



## DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE CAPTURA DE BAIXO CUSTO DESTINADO A DETERMINAÇÃO DA CINEMÁTICA HUMANA

DEVELOPMENT OF A LOW COST MOTION CAPTURE SYSTEM DESTINED FOR THE DETERMINATION OF HUMAN'S KINEMATICS

### Elton Gil Xavier Moura

Possui graduação (2011) e mestrado (2014) em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Professor substituto de Computação Numérica na Escola de Ciências e Tecnologias da Universidade Federal do Rio Grande do Norte em 2014 e 2015. eltongilx@gmail.com

### Heitor Bernardino de Oliveira

Possui graduação (2010) em Engenharia Mecatrônica pela Universidade de São Paulo, atual estudante de mestrado pelo Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica na Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Trabalha como engenheiro no Instituto do Cérebro da Universidade Federal do Rio Grande do Norte. heitor@neuro.ufrn.br

### Danilo Alves Pinto Nagem

Possui graduação (2002), mestrado (2004) e doutorado (2009) em Engenharia Mecânica pela Universidade Federal de Minas Gerais, sendo parte do doutorado na Universidade de DUNDEE, Escócia. Hoje é Professor de Engenharia Biomédica na Universidade Federal do Rio Grande do Norte e coordenador da área de Tecnologia Assistiva do Laboratório de Inovação Tecnológica em Saúde do Hospital Universitário Onofre Lopes. danilo.nagem@gmail.com



## RESUMO

A captura de movimentos é um dos principais métodos para análise quantitativa de movimento, a partir do século XIX, desenvolveram-se inúmeros sistemas de captura, para aplicações na biomecânica, animações, jogos eletrônicos e filmes. Uma acurada análise de movimentos humanos requer o conhecimento de distintos campos científicos, por isto se necessita de ferramentas didáticas e métodos de pesquisa e aprendizagem. Os dispositivos de captura de movimentos atualmente encontrados no mercado apresentam algumas desvantagens para uso didático, como a dificuldade de transporte, alto custo e pouca liberdade para aquisição de dados. Por estes motivos, análise quantitativa de movimentos requerem laboratórios complexos. Em reação a estes problemas, este trabalho apresenta o desenvolvimento de um sistema de captura barato, leve, portátil, *freeware* e de fácil

uso para fins didáticos. Este projeto inclui a seleção de um dispositivo e o desenvolvimento do *software*. Um dispositivo foi escolhido e dois programas desenvolvidos, em ambientes de desenvolvimento diferentes, o primeiro em Microsoft Visual Studio C++ Express, para integração entre o dispositivo e registrar os movimentos, o outro em Qt Creator (devido a seu grande número de recursos de programação e visualização) para processamento e representação da captura de movimentos. Ambos visam uma interface de usuário gráfica amigável para uso em salas de aula e para auxiliar o dialogo entre profissionais da saúde e da engenharia a cerca de cinesiologia. O sistema funciona com o dispositivo Microsoft Kinect hardware, um computador com Windows 7 e os programas aqui apresentados.

**PALAVRAS-CHAVE:** cinesiologia, Kinect, captura de movimentos.

## ABSTRACT

The motion capture is a main tool for quantitative motion analyses, developed in several systems since the XIX century, for applications in biomechanics, animations, games and movies. A precise human motion analysis requires knowledge from distinct fields, being necessary to use didactics tools and methods for research and learning. The motion capture devices currently found on the market presents drawbacks for didactical practice, such as difficulty of transportation, high cost and limited freedom of data acquisition. Therefore, quantitative motion analysis requires highly complex laboratories. To counteract these problems, this work presents the development of a cheap, light, portable, freeware and handy motion capture system for didactic use. This design includes the selection of the device and software development. One device was selected and two softwares were developed, in different developing environments, first in Microsoft Visual Studio C++, for integration with the hardware and recording the motion, another in Qt Creator (due its large number of programming tools and visualizations) on order to process and represent the motion capture. Both programs aim to have a handy graphical user interface for classrooms and to aid the dialogue between health field and engineering about kinesiology. The system requires the Microsoft Kinect hardware, a computer with Windows 7, and the here presented softwares.

**KEYWORDS:** kinesiology, Kinect, motion caption.

## INTRODUÇÃO

A captura de movimentos é uma ferramenta essencial para aplicações em biomecânica, animação de personagens de filmes ou jogos, análises clínicas e estudo de movimentos para biomimetismo ou funcionamento de máquinas. Este tipo de estudo começou na década de 1860 e

evoluiu dramaticamente ao longo do século XX, pois novos sistemas de captura usados na indústria de entretenimento, segundo Gomide et al. (2011).

Um sistema de captura de movimento inclui um dispositivo, uma central de processamento e um método de análise. Existe uma grande diversidade destes sistemas, mas seu custo, tamanho, complexidade de instalação e transporte desencorajam seu uso em pequenas clínicas e o acesso de alunos de acordo com Phoenix (2012). Apesar disso, a análise de movimentos é essencial para formação profissional de fisioterapeutas, educadores físicos, engenheiros biomédicos, esportistas e outros que necessitem de conhecimento em mecânica, cinesiologia e anatomia combinados.

Para análise de movimento, o conhecimento de diferentes áreas é fundamental, mas para haver diálogo entre diversos profissionais e ensiná-los o mesmo conteúdo multidisciplinar, ferramentas didáticas é desejável. Este trabalho propõe um sistema de capturas de movimento para uso didático, que seja barato, capture o corpo inteiramente, facilmente transportado, comercialmente acessível e conectável a um computador. Alinhado a um dispositivo, um programa deve permitir seu uso para ler e adquirir informações através do dispositivo, fornecendo informações mecânicas e cinesiológicas, também representar graficamente a captura.

## SELEÇÃO DO DISPOSITIVO

Entre diversos dispositivos encontrados comercialmente (tabela 1), aquele que atende a todos os requisitos do projeto é o *Microsoft Kinect for Windows*, desenvolvidos para interações naturais com vídeo games; este dispositivo utiliza projeções infravermelhas para adquirir dados tridimensionais e redes neurais para reconhecer corpos humanos.

Tabela 1 - Comparação entre alguns dispositivos de captura de movimento.

Dispositivo	Vantagens	Limitações	Custo Estimado
<b>Sistemas de Captura Magnéticos</b>			
G4	Portátil	Apenas 4 sensores	2.995 a 5.250 USD
Liberty	16 sensores	Quanto mais sensores, menor a frequência de captura	7.995 a 20.345 USD
MotionStar	18 sensores	Baixa precisão e alto custo	29.000 a 88.000 USD
<b>Sistemas Inerciais</b>			
IGS-180i	25 sensores e alta taxa de captura	Custo elevado	68.500 USD
3DSuit	Raio de captura de 30 m e sem fios	Apenas coordenadas relativas	9.094 a 15.594 USD
MVN Biomech	150 m de raio de captura	Custo elevado	48.000 USD
<b>Sistemas Óticos com marcadores</b>			
Oqus Video	Imagem em HD	Necessita de muitas câmeras	N/A
Vicon T	Resolução de até 16 Megapixels	Necessita de muitas câmeras	N/A
Impulse 2x	Alta taxa de captura	Necessita de baterias	N/A
<b>Sistemas Óticos sem marcadores</b>			
Organic Motion	Boa imagem e frequência de captura	Múltiplas câmeras, custo elevado	40.000 a 80.000 USD
Kinect	Baixo custo, única câmera, portátil	Alto ruído, influência da luz ambiente	220 BRL

O tamanho e a massa do Kinect (Figura 1) são razões principais para sua eleição, quando comprado sem o console (*Xbox 360*) ele inclui um cabo com porta USB e tomada, necessário para conexão com um computador. O distribuidor também oferece bibliotecas e *codecs* para uso computacional, documentações básicas e exemplos encontrados em Microsoft (2011).

Um projetor infravermelho e uma câmera configurados na mesma frequência são responsáveis pela geração de um padrão

deformado, isto permite o cálculo de distâncias, por meio de processamento de imagens, com as distâncias se obtém uma cena tridimensional. Este processo é chamado de fluxo de profundidade (*depth stream*) pelos arquivos base, com estes dados o programa aplica algoritmos para reconhecer formas humanas e determinadas juntas do corpo, que formam o fluxo de esqueleto (*skeleton stream*), esqueleto aqui significa uma simplificação de corpo humano.



Figura 1 - Dimensões do Kinect para Xbox 360.

## PROGRAMAS

Este trabalho apresenta dois aplicativos para o sistema, o primeiro usa as livrarias e *codecs* da Microsoft (*Kinect Software Development Kit, SDK*), escrito em C++, compilado no Microsoft Visual Studio, para integração entre o dispositivo e o computador, responsável pela captura e armazenamento de dados de movimento. O segundo lê os dados obtidos pelo primeiro e os apresenta graficamente, tridimensionalmente e numericamente, também escrito em C++ e compilado no QtCreator da Nokia.

## PROGRAMA DE CAPTURA

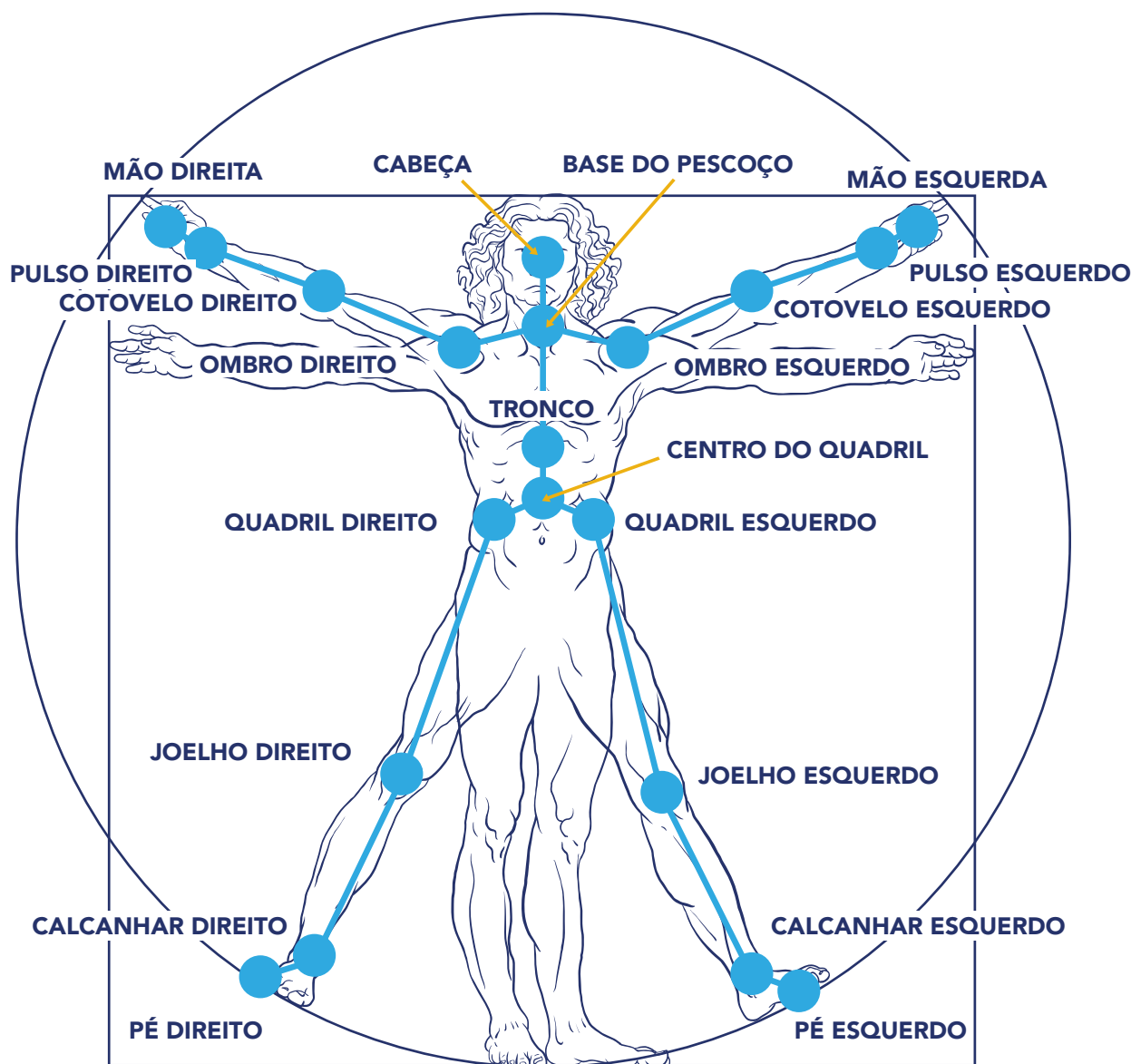
A interface de usuário (UI) foi desenvolvida com a ferramenta Windows Forms, gerando elementos comuns a programas corriqueiros como botões e caixas de texto, no entanto, esta ferramenta não proporciona OpenGL nativo, necessário para a formação de imagens, portanto, formatou-se uma forma nativa para combinação destas ferramentas de modelagem.

Uma seção separada do código trata do acesso ao dispositivo, busca por este, identifica-o e o prepara para o uso. Quando um Kinect se conecta ao computador inicia a

captura por ambas as câmeras, uma para fluxo de imagens coloridas e outra para fluxo de profundidade e de esqueleto. De acordo com a capacidade do computador, o programa pode iniciar a captura em menos de dez segundos.

A janela de OpenGL dá um retorno visual da captura ao usuário, exibe a cena obtida pelo fluxo de cores, simultaneamente, desenha sobre a imagem do usuário o seu esqueleto, com linhas retas entre os círculos que sobrepõe as juntas capturadas.

O retorno visual combina dois tipos diferentes de dados, com diferentes escalas, o fluxo de cores é uma sequência de imagens, mensuradas em pixels, enquanto o fluxo de esqueleto é dado em milímetros. O pixel superior esquerdo do fluxo de cor é a origem cartesiana do sistema, o inferior direito vai até 640 em x e 480 y na resolução aqui usada. O esqueleto é medido em relação à posição e à orientação do dispositivo, as coordenadas z se referem a distância horizontal em o objeto medido e o aparelho, sempre positivo (não há captura a menos de 80 cm à frente do aparelho), x é a distância entre o objeto e a uma linha de centro que passa pelo centro do volume capturado e o dispositivo, positivo para esquerda, finalmente y, é a distância vertical entre o objeto e a linha já citada. Todas as distâncias em milímetros.



**Figura 2** – Representação humana com destaque as juntas reconhecidas pelo Kinect.

Este programa grava a posição de todas as juntas exibidas na Figura 2 ao longo de um tempo determinado pelo usuário, com botões de iniciar e parar. O usuário escreve o nome do arquivo gerado em uma caixa de texto e seleciona o diretório por um buscador de diretórios convencional. A manipulação do arquivo é feita com funções da biblioteca *fstream*, para C++. O arquivo também armazena o tempo decorrido entre cada captura e a primeira, para cálculo de velocidade e aceleração.

Para uma boa captura, algumas condições ambientes devem ser preservadas, primeiro a luminosidade, a luz solar deve ser evitada, feixes diretos dela podem distorcer a captura drasticamente, salas com luz artificial são mais indicados para seu uso.

Segundo, o espaço capturado é um tronco de pirâmide de base retangular que inicia a 80 cm à frente do dispositivo e termina a 4 m dele, o ângulo de  $43^\circ$  verticalmente e  $57^\circ$  horizontalmente, volume total de aproximadamente  $5,3 \text{ m}^3$ , o cume da pirâmide é o dispositivo. Este espaço deve estar livre para movimentação, o quanto for possível, qualquer objeto nele pode interferir no movimento ou na sua captura, apenas objetos essenciais devem estar neste volume. Outras pessoas nunca podem passar entre a pessoa medida e o dispositivo, se necessário a presença de uma segunda pessoa, ela deve ficar atrás ou ao lado do usuário. Terceira condição é de que o dispositivo esteja posicionado para capturar todo o corpo do usuário.

Para auxiliar a captura de todo o corpo, o programa automaticamente acionará o motor do dispositivo quando a cabeça ou os pés estejam fora do volume de captura, caso ambos estejam fora de alcance, uma mensagem é exibida para o usuário se afastar.

## PROCESSAMENTO

A leitura e análise dos dados obtidos acontece em um segundo aplicativo, desenvolvido no ambiente de desenvolvimento **QtCreator**. O acesso aos arquivos salvos ocorre via objetos da classe **QFile**, que é uma classe nativa do Qt entre muitas outras utilizadas para construção da IU (interface de usuário), como **QPushButton**, **QGLWidget** e **QSlider**. A IU visa a simplicidade para um uso intuitivo.

O retorno visual neste programa também se dá via **OpenGL**, com duas janelas gráficas, uma para representação tridimensional simplificada do corpo humano (esqueleto), outra para gráficos bidimensionais. A primeira tem comandos para escalonamento, rotação, translação, centralização em torno de uma junta e ampliação da imagem, há também uma representação de um "canto de parede" para acrescentar a sensação de profundidade.

Velocidade é calculada pelas posições ao longo do tempo, semelhantemente, aceleração através da velocidade ao longo do tempo. Relações geométricas entre vetores com mesma origem servem ao cálculo de ângulos, por exemplo, o ângulo do cotovelo é requer um vetor dele ao ombro e outro dele ao pulso. Outros ângulos são mais

complexos para calcular, devido a múltiplos graus de liberdade de algumas juntas, como ombros e quadris, para estes, vetores *fora* do corpo são usados, obtidos por multiplicação vetorial.

## RESULTADOS

Os programas desenvolvidos são capazes de capturar e analisar movimentos rapidamente, necessitando apenas de um computador, o dispositivo, eletricidade para ambos e um espaço aberto com pouca luz natural. Seu custo é baixo, o dispositivo pode ser encontrado por menos de R\$ 100,00 recentemente na internet (Ebay, 2015). O custo do aplicativo está indefinido, provavelmente gratuito.

As vinte juntas capturadas ao longo do corpo, permitem um escaneamento completo para um usuário em ambiente apropriado, com uma amplitude de movimentos livre de marcadores. Por outro lado, movimentos velozes são difíceis de capturar mesmo com a frequência máxima de captura do dispositivo, que se aproxima de 30 capturas por segundo (Figura 3).

O programa de análise permite visualizar até seis gráficos de movimentação ao longo do tempo, posições, velocidades, acelerações, ângulos das juntas, velocidade angular nas juntas, aceleração angular nas juntas, e comparar duas juntas em relação a suas posições, velocidades e acelerações. Por exemplo, pode-se apresentar o posicionamento entre os pés (Figura 4). O arquivo é aberto como aplicações padronizadas segundo o formato gerado pelo primeiro aplicativo (.mck). ©

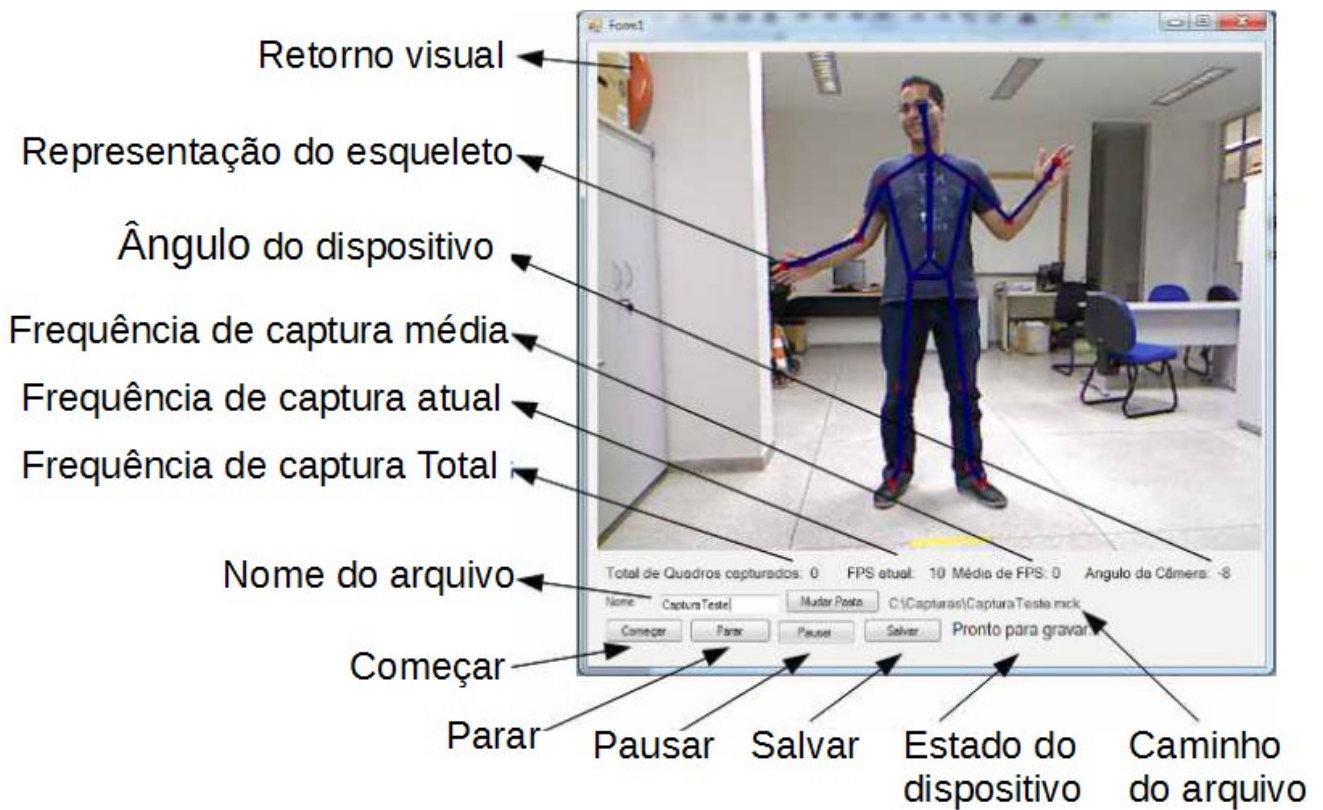


Figura 3 – Interface de usuário do programa de captura durante o processo de configuração.

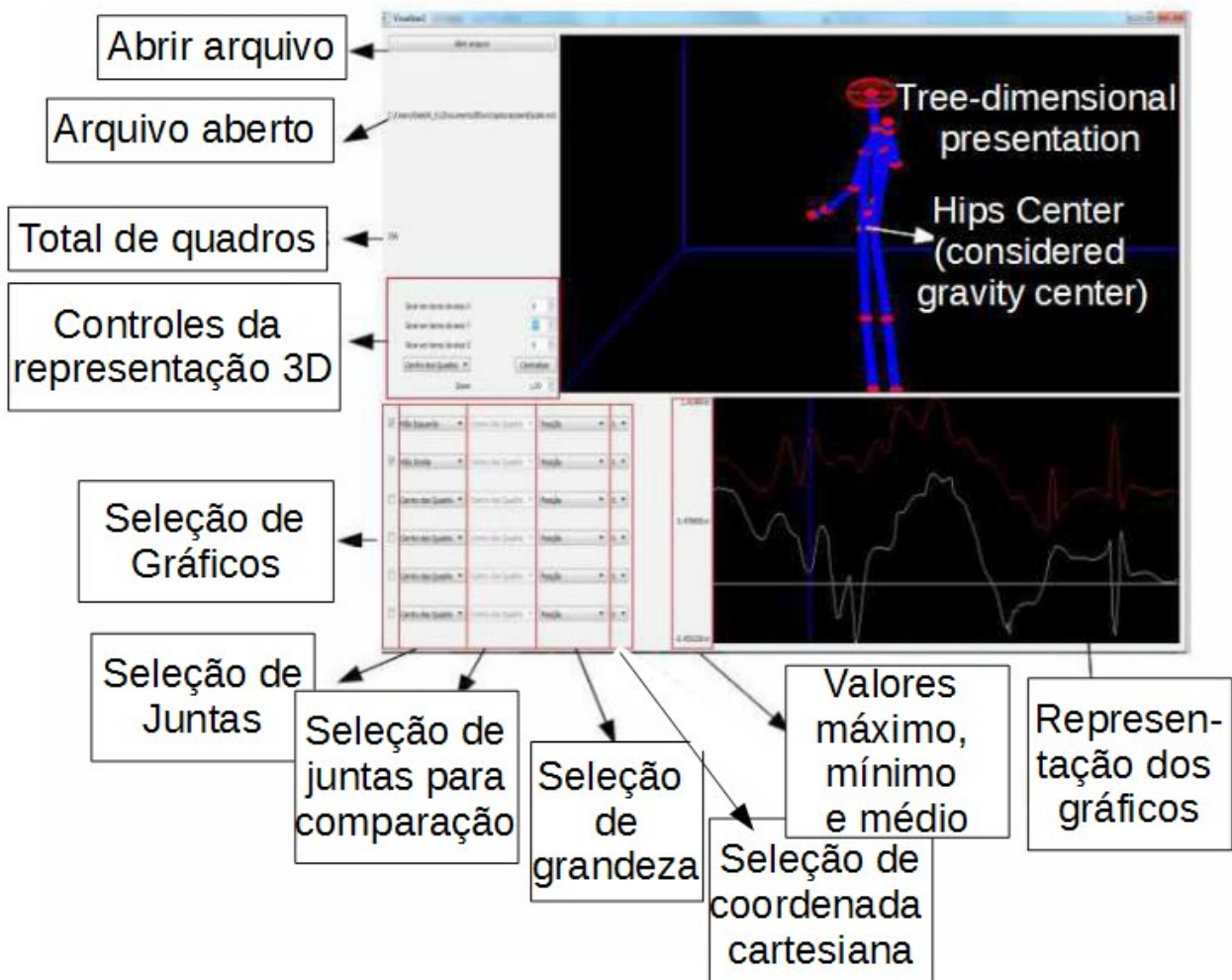


Figura 4 – Interface de usuário do programa de análises com duas janelas gráficas.

## **REFERÊNCIAS**

---

EBAY, Brasil, 2015. Kinect | eBay, 4 mar. 2015 <[http://www.ebay.com/sch/i.html?\\_nkw=kinect&\\_sacat=0&\\_from=R40](http://www.ebay.com/sch/i.html?_nkw=kinect&_sacat=0&_from=R40)>.

GOMIDE, J.V.B., FLAM, L.D., QUEIROZ, D.P., ARAÚJO, A.A. 2011. Captura de movimentos e animação de personagens em jogos. Faculdade de ciências aplicadas de Minas Gerais. 29 mai. 2015 <<http://laplace.dcc.ufmg.br/npdi/uploads/bd254485-3879-77ef.pdf>>.

MICROSOFT, ROBOTICS DEVELOPMENT STUDI. Kinect Sensor. 6 dez. 2011 <<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh438998.aspx>>.

PHOENIX, TECHNOLOGIES Inc. What is Motion Capture? | PTI. 8 ago. 2014 <<http://www.ptiphoenix.com/what-is-motion-capture/>>.