

# SkelMod-3D: Um Sistema Livre e Multiplataforma para Modelagem e Visualização de Corpos Articulados

Rodrigo Berggevist Martins<sup>1,2</sup>, Anderson Maciel<sup>1</sup>, Luciana Porcher Nedel<sup>1,2</sup>

Instituto de Informática, UFRGS<sup>1</sup>  
Faculdade de Informática, PUCRS<sup>2</sup>  
Porto Alegre - RS - Brasil  
[\[martins, amaciel, nedel\]@inf.ufrgs.br](mailto:[martins, amaciel, nedel]@inf.ufrgs.br)

## Resumo

Este artigo descreve um aplicativo livre que está sendo construído sob a GPL com a finalidade de modelar corpos articulados 3D usando ferramentas de software livre. O aplicativo em questão foi desenvolvido com a linguagem C++ em ambiente Linux e utilizando as bibliotecas livres FLTK e Xerces-C++. Além disso, usamos a biblioteca gráfica OpenGL para produzir visualização 3D. O artigo descreve rapidamente o projeto VPAT, no qual o trabalho em questão está inserido, ressaltando a importância do uso da computação gráfica na área médica.

## Abstract

This paper describes an application that is being developed over the GPL License to model 3D articulated bodies. In the development process we are using C++ programming language, Linux and some other free libraries, like FLTK and Xerces-C++. In addition we are also using the popular OpenGL library to produce 3D visualization. The paper also presents the VPAT project, where this work is integrated, highlighting the potentialities of using Computer Graphics on medical applications.

## 1. Introdução

Já há algum tempo o Grupo de Computação Gráfica da UFRGS vem concentrando esforços no desenvolvimento de novos métodos e algoritmos dedicados à solução dos problemas inerentes a aplicações de computação gráfica e visualização científica na medicina. A busca dessas soluções deixa à mostra desafios que vão desde a visualização volumétrica de dados extraídos por tomografia computadorizada, ressonância magnética e ultra-som, até simulações da fisiologia e anatomia humana, como o movimento articulado dos membros ou o funcionamento dos órgãos vitais (coração, pulmão, etc.).

Há pouco mais de dois anos, visando a criação de um ambiente de trabalho colaborativo que facilitasse não apenas a produção de *software*, mas sobretudo a reutilização do código produzido no âmbito das dissertações de mestrado e teses de doutorado em andamento, o grupo preocupou-se com a concepção de um grande projeto que facilitasse o trabalho de desenvolvimento local. O projeto VPAT (Criação e Visualização de Pacientes Virtuais) [1] objetiva a construção progressiva de um ambiente para modelagem, visualização e simulação de pacientes virtuais. O trabalho apresentado a seguir é parte deste projeto e objetiva a modelagem de corpos articulados, respeitando as características anatômicas identificadas nas articulações humanas.

## 2. O Projeto VPAT

O projeto VPAT, conforme mencionado anteriormente, tem como objetivo gerar modelos de representação de seres humanos virtuais para uso em aplicações de computação gráfica na área médica. As pesquisas na área visam permitir o melhor entendimento da forma humana, suas funções e seu desenvolvimento. Espera-se ainda, com os resultados deste projeto, facilitar a colaboração entre profissionais de diversas especialidades (anatomistas, radiologistas, engenheiros, físicos, cientistas da computação, matemáticos, bioengenheiros, patologistas, antropologistas e educadores), promovendo a aplicação da computação gráfica na medicina e na educação. O crescente número de procedimentos clínicos complexos e a necessidade de simulá-los e ensiná-los incentivam o desenvolvimento de modelos virtuais. Analogamente aos simuladores de voo, este tipo de tecnologia permite ao estudante

participar seguida e repetidamente de situações raras e/ou de emergência, e permite aos profissionais experientes simular procedimentos cirúrgicos de alto risco antes de sua aplicação no paciente real.

Este projeto envolve tanto reconstrução 3D de partes da anatomia humana a partir de imagens médicas, como a síntese de corpos humanos virtuais e seus movimentos. O presente trabalho está situado exatamente na síntese de corpos humanos virtuais. O VPAT define um modelo para representação de corpos humanos articulados baseado num estudo anatômico das articulações humanas. Este modelo articular define as propriedades de cada um dos diferentes tipos de articulações e também uma maneira para organizar as articulações hierarquicamente de forma a compor um corpo, estabelecendo que tipo e que quantidade de movimento cada articulação pode apresentar.

Um conjunto de classes baseado nesse modelo articular foi implementado na linguagem C++, permitindo assim, que um programa simule um corpo humano em movimento. Porém, para que se possa realizar essa simulação, é necessário configurar um corpo articulado, definindo posições, orientações e relações topológicas para as articulações. Dessa forma, surge a necessidade de desenvolver um programa para modelar corpos humanos e que ofereça ferramentas intuitivas para definir os parâmetros do corpo como um todo e de cada articulação individualmente, permitindo que essa representação seja posteriormente utilizada na simulação de movimento. A construção desse programa, denominado "SkelMod-3D" constitui o tema central deste artigo.

### 3. O Sistema SkelMod-3D

Ainda em desenvolvimento, o SkelMod-3D já oferece algumas funcionalidades importantes. Sua interface gráfica com o usuário consiste de uma janela principal OpenGL [2], uma área gráfica que permite visualização e navegação em um ambiente 3D, e de uma janela 2D destinada a configuração dos parâmetros de cada articulação. Na janela de visualização 3D, o usuário pode criar instâncias de juntas pressionando o botão esquerdo do *mouse* em uma posição arbitrária no universo 3D. As juntas são então representadas por esferas, que podem ser selecionadas e arrastadas para qualquer ponto do universo. Para definir a hierarquia que existe entre as articulações humanas, permite-se a criação de ligações entre as juntas. Uma ligação entre duas juntas é representada graficamente por um cilindro unindo o centro da esfera correspondente a junta pai, ao centro da esfera que define a junta filha. Caso uma esfera que já esteja ligada a outra tenha sua posição modificada (através da opção de arrasto do mouse), o cilindro que representa a ligação acompanha de modo a manter a informação visual da ligação.

Com isso, o usuário pode construir um esqueleto humano simples, ou seja, com informação topológica mas sem considerar formas humanas reais, posto que as ligações são representadas por cilindros. Entretanto, para que este modelador cumpra o seu objetivo de fornecer a descrição detalhada necessária para proceder com a modelagem articular anatômica, ele deve permitir que o usuário defina valores para os parâmetros de cada articulação, individualmente. Para tanto foi criada uma janela de propriedades que é acessada ao pressionar a tecla *shift* mais o botão esquerdo do *mouse* sobre a articulação selecionada. Nesta janela de parâmetros, podem ser definidos dados como: número de graus de liberdade da articulação, amplitude do movimento, posição e orientação de cada um dos seus eixos de movimento, nome da articulação, etc.

Para que essa descrição de corpo articulado possa ser posteriormente utilizada na simulação de movimento, o modelador SkelMod-3D deve oferecer a possibilidade de gravar o corpo modelado em um arquivo, de modo que o mesmo possa ser posteriormente importado para outros ambientes de animação. No exemplo em questão, o BodySim, simulador de movimento do projeto VPAT, em desenvolvimento.

A solução a ser adotada objetivou o uso de um formato de arquivo conhecido e que pudesse ser facilmente interpretado e estendido. Optou-se então pelo uso de arquivos no formato padrão XML (eXtensible Markup Language). O XML [3] é um padrão mundial para troca de qualquer tipo de dado estruturado. Embora tenha sido, até o momento, muito mais usado na troca de documentos pela Web, esse padrão foi desenvolvido para armazenar qualquer tipo de dado estruturado, tendo se mostrado ideal para dados hierarquicamente estruturados, como é o caso do esqueleto humano. Em um arquivo XML, os dados são gravados em formato "texto", com etiquetas de marcação para separar cada seção, atributo ou objeto. Portanto esses arquivos, além de poderem ser facilmente compreendidos pelo ser humano, também podem ser editados com o auxílio de qualquer editor de texto.

Para representar um corpo articulado em um arquivo XML, é preciso, antes de tudo, definir quais etiquetas serão usadas e como elas devem delimitar as informações que representam o corpo. Essa definição deve ser colocada em um arquivo DTD (*Document Type Definition*), que acompanha o XML e contém as regras que determinam a sua forma. A partir da DTD, pode-se escrever programas para gravar e interpretar arquivos XML. Para a geração e interpretação destes arquivos no computador existem diversos *parsers* de licença livre disponíveis na Internet, desenvolvidos em Java, C++ e outras linguagens. Utilizou-se no desenvolvimento do SkelMod-3D um destes *parsers*, que está sendo adaptado para processar um arquivo XML contendo um corpo articulado e gerando assim, a estrutura de dados do corpo em memória para uso posterior.

O SkelMod-3D está ainda em fase de desenvolvimento e testes, mas já apresenta alguns resultados gráficos, conforme mostra a Figura 1. Na figura observa-se um exemplo do SkelMod-3D em execução. Tendo-se modelado um corpo bastante simplificado, foi posteriormente selecionada a articulação da coluna responsável pela junção dos braços com o tronco e a cabeça. A articulação então é exibida em vermelho e abre-se uma janela de configuração de parâmetros (à esquerda).

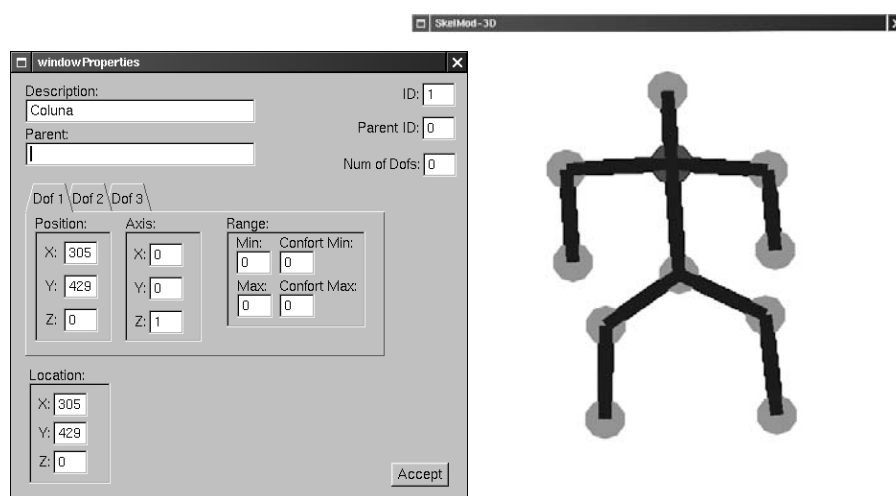


Figura 1: Interface gráfica do SkelMod-3D executando em plataforma Linux [4] usando o ambiente de janelas WindowMaker [5].

#### 4. Decisões de Implementação

O SkelMod-3D está sendo implementado em linguagem C++ [6] sobre plataforma Linux Red Hat [7], usando o ambiente de programação Kdevelop [8] e o compilador GNU C [9], que é o compilador padrão da plataforma para a linguagem C++. Por se tratar de uma aplicação gráfica 3D, foram consideradas também uma série de outras bibliotecas responsáveis basicamente pela interface gráfica 3D, interface gráfica 2D e manipulação de arquivos XML.

O projeto VPAT, cujo núcleo é constituído por um *framework* que objetiva fundamentalmente o reuso de módulos de programação, foi concebido para ser multiplataforma e, preferencialmente, desenvolvido sob a licença GPL (GNU Public License). Para tanto, foi realizada uma extensa pesquisa com várias bibliotecas multiplataforma e livres disponíveis. Do produto deste trabalho, foram selecionadas para uso no projeto e fundamentalmente no SkelMod-3D, os pacotes abaixo listados.

A opção pela linguagem C++ e pelo uso preferencial de bibliotecas livres, garante portabilidade ao aplicativo. Apesar de estar sendo oficialmente desenvolvido em ambiente Linux, o SkelMod vem sendo constantemente testado na plataforma proprietária MSWindows [10], usando o ambiente de programação MSVisual C++ [11], sem necessidade de alterações relevantes no código.

- **Interface Gráfica 3D (OpenGL):** Esta biblioteca é um padrão mundial no desenvolvimento de aplicações gráficas interativas 2D e 3D. Ela utiliza funções implementadas em hardware para acelerar o processamento de efeitos gráficos, possibilitando a exibição em tempo real de elementos tridimensionais. Tem sido largamente utilizada no desenvolvimento de aplicações e jogos (por

exemplo Quake III, Half-Life, MDK2) que tenham a necessidade de manipular grandes quantidades de dados em tempo-real.

Embora ainda não disponha de licença livre, não exige licença para utilização e está disponível gratuitamente para todas plataformas Linux, Unix, MacOS e MSWindows. Além disso, a Silicon Graphics, criadora da OpenGL, está em processo de modificação de seus programas de licença para se adaptar ao lançamento de uma versão OpenGL de código aberto. A OpenGL é hoje uma alternativa gratuita ao Direct 3D, biblioteca proprietária comercializada pela Microsoft e que permite o desenvolvimento de aplicações gráficas em ambiente MSWindows.

- **Interface Gráfica 2D (FLTK):** Na implementação da interface de janelas está sendo usada a biblioteca FLTK (*Fast Light Toolkit*) [12], que é distribuída sob a GPL e vem acompanhada de uma ferramenta de fácil manipulação para a criação de janelas com recursos 2D e 3D, o FLUID.
- **Manipulação de Arquivos XML (XERCES C++):** Fruto do Apache XML Project, o Xerces-C++ [13] é um *parser* que usa DTDs para validar um arquivo XML, isto é, verifica se ele está de acordo com as regras definidas na DTD. Ele foi escrito em um subconjunto portátil de C++ e facilita a leitura e escrita de dados XML. O Xerces-C++ fornece uma biblioteca para gerar, manipular e validar documentos XML de acordo com a recomendação XML 1.0, sendo que a distribuição inclui o código fonte, exemplos e documentação.

## 5. Conclusão e Trabalhos em Andamento

Embora o trabalho ainda esteja em desenvolvimento, já se pode chegar a algumas conclusões, principalmente no que diz respeito a utilização de ferramentas livres. Verificou-se que é possível desenvolver software de qualidade utilizando ferramentas de código aberto. Verificou-se também, que essas ferramentas podem ser modificadas e adaptadas às necessidades da aplicação, o que abre precedente para que o SkelMod-3D também seja modificado futuramente por qualquer pessoa interessada, de forma a atender assim as suas necessidades.

Apesar de já apresentar resultados gráficos, muitos recursos do modelador SkelMod-3D ainda não foram implementados. Um desses recursos é o interpretador de arquivos XML, necessário para que se possa testar na prática a eficácia dos corpos humanos modelados quando da simulação de movimento. Está em desenvolvimento a implementação de recursos de navegação 3D (movimento de fontes de luz, câmera sintética e do próprio corpo articulado no ambiente de modelagem); a inclusão de novos parâmetros na janela de propriedades das articulações; e a implementação de uma interface que permita o controle do visualizador 3D de forma intuitiva.

O modelador de corpos articulados do *framework* VPAT está sendo desenvolvido para ser um software multiplataforma e de código aberto, aplicado a finalidades educacionais e médicas. No entanto, o fruto da pesquisa que resultou na opção pelas plataformas de desenvolvimento mencionadas na Seção 4, não se limitou em nenhum momento às restrições de aplicação do projeto VPAT. A opção pelas bibliotecas anteriormente listadas, deu-se em função de ser o SkelMod-3D uma aplicação gráfica interativa e, como tal, necessitar de ferramentas que permitam a sua execução em tempo-real.

## Bibliografia

- [1] VPAT - Criação e Visualização de Pacientes Virtuais - <http://www.inf.ufrgs.br/cg/vpat>
- [2] R. S. Wright Jr., M. Sweet, "OpenGL SuperBible", Waite Group Press, 1998. 714 p.
- [3] Linux - <http://www.linux.org>
- [4] XML - <http://www.xml.org>
- [5] WindowMaker - <http://www.windowmaker.org>
- [6] K. Jamsa, L. Klander, "Programando em C/C++ - A Bíblia", Makron Books, 1012 p.
- [7] Red Hat - <http://www.redhat.com>
- [8] Kdevelop - <http://www.kdevelop.org>
- [9] GNU C - <http://www.gnu.org/software/gcc/gcc.html>
- [10] MSWindows - <http://www.microsoft.com>
- [11] Visual C - <http://msdn.microsoft.com/vstudio/>
- [12] FLTK - <http://www.fltk.org>
- [13] Xerces C++ - <http://xml.apache.org/xerces-c>