

Avaliação comparativa de sistemas para medição da cinemática tridimensional (3D) de movimento humano.

Bolsista *FAPERGS*: Miguel Franco Lisboa
Orientadora: Léia B. Bagesteiro

Introdução

A análise de movimento humano tem sido objeto de estudo de inúmeros pesquisadores e nos últimos anos diversos métodos e equipamentos vem sendo desenvolvidos [1, 2, 3] para melhor entender esse processo através de medições quantitativas que permitem investigar diferentes movimentos (e.g. caminhar, correr, saltar). O objetivo deste trabalho é realizar a avaliação comparativa de dados de dois sistemas para medição da cinemática tridimensional (3D), através de medidas de posições linear e angular. Os sistemas de avaliação do movimento humano comparados são baseados em princípios de medida diferentes: (1) sensores magnéticos de movimento de 6-graus-de-liberdade (3 posições e 3 ângulos) (*Flock of Birds (FOB)*, *Ascension Technology Corp.*) e (2) sensores infravermelho (câmeras de IV) de baixo custo (*OptiTrack V100*, *NaturalPoint Inc.*).

Materiais e Métodos

Os sistemas foram calibrados e posicionados de maneira a garantir a aquisição de uma área de 110x60 [cm]. Foram utilizadas 8 câmeras de infravermelho (IV) e um sensor magnético de posição. As câmeras foram dispostas em pares, uma em sentido vertical e outra no sentido horizontal, como indicado pelo fabricante (ver figura 3), de forma a ocuparem os vértices de um cubo de 1,2m de aresta. Os testes comparativos foram feitos avaliando movimentos do objeto de medida feitos no plano XY com deslocamentos de 1, 2, 5, 10 e 15 centímetros na área especificada, conforme mostra a figura 1A. O objeto de medida foi um grupo rígido (*cluster*) com 3 marcadores refletivos e com o sensor de posição (*FOB*) ao centro (ver figura 1B).

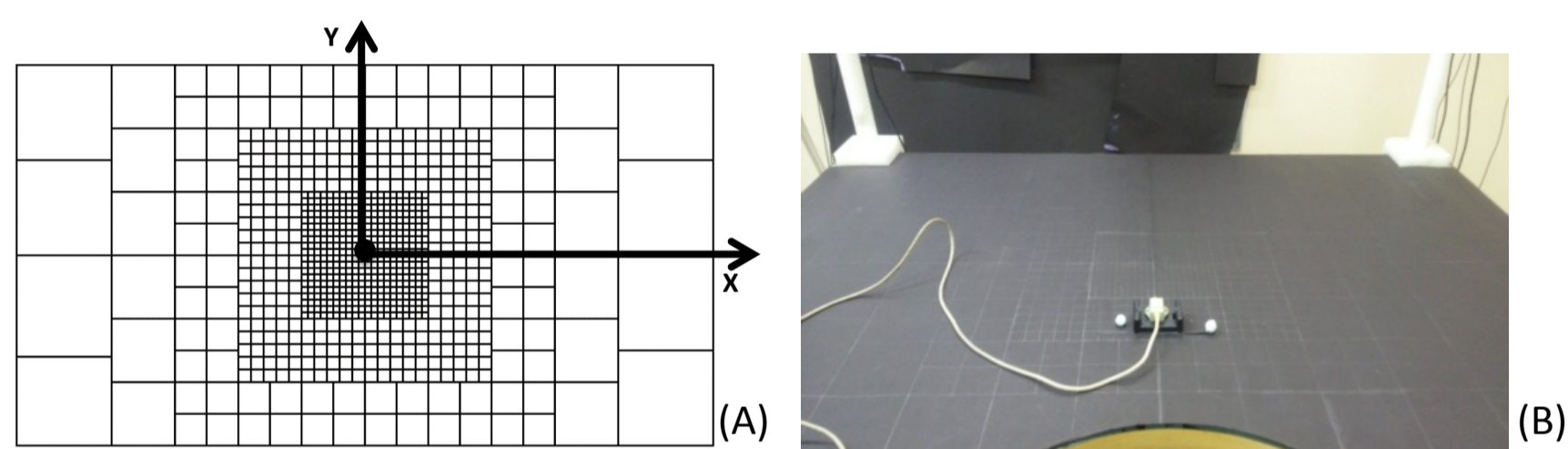


Figura 1 – (A) Disposição dos pontos de medidas (1, 2, 5, 10 e 15cm); (B) Objeto de medida posicionado na área de medição..

O sistema *OptiTrack* usa o software *ARENA*®, da própria *Natural Point Inc.*, para captura dos dados de posição dos marcadores refletivos posicionados no objeto/corpo em análise do movimento. O sistema *Flock of Birds* usa um software dedicado, *KineReach*, desenvolvido em *REALBasic* (*REAL Software Inc.*) para aquisição dos dados de movimento.

Foram realizadas 148 medidas simultâneas com os sistemas para mapear cada uma das posições propostas na área da figura 1A. Os arquivos de dados (posições X, Y e Z) dos dois sistemas foram processados em *MATLAB* (*MathWorks Inc.*) conforme ilustra o fluxograma de medição e análise da figura 2. Para fins de comparação e análise foram calculadas as diferenças entre as medidas com cada sistema em cada um dos pontos.

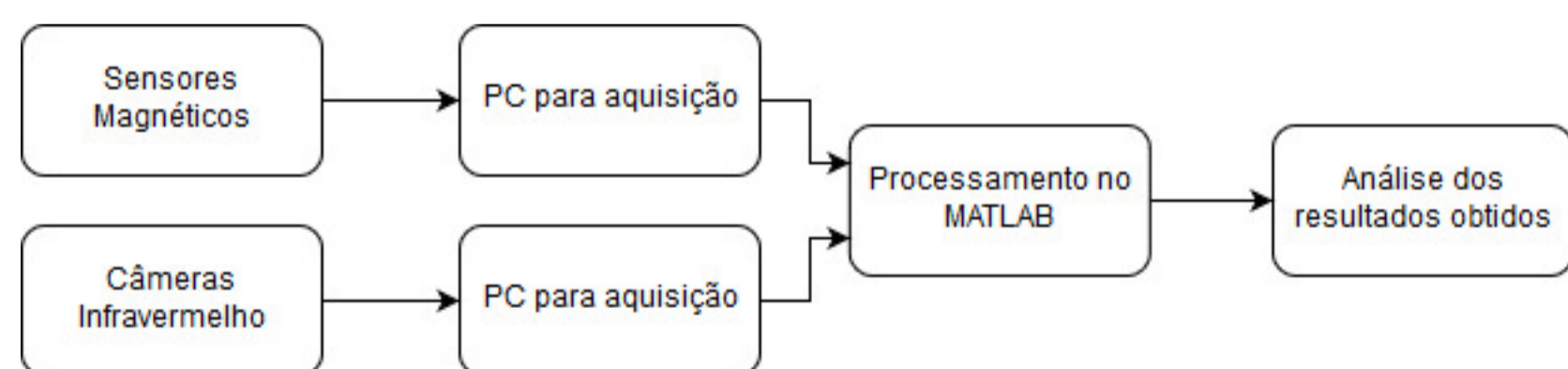


Figura 2 – Fluxograma do processo de aquisição e processamento.

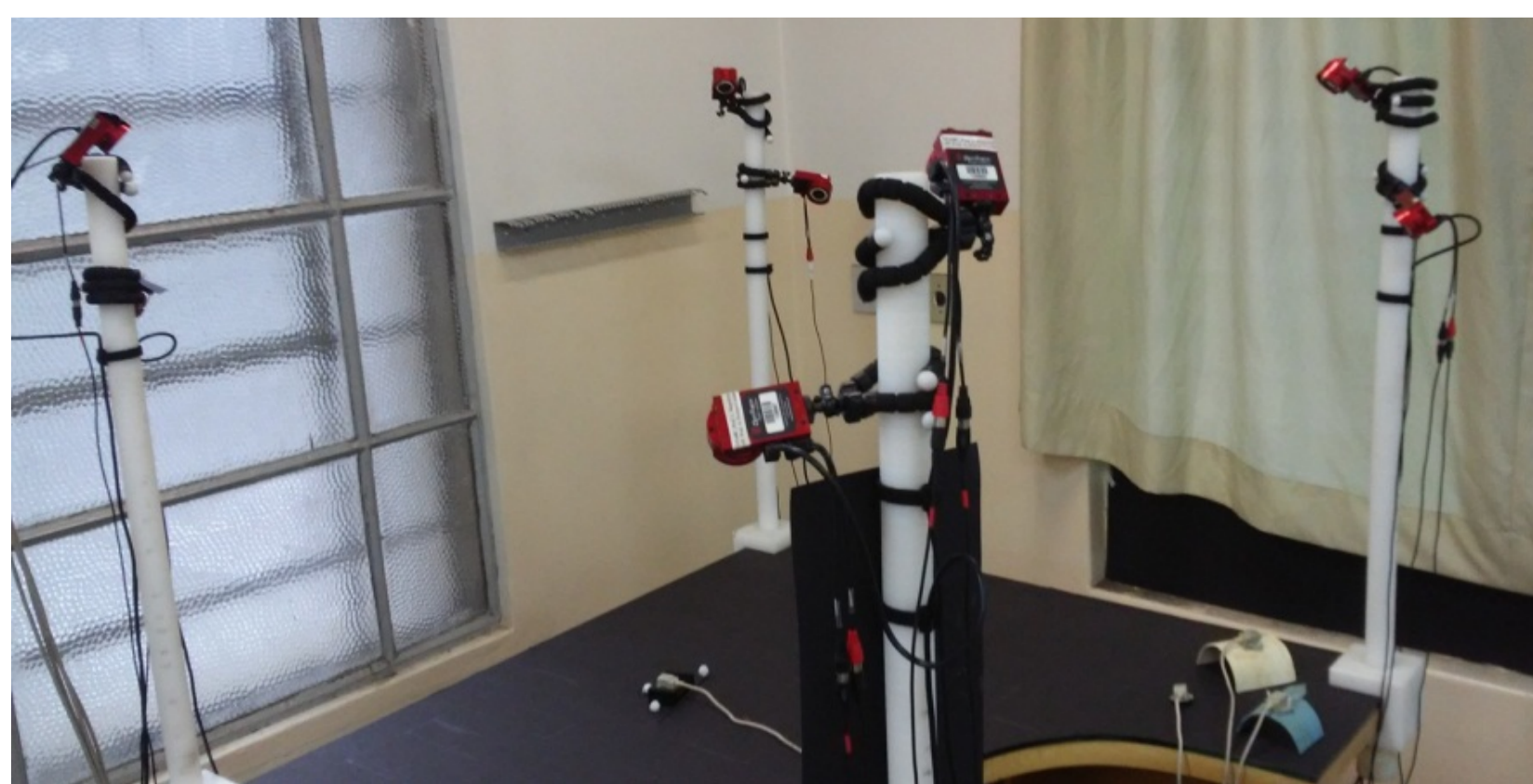


Figura 3 – Estrutura de medição com ambos os sistemas montados (8 câmeras de IV e os sensores magnéticos).

Resultados

A *Natural Point Inc.* indica que para melhor precisão na captura das trajetórias dos marcadores refletivos, deve-se ter o maior número de câmeras capturando o objeto de medida ao mesmo tempo. De acordo com os valores medidos e analisados, a parte central do espaço avaliado mostrou os melhores resultados, ou seja, as médias das diferenças entre os pontos capturados pelos dois sistemas foram menores na região central, e foram aumentando na medida que nos afastamos do centro. Confirmando que nos pontos em que tem-se um menor número de câmeras na captura obtém-se maiores diferenças. A figura 4 mostra os valores obtidos dessas diferenças ao longo do espaço avaliado.

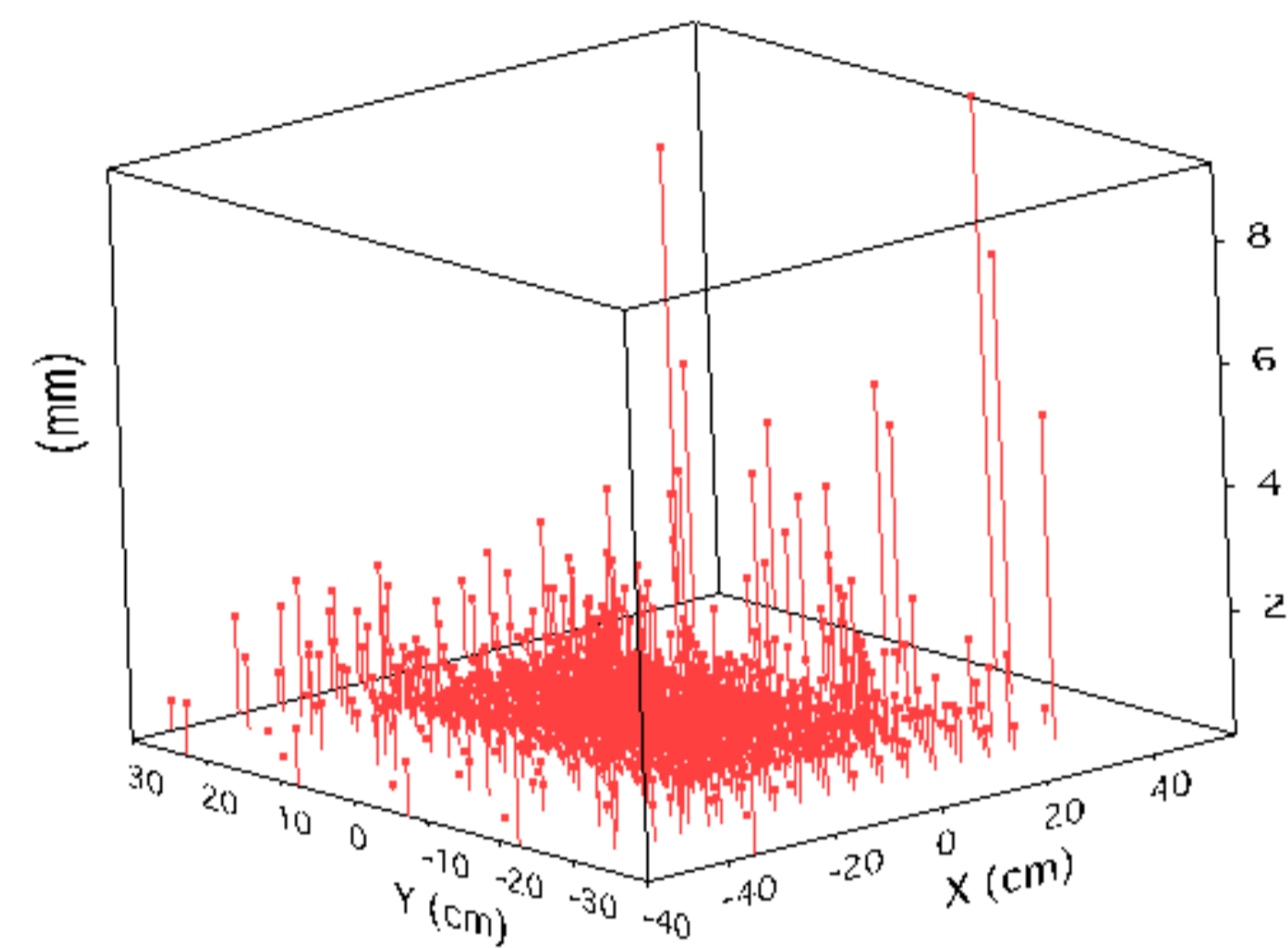


Figura 4 – Representação das diferenças (mm) entre as medidas obtidas entre os 2 sistemas avaliados, ao longo do espaço medido.

A tabela 1 mostra as médias (e os respectivos desvios padrão) obtidas pelos cálculos das diferenças entre as medidas com cada um dos sistemas avaliados. A máxima diferença encontrada foi de 9,26mm para um deslocamento de 15cm.

Tabela 1 – Médias e Desvios Padrão dos valores das diferenças obtidas entre as medições com os dois sistemas (câmeras IV e sensores magnéticos).

Distância	Espaçamento	Média Diferenças (-X) (mm)	Desvio Padrão (-X) (mm)	Média Diferenças (+X) (mm)	Desvio Padrão (+X) (mm)	Média Toda Área	Desvio Padrão Total
0-10 cm	1 cm	0,25	0,20	0,27	0,24	0,26	0,22
10-20 cm	2 cm	0,30	0,22	0,36	0,35	0,33	0,29
20-30 cm	5 cm	0,58	0,40	0,64	0,51	0,63	0,46
30-40 cm	10 cm	1,22	0,86	1,55	1,35	1,40	1,11
40-55 cm	15 cm	1,01	1,20	4,48	2,61	2,43	2,56
0-20 cm	1 e 2 cm	0,27	0,21	0,31	0,30	0,29	0,26
0-30 cm	1, 2 e 5 cm	0,31	0,26	0,35	0,35	0,33	0,31
30-55 cm	10 e 15 cm	1,14	0,98	2,40	2,00	1,79	1,86

Conclusão

O sistema de câmeras infravermelho (*Natural Point Inc.*) em comparação com o sistema de sensores magnéticos (*Ascension Technology Corp.*) mostrou valores aceitáveis de medidas quando num volume relativamente reduzido. Ainda é necessário realizar as comparações dos deslocamentos (posições) usando um movimento contínuo e também avaliar os respectivos valores de velocidade e aceleração deste movimento. Uma das desvantagens do sistema de IV é a possível obstrução de marcadores (dependendo da relação número de marcadores e câmeras), acarretando na perda de dados (de algum marcador), e consequente ausência de informação da posição.

Referências bibliográficas:

- [1] Carse B, Meadows B, Bowers R, Rowe P. Affordable clinical gait analysis: An assessment of the marker tracking accuracy of a new low-cost optical 3D motion analysis system. *Physiotherapy* 99 (2013) 347–351.
- [2] Richards JG. The measurement of human motion: A comparison of commercially available systems. *Human Movement Science* 18 (1999) 589-602.
- [3] Bell-Jenje T, Olivier B, Wood W, Rogers S, Green A, McKinon W. The association between loss of ankle dorsiflexion range of movement, and hip adduction and internal rotation during a step down test. *Manual Therapy* 21 (2016) 256-261.