

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS E BIOLOGIA**  
**CELULAR**

NATHALYA INGRID CARDOSO DO NASCIMENTO

**DISPOSITIVO PARA AVALIAÇÃO POSTURAL EM AMBIENTE TRIDIMENSIONAL**

BELÉM-PA

2018

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NEUROCIÊNCIAS E BIOLOGIA**  
**CELULAR**

NATHALYA INGRID CARDOSO DO NASCIMENTO

**DISPOSITIVO PARA AVALIAÇÃO POSTURAL EM AMBIENTE TRIDIMENSIONAL**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção de grau de Mestre em Neurociências pelo Programa de Pós-Graduação em Neurociências e Biologia Celular do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará.

Área de concentração: Neurociências

Orientador: Prof. Dr. Manoel da Silva Filho

BELÉM-PA

2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Pará  
Gerada automaticamente pelo módulo Ficat, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

---

DO NASCIMENTO, NATHALYA INGRID CARDOSO  
DISPOSITIVO PARA AVALIAÇÃO POSTURAL EM AMBIENTE TRIDIMENSIONAL /  
NATHALYA INGRID CARDOSO DO NASCIMENTO. — 2018  
42 f. : il. color

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Neurociências e Biologia celular  
(PPGNBC), Instituto de Ciências Biológicas, Universidade Federal do Pará, Belém, 2018.  
Orientação: Prof. Dr. MANOEL DA SILVA FILHO

1. Postura. 2. Avaliação. 3. Protótipo eletromecânico. 4. Tecnologia assistiva. I. DA SILVA  
FILHO, MANOEL , *orient.* II. Título

---

CDD 608

NATHALYA INGRID CARDOSO DO NASCIMENTO

**DISPOSITIVO PARA AVALIAÇÃO POSTURAL EM AMBIENTE TRIDIMENSIONAL**

Banca Examinadora

Profº. Drº. Manoel da Silva Filho (Orientador)

Profº. Drº. Daniel Valle Vasconcelos Santos (Avaliador)

Profº. Drº. Keila de Nazaré Madureira Batista (Avaliador)

Profº. Drº. Anderson Raiol Rodrigues (Suplente)

BELÉM-PA

2018

## **DEDICATÓRIA**

Dedico esta conquista aos meus pais Silvana e Reis, sempre foram incansáveis para me proporcionar o melhor no quesito educação, abdicaram muito por mim e sempre serei grata.

Esta vitória não é somente minha, e sim de vocês.

## **AGRADECIMENTO**

Agradeço primeiramente a Deus por me conduzir no caminho do bem e me proporcionar tranquilidade perante as dificuldades.

Ao meu orientador Prof<sup>o</sup>. Dr. Manoel por todo o conhecimento adquirido e pela oportunidade que me foi confiada, muito obrigada.

Aos meus pais por todo amor, dedicação e paciência, e por serem meus exemplos de caráter e humildade.

Ao meu namorado Alex por estar ao meu lado e me disponibilizar palavras de carinho, conforto e compreensão quando eu mais precisei nessa trajetória.

Aos meus colegas de laboratório pelos momentos vivenciados e pela amizade. De forma bem especial às amigas Caroline Brasil e Daniela Garcez, foram meu alicerce nessa caminhada.

A minha colega Silvia Maiara por toda colaboração no projeto como estudante de engenharia da computação, sem você também não seria possível.

A CAPES pela concessão da bolsa de mestrado e pelo suporte financeiro na aquisição de equipamentos.

“A imaginação é mais importante que a ciência”

**Albert Einstein.**

## RESUMO

A postura humana pode ser definida como o equilíbrio entre estruturas ósseas e musculares do corpo humano, através dela é possível diagnosticar e tratar diversas patologias, por isso à ciência esta em busca de métodos quantitativos e precisos para sua análise. Uma postura ereta correta é considerada um bom marcador de saúde, tornando imprescindível a avaliação para um prognóstico terapêutico favorável. Em virtude disso, é necessária a elaboração de novas ferramentas de avaliação postural com menores erros matemáticos e metodológicos para obtenção de resultados precisos e confiáveis para a clínica e pesquisa. O objetivo desta pesquisa é apresentar uma nova ferramenta de avaliação postural, baseada em um braço eletromecânico que permite medir pontos no universo tridimensional. O protótipo foi desenvolvido e aperfeiçoado a fim de reduzir os erros no momento da coleta dos dados, para isto foi utilizado um sensor de efeito Hall. O programa permite avaliar 24 relações entre os pontos, além da coluna vertebral analisando a distância em milímetros e o ângulo em graus entre um acidente anatômico e outro nas vistas anterior, lateral direita, posterior e lateral esquerda. Os testes iniciais foram realizados nos eixos X e Y em um modelo angular, desenhado em ângulos de 10 em 10 graus e obteve baixa variabilidade em suas medidas, enfatizando a alta precisão do sistema de medição do protótipo. Dessa forma, foi possível desenvolver um novo método de avaliação postural com baixo custo, alta precisão em seus resultados para a utilização na prática clínica, na pesquisa e posteriormente a inserção no sistema único de saúde.

Palavras-chaves: Postura, Avaliação, Protótipo eletromecânico, Tecnologia assistiva.

## **ABSTRACT**

The human posture can be defined as the balance between bone and muscle structures of the human body, through which it is possible to diagnose and treat various pathologies, so that science is in search of quantitative and precise methods for its analysis. A correct upright posture is considered a good health marker, making evaluation essential for a favorable therapeutic prognosis. As a result, it is necessary to develop new tools for postural evaluation with less mathematical and methodological errors to obtain accurate and reliable results for the clinic and research. The objective of this research is to present a new tool for postural evaluation, based on an electromechanical arm that allows measuring points in the three dimensional universe. The prototype was developed and improved in order to reduce errors at the time of data collection, for which a Hall effect sensor was used. The program allows to evaluate 24 relations between the points, in addition to the vertebral column analyzing the distance in millimeters and the angle in degrees between an anatomical accident and another in the anterior views, lateral right, posterior and left lateral. The initial tests were performed on the X and Y axes in an angular model, drawn at 10-degree angles and obtained low variability in their measurements, emphasizing the high accuracy of the prototype measuring system. Thus, it was possible to develop a new method of postural evaluation with low cost, high accuracy in its results for use in clinical practice, research and later insertion in the single health system.

**Keywords:** Posture, Evaluation, Electromechanical prototype, Assistive technology.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Demonstração do método de fotogrametria digital	.....	17
Figura 2	Vista explodida das articulações X e Y.	.....	21
Figura 3	Vista em perspectiva para ilustrar o conjunto que forma o sensor de rotação angular.	.....	22
Figura 4	Desenho do gabarito angular utilizado.	.....	22
Figura 5	Protótipo inicial.	.....	23
Figura 6	Desenho esquemático do braço articulado e seus respectivos eixos.	.....	24
Figura 7	Novo modelo de tripé utilizado.	.....	24
Figura 8	Vista em perspectiva dos eixos X e Y	.....	25
Figura 9	Esquema de interação entre o usuário e o programa.	.....	26
Figura 10	Tela de calibração do protótipo.	.....	26
Figura 11	Telas de entrada.	.....	27
Figura 12	Telas de seleção dos pontos.	.....	28
Figura 13	Tela de marcação dos pontos anatômicos da coluna vertebral.	.....	29
Figura 14	Tela de verificação do histórico do usuário.	.....	29
Figura 15	Vistas avaliadas	.....	30
Figura 16	Representação do eixo Z.	.....	34

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Visualização das análises posturais na vista anterior na posição bípede e suas relações.	31
Tabela 2	Visualização das análises posturais nas vistas lateral direita e esquerda na posição bípede e suas relações.	32
Tabela 3	Visualização das análises posturais na vista posterior na posição bípede e suas relações.	33
Tabela 4	Visualização das vértebras da coluna e suas relações.	34
Tabela 5	Resultado dos testes iniciais dos valores angulares médios e desvios padrão obtidos pela repetibilidade entre dois pontos.	35

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AVD	Atividade de vida diária
CEP	Comitê de ética em pesquisa
DATASUS	Departamento de Informática do Sistema Único de Saúde
EIAS	Espinha ilíaca ântero-superior
EIPS	Espinha ilíaca pósterio-superior
MMII	Membros inferiores
MMSS	Membros superiores
MM	Milímetros
IMC	Índice de massa corporal
OMS	Organização mundial de saúde
PLA	Poliácido láctico
POM	Polióxido de metileno
PTS	Pontos
SUS	Sistema único de saúde
TCLE	Termo de consentimento livre e esclarecido
3D	Tridimensional

## SUMÁRIO

	<b>RESUMO</b>	.....	<b>7</b>
	<b>ABSTRACT</b>	.....	<b>8</b>
	LISTA DE FIGURAS	.....	9
	LISTA DE TABELAS	.....	10
	LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS	.....	11
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	.....	<b>14</b>
1.2	POSTURA E CONTROLE POSTURAL	.....	14
1.3	MÉTODOS DE AVALIAÇÃO POSTURAL	.....	15
1.3.1	<b>Fotogrametria</b>	.....	<b>16</b>
1.3.2	<b>Goniometria e fita métrica</b>	.....	<b>17</b>
1.3.3	<b>Análises em 3D</b>	.....	<b>17</b>
1.3.4	<b>Plataforma de Força</b>	.....	<b>18</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVO</b>	.....	<b>19</b>
2.1	GERAL	.....	19
2.2	ESPECÍFICOS	.....	19
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA</b>	.....	<b>20</b>
3.1	LOCAL DA PESQUISA	.....	20
3.2	O PROTÓTIPO	.....	20
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b>	.....	<b>23</b>
4.1	PROTÓTIPO: ESTADO DA ARTE	.....	23
4.2	PROGRAMA DE CONTROLE	.....	25
4.3	PONTOS ANATÔMICOS DE REFERÊNCIA	.....	30
4.4	RESULTADOS DOS TESTES	.....	33
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	.....	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	.....	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	.....	<b>41</b>

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 POSTURA E CONTROLE POSTURAL

O estudo da postura humana é relativamente novo quando se compara com outras áreas dentro da neurociência (ROSÁRIO, DO, 2014), porém estudos sobre as alterações posturais são mais recentes, pois se tornaram consequência do período pós-modernidade no qual o homem se tornou sedentário (BORTONE *et al.*, 2014; LIEBENSON, 2008). Os desvios posturais estão intimamente relacionados a dor ou a disfunções no corpo, além disso, são objetos de estudos ainda imprecisos cientificamente na literatura (ROSÁRIO, 2016).

Postura é a posição que o corpo se encontra em um determinado período de tempo, com estruturas anatomicamente dependentes e alinhadas entre si (RUIVO, PEZARAT-CORREIA E CARITA, 2015). Uma postura ereta correta é considerada um marcador de saúde, tornando imprescindível a avaliação para um bom prognóstico terapêutico (FERREIRA *et al.*, 2011; RUIVO, PEZARAT-CORREIA E CARITA, 2015). Existem alguns fatores que influenciam diretamente na postura de cada indivíduo, como a hereditariedade, idade, sexo, condições do meio ambiente (ambiente de trabalho e fatores sociais), estado emocional, atividade física, dentre outros (ROSÁRIO, DO, 2014).

A postura é a forma de demonstrar o bem estar físico e psicossocial do indivíduo, pois através dela é possível sugerir patologias musculo esqueléticas, psicológicas e até mesmo cardiovasculares (BORTONE *et al.*, 2014; FORTIN *et al.*, 2011).

O controle postural estático é a capacidade física de se manter em postura, através do auxílio do tônus muscular e demais estruturas anatômicas. A habilidade de manter o controle postural é imprescindível para o alinhamento da postura humana e envolve vários sistemas e o equilíbrio (IYENGAR *et al.*, 2014).

Um bom controle postural requer ajustes contínuos para orientação e balanço do corpo, o que requer a integração de vários sistemas: Visual, somatosensorial e vestibular. Caso algum destes sistemas sofrerem alteração, como na fase idosa da vida ou por trauma externo, o equilíbrio postural estático é afetado, é o que acontece

normalmente com os idosos, os quais relatam tontura e perda de equilíbrio com o avançar da idade (ALFIERI *et al.*, 2016).

Quando a localização do centro de gravidade do corpo encontra-se alterada ocorrem mudanças no controle postural e conseqüentemente no alinhamento postural e postura do indivíduo. Um indivíduo com sequelas de acidente vascular encefálico, por exemplo, perde a percepção de verticalidade do corpo, alterando sua postura (IYENGAR *et al.*, 2014).

## 1.2 MÉTODOS DE AVALIAÇÃO POSTURAL

Existem várias maneiras de avaliar a postura na prática clínica e na pesquisa de forma quantitativa e qualitativa, dentre elas através da linha horizontal entre as cristas ilíacas, medidas com fita métrica entre os pontos anatômicos após a palpação, posturografia, análise da fotogrametria, grade de alinhamento postural e outros (IYENGAR *et al.*, 2014; ROSÁRIO, 2016). Ainda assim é comum a utilização de métodos qualitativos e subjetivos para avaliação postural, tornando os diagnósticos pouco confiáveis, variando entre os profissionais de maneira importante (BORTONE *et al.*, 2014; FORTIN *et al.*, 2011).

Não há consenso na literatura em qual método é o mais adequado para avaliação postural quantitativa e que demonstrem a confiabilidade, reprodutibilidade e validade dos recursos (CAMELO *et al.*, 2015). Apesar de haver interesse profissional (médicos, fisioterapeutas e outros) quando o assunto é postura, poucos são os estudos e procedimentos padronizados para uma confiável avaliação postural e suas alterações dentro da prática clínica (LUDWIG *et al.*, 2016).

Uma avaliação detalhada e precisa antes de iniciar o tratamento é fundamental para traçar uma conduta fisioterápica individualizada adequada, tendo em mente que cada indivíduo terá um diagnóstico postural diferente, com base nas correções posturais e cinesiológicas sugeridas pela avaliação (FERREIRA *et al.*, 2011; KRAWCZKY, PACHECO E MAINENTI, 2014).

O modo de avaliar a postura ainda é muito discutido na literatura científica, devido aos resultados imprecisos em alguns métodos (FORTIN *et al.*, 2011; ROSÁRIO, 2016), e outros muito precisos, porém com alto custo e envolvem exposição a radiação, o que inviabiliza o método (ROSÁRIO, 2016).

### 1.2.1 Fotogrametria Digital

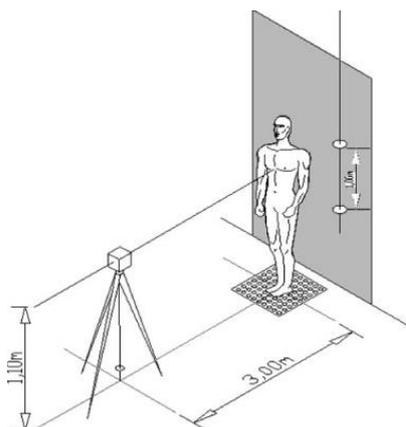
A fotogrametria é o recurso mais utilizado para avaliar postura recentemente. É uma técnica rápida, fácil e de baixo custo, através dela é possível observar os desvios posturais no plano frontal (vista anterior e posterior) e no plano sagital (vistas laterais) (FURLANETTO *et al.*, 2016).

Nesse método de avaliação postural, as imagens são capturadas e digitalizadas para o computador e posteriormente analisadas, segundo as regras de cada software (RUIVO, PEZARAT-CORREIA E CARITA, 2015).

O principal software (PAS-SAPO) amplamente utilizado para diagnóstico postural através da fotogrametria obtém baixa precisão, pois avaliam somente as alterações nos eixos X e Y e os pontos anatômicos são marcados, ou através da fotografia ou com bolas de isopor, as quais em vistas laterais são sobrepostas umas as outras, sendo isto um fator limitante para a exatidão dos dados (FERREIRA *et al.*, 2011; ROSÁRIO, 2016).

Autores demonstraram baixa confiabilidade em seus resultados e sugerem cautela na interpretação dos métodos que necessitam de marcadores sobre a pele do indivíduo, aumentando o risco de diagnósticos incorretos (ENGSBERG *et al.*, 2008).

Neste tipo de método, ao mudar a vista durante a avaliação postural, o indivíduo fica em bipedestação sob um tapete e área a ser posicionado o pé é delimitada com giz a partir da posição inicial, para a análise de outras vistas o indivíduo é solicitado a pisar na marcação realizada, trazendo riscos de erros metodológicos à pesquisa (FERREIRA *et al.*, 2011). A posição dos pés durante a avaliação, segundo a literatura, não há a necessidade de ter exatos centímetros (cm) entre um maléolo medial e o outro. A posição é dada através do conforto do indivíduo na posição ortostática de referência, sinalizando a postural verdadeira do indivíduo (BULLOCK-SAXTON, 1993).



**Figura 1**  
Demonstração do método de fotogrametria digital

### 1.2.2 Goniometria e fita métrica

Na goniometria, a postura pode ser mensurada através de ângulos ou de centímetros de distância. O goniômetro nos informa medições de ângulos de 0° a 360° na articulação desejada, já a fita métrica possui medidas em centímetros e milímetros, permitindo ao profissional averiguar distâncias entre os pontos anatômicos. Ambas são usadas na avaliação, pois fornecem dados distintos e necessários para um diagnóstico postural (FORTIN *et al.*, 2011; ROSÁRIO, 2016).

Autores defendem ser um método com de boa a excelente confiabilidade em suas medidas, porém a precisão e consistência dos resultados dependem mais da prática e treinamento do avaliador do que a goniometria (TYSON, 2003).

A avaliação tende a ser cansativa devido ao tempo dispendido para colher os dados. O profissional tem que avaliar articulação por articulação e realizar os movimentos para averiguar o resultado, estes movimentos deixam a goniometria menos confiável. Este pode ser um bom recurso para avaliar postura quando se analisa apenas um segmento corporal como por exemplo a posição pélvica, coluna cervical e flexão de tronco para dores lombares, e não do corpo todo (FORTIN *et al.*, 2011; TYSON, 2003).

### 1.2.3 Análises em 3D

Este recurso é confiável para avaliar quantitativamente a postura humana, pois demonstram de maneira detalhada os desvios e alterações físicas do indivíduo,

porém o custo alto para aquisição do equipamento torna inviável. A análise em 3D pode ser feita com scanners 3D, raio x 3D ou pela filmagem com três ou mais câmeras e marcadores reflexivos, nenhum dos recursos possuem validação na literatura, porém estão sendo testados (ROSÁRIO, 2016).

O raio x 3D encontra-se como padrão ouro para este tipo de análise, porém a exposição a radiações permanece como um fator limitante por ser altamente carcinogênica (ROOBOTTOM, MITCHELL E MORGAN-HUGHES, 2010).

O scanner 3D mostrou-se um bom método com boa repetibilidade, exceto para medidas da cabeça e pescoço, porém possui alto custo, e necessita de um tempo razoável para avaliação e requer boas habilidades no manuseio (TOMKINSON E SHAW, 2013).

#### **1.2.4 Plataforma de força**

As plataformas vêm sendo utilizadas como um bom método de avaliação postural, através dela é possível a análise do controle postural por permitir a detecção dos movimentos do centro de pressão do corpo, principalmente quando se analisa tendências de queda, pois o equilíbrio é analisado de maneira detalhada neste método. Porém para análise postural isolada, autores sugerem a introdução de outra ferramenta conjuntamente para melhores resultados como a eletromiografia de superfície, uso de acelerômetros e outros (ROSÁRIO, 2016).

Este projeto propõe um novo método de avaliação postural com baixo custo, alta precisão e grande portabilidade, possibilitando avaliar a postura nos eixos X e Y em um ambiente tridimensional, sem necessitar de registros fotográficos ou marcadores sobre a pele do indivíduo. Além disso, não haverá exposição a nenhum tipo de radiação, aumentando a possibilidade de repetibilidade durante o tratamento terapêutico.

E é indiscutível a necessidade de um método e sistema com melhores resultados e baixo custo em relação aos sistemas de altíssima precisão como o scanner 3D, ressonância magnética e outros.

## **2 OBJETIVO**

### **2.1 GERAL**

- Apresentar uma nova ferramenta de avaliação postural, baseada em um braço eletromecânico que permite medir pontos no universo tridimensional.

### **2.2 ESPECÍFICOS**

- Criar um programa capaz de ler informações de rotação provenientes de um sensor por efeito Hall;
- Montar as unidades mecânicas do braço articulado;
- Testar a eficiência da leitura do sensor;
- Realizar os testes iniciais em um modelo angular.

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 LOCAL DA PESQUISA**

O protótipo foi desenvolvido no Laboratório de Neuroengenharia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade Federal do Pará. Este projeto foi aprovado pelo comitê de ética do Hospital Universitário João de Barros Barreto da Universidade Federal do Pará, sob o número CAAE 65519817.0.0000.0017 para a coleta de dados em humanos, que será a próxima etapa deste projeto.

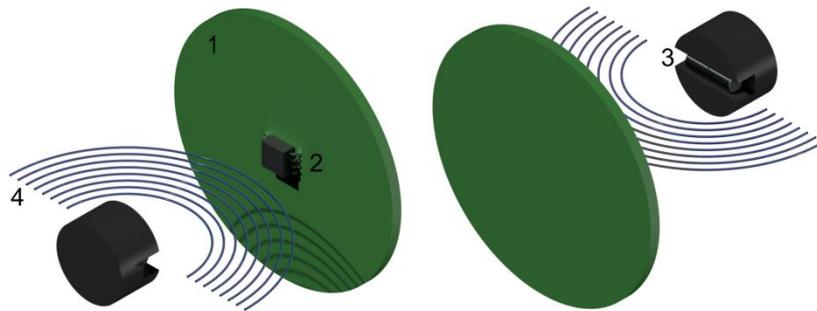
#### **3.2 O PROTÓTIPO**

O braço eletromecânico é composto basicamente de três articulações compostas de partes mecânicas e eletrônicas. As mecânicas são as partes móveis e do braço propriamente dito. As eletrônicas são todos os componentes envolvidos na conversão angular, assim como no processamento inicial da informação.

As partes mecânicas do braço eletromecânico foram usinadas de duas formas: as produzidas em impressão tridimensional (3D) e aquelas torneadas. Nas usinadas em 3D, foi usado o plástico poliácido láctico (PLA). Todas as peças foram primeiramente desenhadas em um programa CAD (AutoCad2016, Autodesk Co.) que ao final foi capaz de gerar o arquivo com extensão litográfica para que a impressora 3D o interpretasse mantendo as dimensões definidas pelo desenho. As torneadas, também foram previamente desenhadas no mesmo programa, porém a usinagem se deu em um mini torno mecânico (Sherline Inc.). Os materiais utilizados na usinagem por torneamento foram o alumínio e o plástico de engenharia polióxido de metileno (POM) comercialmente conhecido como poliacetal. Além disso, as articulações receberam dois rolamentos para cada eixo. Isso permitiu a rotação mais suave do conjunto, assim como, maior precisão nos movimentos de rotação pela ausência de folga no mecanismo. Como pode ser observado na Figura 2.



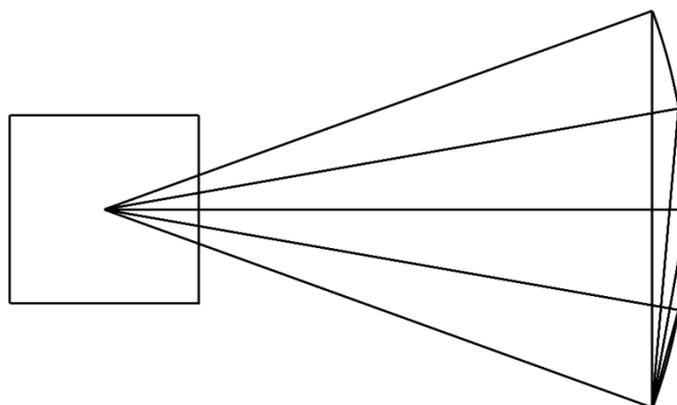
Arduino Co.) onde foi embarcado o programa de leitura e conversão dos sensores. Nesse projeto, foi usado o circuito integrado AS5600 (ver Figura 3) como sensor de efeito Hall. Esse integrado é capaz de ler em uma taxa de quantização de 12 bits, ou seja, ele divide os 360 graus de uma circunferência em 4096 partes. Isso permitiu uma excelente precisão nas medidas angulares e consequentemente nas lineares.



**Figura 3**

Vista em perspectiva para ilustrar o conjunto que forma o sensor de rotação angular, 1) placa de circuito impresso, 2) circuito integrado (AS5600), 3) suporte e ímã, 4) linhas de força do campo magnético.

Para a coleta dos dados e avaliação do desempenhos dos sensores foi realizada 40 repetições das medidas em cada eixo e nos ângulos descritos. Foi testado inicialmente a medida entre apenas dois pontos demarcados sob o gabarito angular (Figura 4) consistindo basicamente de um arco de 40 graus dividido em quatro arcos de 10 graus. O raio do arco foi de mesmo comprimento da haste (247,1 mm) que simula o braço no protótipo e dessa forma a avaliação do ponto anatômico no indivíduo.



**Figura 4**

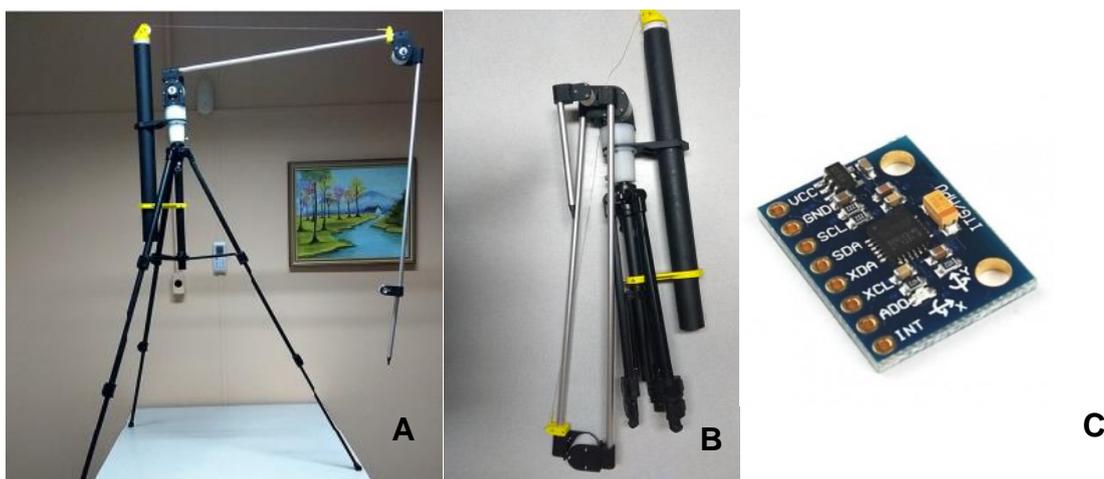
Desenho do gabarito angular utilizado.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 PROTÓTIPO: ESTADO DA ARTE

Inicialmente o protótipo mecânico teve uma versão diferente da atual, o protótipo inicial utilizava-se como base de sustentação um tripé fotográfico (DF-40, VELBON Co.), permitindo o ajuste adequado da altura do equipamento pelo usuário dentro de um intervalo pré-determinado (mínimo 51 cm e máximo 130 cm).

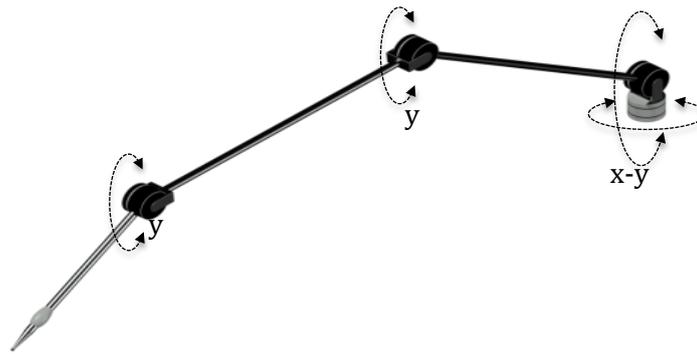
O sistema é composto de um braço articulado, contendo quatro eixos de rotação, em cada eixo foi acoplado um circuito eletrônico que mede o ângulo de rotação. Nesta versão inicial foi utilizado um acelerômetro para as análises dos graus, conforme pode ser observado na Figura abaixo.



**Figura 5**

Protótipo inicial. Em A, versão estendida. Em B, versão reduzida. Em C, o acelerômetro utilizado.

O protótipo do braço eletromecânico tem como finalidade a mensuração das coordenadas tridimensionais de pontos discretos dispostos no espaço e possui um total de quatro articulações, distribuídos de maneira não uniforme ao longo de todo o comprimento para que assim possa ser possível atingir com melhor exatidão os pontos anatômicos no momento da coleta. A Figura 6 ilustra um modelo representativo do sistema, identificando a posição de cada articulação e seu respectivo movimento de rotação.



**Figura 6**

Desenho esquemático do braço articulado e seus respectivos eixos.

Após os testes iniciais, foi notada uma pequena instabilidade induzida pelo modelo de tripé adotado que não tinha fixação no solo ao ser manipulado, adicionando erros sucessivos e com isso aumentou a variabilidade das medidas.

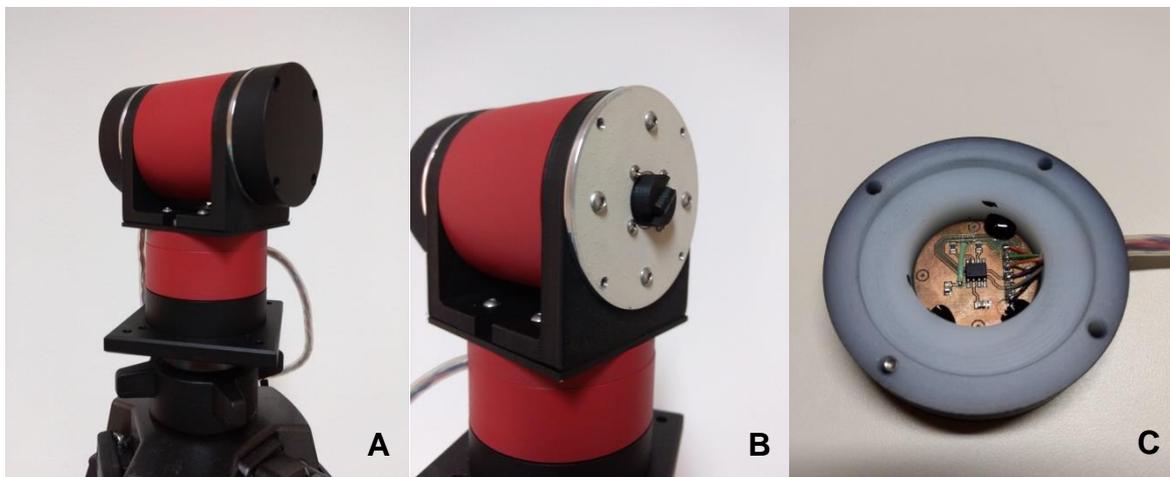
Então outro modelo de tripé (TITAN CT 220, CULLMANN Co.) foi selecionado, sendo este mais robusto e estável substituiu o anterior no novo desenho que incorpora um sensor de efeito Hall com 12 Bits de saída ao invés do acelerômetro no modelo anterior. Essa mudança agregou ao projeto, não só a redução de ruído elétrico, como também, maior precisão nas medidas. Verificar novo modelo de base do protótipo com as duas articulações iniciais acopladas na Figura seguinte.



**Figura 7**

Novo modelo de tripé utilizado.

Na Figura abaixo é possível verificar com maiores detalhes as duas articulações iniciais do protótipo, assim como a inserção do chip, do circuito impresso e do ímã dentro da cavidade do equipamento.



**Figura 8**

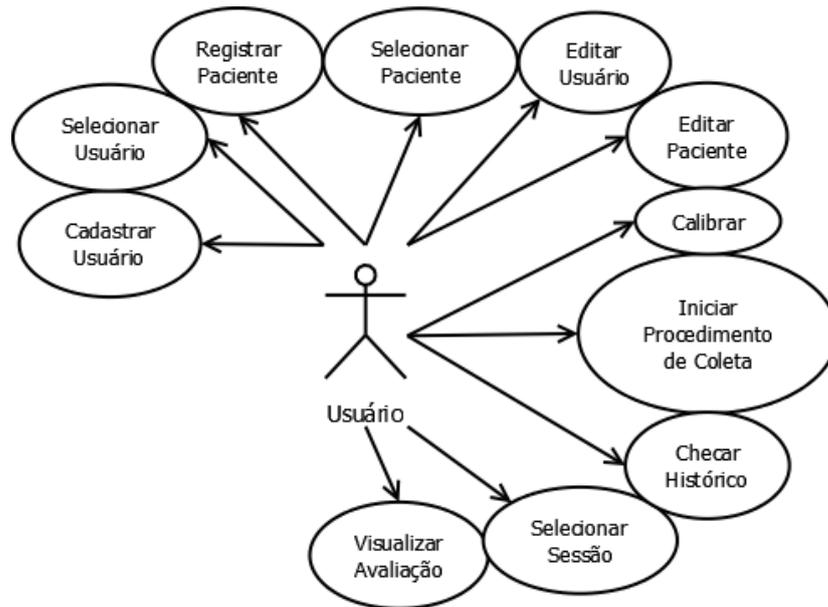
Em A, vista em perspectiva dos eixos X e Y, notar os cabos de saída do conversor angular por efeito Hall. Em B, ímã de neodímio que gera campo magnético constante e ao girar, a orientação das linhas de força são convertidas em unidades angulares. Em C, vista do circuito impresso que suporta circuito integrado que converte campo magnético em unidades angulares.

## 4.2 PROGRAMA DE CONTROLE

O programa foi desenvolvido por um acadêmico de engenharia da computação desta universidade, o qual fez parte de sua monografia de conclusão de curso (ALMEIDA, 2018).

A interface de controle foi criada por um processo iterativo de desenvolvimento de software que permitirá o aperfeiçoamento sucessivo do sistema através de múltiplos ciclos de desenvolvimento, onde as atividades de análise, planejamento, implementação e testes serão continuamente executadas (MONTEIRO *et al.*, 2001 *apud* LARMAN, 2000).

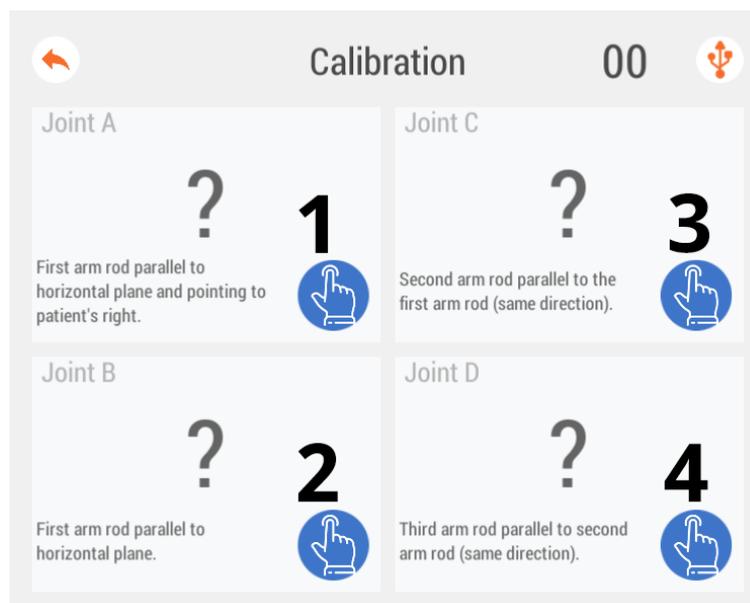
O programa pode ser executado em *desktop* ou *notebook* permite grande flexibilidade para a escolha e manipulação dos pontos anatômicos durante a análise, assim como rever o histórico de cada usuário avaliado. Dessa forma, é possível selecionar na avaliação qualquer ponto anatômico desejado, permitindo ao profissional de saúde conduzir a avaliação em função do diagnóstico clínico do paciente e objetivo terapêutico. No esquema abaixo é possível entender melhor a interação usuário-programa.



**Figura 9**

Esquema de interação entre o usuário e o programa.

O sistema utiliza os planos anatômicos (plano coronal, sagital e transversal) como referência para estabelecer o ponto de partida. Será necessária a calibração de todo o sistema eletromecânico do protótipo antes de iniciar a coleta dos dados, a fim de estabelecer o ponto - zero grau - para que o sensor seja capaz de avaliar com precisão quantos graus e mm foram movimentados após iniciar a coleta.

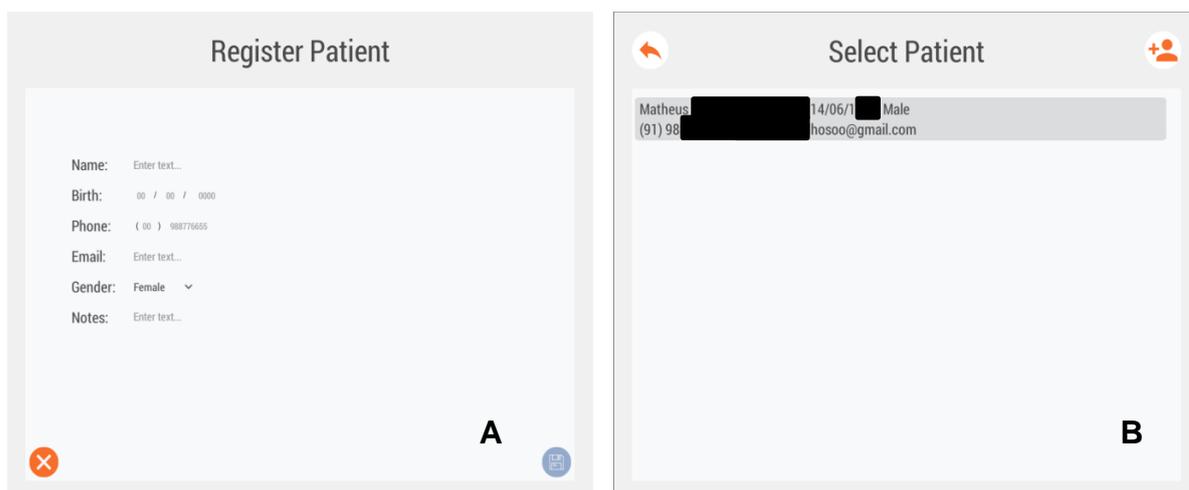


**Figura 10**

Tela de calibração do protótipo.

Na Figura 11 estão às telas de registro do paciente e a de seleção do paciente, ambas serão acessadas antes de iniciar a primeira avaliação. Na tela de registro será necessário um cadastro onde o profissional registrará os dados do paciente (nome, data de nascimento, telefone para contato, e-mail e gênero), uma foto e um espaço para quaisquer observações relevantes.

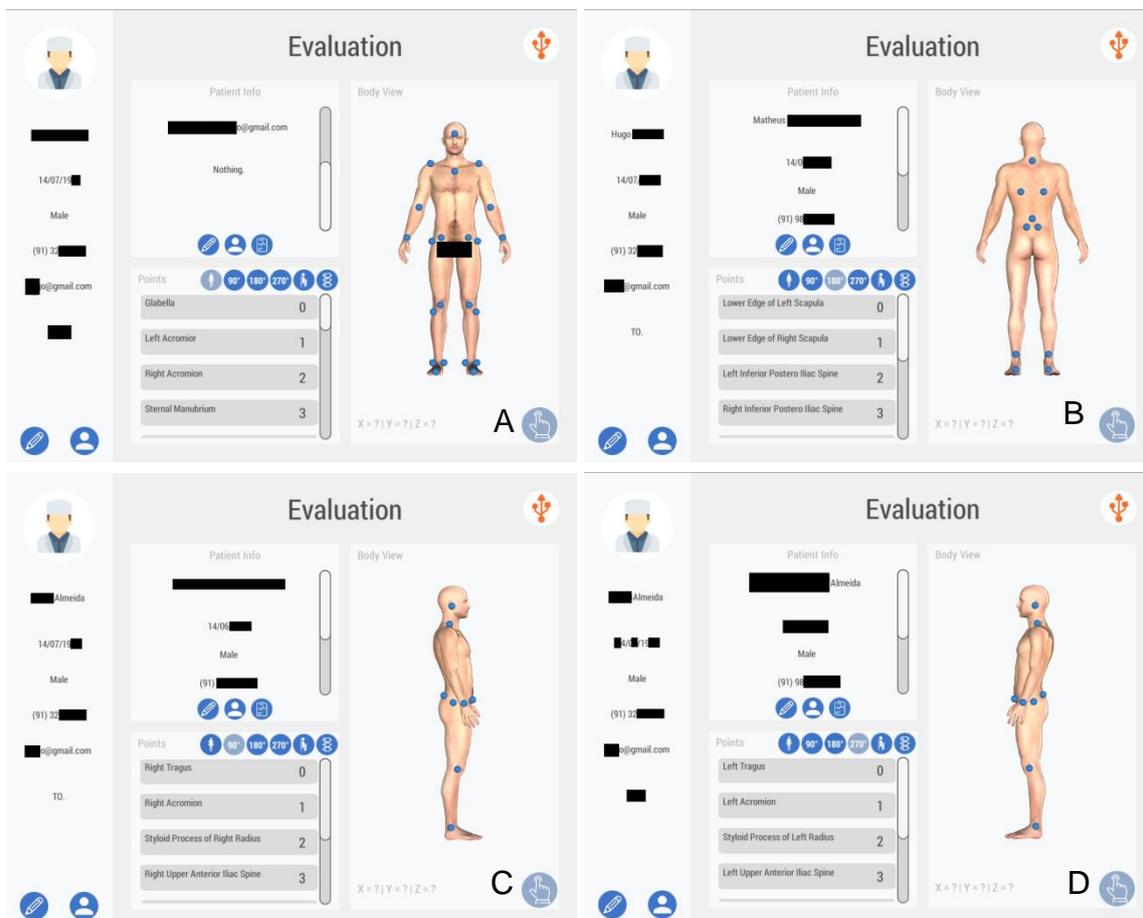
Na tela de seleção do paciente é o local onde ocorre a determinação do indivíduo a ser avaliado, para posterior iniciar a avaliação, conforme demonstra caixa em cinza sob os dados. Nesta tela apresentará um resumo dos dados inseridos anteriormente, e para ter acesso ao registro dos dados individuais será necessário selecionar e entrar no usuário, dando acesso à tela de histórico do usuário.



**Figura 11**

Telas de entrada. Em A, tela para registro do paciente. Em B, tela para selecionar o paciente.

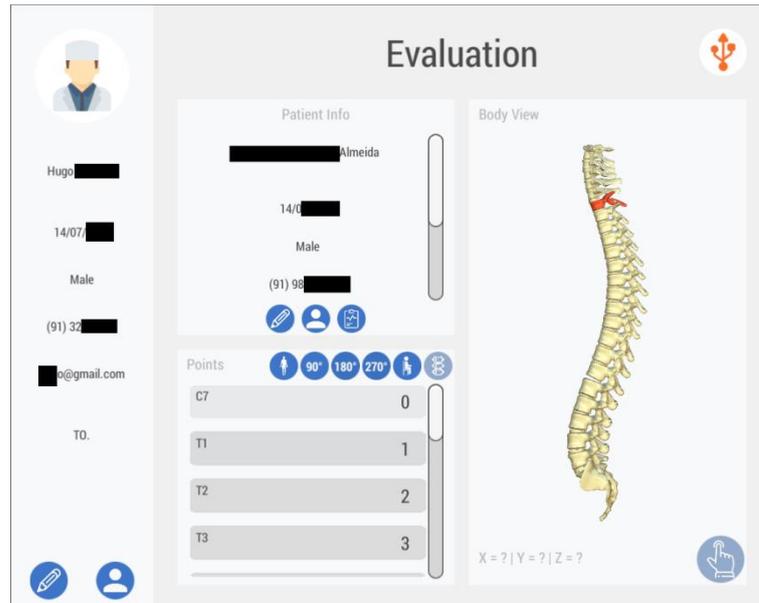
Conforme mostram as telas de seleção dos pontos do programa na Figura 10, em cada vista existem os pontos anatômicos disponíveis para medição, de acordo com seus objetivos terapêuticos.



**Figura 12**

Telas de seleção dos pontos. Em A, vista anterior. Em B, vista posterior. Em C, vista lateral esquerdo. Em D, vista lateral direita.

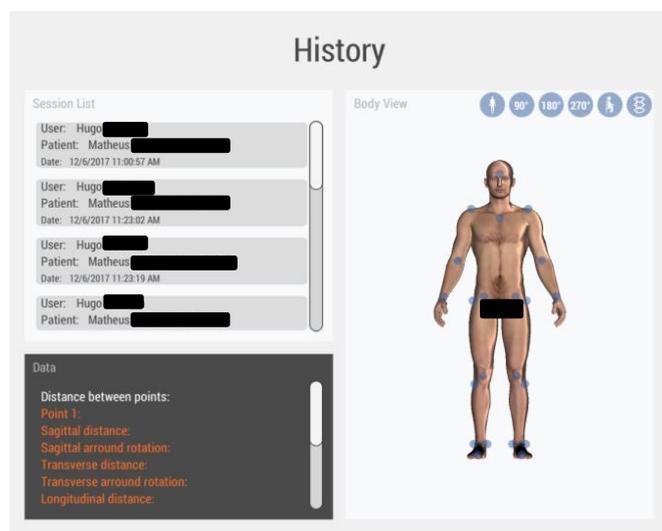
Quando estiver na próxima fase do projeto e for realizada a coleta em humanos, para a análise do ponto anatômico da coluna vertebral será solicitado ao indivíduo que realize uma flexão anterior do tronco, afim de melhor visualização dos acidentes ósseos, em seguida será feita a marcação dos pontos sobre o ponto com um marcador (lápis) e posteriormente iniciará a avaliação com o protótipo. O programa permitirá a marcação de todas as vértebras da coluna, porém a decisão final sempre será a critério do profissional. A Figura abaixo mostra onde será realizada esta avaliação.



**Figura 13**

Tela de avaliação da coluna vertebral.

Após o término das avaliações, será possível a verificação de todas as coletas pré-existente em cada usuário, devido o programa possuir um banco de dados para gravação das informações coletadas, conforme mostra o lado esquerdo da Figura 14. Dessa forma, o profissional poderá selecionar comparar os resultados anteriores e verificar a evolução do paciente, sempre em busca do melhor prognóstico clínico para cada paciente de acordo com o objetivo terapêutico. Essas medidas são enviadas para um processador dedicado que realiza um pré-tratamento e os transmite para um *Notebook ou Desktop*.



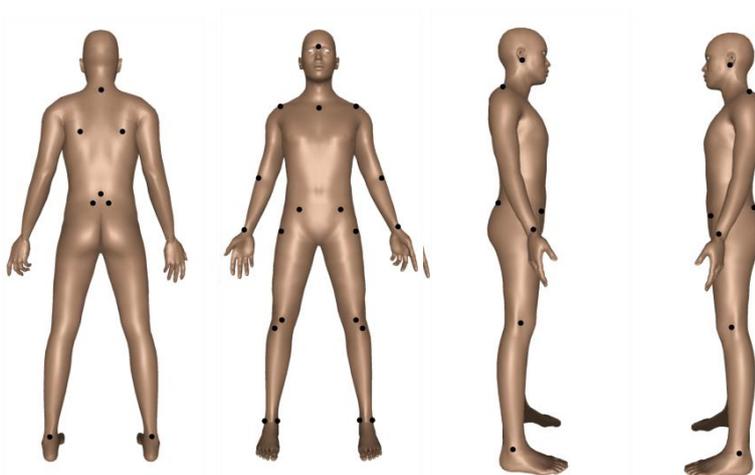
**Figura 14**

Tela de verificação do histórico do usuário.

### 4.3 PONTOS ANATÔMICOS DE REFERÊNCIA

Os pontos anatômicos que estão disponíveis no programa foram selecionados a partir da revisão da literatura dos principais softwares utilizados no mercado, a fim de proporcionar uma maior possibilidade de avaliação detalhada do indivíduo. Somente foram inseridos os pontos com proeminências ósseas, visando a redução dos erros de palpação no momento da análise.

O programa permite avaliar 24 relações entre os pontos, além da coluna vertebral e suas coordenadas nos eixos X e Y, retornando valores em ângulos e distância em milímetros entre um acidente anatômico e outro nas vistas: anterior, lateral direita, posterior e lateral esquerda, conforme imagem abaixo.



**Figura 15**

Vistas a serem avaliadas

Em seguida encontram-se algumas tabelas onde estão dispostos os pontos anatômicos em todas as vistas e os possíveis diagnósticos posturais a partir das relações entre os pontos anatômicos. Na Tabela 1 correspondem a todos os acidentes anatômicos que serão relacionados na vista anterior, na Tabela 2 e 3 os acidentes anatômicos que serão relacionados na vista lateral direita e esquerda, e posterior, respectivamente e na Tabela 4 encontram-se todos os acidentes anatômicos que serão relacionados na vista posterior da coluna vertebral e os possíveis diagnósticos a serem avaliados no indivíduo. Será realizada sempre a comparação do antes e depois do paciente, a fim de avaliar as mudanças posturais do indivíduo.

**Tabela 1**

Visualização das análises posturais na vista anterior na posição bípede e suas relações.

<b>PTS</b>	<b>AVALIAR</b>	<b>MODO DE AVALIAÇÃO</b>
	Diagnóstico postural	Relação entre os pontos anatômicos:
1	Inclinação lateral da cabeça	Glabela e acrômio (Direito e esquerdo)
2	Flexão anterior da cabeça	Glabela e manúbrio esternal.
3	Alinhamento horizontal da cintura escapular	Acrômio (Direito e esquerdo).
4	Alinhamento horizontal entre os cotovelos	Epicôndilo lateral do úmero (Direito e esquerdo).
5	Alinhamento horizontal entre os punhos	Processo estilóide do rádio (Direito e esquerdo).
6	Alinhamento horizontal da pelve	Espinha ilíaca ântero-superior (EIAS) (Direita e esquerda).
7	Aproximação/ Distanciamento de cintura escapular e cintura pélvica	EIAS e acrômio (Direito e esquerdo).
8	Alinhamento horizontal entre os fêmures	Cabeça do fêmur (Direita e esquerda).
9	Alinhamento horizontal entre os joelhos	Ponto médio da patela (Direita e esquerda).
10	Alinhamento horizontal entre as pernas	Tuberosidades da tíbia (Direita e esquerda).
11	Alinhamento horizontal medial do tornozelo	Maléolos mediais da tíbia (Direita e esquerda).
12	Alinhamento horizontal lateral do tornozelo	Maléolos laterais da fíbula (Direita e esquerda)
13	Alinhamento horizontal entre os pés	Cabeça do 2º metatarso (Direito e esquerdo).

**Tabela 2**

Visualização das análises posturais na vista lateral direita e esquerda e suas relações.

PTS	AVALIAR	MODO DE AVALIAÇÃO
	Diagnóstico postural	Relação entre os pontos anatômicos:
14	Inclinação lateral da cabeça	Trago e acrômio.
15	Aproximação/ Distanciamento do ombro e punho	Acrômio e processo estilóide do rádio.
16	Alinhamento vertical do membro inferior	Trocâter maior do fêmur e linha articular do joelho.
17	Alinhamento vertical do membro inferior	Linha articular do joelho e maléolo lateral da fíbula.
18	Anteriorização / Posteriorização da pelve	EIAS e EIPS.

**Tabela 3**

Visualização das análises posturais na vista posterior na posição bípede e suas relações.

PTS	AVALIAR	MODO DE AVALIAÇÃO
	Diagnóstico postural	Relação entre os pontos anatômicos:
19	Alinhamento horizontal da escápula	Borda inferior da escápula (Direita e esquerda)
20	Alinhamento horizontal do sacro	EIPS (Direita e esquerda)
21	Alinhamento vertical da coluna vertebral	Processo espinhoso da coluna cervical (C7) e Processo espinhoso da coluna lombar (L3).
22	Adução/ Abdução da escápula	Processo espinhoso da coluna cervical (C7) e o ângulo inferior da escápula (direito e esquerdo).
23	Alinhamento horizontal do tornozelo	Ponto médio do tendão de Aquiles (Direito e esquerdo).
24	Alinhamento horizontal do pé	Calcâneo (direito e esquerdo)

O programa possui uma análise exclusiva e independente da coluna vertebral, que será realizada através dos processos espinhosos por ser a proeminência óssea de melhor palpação, e ainda sim possui sua dificuldade alta de localização, devido às curvaturas peculiares da coluna vertebral.

**Tabela 4**

Visualização das vértebras da coluna e suas relações.

PTS	AVALIAR	MODO DE AVALIAÇÃO
25	Diagnóstico postural Cifose, lordose, escoliose e retificação.	Relação entre os pontos anatômicos: C7, T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12, L1, L2, L3, L4, L5.

#### 4.4 RESULTADOS DOS TESTES

Os resultados demonstraram que o braço foi capaz de medir com precisão pontos nos planos X e Y, confirmado pelo desvio padrão muito baixo, próximo de zero, firmando a precisão de alta repetibilidade do sistema em todos os ângulos e nos planos (X e Y), conforme mostra Tabela 5.

No plano X no ângulo de 10 graus, após a repetição das 40 medidas obtivemos como resposta entre um ponto e o outro na medida angular ( $9,99^\circ \pm 0,03$ ) e na medida em mm onde esperava se 39,5 mm ( $39,49 \pm 0,13$ ). Para o ângulo de 20 graus, o resultado foi de ( $19,98^\circ \pm 0,06$ ) e na distância esperava se 78,7 mm ( $78,65 \text{ mm} \pm 0,24$ ). Para  $30^\circ$  e  $40^\circ$ , os resultados das medidas foram ( $29,94^\circ \pm 0,04$ ) e ( $39,92^\circ \pm 0,13$ ), respectivamente e na distância em mm, esperava se 117,3 mm e 155,0 mm, obtivemos ( $117,14 \text{ mm} \pm 0,16$ ) e ( $154,66 \text{ mm} \pm 0,50$ ) respectivamente.

No plano Y no ângulo de 10 graus, após a repetição das 40 medidas obtivemos como resposta entre um ponto e o outro na medida angular ( $10,00^\circ \pm 0,08$ ) e na medida em mm onde esperava se 43,07 mm ( $43,09 \text{ mm} \pm 0,33$ ). Para o ângulo de 20 graus, o resultado foi de ( $19,87^\circ \pm 0,06$ ) e na distância esperava se 85,82 mm ( $85,28 \text{ mm} \pm 0,25$ ). Para  $30^\circ$  e  $40^\circ$ , os resultados das medidas foram ( $29,94^\circ \pm 0,04$ ) e ( $40,13^\circ \pm 0,04$ ), respectivamente e na distância em mm, esperava se 127,90 mm e 169,02 mm, obtivemos ( $127,66 \text{ mm} \pm 0,19$ ) e ( $169,92 \text{ mm} \pm 0,17$ )

respectivamente. Todos as medidas demonstradas foram confirmados com a utilização de um paquímetro.

**Tabela 5**

Resultado dos testes iniciais dos valores angulares médios e desvios padrão obtidos pela repetibilidade entre dois pontos.

Plano	Ângulo esperado	$\bar{X} \pm SD$	Distância esperada	$\bar{X} \pm SD$
<b>X</b>	10°	9,99° ± 0,03	39,5 mm	39,49 mm ± 0,13
	20°	19,98° ± 0,06	78,7 mm	78,65 mm ± 0,24
	30°	29,94° ± 0,04	117,3 mm	117,14 mm ± 0,16
	40°	39,92° ± 0,13	155,0 mm	154,66 mm ± 0,50
<b>Y</b>	10°	10,00° ± 0,08	43,07 mm	43,09 mm ± 0,33
	20°	19,87° ± 0,06	85,82 mm	85,28 mm ± 0,25
	30°	29,94° ± 0,04	127,90 mm	127,66 mm ± 0,19
	40°	40,13° ± 0,04	169,02 mm	169,92 mm ± 0,17

\*comprimento;  $\bar{X}$ : média aritmética. SD: desvio padrão.

Ainda não foi possível realizar os testes no eixo Z, devido este eixo ser o responsável pela profundidade de uma determinadas estrutura anatômica e em um gabaito angular não foi possível, porém o sensor tem a capacidade de mensurar tal eixo.



**Figura 16**

Representação do eixo Z: O afastamento e o aumento dos círculos demonstram a detecção da eixo Z.

Em breve será realizada as avaliações posturais de indivíduos saudáveis e com patologia neurológica, para a validação do método, confiabilidade intra e inter-examinadores e reprodutibilidade do sistema. Para isso, está sendo desenvolvida uma nova versão do dispositivo, completamente portátil, com aplicativo rodando em ambiente *Android*® e comunicação via *Bluetooth*®. Além disso, o programa gerará ao final da avaliação, um *feed back* através de um boneco virtual o qual simulará as alterações posturais advindas da coleta.

Dessa forma, esperamos estar contribuindo para o desenvolvimento científico e tecnológico, apresentando formas alternativas, eficazes e com alto desempenho de avaliar a postura humana, tanto nos laboratórios acadêmicos como nos serviços públicos de saúde.

## 5 DISCUSSÃO

A importância de avaliar a postura ou o alinhamento postural de um indivíduo é imprescindível ao iniciar um tratamento fisioterapêutico, terapêutico ocupacional ou ao iniciar uma atividade física, pois através dela será possível a prescrição correta dos exercícios e o alcance dos objetivos.

Estudo afirma que não existe postura, pois o corpo humano encontra-se em constante movimento e não é possível sua quietude plena. Porém o equilíbrio, a quietude momentânea e a estabilização do corpo são considerados postura para a análise científica (ROSÁRIO, 2016).

No estudo de Tyson (2003) ao realizar uma revisão sistemática sobre os métodos de avaliar a postura, identificou três fatores essenciais para um bom método: 1) Portabilidade do método, para que seja acessível para todos os níveis de saúde (primário secundário e terciário); 2) Adequação do método para casos clínicos graves como o diagnóstico de acidente vascular encefálico; 3-Permitir verificar mais de um segmento corporal e de outros planos de uma só vez, ou seja, praticidade, rapidez do método. Todos esses itens são contemplados neste novo método proposto nessa pesquisa.

Em uma revisão sistemática, ao avaliar a postura de mulheres saudáveis através da fotogrametria digital, os autores concluíram que existe uma série de fragilidades metodológicas neste recurso que impedem a validade dos resultados analisados (FREIRE *et al.*, 2014). Foi também verificado que não existe simetria ou alinhamento horizontal na vista anterior da cabeça, ombro e quadril, e na vista posterior verificou assimetria na linha superior da escápula e terceira vértebra torácica mesmo em pessoas saudáveis, demonstrando alterações posturais comuns em toda a população (FERREIRA *et al.*, 2011; FREIRE *et al.*, 2014).

Um estudo avaliou a postura através da fotogrametria (PAS/SAPO) de adolescentes saudáveis e demonstrou muito boa confiabilidade inter-avaliadores para os segmentos corporais estudados: cervical, cabeça e ombro, todos no plano lateral e as alterações na postura foram justificadas devido ao uso excessivo de celulares, fatores psicológicos e depressivos, diversas horas na posição sentada de forma incorreta na escola e a falta de ergonomia do mobiliário escolar (RUIVO, PEZARAT-CORREIA E CARITA, 2015).

Um estudo demonstrou que ao comparar o uso do raio x com a fotogrametria o resultado obteve forte correlação, demonstrando ser um bom método para investigação dos segmentos das vértebras cervical 7 e sacral 2 para análise do alinhamento da coluna vertebral, os autores sugerem ser uma solução para diminuir o uso de radiografias e conseqüentemente redução das exposições a radiações para este segmento corporal (ENGSBERG *et al.*, 2008).

Outro estudo realizou uma pesquisa de revisão da literatura sobre avaliação postural através de radiografia e fotogrametria para o delineamento dos procedimentos e ao final solicitou a padronização para ambos os métodos na tentativa de estabelecer valores normativos e comparações entre diagnósticos (PORTO E OKAZAKI, 2017). E esta normalização dos procedimentos é bastante discutido na literatura devido às diferenças entre os softwares existentes e aos comandos verbais pronunciados aos indivíduos no momento da coleta.

Uma revisão sistemática analisou 35 artigos que avaliaram a postura da coluna vertebral através da fotogrametria digital e o objetivo foi avaliar a qualidade metodológica desse modo de análise utilizando a *Downs and Black scale*. Foram selecionados 12 itens da escala para análise dos artigos, somente quatro artigos atingiram o total de 12 pontos, dois atingiram 11 pontos, quinze obtiveram 10 pontos, quatro alcançou 9 pontos, cinco obtiveram 8 pontos, quatro artigos tiveram 7 pontos e um artigo com apenas 6 pontos. A revisão concluiu que as metodologias são semelhantes, porém as rotinas matemáticas que suportam os diferentes softwares geram resultados diferentes (FURLANETTO *et al.*, 2016). Apesar disso, os autores consideraram a fotogrametria um instrumento de avaliação postural válido, reproduzível e viável para pesquisa e clínica.

Em um estudo com o método do scanner 3D para avaliação intra-examinador em sujeitos adultos e saudáveis, os resultados demonstraram boa repetibilidade e segurança entre as medidas, exceto para a região de cabeça e pescoço, porém existem erros posturais inerentes aos indivíduos que possam justificar essa pobre repetibilidade nestes segmentos. Porém o scanner 3D é um excelente método pois apresenta boa confiabilidade em suas medidas, porém a aquisição do equipamento é inviável para a maioria dos serviços de saúde e principalmente a utilização no SUS e em países em desenvolvimento devido suas características físicas, financeiras e de manuseio (TOMKINSON E SHAW, 2013).

A avaliação da coluna vertebral é bastante discutida de forma individual na literatura por suas características e curvaturas peculiares. Um estudo analisou a confiabilidade intra-examinador para a coluna em duas vistas (posterior e lateral) em indivíduos saudáveis adultos jovens através da utilização da fotogrametria e marcadores e concluiu que as análises na vista lateral ou plano sagital variaram de fraca a moderada confiabilidade por necessitarem de marcadores reflexivos, aumentando a variabilidade das medidas (DUNK, LALONDE E CALLAGHAN, 2005).

Outro estudo também concluiu que é necessário cautela ao diagnosticar os desvios posturais na coluna vertebral, devido principalmente aos fatores inerentes as metodologias dos softwares por meio da digitalização de imagens dos programas *Biotonix*, *ChiroVision* e *Posture-Pro*, por ter um aumento na variabilidade das medidas e um risco maior de diagnósticos equivocados (DUNK *et al.*, 2004). Esta pesquisa busca ser um novo método de avaliação tridimensional da coluna vertebral em um futuro breve.

Além disso, existem grandes dificuldades na palpação dos processos espinhosos das vértebras, um estudo analisou a repetibilidade e reprodutibilidade da palpação entre três grupos de fisioterapeutas e teve como resposta uma pobre reprodutibilidade e boa repetibilidade em algumas vértebras estudadas, sendo o segmento lombar (L5) com maiores dificuldades, sugerindo ao final o desenvolvimento de novos métodos de avaliar a coluna (BILLIS, FOSTER E WRIGHT, 2003).

Estudos buscam a normalização de valores (distância e ângulos entre pontos) para pessoas saudáveis referentes à postura humana, porém os resultados mostram as médias e desvios padrões altos, ou seja, com alta variabilidade das medidas mesmo em grupos homogêneos. Concluindo os autores que a postura é algo não possível de padronização ou há grandes erros nos métodos de mensurar a postura (FREIRE *et al.*, 2014; SOUZA *et al.*, 2011).

Essa variabilidade das medidas pode ser dada por alguns fatores como os erros posturais (são as posturas alteradas por motivos diversos, psicossociais, por exemplo, mesmo em sujeitos saudáveis), os erros técnicos (são os erros referentes as falhas no sistema, cálculos matemáticos, metodologias) e os erros de habilidades profissionais (são os erros referentes as práticas de palpação e a não padronização dos comandos verbais) (BILLIS, FOSTER E WRIGHT, 2003; TOMKINSON E SHAW,

2013). Este projeto buscou eliminar os erros técnicos dos programas de avaliação postural, se tornando em breve uma ferramenta confiável e precisa para mensurar medidas no corpo humano.

## **6 CONCLUSÃO**

Padronizar as dimensões dos pontos referenciais da postura humana é um dos desafios da ciência. Métodos que quantifiquem precisamente a postura humana de forma precisa e com validação, confiabilidade, repetibilidade e reprodutibilidade, ainda não estão disponíveis.

Aqui, propomos uma nova forma de avaliar a postura por meio de um dispositivo que foi capaz de medir com precisão a distância entre pontos, assim como, a angulação entre eles no espaço. Diante dos resultados encontrados podemos concluir que o dispositivo constituído por um braço eletromecânico articulável para avaliar a postura humana desempenhou com eficiência todas as mensurações confiadas a ele.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFIERI, F. M. *et al.* Postural Control of Healthy Elderly Individuals Compared to Elderly Individuals with Stroke Sequelae. **The Open Neurology Journal**, v. 10, n. 1, p. 1–8, 2016.

ALMEIDA, M.C. . **Sistema de avaliação postural com base em dispositivo de medição e interface de controle**. Monografia de conclusão de curso – Belém - PA, 2018.

BILLIS, E. V.; FOSTER, N. E.; WRIGHT, C. C. Reproducibility and repeatability: Errors of three groups of physiotherapists in locating spinal levels by palpation. **Manual Therapy**, v. 8, n. 4, p. 223–232, 2003.

BORTONE, I. *et al.* A two-stage approach to bring the postural assessment to masses: The KISS-Health Project. **2014 IEEE-EMBS International Conference on Biomedical and Health Informatics, BHI 2014**, p. 371–374, 2014.

BULLOCK-SAXTON, J. Postural alignment in standing: A repeatability study. **Australian Journal of Physiotherapy**, v. 39, n. 1, p. 25–29, 1993.

CAMELO, E. M. P. DE F. *et al.* Use of Softwares for Posture Assessment: Integrative Review. **Coluna/Columna**, v. 14, n. 3, p. 230–235, 2015.

DUNK, N. M. *et al.* The reliability of quantifying upright standing postures as a baseline diagnostic clinical tool. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 27, n. 2, p. 91–96, 2004.

DUNK, N. M.; LALONDE, J.; CALLAGHAN, J. P. Implications for the use of postural analysis as a clinical diagnostic tool: Reliability of quantifying upright standing spinal postures from photographic images. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 28, n. 6, p. 386–392, 2005.

ENGSBERG, J. R. *et al.* Relationships between spinal landmarks and skin surface markers. **Journal of Applied Biomechanics**, v. 24, n. 1, p. 94–97, 2008.

FERREIRA, E. A. *et al.* Quantitative assessment of postural alignment in young adults based on photographs of anterior, posterior, and lateral views. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 34, n. 6, p. 371–380, 2011.

FORTIN, C. *et al.* Clinical methods for quantifying body segment posture: A literature review. **Disability and Rehabilitation**, v. 33, n. 5, p. 367–383, 2011.

FREIRE, A. *et al.* Reference Values for Human Posture Measurements Based on Computerized Photogrammetry: A Systematic Review. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 40, n. 3, p. 156–168, 2014.

FURLANETTO, T. S. *et al.* Photogrammetry as a tool for the postural evaluation of the spine: A systematic review. **World Journal of Orthopedics**, v. 7, n. 2, 2016.

IYENGAR, Y. R. *et al.* Relationship between postural alignment in IYENGAR, Y. R. *et al.* Relationship between postural alignment in sitting by photogrammetry and seated postural control in post-stroke subjects. *NeuroRehabilitation*, v. 35, n. 2, p. 181–190, 2014. sitting by photog. **NeuroRehabilitation**, v. 35, n. 2, p. 181–190, 2014.

KRAWCZKY, B.; PACHECO, A. G.; MAINENTI, M. R. M. A systematic review of the angular values obtained by computerized photogrammetry in sagittal plane: A proposal for reference values. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 37, n. 4, p. 269–275, 2014.

LIEBENSON, C. Postural correction. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 12, n. 4, p. 318–319, 2008.

LUDWIG, O. *et al.* Assessment of the posture of adolescents in everyday clinical practice: Intra-rater and inter-rater reliability and validity of a posture index. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 20, n. 4, p. 761–766, 2016.

MONTEIRO, H. D. M. *et al.* **Interface gráfica para pré e pós-processamentos de dados elétricos e eletromagnéticos em Geofísica**. Dissertação (Mestrado)—Universidade Federal do Pará, 2001.

PORTO, A. B.; OKAZAKI, V. H. A. Procedures of assessment on the quantification of thoracic kyphosis and lumbar lordosis by radiography and photogrammetry: A literature review. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 21, n. 4, p. 986–994, 2017.

ROOBOTTOM, C. A.; MITCHELL, G.; MORGAN-HUGHES, G. Radiation-reduction strategies in cardiac computed tomographic angiography. **Clinical Radiology**, v. 65, n. 11, p. 859–867, 2010.

ROSÁRIO, J. L. P. DO. Photographic analysis of human posture: A literature review. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 18, n. 1, p. 56–61, 2014.

ROSÁRIO, J. L. P. DO. Biomechanical assessment of human posture: A literature review. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 18, n. 3, p. 368–373, 2016.

RUIVO, R. M.; PEZARAT-CORREIA, P.; CARITA, A. I. Intrarater and interrater reliability of photographic measurement of upper-body standing posture of adolescents. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 38, n. 1, p. 74–80, 2015.

SOUZA, J. A. *et al.* Biofotogrametria confiabilidade das medidas do protocolo do software para avaliação postural (SAPO). **Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano**, v. 13, n. 4, p. 299–305, 2011.

TOMKINSON, G. R.; SHAW, L. G. Quantification of the postural and technical errors in asymptomatic adults using direct 3D whole body scan measurements of standing posture. **Gait and Posture**, v. 37, n. 2, p. 172–177, 2013.

TYSON, S. a Systematic Review of Methods To Measure Posture. **Rehabilitation**, p. 45–50, 2003.