

# Desenvolvimento de Instrumentos de Avaliação na Tecnologia Assistiva: Esteira Instrumentada de Baixo Custo

Meyer, Ivo Z. L.<sup>\*1</sup>; Nascimento, Diego H. A.<sup>2</sup>; Martins, Jordana, S. R.<sup>3</sup>; Sabino, George<sup>4</sup>; Menin, Isabella S. D.<sup>5</sup>; Vieira, Welbert, L.<sup>6</sup>; Gomes, Nathália, G<sup>7</sup>; Vimieiro, Claysson, B.S.<sup>8</sup>.

1 – Departamento de Engenharia Mecânica, UFMG, ivozatti@gmail.com

2 – Departamento de Engenharia Mecânica, UFMG, engdiegohenrique@ufmg.br

3 – Departamento de Engenharia Mecânica, PUCMinas, martins@gmail.com

4 – Departamento de Fisioterapia, Propulsão, george@propulsao.com

5 – Departamento de Engenharia Mecânica, UFMG, doumithreably@hotmail.com

6 – Departamento de Engenharia Mecânica, UFMG, welbert.vieira@gmail.com

7 – Departamento de Engenharia Mecânica, PUC-Minas, nathaliaassisgomes@gmail.com

8 – Departamento de Engenharia Mecânica, UFMG e PUC-Minas, claysson@pucminas.br

\* – Rua Orlando Moretzhon, 63,101, Buritis, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil, 30575-300

## RESUMO

O entendimento da condição da pessoa com deficiência de locomoção é fundamental para tomada de decisão estratégica na tecnologia assistiva a ser adotada durante o tratamento. Todavia, os instrumentos disponíveis para o acompanhamento e avaliação da marcha humana apresentam um alto custo de implementação, promovendo inacessibilidade a determinadas técnicas e equipamentos para a maioria das clínicas e profissionais de reabilitação, restringindo, assim, o acesso democrático da população. O objetivo desse trabalho é desenvolver um instrumento de baixo custo para análise cinética e cinemática de indivíduos com problemas de deambulação através de plataformas de forças e um sistema de captação de movimento.

**Palavras-chave:** tecnologia assistiva, instrumento de baixo custo, análise cinética e cinemática, marcha humana.

## ABSTRACT

*The understanding of the condition of the person with locomotion deficiency is fundamental for strategic decision making in the assistive technology to be adopted during the treatment. However, the instruments available for the monitoring and*

*evaluation of human gait present a high cost of implementation and promote the inaccessibility of certain techniques and equipment to most clinics and rehabilitation professionals, restricting the democratic access of the population. The objective of this work is to develop a low cost instrument for kinetic and kinematic analysis of individuals with ambulation problems through force platforms and a motion capture system.*

**Keywords:** *assistive technology, low cost instrument, kinetic and kinematic analysis, human gait.*

## 1. INTRODUÇÃO

O termo tecnologia assistiva abrange dispositivos, técnicas e processos que podem prover assistência para melhorar a qualidade de vida de pessoas com deficiência (FERREIRA et al, 2017, p. 54-62). Tradicionalmente, o deslocamento ou caminhar, são analisados pela avaliação visual qualitativa (PIPKIN et al, 2016, p. 556-561). Tal análise depende, em grande parte, do treinamento do avaliador e, dada sua subjetividade, muito suscetível a erros.

A avaliação precisa do movimento é feita em laboratórios de biomecânica, onde é possível medir e conhecer, dentre outras variáveis, o ângulo de determinada articulação durante cada momento do ciclo da marcha ou as forças de reação do solo durante a aterrissagem ou impulsão na passada (NOVACHECK, 1998, p. 77-95; ZHENG e BARRENTINE, 2000, p. 309-322). Apesar dessas possibilidades, os sistemas de análise de movimento apresentam custo elevado, o que limita o seu emprego clínico (PIPKIN et al, 2016, p. 556-561).

Conhecer bem a condição da pessoa com deficiência pode transformar a maneira como as condutas são propostas e, conseqüentemente, a efetividade dessas.

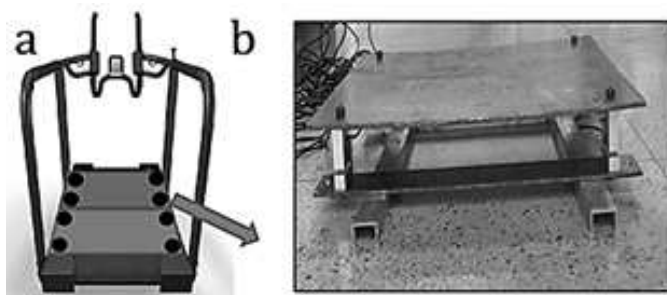
## 2. DESENVOLVIMENTO

A esteira instrumentada consiste em uma esteira modificada com a substituição da superfície abaixo da manta rolante por duas plataformas de força, colocadas em série, integradas a um sistema de captação de movimento para análise da marcha. Considerando o objetivo deste estudo de empregar o equipamento na análise de indivíduos com deficiência e tomada de decisão na tecnologia assistiva, é importante que seja utilizada uma esteira comercial com as características das usadas atualmente em clínicas.

Iniciou-se o projeto da esteira com fabricação de plataformas de forças independentes (Figura 1) que serão posicionadas em série para captura de dados de cada pé, separadamente. Quatro células de carga do tipo strainage foram conectadas em uma chapa metálica com espessura de 6mm para suportar o momento flexor estimado.

Para análise de dados cinemáticos utilizou-se dois sistemas de análise de movimentos: Sistemas Óticos e Sistemas Inerciais.

**Figura 1:** a) Esteira instrumentada b) plataforma de força

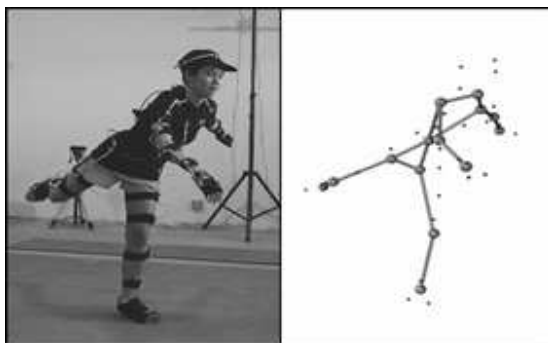


Os sistemas óticos tradicionais utilizam de câmeras de vídeo de alta velocidade referenciados por marcadores para registrar, em tempo real, o movimento de um indivíduo. Estes marcadores são os responsáveis por definir a posição e orientação de cada segmento do corpo (PINHEIRO et al, 2013) e são capturados e analisados por um software que converte dados 2D em coordenadas 3D (SILVA, 1998; SILVA, 2009).

A fim de reduzir os custos com equipamentos e infraestrutura necessários ao sistema, esse trabalho adotou a tecnologia KINECT empregada em jogos interativos que realiza a captura de movimento e possui ferramentas de desenvolvimento livre, o que permite interagir e programar aplicações personalizadas ao objetivo proposto pelo trabalho.

Com o objetivo de melhorar a precisão e complementar a análise, usou-se, também, os sistemas inerciais, acelerômetros e giroscópios, presos junto ao segmento do corpo a ser rastreado virtualmente, conforme Figura 2.

**Figura 2:** Sistema de captação inercial



Estes sensores definem, em tempo real, a posição e orientação de cada segmento do corpo do indivíduo e seus dados são capturados e analisados por um software que foi desenvolvido para essa finalidade.

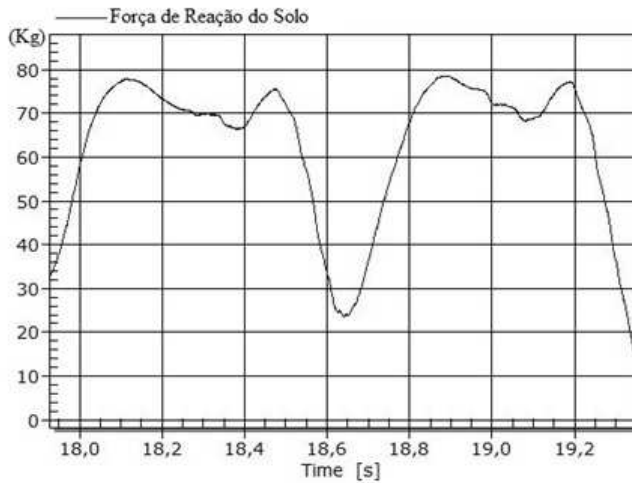
### 3. RESULTADOS

Embora o projeto esteja em desenvolvimento, com base nos resultados preliminares é possível verificar a viabilidade de implementação de tais recursos tecnológicos de forma embarcada em uma esteira instrumentada. Cada um dos sistemas foi testado de forma individualizada apresentando pontos positivos e negativos quanto a sua utilização.

#### 3.1. Plataforma de força

Para processamento e comunicação da plataforma com uma interface informatizada, um conversor de sinais de células de carga foi empregado e conectado ao software CatmanEasy para interpretação dos sinais. Os dados de tensão, proporcionais à força de reação do solo, estão representados na Figura 03. Desta forma, a esteira instrumentada capta os dados cinéticos temporais, sendo possível extrair forças de reação, cadência do indivíduo, duração total do deslocamento (min/seg), comprimento do passo da perna direita (m), comprimento do passo da perna esquerda (m), índice de simetria, duração proporcional da fase de apoio da perna direita (%), duração proporcional da fase de apoio da perna esquerda (%) e duplo apoio (s).

**Figura 3:** Relação das forças em relação ao tempo captado pela célula de carga

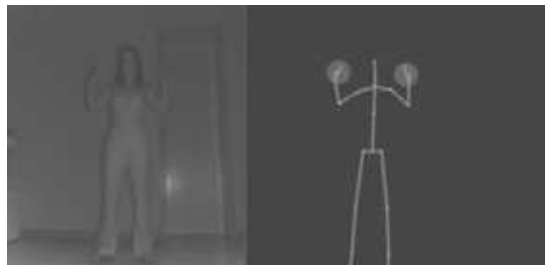


A Figura 3 representa o movimento de um voluntário, com peso de 78 kg, em uma caminhada na esteira ergométrica instrumentada, com velocidade controlada em 2Km/h. O gráfico representa uma passada, compostas por um passo do pé direito (com duração de aproximadamente 0,6s [18 - 18,6]) e outro do pé esquerdo [18,7 - 19,3]. No gráfico é possível perceber que, em cada passo, 2 picos são proeminentes, correspondendo a resposta a carga (início do apoio) e o outro ao apoio terminal (impulsão). A partir dessas informações na clínica é possível perceber, por exemplo, a simetria de duração dos passos entre os lados, a sobrecarga no início do apoio, a eficiência da impulsão, entre outras.

### 3.2. Sistema de captação óptica

O sensor KINECT mostrou-se capaz de mapear as articulações principais do corpo, satisfatoriamente, conforme teste mostrado na Figura 4.

**Figura 4:** Realização de testes de mapeamento das articulações via KINECT



Após a inicialização do Kinect, é realizada a identificação do usuário, por meio da varredura de pontos contínuos que caracterizam a posição de calibração PSI ( $\Psi$ ), como representado na figura 4. Ao reconhecer a posição, identificando a cabeça, braço e o corpo, ele identifica o usuário que participará do ensaio e descarta o movimento de qualquer outro objeto durante o teste. Logo depois, são identificadas as 25 articulações do corpo humano cujo movimento será acompanhado e armazenado.

Quando se trabalha com o sensor Kinect, deve ser observado a possível oclusão de segmentos por obstrução física do sensor, gerando a perda de dados. Uma forma de resolver este problema é a completa desobstrução do campo de visão do Kinect, incluindo as barras de apoio presente na própria esteira ergométrica.

### **3.3. Sistema de captação inercial**

As maiores vantagens dos sistemas inerciais são a grande liberdade de movimento e a captura, tanto de movimentos mais lentos quanto mais rápidos, sendo limitado apenas pela capacidade de processamento de dados. Essa frequência de medição ultrapassou 250HZ em testes de bancada frente a 67HZ oferecido pelo sensor KINECT. O sistema implementado contou com o processamento embarcado de sinais gerados pelo acelerômetro e giroscópio MPU6050 e se mostrou capaz de mapear as articulações, satisfatoriamente.

A calibração e configuração desse sistema são ainda mais simples que o sistema KINECT, entretanto apresenta algumas desvantagens. A primeira delas é que não permite uma análise postural estática como o KINECT, além de ser necessária a fixação de sensores no corpo do paciente. Esse fato gera um pequeno desconforto e pode implicar em erro de medição, caso a fixação dos sensores não seja compatível com a calibração do sistema. O sistema inercial não apresenta problemas com a obstrução de sensores, entretanto caso o sensor venha a se deslocar durante a avaliação, os dados gerados não serão confiáveis, nesse caso, a avaliação deverá ser refeita.

## **4. CONCLUSÕES**

Apesar do orçamento moderado, pode-se dizer que é possível a elaboração de um instrumento de análise acessível para o entendimento do indivíduo com deficiência em geral, não apenas, no campo laboratorial e de pesquisas.

A partir do entendimento das forças de reação do solo, intervenções terapêuticas mais assertivas podem ser planejadas, determinando, por exemplo, a efetividade ou não de uma órtese, baseada em dados objetivos e não em uma análise qualitativa.

Com o uso do KINECT e sensores inerciais, já é possível a captura de dados antropométricos, no entanto, para análise cinemática, as rotinas de tratamento de sinais deverão ser aprimoradas.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos ao Fundo de Incentivo à Pesquisa da PUC Minas (FIP/PUC MINAS, PUC 2017), CAPES e a FAPEMIG pelo suporte estrutural e financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- FERREIRA, R. S. et al. **Tecnologia assistiva e suas relações com a qualidade de vida.** Rev Ter Ocup Univ, São Paulo, v.28, n.1, p. 54-62, 2017.
- JESUS, D. M.; FONSECA, L. T. F. F.; MURTA, S. M. M. V. **Desenvolvimento de uma plataforma de força para esteira ergométrica.** Trabalho de Conclusão de Curso, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, 2017.
- NOVACHECK, T. F. **The biomechanics of running.** *Gait and posture*, v. 7, p. 77-95, 1998.
- PINHEIRO, A. P.; SANTOS, S. S.; PEREIRA, A. A.; ANDRADE, A. O. **Sistema óptico-eletrônico para reconstrução tridimensional do movimento humano e quantificação de sua cinemática articular.** Revista Brasileira de Biomecânica, v. 14, n. 27, 2013.
- PIPKIN, A.; KOTECKI, K.; HETZEL, S.; HEIDERSCHEIT, B. **Reliability of a Qualitative Video Analysis for Running.** *J Orthop Sports Phys Ther.* v. 46, n. 7, p. 556-61, 2016.
- SILVA, C. B. **Criação de um sistema ótico de captura de movimento 3D em tempo real,** 2009.
- SILVA, F. W. S. V. **Um sistema de animação baseado em movimento capturado,** 1998.
- ZHENG, N.; BARRENTINE, S. W. **Biomechanics and motion analysis applied to sports.** *PhysMedRehabilClin N Am*, v. 11, n. 2, p.309-322, 2000.

