cada nó participante (cliente) possui uma cópia de todo o universo, ou seja, o mesmo é replicado entre os participantes (14). Porém, clientes não se comunicam diretamente entre si, apenas por intermédio

do Servidor de Objeto. A comunicação é, portanto, ponto-a-ponto (peer-to-peer). Conforme ilustrado na Figura 5, a comunicação entre cliente e servidor pode ser resumida da seguinte forma:

1. Cada novo cliente pode conectar-se ao ambiente chamando o método NetAlive().
2. O Servidor, após receber um NetAlive(), verifica se o novo cliente pode conectar-se. Em caso afirmativo, retornará a este uma lista com as posições dos outros avatares participantes do ambiente. Caso contrário, enviará um Net_Reject.
3. O Servidor recebe constantemente informações de reposicionamento e armazena estas informações em sua base de dados.
4. O Servidor retorna uma tabela com a posição atual de todos os demais avatares no AV, assim que solicitado pelo cliente através da chamada ao método NetViewPos().
5. Um cliente pode retirar-se do AV, avisando o Servidor através da chamada ao método NetBye.

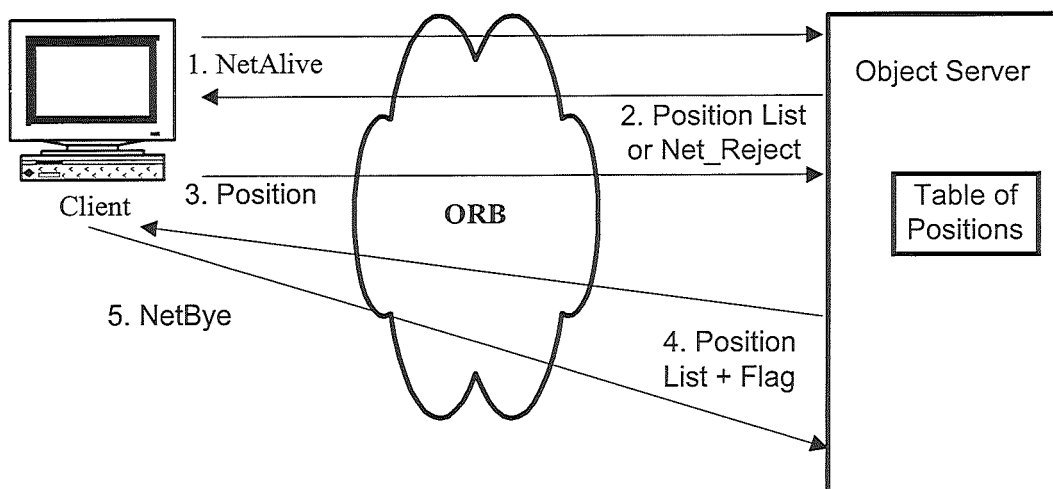


Figura 5 – Estrutura de comunicação da Implementação

5 RESULTADOS OBTIDOS

As vias são formas de trajetórias ao longo da qual se restringe o fluxo de pessoas e veículos seguindo uma determinada rota que liga uma origem a um destino (1). Esta rota seria o melhor caminho, de preferência o menor caminho, o que nem sempre ocorre por problemas das características dos veículos, e pelos problemas que a natureza impõe como cruzamento de rios, montanhas, etc.(15) (16) Além destes problemas existem os problemas criados pelo homem como cidades, construções existentes, locais históricos, propriedades particulares, etc. (Figura 6).



Figura 6 Visualização de vias em Realidade Virtual, permitindo a navegação e imersão

Tem-se portanto, mais um dos problemas que a Realidade Virtual pode contribuir, pois o mundo virtual pode ser construído a partir de elementos da cidade, tais como dados topográficos da região, elementos geométricos da planta e do perfil das vias, medidas transversais da estrada e inclinação dos taludes (17) e (18). Este mundo virtual, pode ser percorrido por um ou mais projetistas, segundo vários pontos de observação, entre os quais o ponto de vista do motorista.(Figura 7)

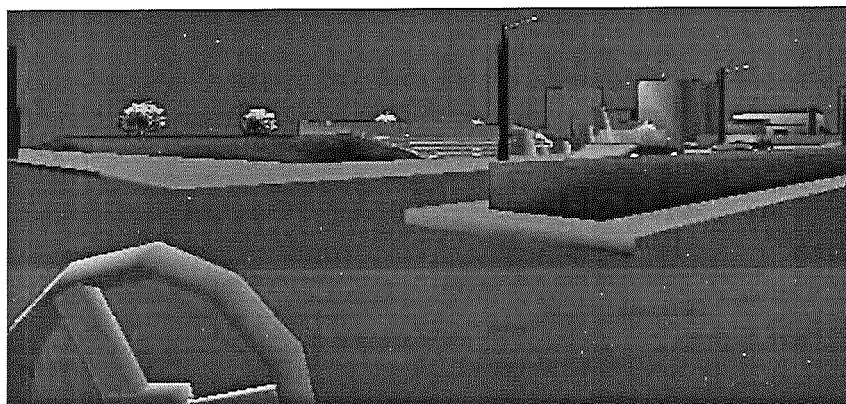


Figura 7: Ponto de vista do motorista com obstáculos visuais

Entende-se por via como a conexão que une dois ou mais pontos. Já a capacidade de uma via é o número máximo de veículos que são capazes de passar por um trecho da via em um sentido, durante um certo período de tempo, sob condições dominantes da via e do tráfego. Esta capacidade depende do nível de serviço que ela oferece, e que pode ser definido como a medida qualitativa do efeito de um conjunto de fatores que influem na velocidade e densidade do fluxo de tráfego (Figura 8).

Estas definições não são novas, e existem diversas equações de análise destes problemas (2) e (19). A questão é que com todas estas equações programadas, o engenheiro pode definir questões como, onde implantar faixas adicionais para subidas, no caso de rodovias, e onde implantar faixas exclusivas para ônibus em cidades por exemplo. A realidade virtual seria, além das equações disponíveis, mais uma forma de simulação para verificar as possibilidades de escolha.

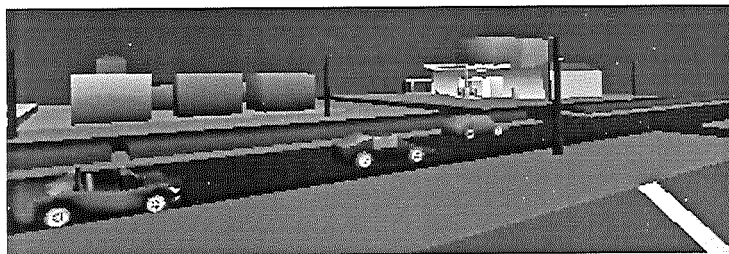


Figura 8: Via com simulação de tráfego

Na Figura 9 está simulada a conversão de um automóvel em uma via de pista dupla com canteiro central de dois pontos de vista diferentes. Observa-se pela figura a conversão do veículo em uma avenida de duas pistas, sem uma sinalização adequada poderia haver uma colisão. Já na Figura 10 um semáforo foi inserido na cidade permitindo ao motorista verificar se ele está em uma posição adequada visualmente.

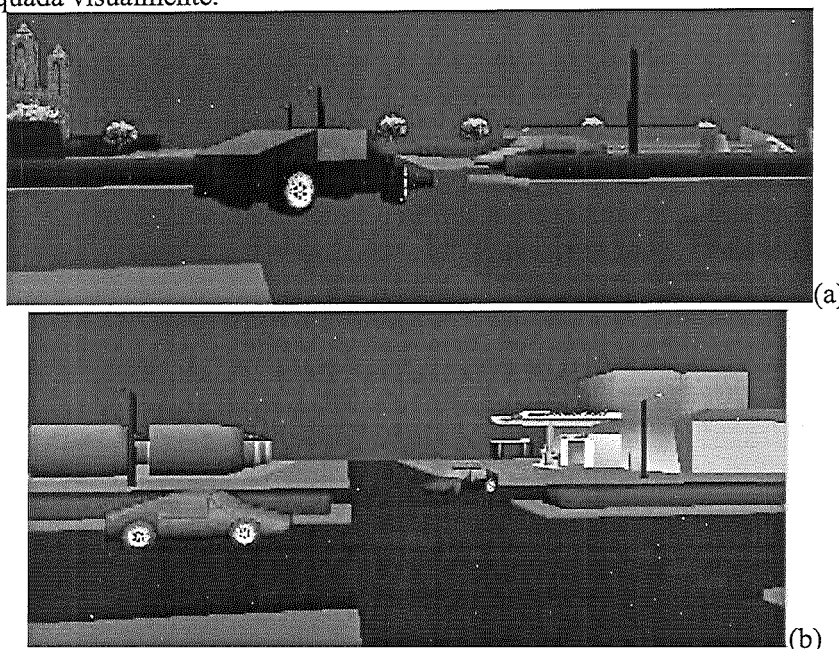


Figura 9: Ponto onde há necessidade de controle de tráfego – a) veículo executando uma conversão à esquerda b) veículo parado para o outro poder cruzar a avenida sem colisão

6 CONCLUSÕES

Para o problema de simulação e interação com a via criada o processo proposto se mostrou bastante promissor. A possibilidade de alteração de velocidade e mudança de direção deixou o veículo criado em condição de dirigibilidade.

Problemas como o estudo de vários raios de curvas, alteração das características de locomoção dos veículos, iluminação, sinalização, tráfego aleatório, devem ser estudados e incorporados ao processo.

Poderão também ser incorporados problemas que interferem na dirigibilidade, como por exemplo: a redução do atrito com o pavimento molhado, conforto para o motorista (função da avaliação do pavimento (20) e (21), chuva forte com dificuldade de visualização, defeitos no pavimento (22), neblina e novas formas para as intersecções.

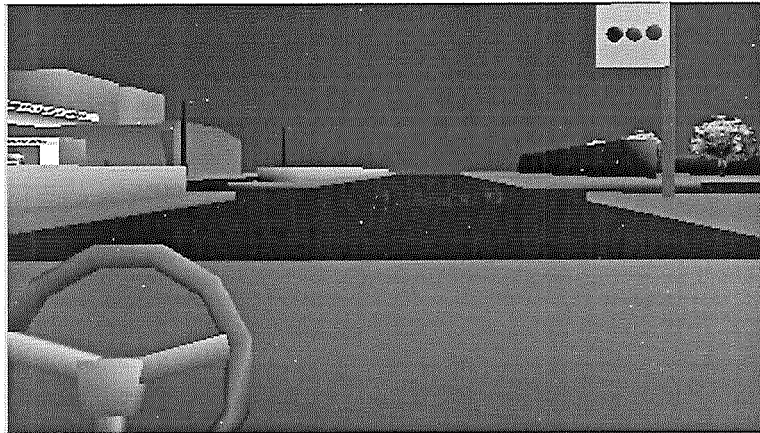


Figura 10: Instalação de semáforo para controle de veículos

A integração com um banco de dados real com dados de estradas existentes (ou em projeto) deve ser efetuado, o que com certeza facilitará o trabalho final do projetista.

Finalmente, este simulador poderá vir a ser usado em disciplinas de projeto de vias, mecânica de locomoção de veículos e simulação de capacidade de vias, onde o aluno teria capacidade de visualização instantânea do que realmente ocorre na prática.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- (1) MORLOK, E. K.; 1978. "Introduction to Transportation Engineering and Planning", McGraw Hill.
- (2) SETTI J.R.A.; WIDMER, J.A.; 1993. "Tecnologia de Transportes"; Apostila EESC USP.
- (3) HANCOCK, D.; 1995. "Pontos de Vista; Virtual Reality in Search of Middle Ground" ; IEEE Spectrum 32(1): 68, Jan.
- (4) OMG; 1991. "OMG - The Common Object Request Broker: Architecture and Specification" ; Object Management Group, Inc., OMG document No. 91.12.1, Dec.
- (5) DERIGGI Jr., F., KUBO, M.M., SEMENTILLE, A.C., SANTOS, S. G., KIRNER, C., BREGA, J.R.F.; 1999. "CORBA Platform as Support for Distributed Virtual Environments" ; IEEE Virtual Reality 99 (VR'99), Houston, Texas, 13-17/March.
- (6) DERIGGI Jr., F. V., KUBO M. M., SEMENTILLE, A.C., dos Santos, S. G., KIRNER, C.; 1998. "Ambientes Virtuais Distribuídos Interoperáveis" ; anais da XXIV

- (7) MOWBRAY, T. J. & ZAHAVI, R.; 1995. “The Essential CORBA - Systems Integration Using Distributed Objects” ; John Wiley & Sons, Inc., 316p.
- (8) ORFALI, R. & HARKEY, D.; 1997. “Client/Server Programming with JAVA and CORBA”, John Wiley & Sons, Inc..
- (9) SCHMIDT, D.C., MAFFEIS, S.; 1997. “Constructing Reliable Distributed Communication Systems .with CORBA” ; IEEE Communications Magazine, v.14, no.2.
- (10) KIRNER, C., ARAÚJO, R. B., IPOLITO, J.; 1996. “Sistemas de Realidade Virtual – Aspectos, Distribuição e Programação na Internet” ; UFSCar.
- (11) DAVE, P., CRUZ-NEIRA, C., CZERNUSZENKO, M.; 1997. “CAVE User’s Guide” ; Eletronic Visualization Laboratory, University of Illinois at Chicago, Chicago, May.
- (12) SENSE8™ Corporation; 1996. “WorldUP™ - Reference Manual Release”.
- (13) SENSE8™ Corporation; 1997. “WorldToolKit™ - Reference Manual Release 8”.
- (14) MACEDONIA, M.R. & ZYDA, M.J.; 1997. “A Taxonomy for Networked Virtual Environments” ; IEEE Multimedia, Vol. 4, no. 1, pp.48-56.
- (15) OLIVEIRA, M. P.; 1976. “Critérios para escolha do comprimento de transição e cálculo de curvas horizontais por computador” ; Escola de Engenharia de São Carlos.
- (16) PIMENTA, C. R. T.; 1975. “Análise Comparativa de critérios para a escolha da superelevação em estradas de rodagem” ; Escola de Engenharia de São Carlos.
- (17) AASHO American Association of State Higway Officials; 1965. “A Policy Geometric Design of Rural Higway” ; Assciation General Offices.
- (18) COQUAND, R.; 1956. “Routes-Circulation-Tracé-Construction” ; Editions Eyrolles.
- (19) TRB Highway capacity manual. Special Report 209; 1985. “Tranportation Research Board” ; U. S. National Research Council, Washington , DC.
- (20) DNER PRO 07/78; 1978. “Avaliação Subjetiva da Superfície de Pavimentos” ; Departamento Nacional de Estradas de Rodagem, DNER, Ministério dos Transportes.
- (21) DNER PRO 08/78; 1978. “Avaliação Objetiva da Superfície de Pavimentos Flexíveis e Semi-Rígidos” ; Departamento de Estradas de Rodagem, DNER, Ministério dos Transportes.
- (22) VIZIR; 1991. “Méthode assistée par ordinateur pour l'estimation des besoins en entretien d'en réseau routier” ; LCPC, Paris.