

**ENVIRON: UMA FERRAMENTA DE REALIDADE VIRTUAL  
PARA PROJETOS DE ENGENHARIA**

**Luciano P. Soares**

**Eduardo T. L. Corseuil**

**Alberto B. Raposo**

**Marcelo Gattass**

*lpsoares@tecgraf.puc-rio.br*

*thadeu@tecgraf.puc-rio.br*

*abraposo@tecgraf.puc-rio.br*

*mgattass@tecgraf.puc-rio.br*

Tecgraf, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro

Rua Marquês de São Vicente, 225 Gávea, 22453-900, Rio de Janeiro – RJ – Brasil

**Ismael H. F. Santos**

*ismaelh@petrobras.com.br*

Centro de Pesquisas da Petrobras

Cidade Universitária, Ilha do Fundão, Rio de Janeiro – RJ – Brasil

**Resumo.** *EnViron (ENvironment for VIRTUAL Objects Navigation) é uma aplicação motivada pela demanda no uso de Realidade Virtual (RV) em grandes modelos de engenharia gerados por ferramentas CAD. O principal objetivo do EnViron é oferecer para modelos CAD recursos de visualização 3D com realismo suficiente para ser usado para prototipagem virtual, revisão de projeto, treinamento, dentre outras atividades. Atualmente, a maioria dos projetos de engenharia usa modelos 3D criados por sistemas CAD devido aos benefícios econômicos e facilidades de gerenciamento que tais modelos podem prover. A aplicação de técnicas de RV em modelos CAD inicialmente se restringia a revisão de projeto, prototipagem virtual e marketing. Mais recentemente, os modelos CAD 3D têm começado a mostrar seu potencial para outros propósitos, tais como estudos ergonômicos, treinamento em segurança, visualização de simulações físicas, documentação de projeto, e monitoramento de dados operacionais em tempo real. No entanto, ainda há muitos desafios na utilização de RV em modelos CAD. Um desses desafios está relacionado à complexidade dos modelos CAD, que não são construídos com a intenção de serem visualizados em tempo real. O desempenho da visualização, em termos de quadros por segundo, é insatisfatório quando modelos muito complexos são carregados, especialmente em regiões com muita concentração de objetos. Outro desafio é a renderização foto-realista, uma vez que modelos CAD geralmente não possuem atributos de material e textura associados aos objetos.*

**Palavras-chave:** *Realidade Virtual, Visualização CAD, Prototipagem Virtual, Design Review*

## 1. INTRODUÇÃO

Recursos de realidade virtual já são usados em diversas áreas do conhecimento, como medicina, treinamentos, educação e entretenimento. Contudo, uma área de grande potencial ainda relativamente pouco explorado é a engenharia. Até poucos anos atrás era comum ver engenheiros com grande pranchetas desenhando com réguas e canetas suas futuras obras. Com a rápida evolução da informática, grande parte destes desenhos já é feito inteiramente por computador. Visto que o sistema manual era desenvolvido em uma superfície 2D, muitos projetos foram e ainda são feitos no computador em duas dimensões mesmo com os modernos recursos gráficos disponíveis. Contudo muitos dos projetos em engenharia industrial atualmente já estão usando geometrias em 3D criadas por ferramentas CAD (Computer-Aided Design). Sistemas CAD modernos estão evoluindo de simples programas de desenho de plantas para ferramentas de design colaborativas, associando aos modelos geométricos recursos adicionais, tais como sistemas de gerenciamento de documentos de engenharia (Engineering Document Management System), documentação física da planta, entre outros. Esta combinação de tarefas reflete a necessidade de criar as plataformas de gerenciamento de informações de plantas PIM (Plant Information Management), um armazém de dados para reduzir custos e melhorar a eficiência através de melhorias no controle do ciclo de vida de um projeto (Intergraph, 2007).

A aplicabilidade das técnicas de RV (Realidade Virtual) para geometrias de modelos CAD tem se restringido a design review, prototipação virtual e para propósitos de marketing, principalmente na indústria automotiva e espacial. Mais recentemente, modelos CAD 3D estão começando a mostrar seu potencial em aplicações de RV para diversos propósitos, como estudos ergonômicos (Monacelli et al., 2004), treinamentos para segurança de ambientes (Haller et al., 1999), visualização de simulações físicas, documentação de projetos e monitoramento de operações em tempo-real.

Neste trabalho, o interesse está nas possibilidades de integração entre RV e CAD, onde a RV é vista como uma forma avançada de visualizar modelos CAD em tempo-real e interagir com eles para fins comuns de aplicações CAD, como design review e treinamentos (Berta, 1999). Adicionalmente serão visualizadas simulações de engenharia avançadas (por exemplo dinâmica computacional de fluidos, análise de dutos, etc.) em ambientes virtuais.

Entretanto, para tirar vantagem da RV em sistemas CAD, existem muitos desafios a serem vencidos. Um deles diz respeito à complexidade dos modelos CAD, que não foram produzidos para serem visualizados em tempo-real. As taxas de atualização não são satisfatórias quando modelos CAD muito complexos são carregados, especialmente em regiões com grande concentração de objetos. Este problema é agravado pelo fato das conversões de modelos CAD para RV normalmente gerarem complexidades não desejáveis nos modelos.

Outro desafio é a dificuldade na produção de imagens com realismo fotográfico. Modelos CAD geralmente não têm atributos de materiais e texturas associados com os objetos, e embora muitas ferramentas de CAD disponham desses recursos, muitos engenheiros de design não as utilizam. Isso acontece porque essas informações não são essenciais para o processo de produção, que é o principal objetivo dos modelos CAD. Entretanto, essa informação é importante para visualizações realistas.

O EnViron é parte de uma iniciativa de pesquisa para o desenvolvimento, em conjunto com sistemas CAD, de um sistema integrado de controle de projetos de engenharia, oferecendo visualização 3D em tempo real e interações em modelos CAD com alto realismo e desempenho.

A seção seguinte apresenta uma breve abordagem do uso de RV com modelos CAD. A seção 3 discute os principais algoritmos e técnicas aplicadas no EnViron, que são apresentadas formalmente na seção 4. Conclusão e trabalhos futuros seguem na seção 5.

## 2. MODELOS CAD E RV

Diversas ferramentas CAD estão disponíveis, com características bem distintas. Algumas delas podem trabalhar com grande quantidades de dados, mas falham na integração com recursos de RV, como os diferentes displays e dispositivos de interação. Outras ferramentas suportam diversos cenários de visualização, porém têm limitações para carregar modelos de maior complexidade. O fato é que não estão disponíveis ferramentas integradas completamente funcionais, onde seria possível migrar de sistemas CAD para RV (e eventualmente vice-versa). Atualmente o processo de usar modelos CAD em RV é composto por uma seqüência de passos (usualmente manuais) para uma adaptação de formatos. (Berta, 1999), (Paillot et al., 2003).

GigaWalk (Baxter et al., 2002) e REVIEW (Shou et al., 2001) são soluções acadêmicas para visualização em tempo real de modelos de alta complexidade. Eles utilizam técnicas como níveis de detalhes hierárquicos e descarte por oclusão para conseguir um bom desempenho. Sistemas comerciais tendem a ter objetivos mais genéricos, e em geral provêm mais recursos de visualização de modelos CAD em RV, como por exemplo o Division Reality (PTC, 2008) e o Walkinside (VRContext, 2008). Entretanto, eles se restringem a alguns formatos CAD.

Existem diversos formatos CAD em uso e alguns, além de serem pouco documentados, são proprietários. Converter para um formato adequado a visualização em VR não é simples e em geral produz artefatos não desejáveis. Uma possível forma de analisar estes sistemas é pela forma de integração das aplicações entre o aplicativo CAD e de RV (Vahl et al., 2003). Através desta análise podemos distinguir 4 abordagens:

1. Sistemas conectados por gateways para facilitar o processo de conversão do modelo CAD para o modelo de RV. Essa é a abordagem mais comum, adequada para a maioria dos sistemas de CAD e RV. Nesse processo, modelos CAD são convertidos para um formato adequado para RV, como o X3D (Web3D Consortium, 2008). Normalmente, esse formato é exportado pelo sistema CAD. A restrição desta abordagem é que ela não oferece solução para muitos dos problemas comuns na conversão de CAD para RV, tais como o tratamento inadequado da geometria, perda de semântica, etc.
2. Definição de um formato comum para os modelos CAD e VR. Um exemplo desse tipo de modelo é o XMpLant, um formato CAD “neutro” baseado em XML para descrever plantas de processo (Aveva, 2004). Porém, o XMpLant é mais focado na conversão de formatos CAD-CAD. No contexto da integração CAD-RV, o potencial de interoperabilidade do XMpLant é bastante útil, mas ferramentas de RV que venham a utilizá-lo como formato de entrada ainda precisarão processá-lo para resolver problemas da conversão CAD-RV.
3. Sistemas conectados por meio de API. Um exemplo é o uso da OMG CAD Services interface (OMG, 2008), que é um padrão baseado em CORBA para permitir a interoperabilidade de ferramentas CAD, CAM (Computer Aided Manufacturing) e CAE (Computer Aided Engineering). A limitação atual da CAD Services Interface é que ela ainda não é amplamente adotada nem por sistemas CAD nem por sistemas RV, de modo que seu uso demandaria altos custos de implementação tanto do lado do sistema CAD quanto do de RV.

- Integração em um único processo, onde o sistema de RV é integrado ao núcleo do sistema CAD (Berta, 1999). Essa abordagem é certamente a mais capaz de resolver os problemas da integração CAD-RV, uma vez que o sistema de RV cobre todas as funções do modelo CAD. Porém, essa é necessariamente uma solução específica de um fabricante, sendo deficitária nos aspectos de interoperabilidade de formatos e ferramentas.

O EnViron (Figura 1) adota uma proposta híbrida entre as categorias 1 e 3 acima. No final, a informação é extraída do sistema CAD e pode ser armazenada em um arquivo desenvolvido para este sistema, similar à categoria 1 acima. Entretanto não se trata de uma simples exportação do arquivo CAD; o arquivo foi definido para incluir informações semânticas relevantes, como os links associados aos bancos de dados. Além disso, a informação é extraída do sistema CAD por meio de uma API nativa, a qual permite a extração de informações semânticas relevantes, similar à categoria 3.

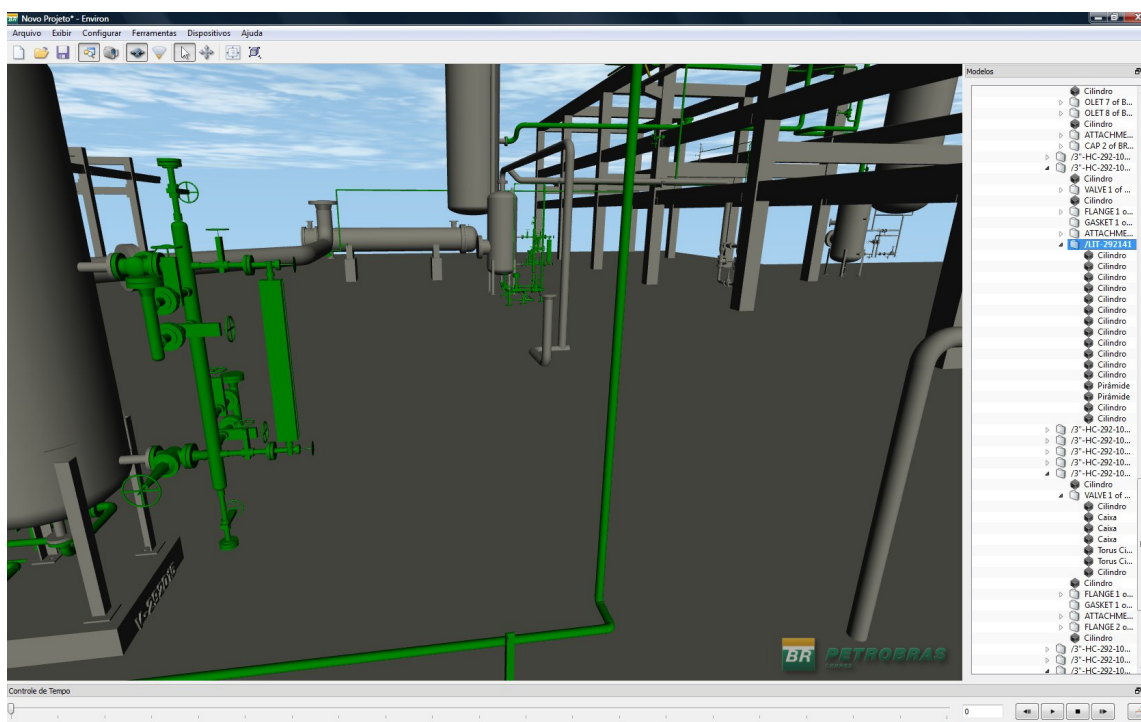


Figura 1 – Cena do EnViron examinando tubulações em Refinaria.

O EnViron é um sistema composto de um ambiente para visualização 3D em tempo real e plug-ins de exportação, que permitem traduzir modelos de outras aplicações para o formato interno do EnViron, um formato otimizado para RV chamado de Tecdgn (Raposo et al., 2006). Algumas das técnicas de otimização aplicadas consistem em agrupar objetos de forma inteligente, baseada na estrutura espacial do objeto, reduzindo assim a complexidade do grafo de cena. Contudo a árvore original do grafo de cena é mantida permitindo aos usuários do modelo manipular na organização mais adequada para eles. Algumas das otimizações usadas no EnViron serão apresentadas na seqüência deste documento.

Foram desenvolvidos exportadores em forma de plug-ins, um para o 3ds Max (AUTODESK, 2008) e outro para o MicroStation (Bentley, 1995), a ferramenta de CAD usada em PDS (Plant Design System) (Intergraph, 2007). O plug-in para o 3DStudio gera um arquivo no formato IVE que é um formato nativo do OpenSceneGraph, conseguindo recuperar todas as principais informações da cena 3D, incluindo texturas e iluminações,

produzindo resultados de alta qualidade visual. O objetivo do plug-in para o MicroStation é não somente converter os arquivos DGN para um formato gráfico próprio do EnViron, o Tecdgn, que permita interações e navegações no cenário, mas também recuperar e exportar a informação semântica associada os objetos CAD.

O EnViron também permite a leitura direta de alguns formatos, como é o caso do RVM (Aveva, 2008), formato usado em aplicações PDMS (Plant Design Management System) para a modelagem e descrição de diversas instalações físicas. Devido a facilidade de ler o formato do RVM, que pode ser inclusive gerado em ascii, não é necessário a criação de um plug-in, sendo a leitura feita diretamente.

### **3. OTIMIZAÇÕES GRÁFICAS**

Modelos CAD podem incluir objetos muito detalhados que aumentam o número de primitivas (polígonos e texturas, por exemplo), levando a uma quantidade de dados maior que a capacidade das placas gráficas ou então aumentando a complexidade do algoritmo de produção das imagens, requerendo simplificações para conseguir taxas de interação aceitáveis. Na seção seguinte serão descritas algumas das principais otimizações desenvolvidas para o EnViron, que vem sendo evoluídas com o passar do tempo.

#### **3.1. Descarte de Objetos**

Uma técnica de aceleração gráfica é o descarte de objetos que estejam fora do campo de visão. Entretanto, essa técnica não descarta todos os objetos que não estejam visíveis, não garantindo um ótimo desempenho. Outra técnica de baseada em descarte de objetos que pode acelerar de forma significativa uma cena é a remoção de objetos que estejam escondidos atrás de outros. Para modelos CAD de engenharia, como centrais elétricas, plataformas petrolíferas e refinarias, a identificação de objetos escondidos e que fazem oclusão não é trivial, especialmente quando o usuário está voando ao redor de todo o modelo, onde nenhum objeto pode ser excluído porque está todo no campo de visão.

Placas gráficas modernas permitem a identificação de objetos escondidos atrás de outros, por meio de métodos da GPU. Desta forma, é possível evitar o processamento de objetos escondidos, visto que eles não vão contribuir para a imagem final. Antes de processar geometrias complexas, são testados os tamanhos dos volumes ocupados por elas sem atualizar a memória da placa gráfica (frame-buffer). As placas gráficas permitem saber o número de pixels que seriam gerados pelo volume da geometria testada; se o número está abaixo de certo limite (usualmente um pequeno número, dependendo do tamanho final da resolução e da distância do observador), é possível assumir que o volume não seria visto e portanto se trata de um objeto escondido. O algoritmo conhecido como Coherent Hierarchical Culling (Bittner et al., 2004) usa esta técnica com diversas otimizações.

Usando o algoritmo de Coherent Hierarchical Culling, tem se verificado um aumento considerável no desempenho em modelos CAD. O desempenho é medido com o tempo que uma câmera com percurso definido leva para percorrer uma cena, variando o número de objetos visíveis e invisíveis dependendo do ponto de vista. Um tempo de referência é tomado sem usar nenhuma técnica de aceleração. Num cenário de teste com uma plataforma real com 91 mil objetos e 4.7 milhões de vértices, foi constatada uma melhora no desempenho de pelo menos duas vezes. Em algumas situações, dependendo do ponto de vista, o desempenho era de cinco vezes melhor. Essa técnica garante melhores taxa de interação que, por consequência, melhoram a sensação de imersão.

### 3.2. Voxels Distantes

Para processar modelos massivos, o EnViron usa um algoritmo conhecido como Far Voxels (Gobbetti et al., 2005), ou voxels distantes. Esse algoritmo usa um sistema de nível de detalhes hierárquico (HLOD), onde as estruturas intermediárias do nível de detalhes são representadas por voxels. Esse HLOD com representações por voxels produz taxas de atualizações interativas para modelos de grande complexidade por causa de diversos fatores como nível de detalhes, oclusões e armazenamento de dados out-of-core.

O algoritmo de Far Voxels, entretanto, tem uma deficiência quando tratando de modelos CAD muito detalhados. Esses modelos têm uma grande quantidade de linhas e objetos finos, que quando são representados em voxels apresentam uma alta frequência na imagem que não podem ser apresentados de forma satisfatória sem um tratamento específico de anti-serrilhamento. Serrilhamento é especialmente notado durante a navegação nos modelos, onde objetos finos criam efeitos que perturbam em seqüências de quadros.

No algoritmo de Far Voxels original, o problema de serrilhamento temporal é agravado quando objetos finos são convertidos em voxels. Os voxels usados para representar estes objetos tendem a ser maiores que a geometria original, como na Figura 2. Além do fato de se estar criando uma representação que é muito diferente do modelo original, por exemplo uma esfera vira um cubo, estas distorções causam um efeito de artefatos que saltam da tela quando mudando entre os níveis de detalhes.

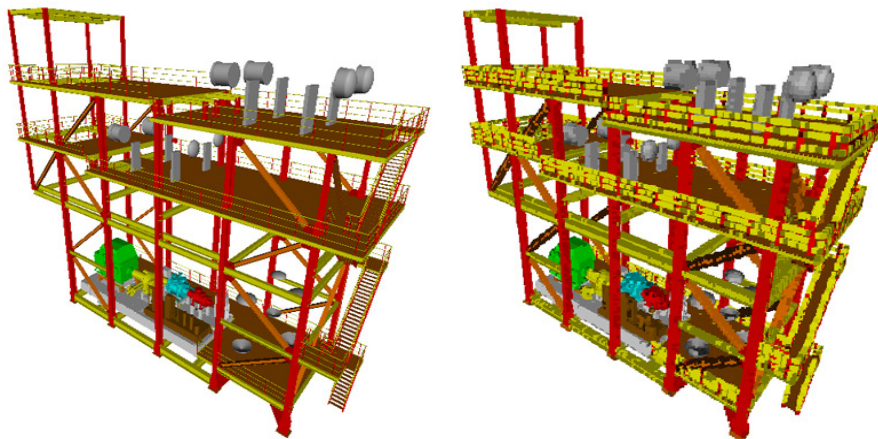


Figura 2 - (esquerda) geometria; (direita) voxels, causando artefatos visuais.

Foi implementado um método para detectar esse tipo de voxel e uma representação alternativa de voxel é usada, como explicada em (Wagner et al., 2007). Este método usa transparências para conseguir uma qualidade da imagem mais próxima da obtida com anti-serrilhamento das placas 3D disponíveis, mostrando todos os detalhes.

### 3.3. Primitivas Gráficas de GPU Especializadas para Modelos CAD

As placas gráficas modernas (GPUs) provêem uma grande flexibilidade para o processamento de vértices e pixels, permitindo a criação de novas aplicações com poderosos efeitos gráficos. Uma área de pesquisa aberta é a de primitivas de GPU (esferas, cilindro, cones, torus) para estender as padrões (triângulos, linhas e pontos). Os benefícios destas novas primitivas comparado com as mesmas teceladas (normalmente expressas como malhas de triângulos) são: melhor qualidade da imagem com silhuetas precisas e profundidade e sombreamento corretos e contínuos, menor consumo de memória e maior eficiência na síntese das imagens.

Na implementação desenvolvida, as primitivas de GPU são visualizadas através de um algoritmo de ray-casting implementado dentro da placa gráfica com programações no vertex e fragment shaders (Toledo et al., 2007). Essa técnica fornece uma descrição paramétrica para cada objeto de engenharia, a qual permite colocar em Display Lists e agrupar objetos paramétricos de tipo similar. O agrupamento de pequenas geometrias é um fator chave para melhorar o desempenho do processamento gráfico em cenas complexas, uma vez que são evitadas chamadas para o vertex e fragment shaders. Adicionalmente, o aumento de recursos para o processamento de primitivas pelo fragment shader é proporcional ao número de objetos presentes, o qual é proporcional ao espaço ocupado na tela pelos objetos. Isto cria uma espécie de nível de detalhes intrínseco, reduzindo o custo computacional para pequenos objetos.

### 3.4. Engenharia Reversa

Em geral objetos de engenharia, tais como válvula, tubos e cotovelos, usados nos modelos CAD, são representados por superfícies implícitas no modelador (Figura 3). Devido ao imenso número de objetos presentes em plantas industriais como refinarias petrolíferas e plataformas, a exportação de modelos CAD para visualização produz modelos muito complexos. Foi verificado que uma plataforma petrolífera de médio porte com 50 milhões de polígonos, cerca de 80% das malhas são em geral derivadas da tecelagem de objetos de engenharia (Toledo et al., 2007).

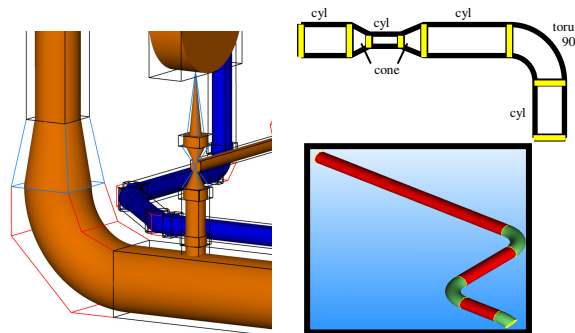


Figura 3 – Primitivas de GPU de uma plataforma de petróleo e um pipeline renderizado com primitivas de GPU.

Uma vez que o uso de primitivas de GPU estendidas representa uma melhora considerável para o desempenho e melhor qualidade visual para os modelos, se torna crítico identificar estas primitivas nas malhas dos objetos, o que pode levar a ainda melhores resultados. Esse processo de substituir malhas de triângulos por primitivas de GPU é conhecido como engenharia reversa. O algoritmo de engenharia reversa recupera as primitivas de malhas de triângulos após descobrir segmentos de tubos compostos por cilindros, cones truncados ou fatias de torus. A identificação de segmentos começa por percorrer a malha e detectar a presença de regiões circulares e estimar suas propriedades. Pela verificação de anéis consecutivos é possível determinar quando representa-se um cilindro, um cone ou um cotovelo, permitindo assim substituir as malhas por uma coleção de primitivas de GPU.



## 4. CENÁRIOS DE APLICAÇÕES

O EnViron é um sistema de RV capaz de prover visualização 3D em tempo-real e interação com modelos CAD complexos. Na seção seguinte os principais recursos da aplicação serão explorados.

### 4.1. Controle por Linguagem de Script

Recursos na interface são importantes para a manipulação dos objetos, contudo certos casos necessitam de recursos mais flexíveis e que possam ser programados. Scripts são uma forma de suprir tal necessidade, para isso foi desenvolvido todo um suporte de script suportado pela linguagem LUA (Jerusalimschy, 2006). Com esta linguagem é possível se executar diversas operações no EnViron. Por exemplo os seguintes comandos vão preparar um ambiente e carregar diversos modelos:

```
environ = Environ()

environ:sky(true)
environ:ocean(true)
environ:oceanfloor(true)
environ:headlight(false)
environ:fullscreen(false)

files = { "P50.128k.a.tdgn", "P50.128k.b.tdgn", "P50.128k.c.tdgn",
         "P50.128k.d.tdgn", "P50.128k.e.tdgn" }

for key,value in pairs(files) do environ:load(value) end
```

Com os recursos de scripting é possível enviar comandos remotamente e então controlar uma outra instância do aplicativo auxiliando um usuário a executar certas operações. Este sistema está numa estrutura cliente servidor, de modo que várias pessoas podem participar de uma mesma seção. A Figura 4 Apresenta um terminal sendo controlado por um servidor exemplo.

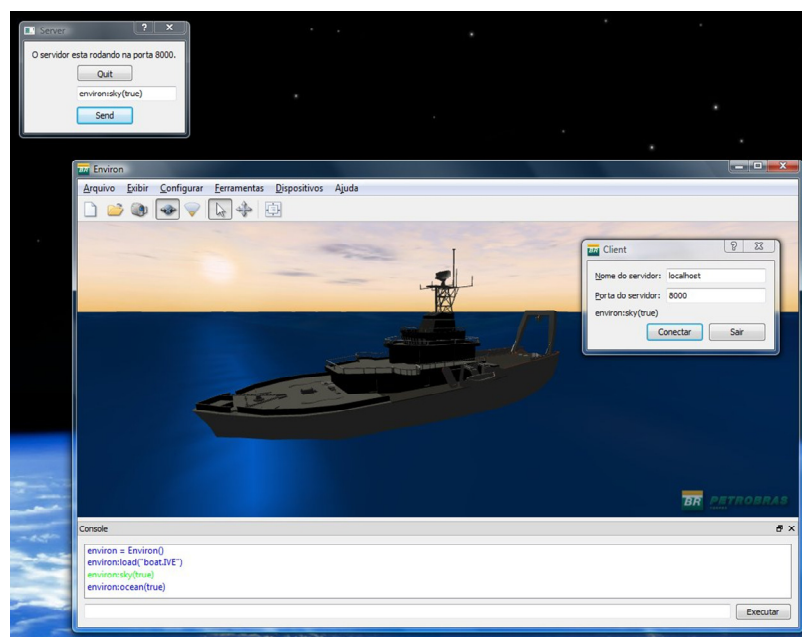


Figura 4 – Envio de comandos remotos



## 4.2. Revisão de Projeto

Revisão de projeto (design review) é o processo de checar se um projeto de engenharia está correto e consistente, e efetuar as correções necessárias. Técnicas de RV podem ajudar este processo, por exemplo, para verificar a segurança dos diferentes caminhos de emergência em caso de um acidente em uma planta industrial. Conforme o número de detalhes aumenta, o aplicativo deve ser capaz de visualizar e interagir com este modelo em tempo real. A fim de chegar a taxas de atualizações interativas, técnicas de descarte e voxels distantes são aplicadas.

A manipulação de objetos é um importante recurso em revisão de projeto. A habilidade de mover, rotacionar e escalar objetos é importante para vários propósitos, como juntar diversos modelos em uma cena, visualizar porções escondidas de um objeto, planejar a reposição de uma instalação e simular uma operação de manutenção ou intervenção. A medição precisa entre objetos num modelo CAD é outra característica importante. Na Figura 5 um usuário está movendo uma peça para verificar se uma pequena mudança de posição irá facilitar a ergonomia para a operação de tal equipamento.

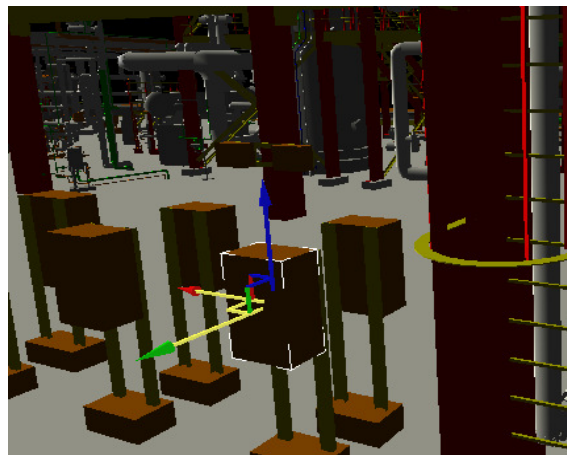


Figura 5 – Manipulando objetos.

Rastreamento é uma forma natural de interagir em grandes telas, que são muito comuns em salas de apresentação que possuem efeitos estereoscópicos, onde equipes de design review geralmente trabalham. O sistema de comando do vídeo-game Nintendo Wii (Wii, 2008), o Wiimote, apresenta uma série de vantagens que podem ser exploradas neste ambiente de rastreamento. Devido a ser sem fio e apresentar um formato que é nativo para a seleção de objetos, o Wii permite uma fácil interação com a cena através da seqüência de botões presente. Além disso o Wiimote já possui recursos de posição e orientação que podem ser usados em computadores de mesa; já para sala maiores são incorporados sistemas de rastreamento por câmeras se usado de esferas retro-reflexivas que permitem uma grande precisão na seleção. A Figura 6 apresenta como a simulação do Wiimote aparece na tela virtual e um Wiimote com os marcadores retroreflexivos.

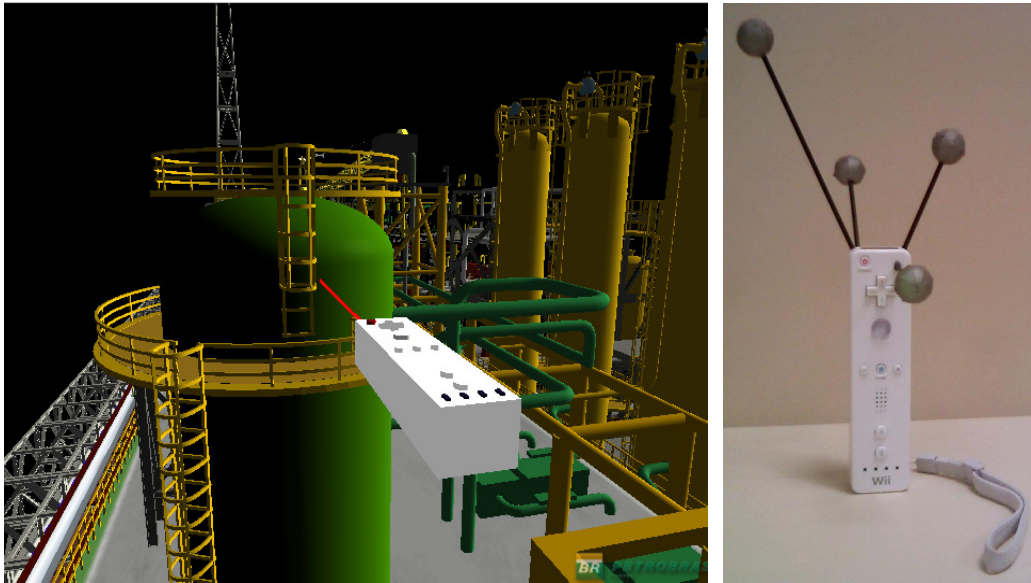


Figura 6 – Wiimote simulado no ambiente virtual e com marcas ópticas.

Outro importante aspecto em revisão de projeto é a integração do modelo visualizado com informações do projeto. Diversos modelos CAD possuem informações técnicas anexadas aos objetos. Usando recursos de bancos de dados é possível recuperar essas informações em tempo real e usá-las para ajudar a tomar decisões operacionais. A Figura 7 apresenta um simples menu de informações de um tanque de gás. É possível saber qual tipo de gás é armazenado e se está em uma boa posição para se montar a estrutura.

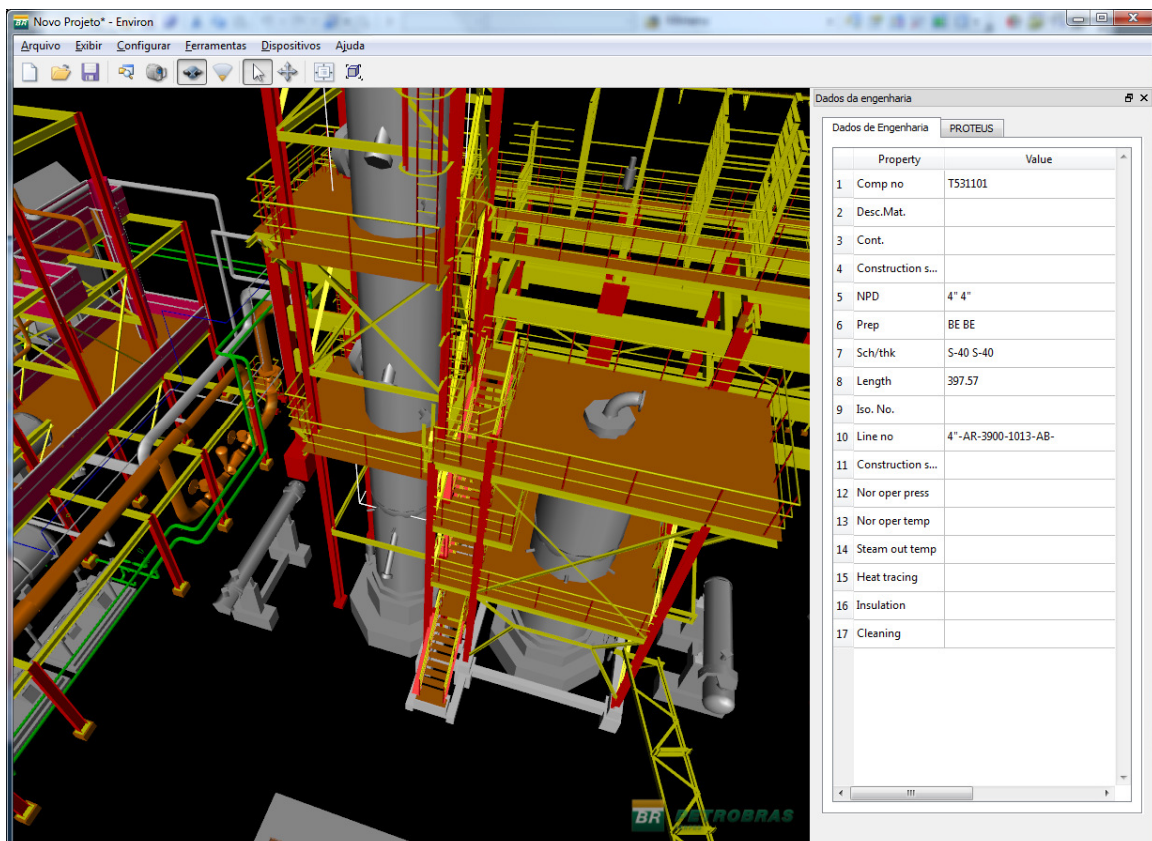


Figura 7 - Informações de Engenharia.

Além disso, a integração com bases de dados é útil, pois permite ao usuário criar anotações no modelo, enfatizando caminhos críticos. Estas anotações podem ser anexadas aos objetos, nos quais podem ser usadas, por exemplo, como recomendações para o gerente de projetos (Figura 8).

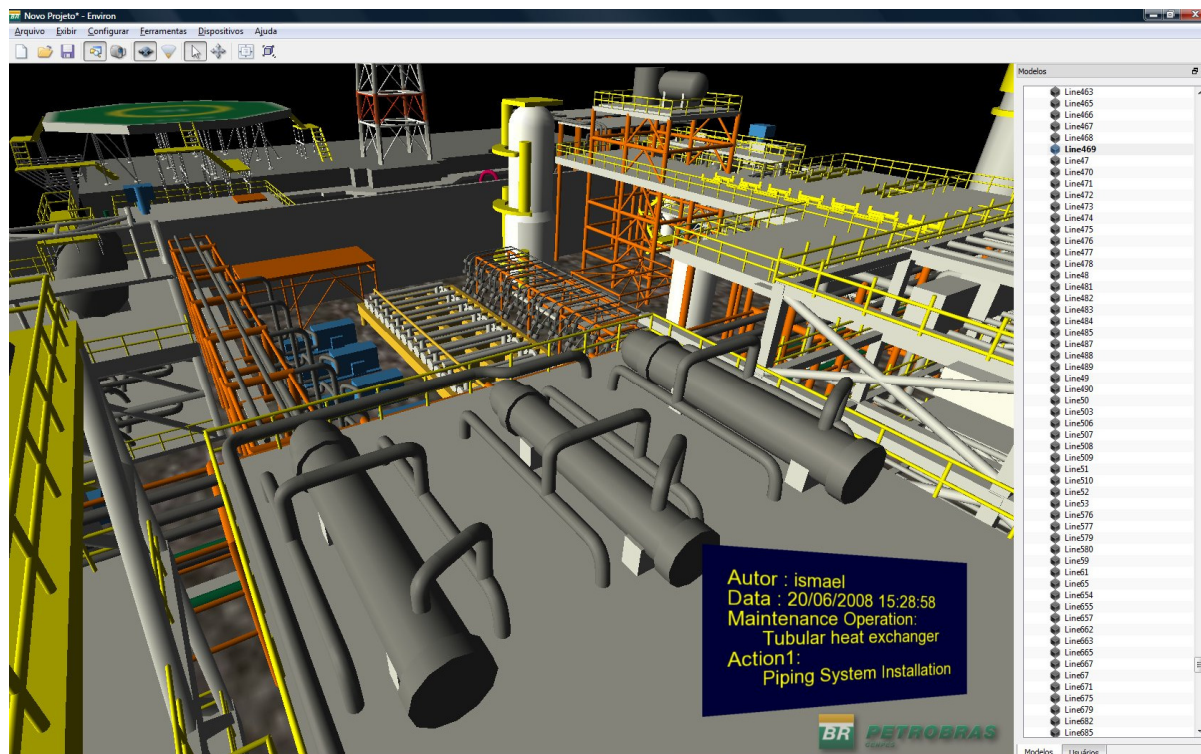


Figura 8 - Anotações em modelo.

### 4.3. Simulações de Engenharia

Durante a fase conceitual de projeto de uma planta industrial, diversas simulações devem ser realizadas para confirmar a robustez e confiabilidade do projeto. Algumas dessas simulações podem requerer imensos esforços computacionais, mesmo para poderosos clusters de computadores. A visualização deve ser a mais precisa possível a fim de prover aos usuários completo entendimento dos resultados da simulação. O EnViron foi desenvolvido com o objetivo de visualizar alguns tipos particulares de simulações, como risers e CFD (Computational Fluid Dynamics).

Plataformas petrolíferas possuem tubulações ascendentes chamadas de risers, para trazer o petróleo dos poços submarinos para os tanques de separação na plataforma. A fim de validar a operação dos risers durante seu ciclo de vida (cerca de 20 anos ou mais), simulações de stress são aplicadas no sistemas de risers baseados nas condições climáticas oceânicas como ventos, correntes e ondas. Para evitar problemas de operação, simulações são conduzidas em situações extremas para testar sua resistência. Um dos softwares de análise usados é o Anflex (Mourelle et al., 1995), um pacote de análise de elementos finitos que é bem preciso, porém apresenta representações gráficas muito simplistas. O EnViron utiliza de técnicas gráficas sofisticadas para apresentar essas simulações em ambientes de RV imersivos. Visto que risers podem ser representados como uma forma de cilindros, primitivas de GPU são usadas para gerar as imagens de toda a tubulação, permitindo ao usuário analisar a tubulação de perto sem perder qualidade (Figura 9).

Entre outros recursos, é possível animar a simulação, examinar os tubos, as ondas e correntes e o movimento da plataforma, rastreando os elementos do risers que estão sob condições extremas (por exemplo, altos valores de stress).

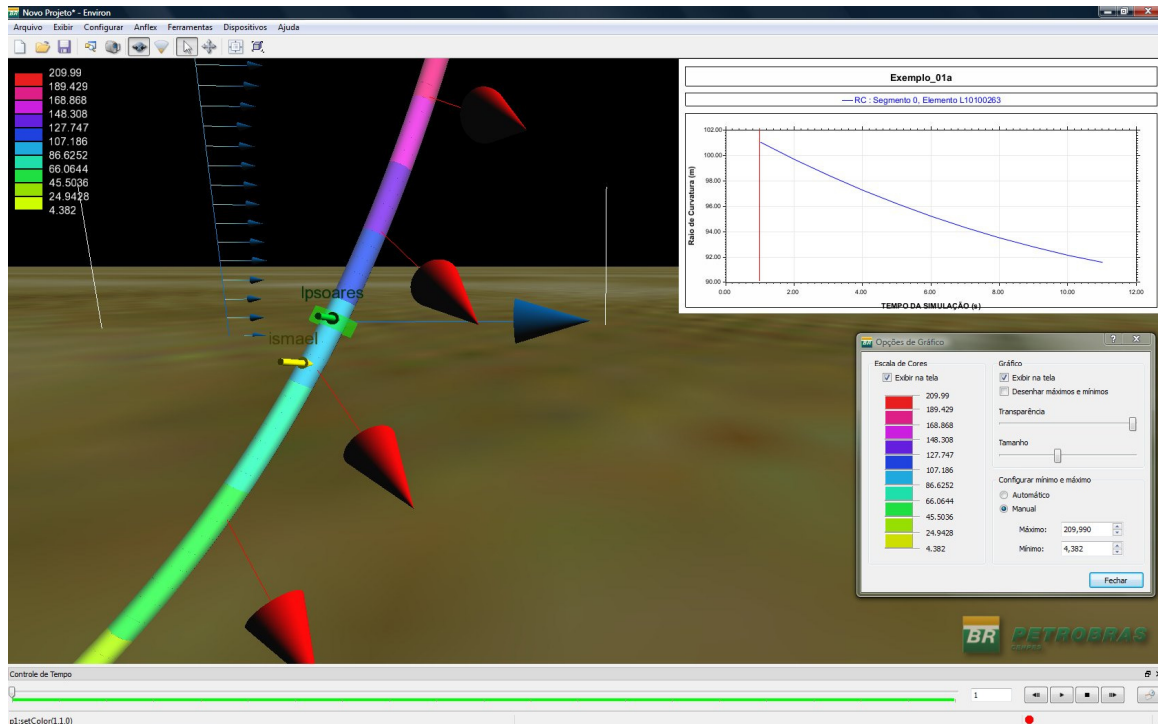


Figura 9 – Visualização de um Riser.

Outra importante simulação visualizada pelo Envision é baseada em dinâmica de fluidos. Partículas são usadas para exibir o movimento de fluidos, com informações adicionais nas cores dos elementos. A Figura 10 apresenta um gás se espalhando, onde as cores representam a velocidade de cada partícula. Usando este tipo de simulação é possível analisar dispersão de fumaças em caso de acidentes. Visualizações mais realistas podem ser feitas por intermédio de *sprites* na forma de fumaça.



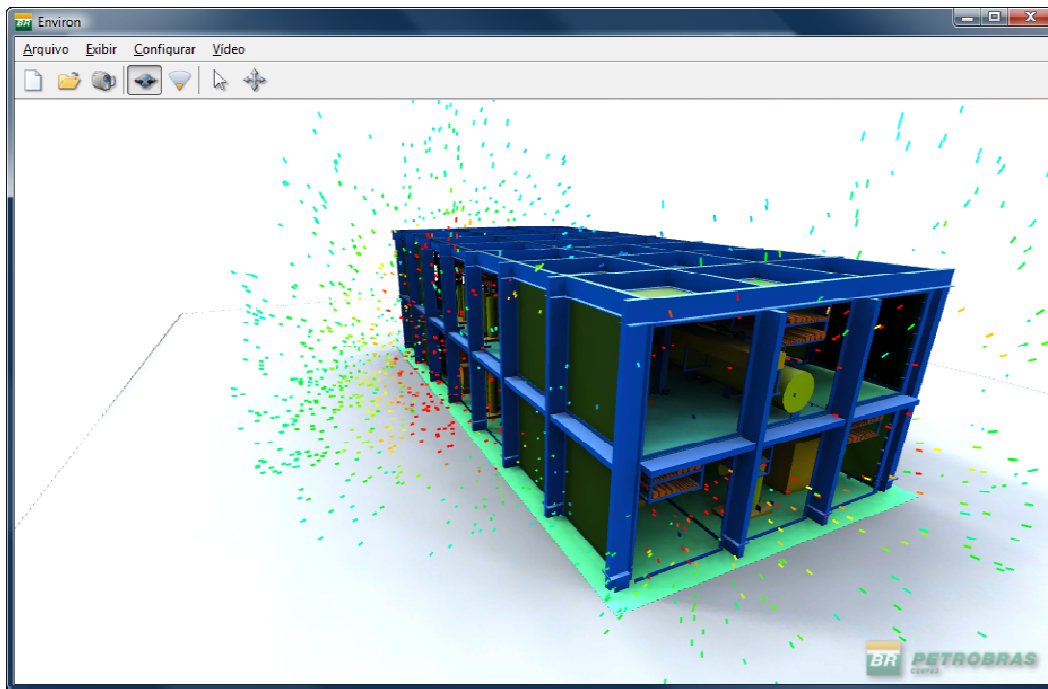


Figura 10 – Visualização de dispersão de fumaça.

#### 4.4. Efeitos Especiais

Efeitos do ambientes são recursos que dão maior realismo à cena. Céu, mar, sombras e terrenos são exemplos usados no EnViron.

O EnViron permite o carregamento de dados de terrenos reais. Esses dados são normalmente representados como curvas de nível armazenadas em arquivos CAD. Eles podem ser facilmente convertidos para malhas 3D que podem ser usadas na visualização 3D em tempo real. Como essa informação apresentada é geo-referenciada, ela pode ser mesclada com imagens aéreas ou de satélite, desde que estas estejam também geo-referenciadas. Essas fotos podem ser usadas sobre a malha já existente para auxiliar a identificar características reais da cena. Modelos CAD já existentes podem ser inseridos na posição correta, permitindo ao usuário fazer análise envolvendo terreno e modelo (Figura 11).

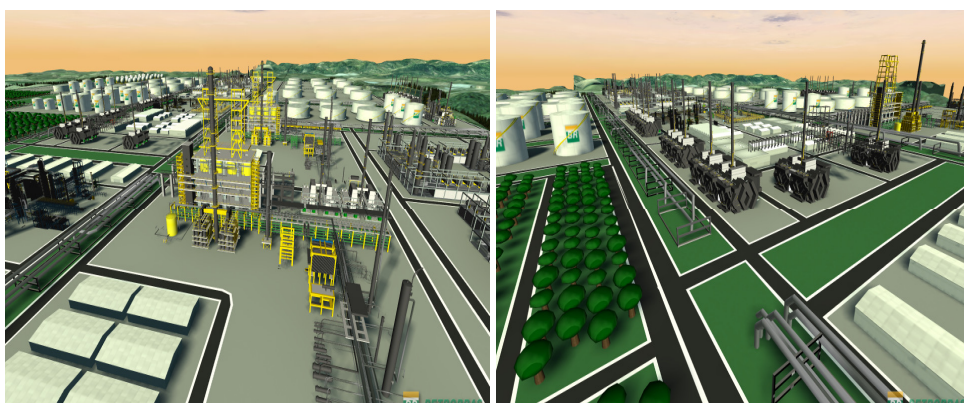


Figura 11 – Duas vistas diferentes de refinaria da Petrobras

Como as plataforma petrolíferas não estão no solo, mas sim no mar, é importante simular o mar e seu comportamento. Para aumentar o realismo, recursos de GPU são aplicados sobre

a água para os efeitos de perturbação e brilhos. E em alguns casos, como o da Figura 12, o mar está respeitando a simulação realizada para o cálculo de resistência dos risers.

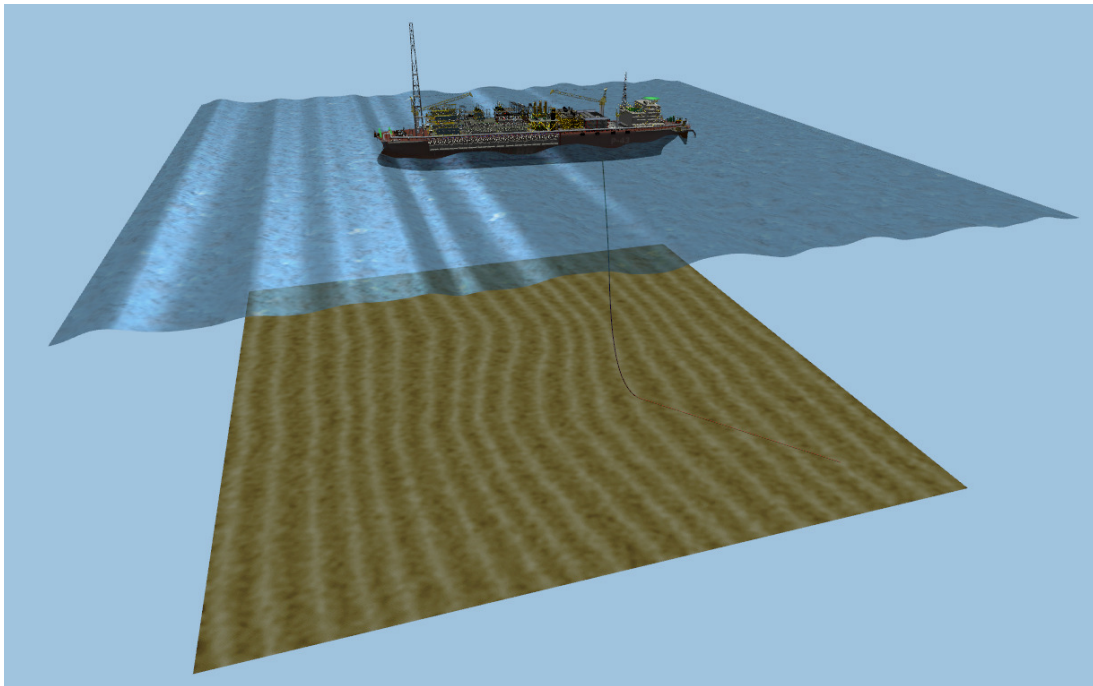


Figura 12 – Simulação de mar.

## 5. CONCLUSÕES E TRABALHOS FUTUROS

O EnViron é parte de uma iniciativa para a criação de infra-estruturas para a geração imediata de ambientes de RV baseado em modelos CAD, uma tarefa que atualmente requer grande esforço das equipes de RV na indústria. Neste contexto, o EnViron foi projetado para ser uma ferramenta extensível, com flexibilidade para receber novas funcionalidades e incorporar plug-ins, de acordo com os diferentes requisitos da indústria. Esse conceito é o oposto do oferecido pelas soluções comerciais, que apresentam “caixas-pretas”, com avanços desenvolvidos pelo produtor conforme conveniência. O EnViron tem conseguido bons resultados na conversão de CAD para RV, sendo capaz de incluir efeitos na cena, com níveis de interatividade aceitáveis em cenas complexas.

Devido ao crescente aumento de sistemas multi-projetivos, suporte para clusters de computadores e multi-projeções são prioridades no desenvolvimento do EnViron e estão em fase de implementação. Este novo suporte vai permitir o rastreamento da cabeça permitindo uma interação muito maior do usuário com o sistema de visualização. A Figura 13 apresenta um protótipo do que está sendo desenvolvido neste momento.

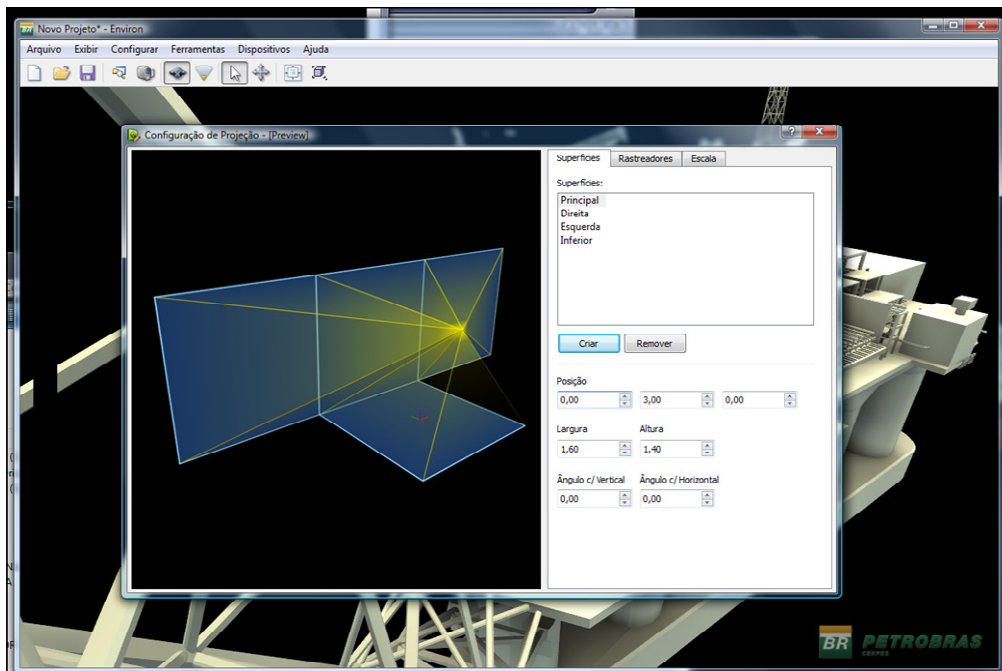


Figura 13 – Protótipo do sistema de gerenciamento de multi-projeção

### *Agradecimentos*

Os autores gostariam de agradecer a Petrobras e ao Tecgraf/PUC-Rio por seu expressivo apoio neste projeto. O Tecgraf é um laboratório prioritariamente financiado pela Petrobras. A pesquisa do Prof. Alberto Raposo é parcialmente financiada pelo projeto “Ambientes Virtuais Colaborativos Aplicados em Engenharia”, Edital Universal CNPq, processo número 472967/2007-0.

### **REFERENCES**

AUTODESK.2008. 3ds Max. <http://www.autodesk.com>.

Aveva, 2004. AVEVA announce new advance in intelligent 3D CAD translation. [http://www.aveva.com/news\\_content.php?\\_id=117](http://www.aveva.com/news_content.php?_id=117).

Aveva, 2008. AVEVA Review. <http://www.aveva.com/>

Baxter, W., Sud, A., Govindaraju, N., Manocha, D., 2002. Gigawalk: Interactive walkthrough of complex environments. In Eurographics Workshop on Render-ing, 203–214.

Bentley, 1995. Microstation Ref. Guide, Bentley Systems incorporated: Intergraph Standard File Formats.

Berta, J. 1999. Integrating VR and CAD. IEEE Com-puter Graphics and Applications 19, 5, 14–19.



- Bittner et al. 2004. Coherent Hierarchical Culling: Hardware Occlusion Queries Made Useful. Institute of Computer Graphics and Algorithms, Vienna University of Technology, EUROGRAPHICS 2004.
- Gobbetti E. and Marton F., 2005. "Far voxels: a multiresolution framework for interactive rendering of huge complex 3D models on commodity graphics platforms." ACM Trans. Graph. 24, 3, 878-885.
- Haller, M., Holm, R., Volkert, J. and Wagner, R.A., 1999. "VR based safety training in a petroleum refinery". In The 20th Annual Conf. of the European Association of CG, Eurographics, Milano, Italy.
- Ierusalimschy, R., 2006. Programming in Lua, Second Edition. Lua.org.
- Intergraph, 2007. SmartPlant Enterprise, Plant and Ship Design and Engineering. <http://www.intergraph.com/>
- Monacelli, G., Sessa, F. and Milite, A., 2004. An Integrated Approach to Evaluate Engineering Simulations and Ergonomics Aspects of a New Vehicle in a Virtual Environment: Physical and Virtual Correlation Methods, FISITA 2004 30th World Automotive Congress, Barcelona, Spain (2004), pp. 23-27.
- Mourelle, M. M., Gonzalez, E. C. and Jacob, B. P., 1995, "ANFLEX - Computational System for Flexible and Rigid Riser Analysis", Proceedings of the 9th Inter-national Symposium on Offshore Engineering, Brazil.
- OMG. 2008. Computer Aided Design Service, V 1.2. <http://www.omg.org/technology/documents/formal/cad.htm>, Object Management Group, January.
- Paillot, D., Merienne, F., and Thivent, S., 2003. Cad/cae visualization in virtual environment for automotive industry. In EGVE '03: Proceedings of the workshop on Virtual environments 2003, 315–316.
- PTC. 2008. Division Reality. <http://www.ptc.com/>, Parametric Technology Corporation.
- Raposo, A. B., Corseuil, E. T. L., Wagner, G. N., Santos, I. H. F., Gattass, M., 2006. Towards the Use of CAD Models in VR Applications. ACM International Conference on Virtual-Reality Continuum and its Applications in Industry - VRCAI 2006, p.67-74. Hong Kong, China.
- Shou, L., Chionh, J., Huang, Z., Ruan, Y., and Tan, K. L., 2001. Walking through a very large virtual environment in real-time. In VLDB '01: Proceedings of the 27th International Conference on Very Large Data Bases, 401–410.
- Toledo, R., Levy, B. Paul J. C., 2007. Iterative Methods for Visualization of Implicit Surfaces on GPU, 3rd Inter Symposium on Visual Computing, LNCS4841,598-609.

Vahl, M., and Lukas, U., 2003. Integration of virtual reality and cad based on omg's cad services interface. In European Concurrent Engineering Conference, 54–61.

VRContext, 2008. <http://www.walkinside.com>

Wagner G. N., Raposo A., Gattass M., 2007, An anti-aliasing technique for voxel-based massive model visualization strategies, 3rd International Symposium on Visual Computing. LNCS 4841, 288-297.

Web3D Consortium, 2008. <http://web3d.org/>

Wii, 2008, The Global Wii Experience Website, <http://wii.com/>