

OBTENÇÃO DE MEDIDAS DOS ÂNGULOS DA ARTICULAÇÃO DO COTOVELO UTILIZANDO O MEDIPIPE

OBTAINING MEASUREMENTS OF THE ELBOW ARTICULATION USING MEDIPIPE

OBTENCIÓN DE MEDICIONES DE ÁNGULOS DE LA ARTICULACIÓN DEL CODO UTILIZANDO MEDIPIPE



10.56238/revgeov17n3-137

Carbón Victor Ferreira

Engenheiro de Controle e Automação
Instituição: Instituto Federal de São Paulo (IFSP)
E-mail: carbonvictor@gmail.com

Victor Gabriel Lopes Santana

Estudante de Engenharia de Controle e Automação
Instituição: Instituto Federal de São Paulo (IFSP)
E-mail: Lopes.santana@@aluno.ifsp.edu.br

Gilberto Cuarelli

Professor Doutor
Instituição: Instituto Federal de São Paulo (IFSP)
E-mail: gcuarelli@ifsp.edu.br

Wagner de Aguiar

Professor Doutor
Instituição: Instituto Federal de São Paulo (IFSP)
E-mail: w.aguiar@ifsp.edu.br

RESUMO

A biomecânica é uma ciência que aplica os princípios da física para analisar o movimento do corpo humano com a proposta de otimizar o desempenho em áreas como esportes, fisioterapia e ergonomia. Dentro da área de fisioterapia tem como objetivo prevenir lesões, verificar doenças, análise de fraturas, próteses e deformidades, e avaliar progresso da recuperação de pacientes. Para isso, o conhecimento de ângulos específicos entre algumas articulações permite entender como essas partes do corpo se comportam. Esse trabalho tem como foco o estudo inicial e específico do ângulo formado entre braço e antebraço, com a articulação do cotovelo. Essa articulação é de interesse ao verificar lesões que podem comprometer a movimentação, como lesões no Ligamento Anular. Atualmente as leituras são realizadas com a utilização de um goniômetro como ferramenta de medição e como trata-se de um método manual, sujeito a incertezas de valores. A proposta é utilizar uma ferramenta de visão computacional, com inteligência artificial, fornecido pelo MediaPipe que gere em tempo real resultados para facilitar a coleta de dados para os profissionais da área, a visualização de resultados angulares de forma mais estável, em relação aos métodos manuais e independente do profissional que



vai realizar a medida. Será utilizado apenas um computador, ou um tablet, com câmera, conectado a Internet.

Palavras-chave: Biomecânica. Visão Computacional. Inteligência Artificial. Ângulos do Corpo. MediaPipe

ABSTRACT

Biomechanics is a science that applies physics principles for analyze human body's movements, in areas like sports, physiotherapy and ergonomics. Inside physiotherapy has the objective of prevent lesions, verify diseases, fractures analysis, protetics, deformations analysis, and evaluate the progress in patient's recuperation. For this the knowledge of specific angles between some articulations allows to understand how these body's parts behave. This article has as focus the initial and specific study of the angle formed between arm and forearm in the elbow articulation. This articulation is of interest when verifying lesions that can affect the movements, like Annular Ligaments lesions. Currently the measurements are done with the use of a goniometer, a manual tool that can be affected by values incertities. The proposition is to use a computational vision tool, with artificial intelligence supplied by MediaPipe the generate results in real time, to simplify the data collection for sector professionals, The angles results visualisation in a more stable manner, compared to manual methods, and independent of the professional conducting the measurements. Will be use only on a computer or tablet with a camera, connected to the Internet.

Keywords: Biomechanics. Computational Vision. Artificial Intelligence. Body's Angles. MediaPipe

RESUMEN

La biomecánica es una ciencia que aplica los principios de la física para analizar el movimiento del cuerpo humano con el fin de optimizar el rendimiento en áreas como el deporte, la fisioterapia y la ergonomía. Dentro del campo de la fisioterapia, su objetivo es prevenir lesiones, investigar enfermedades, analizar fracturas, prótesis y deformidades, y evaluar el progreso de la recuperación del paciente. Para ello, el conocimiento de los ángulos específicos entre ciertas articulaciones permite comprender el comportamiento de estas partes del cuerpo. Este trabajo se centra en el estudio inicial y específico del ángulo que forman el brazo y el antebrazo con la articulación del codo. Esta articulación es de interés en la investigación de lesiones que pueden comprometer el movimiento, como las lesiones del ligamento anular. Actualmente, las lecturas se toman utilizando un goniómetro como herramienta de medición y, al ser un método manual, está sujeto a incertidumbres en los valores. La propuesta consiste en utilizar una herramienta de visión artificial con inteligencia artificial, proporcionada por MediaPipe, que genera resultados en tiempo real para facilitar la recopilación de datos a los profesionales del sector, así como la visualización de resultados angulares de forma más estable que los métodos manuales, e independientemente del profesional que realice la medición. Solo se utilizará una computadora o tableta con cámara y conexión a internet.

Palabras clave: Biomecánica. Visión Artificial. Inteligencia Artificial. Angulos Del Cuerpo. MediaPipe.



1 INTRODUÇÃO

Na área da saúde é necessário o conhecimento de uma muitos parâmetros do corpo humano, um desses, usado na área de fisioterapia, são as medidas, lineares e angulares, do corpo humano, que determinam a postura do sujeito, nesse ramo a biomecânica está ganhando muita notoriedade. Para avaliar esses ângulos existem um conjunto de ferramentas, cada uma com suas particularidades. Nesse trabalho o foco é desenvolver uma ferramenta de mensuração dessas medidas que funcione com a captação instantanea de imagens do sujeito em análise, dessa maneira os profissionais da saúde poderão ter as medidas de maneira rápida, eficiente, e de alta confiabilidade.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A avaliação biomecânica estuda de forma detalhada o movimento humano, postura e como forças externas causam estresse sobre o corpo de uma pessoa. Isso se faz necessário pois a má postura corporal pode causar lesões e dores ao sujeito(Jia Qiu, 2026), e também é usada para acompanhar a evolução de pacientes em tratamentos fisioterapêuticos; uma das formas mais simples de verificar medidas angulares, é pela goniometria, que é um método manual, onde um avaliador utiliza um goniômetro, formado por duas hastes ligadas a uma junta graduada, para verificar o ângulo formado nas articulações do paciente. Para isso, as hastes do goniômetro devem estar posicionadas sobre os segmentos e o eixo do aparelho sobre a articulação. Em seguida, o avaliador lê a indicação do ângulo no aparelho (Ace, 2006). Embora seja um método simples, esse método é afetado pela experiência do avaliador, que pode ocorrer durante o posicionamento da ferramenta e a leitura, (Sacco, 2017) causando assim incertezas.

Algumas ferramentas de medições digitais foram desenvolvidas para o uso dos profissionais da saúde. A maioria delas, possibilita carregar uma imagem, e depois de uma calibração, obter medidas e ângulos. Alguns desses aplicativos encontrados na revisão bibliográfica, são citados a seguir.

O aplicativo de Avaliação Postural (SAPO) (BMCLab, 2006) é uma ferramenta computacional gratuita, de código aberto, utilizada para a análise postural, a partir de imagens estáticas. A avaliação é feita a partir de fotografias adquiridas, segundo um protocolo padronizado, nas vistas anterior, posterior e lateral. O indivíduo deve estar em posição de equilíbrio e com pontos anatômicos visíveis. Para garantir a calibração da imagem, deve-se utilizar um fio de prumo, com marcas de distância conhecidas a câmera deve permanecer fixa, posicionada perpendicularmente ao solo. Após a importação das imagens, o avaliador deve realizar manualmente a marcação de todos os pontos anatômicos de interesse para análise. Existe também a possibilidade de se criar um protocolo personalizado, a fim de observar somente pontos de interesse. Com base nos dados informados, o SAPO calcula ângulos, distâncias, índices de assimetria e alinhamentos corporais, e gera um relatório ao final do processo.



Os aplicativos de fotogrametria atuais, como o Surgimap Spine (Helmya 2015) e PostureCO, ambos que exigem uma assinatura e permitem carregar uma imagem, calibrar o sistema, com uma medida conhecida, e em seguida posicionar marcadores, nos pontos de interesse. Com isso, o aplicativo informa o ângulo, ou distância entre os marcadores desejados. Desta forma o avaliador pode utilizar múltiplas fontes, como fotografias, radiografias, onde cada imagem deve ser tratada individualmente. Essas ferramentas são amplamente usadas para a detecção e verificação de moléstias posturais, como a escoliose (Helano, 2019). Com as ferramentas de fotogrametria, os profissionais podem realizar uma primeira análise, e realizar o acompanhamento da evolução do paciente.

Outra ferramenta de fotogrametria, o Posture Screen Mobile (PSM) direcionada para a detecção de escoliose, que opera de maneira similar aos métodos anteriores, permite a análise de imagens do paciente, e depois o profissional da saúde faz a marcação dos pontos de interesse manualmente, para calcular o desvio da coluna (Lugaresi, 2019).

No início de 2020, o Google disponibilizou o MediaPipe, que é um módulo com ferramentas e modelos de inteligência artificial, que podem ser aplicados em visão computacional (Lugaresi, 2019), compatível com diversas linguagens de programação como Web/ Javascript; Python, Android e IOS, o que atraiu a atenção do público que utiliza modelos de reconhecimento de imagens; o framework MediaPipe fornece modelos de alto desempenho, que podem realizar leituras de até 30 frames por segundo em sistemas com placa gráfica de alto rendimento (Google, 2020).

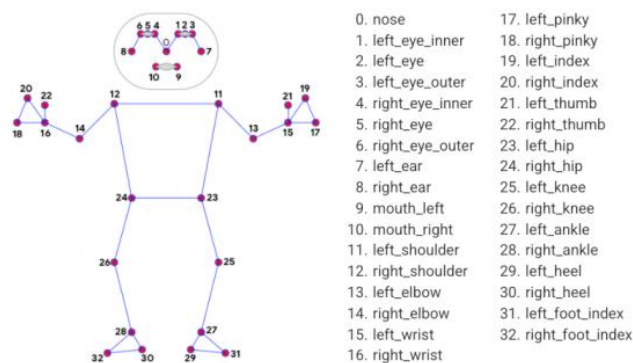
Após análise bibliográfica verificou-se uma falta de consenso sobre as ferramentas que cada profissional utiliza, o que pode variar entre o simples goniômetro e até vários aplicativos de computador, onde pontos são definidos de forma manual. Com o avanço tecnológico, novas ferramentas com base em IA podem ser desenvolvidas, com o mesmo objetivo, sem a necessidade de marcações manuais, o que facilita ao profissional da área identificar os marcadores e determinar os ângulos desejados, com mais conforto ao sujeito em análise.

3 METODOLOGIA

O MediaPipe é um conjunto de modelos de inteligência artificial, para fazer a análise de imagens e a identificação de informações de interesse, entre os modelos disponibilizados há o modelo de pose.



Figura 1 - Coordenadas Corporais fornecidas no Modelo Pose

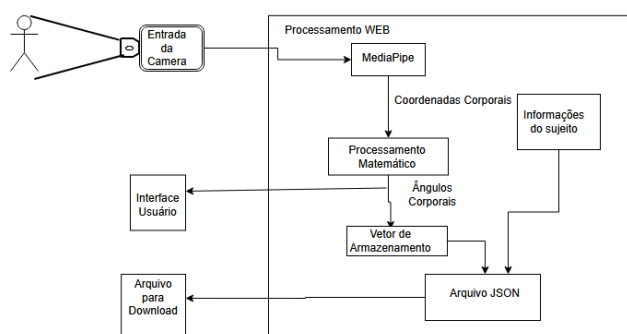


Fonte: Documentação oficial MediaPipe

O modelo disponibiliza informações de posição de 32 pontos do corpo humano, os dados são fornecidos em porcentagem da tela, e podem ser trabalhados matematicamente.

Com esse conjunto de ferramentas em mãos, a topologia de projeto desenvolvida é

Figura 2 - Diagrama de Funcionamento da ferramenta



Fonte: Imagem Autoral

Inicialmente a imagem do sujeito é capturada pela câmera, então as imagens são enviadas ao modelo do MediaPipe, o modelo retorna uma estrutura de dados com os 32 pontos, que então passa por um tratamento matemático, esse tratamento faz o cálculo do ângulo da articulação em análise, que é armazenado em um vetor de resultados, e faz o tratamento estatístico de todas as leituras realizadas, calculando a média e o desvio padrão deles, quanto menor o desvio padrão, mais estáveis foram as leituras.

A aplicação começa em uma primeira aba, para que o profissional insira os dados do sujeito, os dados inseridos são o nome, idade, uma identificação, que deve ser um número exclusivo para cada pessoa, sexo, e os sintomas ou queixas apresentadas pelo sujeito.

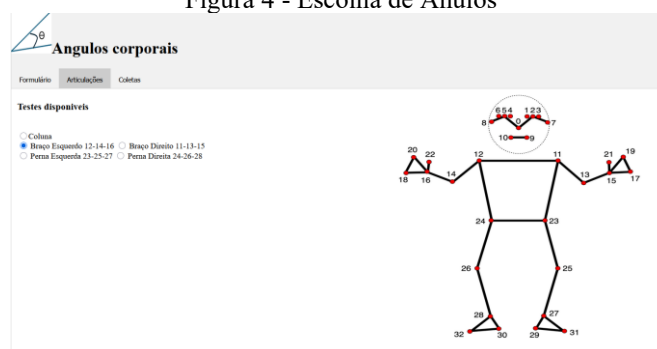
Figura 1 - Página de Cadastro do sujeito

Fonte: Imagem Autoral

A ferramenta criada depende da conexão à Internet, na primeira aba, vista na figura 3, esses dados serão posteriormente gravados em um banco de dados.

A página em sequência, permite escolher a articulação a ser analisada a partir de uma lista de opções. A aplicação com o MediaPipe permite a coleta de múltiplos pontos do corpo humano. Os pontos utilizados para determinar o ângulo formado entre braço 14-16 e antebraço 12-14 esquerdo, com articulação no cotovelo 14.

Figura 4 - Escolha de Ângulos



Fonte Imagem Autoral

As coletas foram realizadas com o protocolo:

3.1 DESCRIÇÃO DO EQUIPAMENTO

- Notebook i7 com Ram, placa de vídeo de 2Gb e Sistema Operacional Windows 11
- Câmera com resolução de 1Mp e 720p

3.2 AMBIENTE

- Sujeito em visão frontal com a câmera.
- Distância entre o sujeito a câmera 1,5m
- Quadris visíveis na imagem,



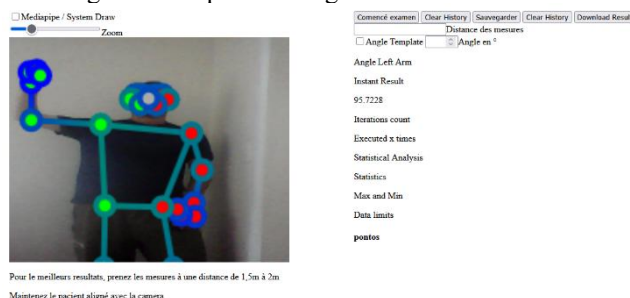
- Parede com fundo branco
- Camisa Azul
- Ângulos analisados de 45 graus, 60 graus e 90 graus, com respectivos moldes

3.3 SUJEITO

- Altura 1,76 m ;
- Peso 75 Kg
- Sexo: Masculino
- Idade: 29 anos

3.4 DESCRIÇÃO DA APLICAÇÃO

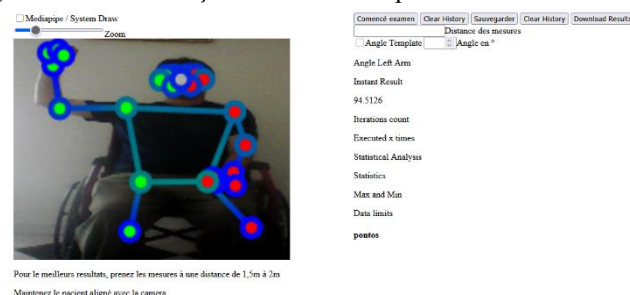
Figura 5 - Captura de ângulos em funcionamento



Fonte Imagem Autoral

Uma vez com o paciente exibido em tela, é necessário clicar em começar exame, para inserir os resultados no vetor de coleta, esse vetor indica o número de capturas realizadas, e com ele calcula-se o desvio padrão das medidas, atendendo assim a movimentação do paciente durante o exame. As coletas podem ser feitas também em pacientes com deficiências motoras, como no caso de usuários de cadeira de rodas

Figura 6 - Demonstração de coleta com pessoa em cadeira de rodas



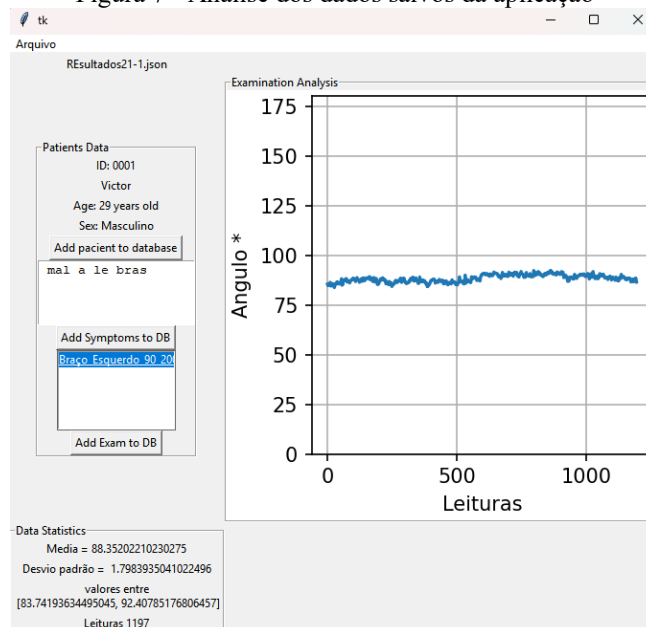
Fonte: Imagem Autoral

Na figura 5 pode-se notar que mesmo para situações em que seja necessário analisar uma pessoa com deficiência, em uma cadeira de rodas, as coletas podem ser feitas, desde que seja respeitada a presença dos quadris na imagem.



O operador ainda pode inserir a distância entre o paciente e a câmera, e o ângulo que está em análise, então ao clicar em Salvar Exame, esses dados serão armazenados em uma estrutura, que ao selecionar Download, irá baixar os dados em formato JSON. Isso permite uma análise posterior, mesmo sem acesso à internet

Figura 7 - Análise dos dados salvos da aplicação



Fonte: Imagem autoral

A ferramenta demonstrada na figura 5, exibe o formulário do paciente que foi preenchido, e permite ver a movimentação da articulação durante o período de coleta, e permite que essas informações sejam enviadas para um banco de dados local, que o usuário irá indicar

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram realizadas coletas com a aplicação desenvolvida, e utilizou-se guias feitos com papel paraná e fita, para servir de referência para os ângulos desejados, de 90, 60 e 45 graus.

Figura 8 - Referência de ângulos



Fonte Imagem autoral

Com o guia demonstrado na Figura 8, foram realizadas, coletas com a aplicação WEB, que obtiveram os seguintes resultados.

Tabela 1 - Resultados obtidos nas coletas

ÂNGULO	MÉDIA LEITURAS [ÂNGULOS]	DESVIO PADRÃO	QUANTIDADE DE ÂNGULOS CAPTURADOS
90	89.643	1.001	379
60	61.016	2.038	519
45	45.219	0.68	485

Fonte: Imagem Autoral

Os resultados obtidos como caráter estatístico demonstram a confiabilidade e repetibilidade das medições, por manterem o desvio padrão das coletas abaixo de 2.5 graus. A comparação entre os métodos manual e desenvolvido deve ser feito em conjunto com a equipe médica no futuro.

5 CONCLUSÃO

Para a sequência do projeto visa-se aumentar os ângulos disponíveis, para atender a necessidade do maior número de médicos. Para isso o grupo de estudo está

buscando apoio de outras instituições focadas na área da saúde, isso com o intuito de comprovar a exatidão dos dados coletados em comparação aos métodos manuais, E para a continuidade é fundamental a participação da equipe de profissionais da saúde para informar quais as principais necessidades, durante o desenvolvimento, e realizar a comparação entre os métodos manuais, e a ferramenta desenvolvida, para que isso se torne possível é necessário, primeiramente, a aprovação do conselho de ética para a sequência do desenvolvimento.



REFERÊNCIAS

- Jia Qiu, et al; Biomechanical evaluation of anterolateral ligament anatomical variants in anterior cruciate ligament-injured and reconstructed knee joints; Clinical Biomechanics; Volume 13; 2026 <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2025.106709>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268003325002827>) Acesso em 16/01/2026
- Ace, Gestão em Saúde; Manual de Goniometria, Medição de Ângulos Articulares, 2016, Disponível em: <https://acegs.com.br/wp-content/uploads/2016/06/MANUAL-DE-GONIOMETRIA-FINAL.pdf>,
- 3) SACCO, Isabel de Camargo Neves et al. Confiabilidade da fotogrametria em relação a goniometria para avaliação postural de membros inferiores. Brazilian Journal of Physical Therapy, v. 11, n. 5, p. 411-417, 2007.
- 4) BMCLab, Software de Avaliação Postural, 2006 disponível em: <https://bmclab.pesquisa.ufabc.edu.br/sapo/>
- 5) Helmya, N.A., El-Sayyadb, M.M. & Kattabeib, O.M. Intra-rater and inter-rater reliability of Surgimap Spine software for measuring spinal postural angles from digital photographs. Bull Fac Phys Ther 20, 193–199 (2015). <https://doi.org/10.4103/1110-6611.174719>
- 6)Ferreira, Milene E. C.; Programa de intervenção conservadora em adolescentes com escoliose idiopática moderada e grave; 2025; <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/17/17142/tde-14072025-111028/en.php>
- 7) Helano M. B. F. P. Et all, Aplicação Móvel Para Avaliação Postural Usando Visão Computacional, <https://proceedings.science/sbai-2019/papers/aplicacao-movel-para-avaliacao-postural-usando-visao-computacional>, 2019,
- 8) Lugaresi, Camilo; MediaPipe: A Framework for Perceiving and Processing Reality; https://static1.squarespace.com/static/5c3f69e1cc8fedbc039ea739/t/5e130ff310a69061a71cbd7c/1578307584840/NewTitle_May1_MediaPipe_CVPR_CV4ARVR_Workshop_2019.pdf; 2019
- 9) Google; MediaPipe: Read the Docs; https://mediapipe.readthedocs.io/en/latest/framework_concepts/gpu.html, 2020

