



A OTIMIZAÇÃO DE MODELOS EM REALIDADE VIRTUAL PARA ENGENHARIA

José Luís Farinatti Aymone – aymone@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Arquitetura, Departamento de Expressão Gráfica

Rua Sarmiento Leite, 320/402

90.050-170 – Porto Alegre, RS

Resumo: *A Realidade Virtual permite a simulação de ambientes através do computador, proporcionando ao usuário a sensação de imersão e a capacidade de interação com os ambientes virtuais. A linguagem utilizada VRML -Virtual Reality Modeling Language- possibilita a interação e a navegação pelo ambiente virtual em tempo real através de navegadores da Internet. O modelamento em realidade virtual tem dois aspectos fundamentais: qualidade gráfica e agilidade na navegação. Se por um lado os modelos virtuais podem simular a realidade de maneira bastante aproximada, por outro, um alto grau de detalhamento pode dificultar ou inviabilizar a navegação. Modelos detalhados são compostos de objetos com grande número de faces, que demandam muito tempo de download e necessitam de computadores com processadores avançados e bastante memória para que a navegação seja ágil. No presente trabalho, são apresentadas técnicas de otimização aplicáveis a modelos para engenharia. Os modelos 3D são desenvolvidos no programa AutoCAD, exportados para o programa 3DStudio (onde materiais são aplicados) e, em seguida, convertidos no formato VRML. As técnicas de otimização propostas permitem reduzir, dependendo do caso, o tamanho dos modelos para menos de 10% do tamanho original, sem perda de qualidade gráfica. Dessa forma, é possível disponibilizá-los na Internet, sem grandes exigências de performance dos computadores.*

Palavras-chave: *Realidade Virtual, VRML, Projeto Auxiliado por Computador, CAD*

1. INTRODUÇÃO

A Realidade Virtual é uma tecnologia que pode ser empregada em diversas áreas, como educação (ensino a distância) e engenharia (prédios, peças e simulação numérica). Ela permite a interação com o usuário e a navegação pelo ambiente virtual em tempo real.

A linguagem VRML -Virtual Reality Modeling Language-, ou Linguagem de Modelamento da Realidade Virtual (AMES *et al.*, 1996; HARTMAN e WERNECKE, 1996), é um dos formatos mais utilizados e alia qualidade visual com velocidade de navegação e fácil disponibilização através da Internet.

Em trabalhos anteriores, foram desenvolvidos em realidade virtual modelos do exterior dos prédios do Campus Central da UFRGS (AYMONE *et al.*, 2002) (Figura 1) e do interior da Faculdade de Arquitetura da UFRGS (FENSTERSEIFER *et al.*, 2002) (Figura 2).

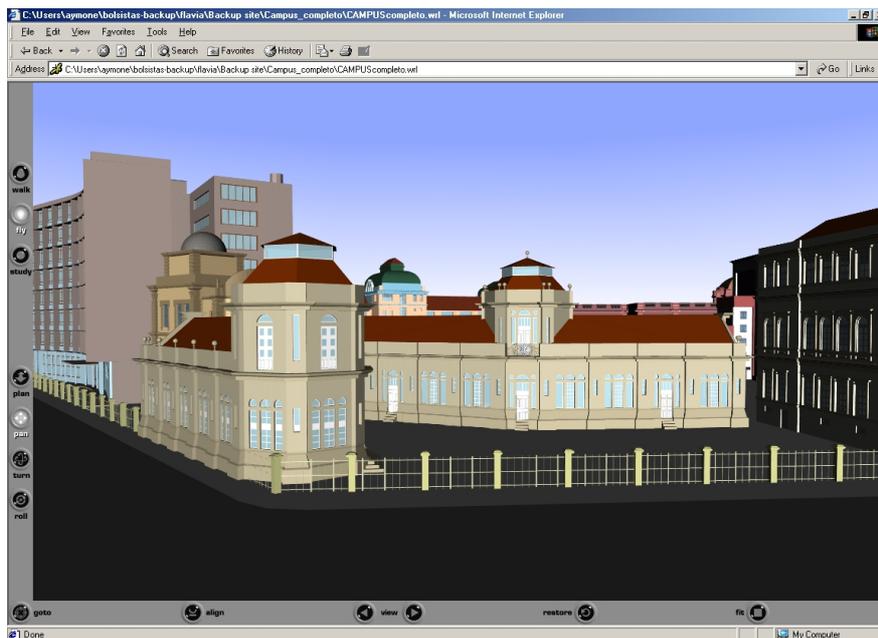


Figura 1 - Campus Central da UFRGS em realidade virtual

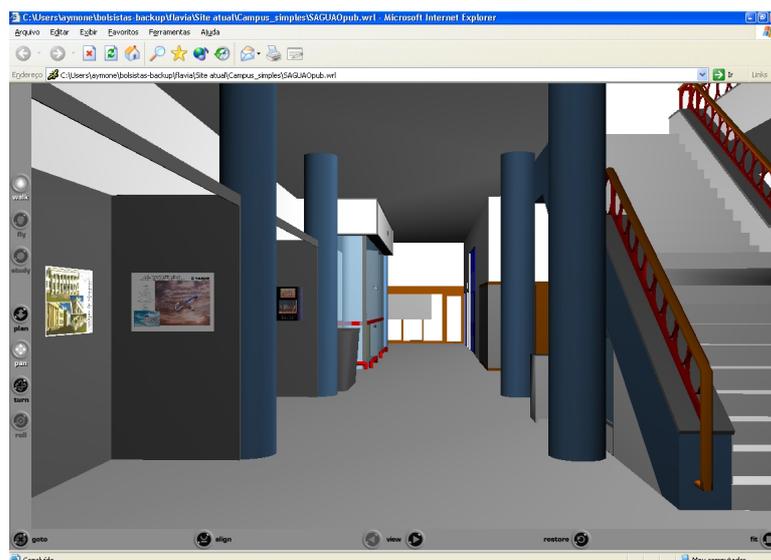


Figura 2 - Saguão da Faculdade de Arquitetura da UFRGS em realidade virtual

O processo de transformação dos modelos estáticos em modelos interativos é realizado em três etapas, em programas diferentes.

Os modelos estáticos dos ambientes são desenvolvidos individualmente no AutoCAD (formato *.dwg*). Para a otimização dos modelos, objetos tridimensionais e textos são substituídos por regiões planas ou imagens representativas sem perda de qualidade visual. Como o AutoCAD (AYMONE e TEIXEIRA, 2002) não realiza a exportação para VRML, os arquivos *.dwg* são exportados com o formato *.3ds* para o 3DStudio.

No 3DStudio (PETERSON, 1998) são aplicados materiais e texturas. Nesta etapa, a otimização é feita através de instâncias, as quais permitem a execução de cópias de objetos que se repetem sem aumentar o número de faces do arquivo.

Em seguida, os arquivos são exportados para VRML (formato *.wrl*) e estão prontos para a navegação no Internet Explorer, utilizando plug-ins gratuitos como o Cortona VRML 4.0.

Nas próximas seções, as etapas de modelamento e transformação dos arquivos CAD em VRML são detalhadas. Comparativos entre o método tradicional e o método otimizado de modelamento para ambientes do interior da Faculdade de Arquitetura são apresentados.

2. MODELAMENTO DOS AMBIENTES NO AUTOCAD

Os objetos constituídos de materiais diferentes são colocados em *layers* distintos para facilitar a aplicação de materiais no 3DStudio.

Para que se tenha um ambiente em realidade virtual em que se possa navegar com agilidade pela Internet, é preciso otimizá-lo ao máximo.

2.1 Otimização através da utilização de regiões planas e aplicação de texturas

Sempre que possível, os sólidos são substituídos por regiões planas e texturas para diminuir o número de faces para representar os objetos. Essa substituição é feita de forma criteriosa para evitar a perda de qualidade gráfica do ambiente.

No Laboratório de Computação Gráfica da Faculdade de Arquitetura (LCG), o teclado e a CPU dos computadores foram modelados inicialmente como sólidos. Cada computador ocupava 2.864Kb de espaço. Substituindo a frente da CPU e o teclado por fotos, o seu tamanho passou a ser 384Kb mais 24Kb das texturas (total de 408Kb), uma redução de 85,75% sem perda de qualidade gráfica. A Figura 3a mostra o computador todo como sólidos e a Figura 3b a substituição por texturas.



(a) Modelo completo em 3D



(b) Modelo simplificado com fotos

Figura 3 - Computadores: teclados e CPU completos e simplificados

Foram modelados também o saguão, a biblioteca, o auditório e os corredores da Faculdade de Arquitetura. Cada um desses ambientes foi modelado em um arquivo separado, que será carregado individualmente em realidade virtual para aumentar a velocidade de navegação.

Ao exportar do AutoCAD para o 3DStudio no formato *.3ds*, os objetos sólidos são transformados em faces triangulares. Quanto menos sólidos houver, menor será o número de faces. No LCG há vinte computadores iguais ao computador acima. Ao invés de fazer cópias ou blocos do computador no AutoCAD, isto será feito na próxima etapa no 3DStudio através de instâncias que não aumentam o tamanho do arquivo.

3. INSTÂNCIAS, PRIMITIVAS E APLICAÇÃO DE MATERIAIS NO 3DSTUDIO

Após a importação do arquivo *.3ds* no 3DStudio, são feitas as instâncias, a utilização de formas primitivas e a aplicação de materiais.

3.1 Instâncias

Para ilustrar a colocação de instâncias no 3DStudio, o computador da Figura 3 será repetido vinte vezes no LCG. Primeiramente, o computador, teclado, mesa e cadeira são agrupados com o comando *Group* (no menu *Group*) para facilitar o processo. O grupo chamado *Group01* é criado. Com este grupo selecionado, executa-se o comando *Clone* no menu *Edit*. Este comando permite criar instâncias sem aumentar o tamanho do arquivo. Para isso, seleciona-se a opção *Instance* no quadro *Object* e a opção *Instance* no quadro *Controller* e escolhe-se o nome do clone, *Group20* na Figura 4. Este procedimento é repetido vinte vezes (até o *Group20*) e as instâncias são movidas para as posições correspondentes.

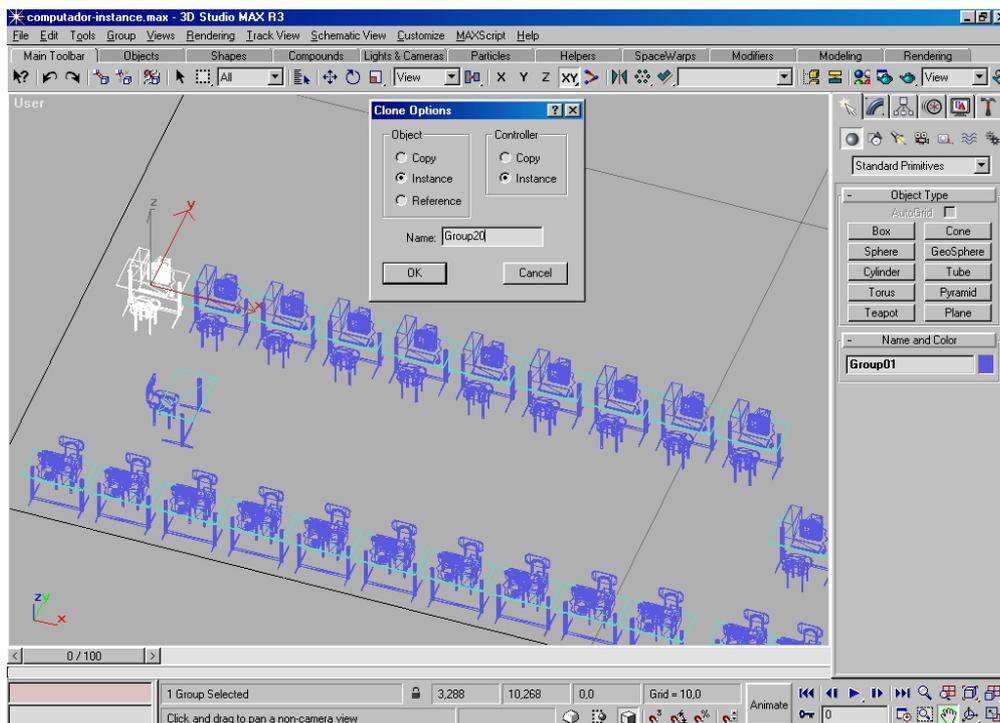


Figura 4 – Instância de um grupo de objetos no 3DStudio

O tamanho do arquivo *.max* do 3DStudio com um ou vinte computadores é o mesmo, 427 Kb, o que demonstra a eficiência das instâncias em não aumentar o tamanho do arquivo.

3.2 Utilização de formas primitivas

Outra forma de otimização dos modelos é a utilização de formas primitivas 3D, que possuem uma melhor resolução e pouco aumentam o tamanho do arquivo, em vez de objetos constituídos por faces.

O 3DStudio possui várias formas primitivas (*Standard Primitives*), tais como hexaedros, esferas e cilindros. No procedimento tradicional, estas formas são desenhadas no AutoCAD, juntamente com os outros objetos, e exportadas para o 3DStudio, transformando-se em faces. Para evitar isso, as formas primitivas serão desenhadas no 3DStudio. No saguão da Faculdade de Arquitetura existem vários pilares cilíndricos (Figura 2) que foram modelados desta maneira.

3.3 Aplicação de materiais, texturas, luzes e câmeras

A aplicação de materiais no 3DStudio é feita através da utilização de cores representativas para os objetos e transparência nos vidros. A Figura 5 mostra a biblioteca da Faculdade de Arquitetura e a janela de aplicação de materiais no 3DStudio.

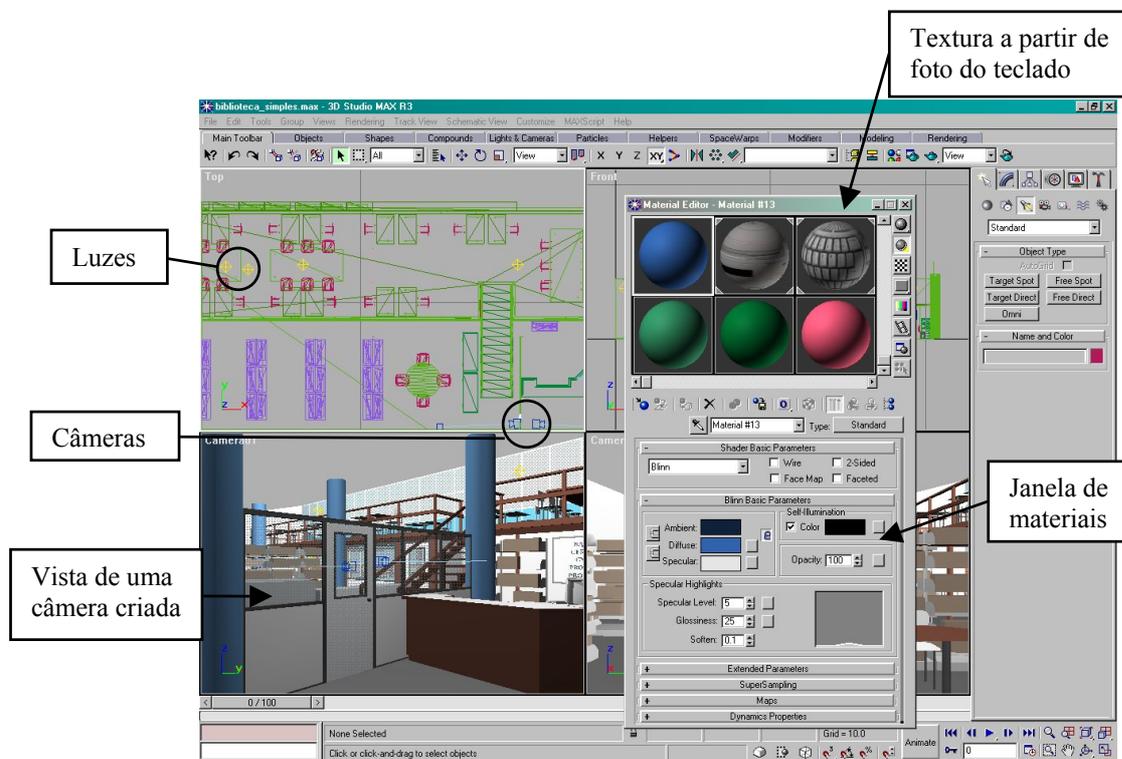


Figura 5 - Biblioteca da Faculdade de Arquitetura no 3DStudio

Os materiais (Figura 5) são aplicados conforme os *layers* dos objetos, os quais foram definidos na etapa anterior no AutoCAD. É preciso apenas selecionar os objetos pelo nome do *layer*, clicar no material e aplicá-lo. Texturas são empregadas para substituir objetos sólidos a partir de fotos, como o teclado dos computadores (Figura 5).

Luzes pontuais do tipo *omni*, que iluminam igualmente em todas as direções, são colocadas nos ambientes para simular a iluminação interna (Figura 5).

Câmeras são posicionadas em pontos de interesse (Figura 5) para que, quando o arquivo for transformado em VRML, esteja disponível um percurso pela faculdade passando do ponto de vista de uma câmera para outra a partir do clique em um botão.

O arquivo do 3DStudio é exportado no formato VRML97 (.wrl) e o arquivo em realidade virtual está pronto para ser navegado.

Na próxima seção mostra-se como a otimização é interpretada pela linguagem VRML e a diminuição do número de faces e do tamanho dos arquivos dela decorrentes.

4. OTIMIZAÇÃO DOS ARQUIVOS EM VRML

A programação em linguagem VRML é feita através de qualquer editor de texto e exige a investigação dos seus comandos. É uma linguagem bastante ampla que permite o modelamento de objetos simples como hexaedros, esferas e cilindros e também o modelamento de objetos complexos por faces triangulares e quadriláteras, desenvolvido neste trabalho. O arquivo do LCG em realidade virtual já otimizado pode ser visto na Figura 6.

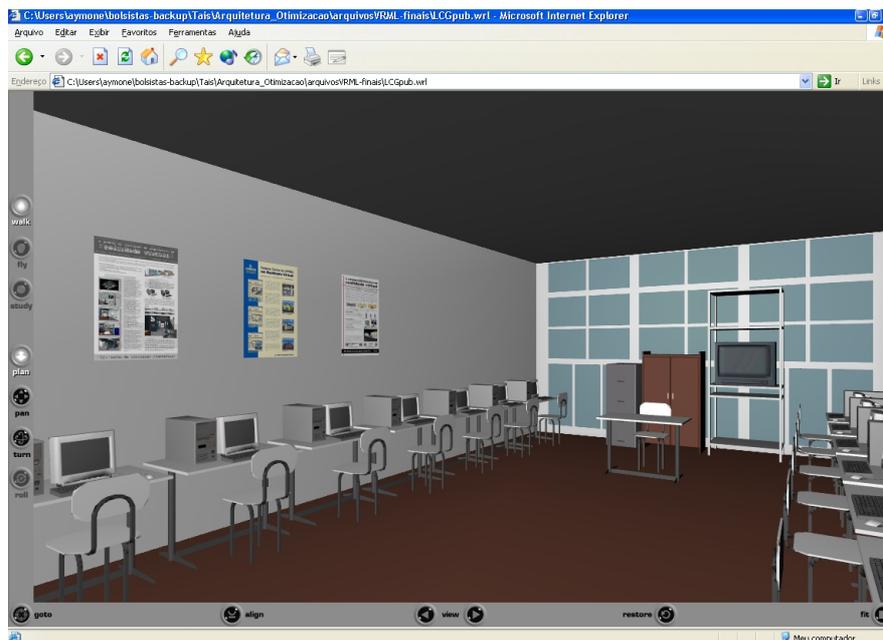


Figura 6 – Arquivo do LCG otimizado em VRML

Pode-se observar que o arquivo tem boa qualidade gráfica, sendo a otimização imperceptível do ponto de vista de visualização para o usuário. O efeito da otimização acontecerá na maior velocidade de navegação que ela proporciona.

O entendimento dos comandos da linguagem facilita a compreensão do funcionamento da otimização. Nos próximos itens são apresentados os efeitos da otimização nos arquivos texto em linguagem VRML e a navegação em realidade virtual.

4.1 Aplicação de texturas

Na Figura 7 mostra-se um trecho da linguagem VRML do teclado modelado com sólidos no AutoCAD. Pode-se notar a grande quantidade de coordenadas para a definição das faces do teclado. Ao todo são 13.536 faces.

```

DEF teclado Transform {
  translation 0 0 0
  children [
    Shape {
      appearance Appearance {
        material Material {
          diffuseColor 0.862745 0.862745 0.862745
          ambientIntensity 0.862745
          specularColor 0.0431373 0.0431373 0.0431373
          shininess 0.525
          transparency 0
        }
      }
      geometry DEF teclado-FACES IndexedFaceSet {
        ccw TRUE
        solid FALSE
        coord DEF teclado-COORD Coordinate { point [
          269.094 0.744761 -182.038, 269.095 0.753909 -182.04, 269.096 0.752716 -182.053,
          269.109 0.753901 -182.04, 269.111 0.743408 -182.053, 269.095 0.752852 -182.052,
          269.109 0.752852 -182.052, 269.108 0.752677 -182.053, 269.108 0.753874 -182.04,
          269.076 0.753909 -182.04, 269.089 0.752677 -182.053, 269.076 0.743322 -182.054,
          269.089 0.753874 -182.04, 269.091 0.743322 -182.054, 269.076 0.752852 -182.052,
          269.077 0.752716 -182.053, 269.09 0.752852 -182.052, 269.09 0.753901 -182.04,
          269.056 0.744761 -182.038, 269.072 0.743322 -182.054, 269.057 0.743322 -182.054,
          269.058 0.752716 -182.053, 269.073 0.744718 -182.038, 269.057 0.752852 -182.052,
          269.071 0.752852 -182.052, 269.071 0.753901 -182.04, 269.07 0.752677 -182.053,
          269.07 0.753874 -182.04, 269.057 0.753909 -182.04, 269.181 0.753909 -182.04,
          269.181 0.743322 -182.054, 269.196 0.743322 -182.054, 269.182 0.752716 -182.053,
          269.18 0.743408 -182.053, 269.181 0.752852 -182.052, 269.196 0.744804 -182.037,
          269.195 0.753901 -182.04, 269.197 0.743408 -182.053, 269.195 0.752852 -182.052,
          269.194 0.753874 -182.04, 269.194 0.752677 -182.053, 269.162 0.753901 -182.04,
          269.161 0.744761 -182.038, 269.161 0.743408 -182.053, 269.177 0.744804 -182.037,
          269.175 0.753874 -182.04, 269.176 0.753901 -182.04, 269.177 0.743322 -182.054,
          269.162 0.752852 -182.052, 269.163 0.752716 -182.053, 269.176 0.752852 -182.052,
          269.175 0.752677 -182.053, 269.163 0.753874 -182.04, 269.143 0.752852 -182.052,
          269.142 0.744761 -182.038, 269.143 0.753909 -182.04, 269.156 0.753874 -182.04,
          269.157 0.753901 -182.04, 269.159 0.743408 -182.053, 269.144 0.752716 -182.053,
          269.157 0.752852 -182.052, 269.156 0.752677 -182.053, 269.124 0.753901 -182.04,
        ]
      }
    }
  ]
}

```

Parte das coordenadas das faces do teclado sólido

Figura 7 – Parte do arquivo VRML do teclado sólido

A Figura 8 mostra o texto em VRML da substituição dos sólidos das teclas pela foto *text_teclado2.jpg* aplicada como textura a um sólido simples com 14 faces que representa a base do teclado.

```

DEF teclado_te Transform {
  translation -1.13 -0.520971 4.64659
  children [
    Shape {
      appearance Appearance {
        material Material {
          diffuseColor 0.662745 0.662745 0.662745
          ambientIntensity 0.662745
          specularColor 0.0331373 0.0331373 0.0331373
          shininess 0.05
          transparency 0
        }
      }
      texture ImageTexture {
        url "maps/text_teclado2.jpg"
      }
    }
    geometry DEF teclado_te-FACES IndexedFaceSet {
      ccw TRUE
      solid FALSE
      coord DEF teclado_te-COORD Coordinate { point [
        1.44 0.75031 -4.65962, 1.44 0.741663 -4.52991, 1 0.75031 -4.65962,
        1 0.741663 -4.52991]
      }
      normal Normal { vector [
        0 0.9977 0.0665, ]
      }
      normalPerVertex TRUE
      texCoord DEF teclado_te-TEXCOORD TextureCoordinate { point [
        1 1.00002, 1 1.67403e-005, 0 1.00002, 0 1.67403e-005]
      }
      coordIndex [
        2, 1, 0, -1, 2, 3, 1, -1]
      texCoordIndex [
        2, 1, 0, -1, 2, 3, 1, -1]
      normalIndex [
        0, 0, 0, -1, 0, 0, -1, ]
    }
  ]
}

```

} textura aplicada

Figura 8 – Arquivo VRML do teclado com textura das teclas aplicada

Comparando-se as Figuras 7 e 8, observa-se a grande diminuição do tamanho do arquivo e do número de faces ao se aplicar a textura do teclado.

4.2 Instâncias

Com relação a execução de instâncias, é interessante visualizar a repercussão do seu uso nos arquivos em VRML. Conforme foi colocado na seção 3, o grupo chamado *Group01* contém os objetos (computador, monitor, mesa e cadeira) com a sua geometria e texturas aplicadas, similar à Figura 7. Ao se fazer a instância, o grupo *Group02* não repetirá a geometria das faces dos objetos, usando esses dados do grupo *Group01* (Figura 9).

```

DEF Group02 Transform {
translation 3.33 0.520971 -4.64659
children [
DEF teclado_te01 Transform {
translation -1.13 -0.520971 4.64659
children [
Shape {
appearance Appearance {
material Material {
diffuseColor 0.662745 0.662745 0.662745
ambientIntensity 0.662745
specularColor 0.0331373 0.0331373 0.0331373
shininess 0.05
transparency 0
}
}
texture ImageTexture {
url "maps/text_teclado2.jpg"
}
}
geometry USE teclado_te-FACES
},
DEF monitor02 Transform {
translation -1.13 -0.520971 4.64659
children [
Shape {
appearance Appearance {
material Material {
diffuseColor 0.862745 0.862745 0.862745
ambientIntensity 0.862745
specularColor 0.0431373 0.0431373 0.0431373
shininess 0.525
transparency 0
}
}
geometry USE monitor1-FACES
}]]
}

```

teclado do *Group02* usando as faces do *Group01*

monitor do *Group02* usando as faces do *Group01*

Group02

Figura 9 – Arquivo VRML do grupo *Group02* usando a geometria do grupo *Group01*

Por isso, pode-se ter quantas instâncias se desejar sem aumentar o número de faces do arquivo. As instâncias podem ser úteis em várias situações, tais como: objetos com partes que se repetem ou simetria, edificações com esquadrias repetidas ou com pavimento tipo.

4.3 Formas primitivas

A utilização das formas primitivas também permite a redução do número de faces. Os pilares cilíndricos do saguão (Figura 2) tiveram seus sólidos modelados no AutoCAD substituídos por cilindros desenhados no 3DStudio. Dessa forma, ao invés de faces no 3DStudio, tem-se cilindros que necessitam menos memória e têm melhor resolução gráfica. A Figura 10 mostra o texto em VRML de um pilar cilíndrico.

```

DEF Cylinder01 Transform {
translation 19.6943 0.221035 -40.4124
children [
Transform {
translation 0 2.079 0
children [
Shape {
appearance Appearance {
material Material {
diffuseColor 0.247059 0.372549 0.498039
}
}
}
geometry Cylinder { radius 0.3 height 4.158
}]] ]}]

```

Figura 10 – Arquivo VRML com pilar cilíndrico

4.4 Colocação de âncoras

Âncoras que fazem o link entre diferentes ambientes de realidade virtual são colocadas na porta de entrada de cada espaço. Quando o usuário que está no saguão clica na porta do auditório por exemplo, a âncora é ativada, o ambiente virtual do auditório é carregado e o usuário é levado para o seu interior para uma posição de câmera pré-definida. Neste momento, o ambiente do saguão é descarregado, economizando memória do computador e tornando a navegação mais ágil (Figura 11).

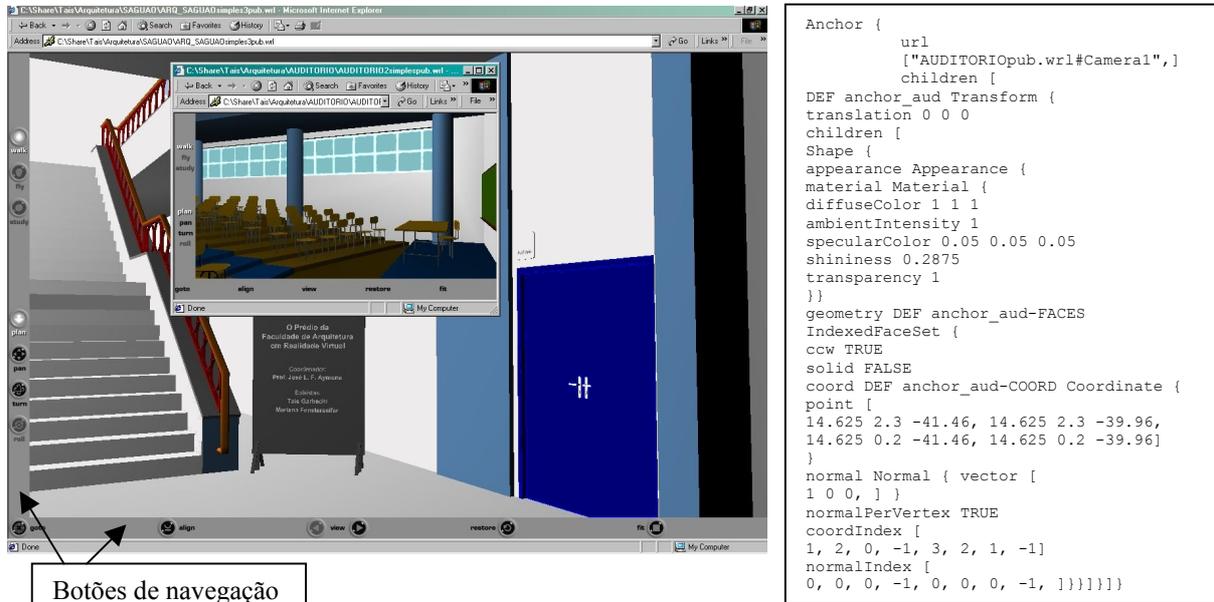


Figura 11 – Âncora do saguão com o auditório

Há âncoras também na porta de entrada da biblioteca, do elevador e do LCG.

A Tabela 1 apresenta um comparativo do tamanho dos arquivos VRML do Laboratório de Computação Gráfica em três situações: arquivo sem otimização (todos os objetos sólidos), arquivo com otimização parcial (âncoras e texturas nos armários, TV, CPU e teclado) e arquivo com otimização total (otimização parcial mais primitivas e instâncias do computador feitas no 3DStudio sem aumentar o tamanho do arquivo).

Tabela 1 - Tamanho do arquivos com e sem otimização

| Tipo de arquivo VRML | Tamanho (Kbytes) |
|---|------------------|
| Sem otimização (objetos sólidos) | 17.852 |
| Com otimização parcial (âncoras + texturas) | 1.026 |
| Com otimização total (âncoras + texturas + primitivas + instâncias) | 99 |

Os dados da Tabela 1 demonstram a eficiência das técnicas de otimização propostas. Utilizando a otimização parcial, chega-se a 94% de redução do arquivo em relação ao arquivo sem otimização. Com a otimização total, chega-se a 99,4% de redução em relação ao arquivo não otimizado e 90% em relação à otimização parcial.



4.5 Navegação em realidade virtual

Com os plug-ins gratuitos para o Internet Explorer, pode-se realizar passeios em realidade virtual pelos ambientes de forma interativa e em tempo real, utilizando os botões de navegação. Esses botões (Figura 11) permitem diferentes movimentações de câmeras, facilitando a exploração do ambiente virtual. O plug-in Cortona VRML 4.0 foi escolhido por apresentar boa velocidade de navegação e excelente qualidade de visualização, reproduzindo fielmente o espaço real e possibilitando a interatividade com o usuário.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As técnicas de otimização dos modelos em realidade virtual mostraram-se eficientes em diminuir o número de faces do arquivo e o tamanho do mesmo, reduzindo, assim, o tempo de download da Internet.

A otimização dos modelos agiliza consideravelmente a navegação em tempo real sem perda de qualidade gráfica, não sendo necessários computadores potentes para se atingir uma boa velocidade de navegação.

Os procedimentos utilizados para a otimização são acessíveis aos usuários dos programas AutoCAD e 3DStudio, mas podem também estar disponíveis e serem empregados em outros programas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMES, A. L.; NADEAU, D. R.; MORELAND, J. L. **The VRML Sourcebook**. New York: John Wiley & Sons, 1996.

AYMONE, J. L. F.; KOCHENBORGER, L. B.; TRINDADE, R. B.; SORIANO, B. B. A Realidade Virtual Aplicada ao Ensino de Engenharia. In: XXX CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, XXX COBENGE, 2002, Piracicaba. **Anais em CD-ROM**, Piracicaba, 2002.

AYMONE, J. L. F.; TEIXEIRA, F. G. **AutoCAD 3D Modelamento e Rendering**. São Paulo: Artliber Editora, 2002.

FENSTERSEIFER, M.; GARBACHI, T.; AYMONE, J. L. F. O Prédio da Faculdade de Arquitetura em Realidade Virtual. In: XIV SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UFRGS, 2002, Porto Alegre. **Livro de resumos**. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2002. p.695.

HARTMAN, J.; WERNECKE, J. **The VRML 2.0 Handbook**. New York: Silicon Graphics, 1996.

PETERSON, M. T. **Fundamentos do 3D Studio MAX**. Rio de Janeiro, RJ: Editora Campos, 1998.



OPTIMIZATION OF VIRTUAL REALITY ENGINEERING MODELS

Abstract: *Virtual Reality allows the simulation of worlds using the computer, providing the user immersion sensation and interaction with the virtual environment. The VRML - Virtual Reality Modeling Language – allows interaction and real time navigation using Internet browsers. Virtual reality modeling has two main aspects: graphic quality and navigation speed. On one hand, virtual models can be very similar to reality. On the other hand, a high degree of detailing may difficult navigation. Detailed models are made of objects with a large number of faces, which take a long download time and need computers with advanced processors and a lot of memory to make navigation fast. In this work, optimization techniques for engineering virtual models are presented. 3D models are designed using AutoCAD, exported to 3DStudio (where materials are applied) and converted to VRML format. The optimization techniques proposed are able to reduce model size to less than 10% of original size, without losing graphic quality. Therefore, it is possible to navigate on the models using the Internet without needing a high computer performance.*

Key-words: *Virtual Reality, VRML, Computer Aided Design, CAD*