

## Relatório Final de Iniciação Científica

<b>Título do Projeto de Pesquisa:</b>	PJ 6437 - Sistema Auxiliar de Diagnóstico de Amputados de Membro Inferior Atendidos pelo Sistema Único de Saúde (SUS) baseado em Visão Computacional e Aprendizado de Máquina	
<b>Título do Plano de Trabalho:</b>	PT 11623 - Adequação do sistema de análise de marcha humana para o Espaço Inteligente no CREFES	
<b>Área do Conhecimento:</b>	Engenharias	
<b>Referência da Chamada:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> PIBIC <input type="checkbox"/> PIVIC <input type="checkbox"/> PIBITI <input type="checkbox"/> PIVITI <input type="checkbox"/> PROGRUPOS <input type="checkbox"/> PIBIC - EM <input type="checkbox"/> Jovens Talentos para a Ciência	Edital: <u>02/2022</u>
<b>Agência Financiadora:</b>	<input type="checkbox"/> CNPq <input type="checkbox"/> Fapes <input type="checkbox"/> Facitec <input type="checkbox"/> Ifes <input checked="" type="checkbox"/> Voluntariado: sem financiamento	
<b>Nome do Orientador do Plano de Trabalho:</b>	Mariana Rampinelli Fernandes	
<b>E-mail:</b>	mariana.rampinelli@ifes.edu.br	
<b>Tel./Cel.:</b>	(27) 999837897	
<b>Nome do estudante (bolsista ou voluntário):</b>	Deivid Braian Smarzaró	
<b>E-mail:</b>	deividbraian5@gmail.com	
<b>Tel./Cel.:</b>	(27) 997964221	
<b>Campus:</b>	Vitória	
<b>Data:</b>	31/08/2023	

## 1. Introdução e Justificativa

A biomecânica corporal das pessoas que sofrem amputação é severamente afetada para compensar a perda do membro (CAPPOZZO et al., 1982). Nesse sentido, faz-se necessário um acompanhamento profissional qualificado para a reabilitação do paciente, que pode utilizar-se de cadeira de rodas, muletas, andador ou prótese de perna para se locomover.

O Centro de Reabilitação Física do Espírito Santo (CREFES) é uma estrutura de saúde do Estado que é referência pública estadual, dentre outras frentes, em tratamento de problemas de locomoção e em concessão de meios auxiliares de locomoção, como cadeiras de rodas, muletas, órteses e próteses (ESPÍRITO SANTO).

Atualmente, a análise do desempenho da fisioterapia dos amputados do CREFES é feita de maneira subjetiva, com base somente nas observações do fisioterapeuta. Logo, uma solução que deixe esse processo mais objetivo, é de fundamental importância para a recuperação do amputado. Uma proposta para tornar o processo de análise de marcha mais objetivo, fornecendo parâmetros quantitativos para o profissional de saúde é utilizar câmeras e sensores em um espaço inteligente para estimar parâmetros da marcha.

Conforme Rampinelli (2014), um espaço inteligente (EI) consiste em uma rede de sensores e uma rede de atuadores conectados com um sistema supervisório capaz de analisar os dados obtidos e tomar decisões. Um sensor possível para obter dados de movimentos de pessoas é a câmera.

Para realizar medições de posição e distância dentro do EI, é necessário realizar a calibração do conjunto de câmeras. A calibração permite a estimativa da projeção de um ponto 3D com referência no mundo para o ponto 2D na imagem de cada câmera. A partir do uso da imagem de duas câmeras ou mais em um mesmo instante de tempo, é possível estimar a posição tridimensional de um ponto. E, a partir das posições coletadas de um conjunto de pontos no corpo de um paciente durante um movimento determinado, pode-se realizar cálculos de parâmetros da marcha da pessoa.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi instalar um espaço inteligente no CREFES para auxiliar o procedimento de fisioterapia de pacientes que utilizam prótese a fim de obter dados quantitativos do movimento do paciente para análise do profissional de fisioterapia.

## 2. Objetivos

Compreender o uso do Espaço Inteligente.

Desenvolver o sistema de calibração de câmeras, captura de imagem e reconstrução 3d no Espaço Inteligente e comprovar a precisão da calibração.

Instalar o espaço inteligente no CREFES.

Documentar os sistemas de calibração, reconstrução e análise de resultados.

Obter dados de pacientes voluntários no CREFES.

Gerar relatórios gráficos dos pacientes.

### 3. Material e métodos

Inicialmente, estudou-se os trabalhos de iniciação científica e de pós-graduação que direcionam este projeto de pesquisa para dar compreender a temática e o problema do trabalho.

Para desenvolver a aplicação de calibração das câmeras, é realizada a captura de imagens do charuco em variadas posições como mostra a Figura 1. Depois, executa-se o *software* desenvolvido em Python para obter os valores de calibração, que serão utilizados posteriormente. Durante o desenvolvimento, documentou-se o código no repositório online.

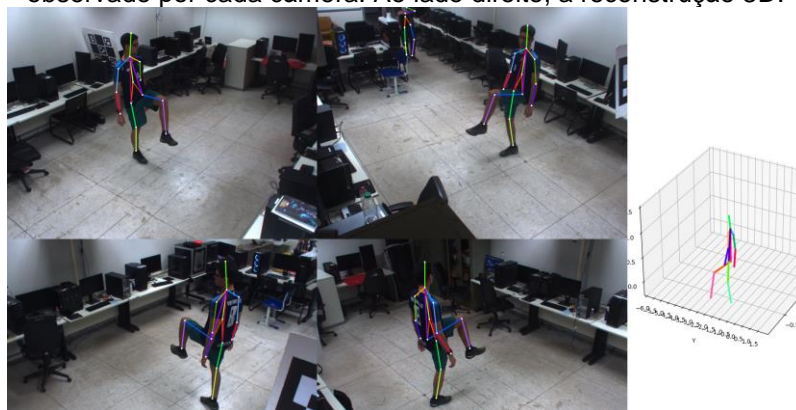
Figura 1 - Imagem do charuco utilizado para calibração de uma câmera



Fonte: O próprio autor.

Verificou-se a acurácia das calibrações realizadas com diferentes quantidades de imagens através da medição das distâncias entre cinco pontos no chão e o ponto de referência determinado utilizando uma trena. Então, se comparou as distâncias medidas com os resultados obtidos pelo software. A diferença entre os valores medidos com trena e os valores calculados pelo software é denominada erro. Para confirmar a precisão da calibração, executou-se a reconstrução 3D de um movimento de subida alternada de joelhos capturado pelas câmeras e comparou-se visualmente o vídeo com a animação da reconstrução realizada.

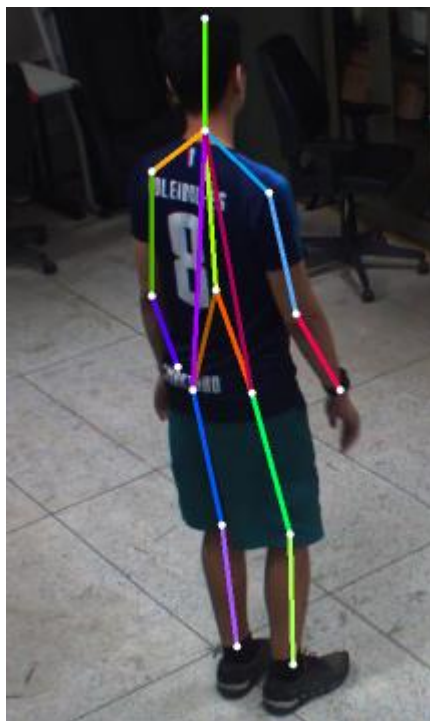
Figura 2 - Imagem das quatro câmeras do espaço inteligente com sobreposição do esqueleto observado por cada câmera. Ao lado direito, a reconstrução 3D.



Fonte: O próprio autor.

A partir da reconstrução do esqueleto 3D, obtém-se um arquivo com as posições das juntas da pessoa e, de posse desse dado, é possível obter métricas de posição da pessoa a cada frame e exibi-las graficamente. Uma junta do corpo é representada por um ponto branco, conforme a Figura 3.

Figura 3 - Marcação das juntas(pontos brancos) sobre o corpo.



Fonte: O próprio autor.

O ângulo de uma junta do corpo é calculado a partir do produto vetorial entre dois vetores partindo da junta para outras duas juntas adjacentes, como mostrado na Equação 1.

$$\cos\varphi = \frac{\langle v, u \rangle}{|v| \cdot |u|}$$

Equação (1)

Para avaliar o ambiente de instalação do espaço inteligente, realizou-se uma visita ao CREFES para conhecer a profissional responsável e o ambiente de aplicação do projeto. Mediu-se a sala mostrada na Figura 4 e desenhou-se um croqui como referência. Após uma semana, realizou-se a segunda visita para acompanhamento de duas consultas de fisioterapia a fim de compreender os procedimentos de atendimento.

Figura 4 - Ambiente de atendimento do CREFES onde será instalado o espaço inteligente



Fonte: O próprio autor.

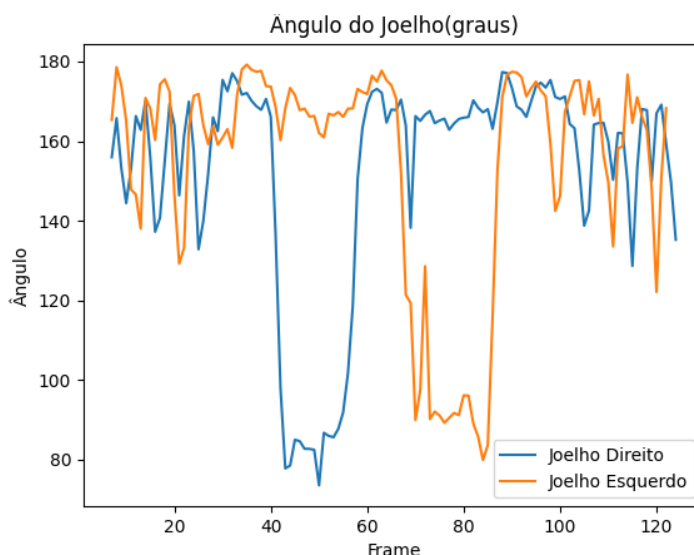
## 4. Resultados e discussão

A precisão da calibração alcançada foi de um erro médio menor que 4 centímetros, o que se mostrou suficiente para executar a reconstrução 3D do esqueleto.

### 4.1 Ângulo do Joelho

Para o joelho, os vetores são direcionados ao tornozelo e ao quadril acima da perna determinada. O resultado de uma gravação é mostrado na Figura 5.

Figura 5 - Ângulo dos dois joelhos ao longo de uma gravação em que o autor caminha, levanta um joelho, alterna para levantar o outro joelho e caminha novamente.

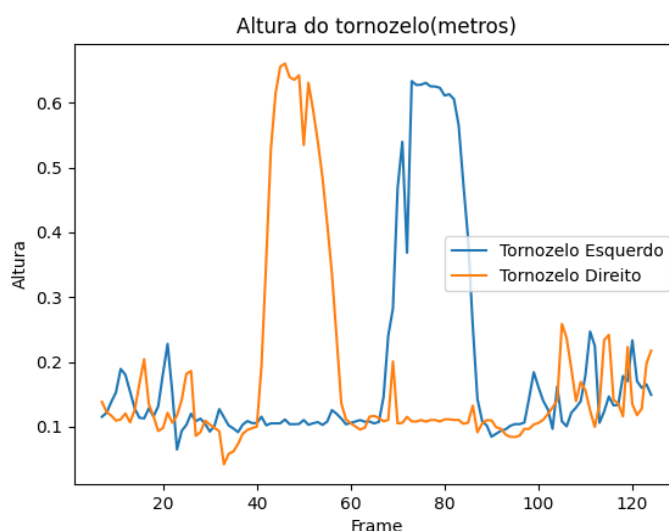


Fonte: O próprio autor.

## 4.2 Altura do tornozelo

A altura do tornozelo é estimada através da posição referente ao plano horizontal – o piso -. A sua medição ao longo de uma gravação é exibida na Figura 6.

Figura 6 - Altura dos dois tornozelos referentes ao piso ao longo da mesma gravação da Figura 5

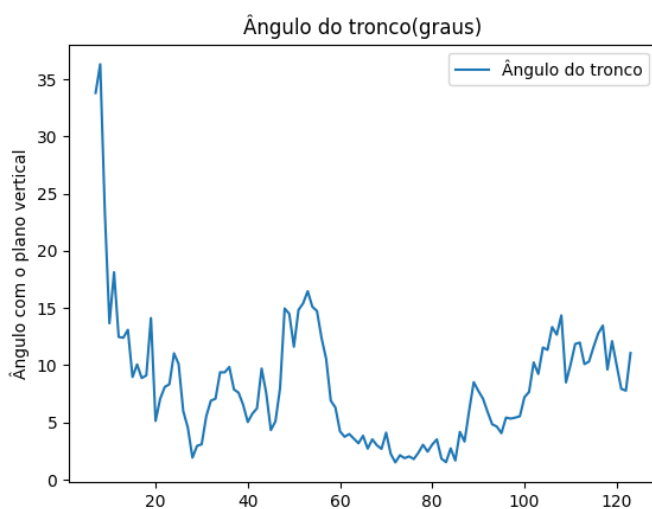


Fonte: O próprio autor.

## 4.3 Inclinação do tronco

A inclinação do tronco pode ser medida através do ângulo entre um vetor do peito ao pescoço e o vetor vertical para cima, assim, é observada a inclinação do paciente, como mostra a Figura 7.

Figura 7 - Inclinação do tronco referente ao eixo vertical ao longo de uma gravação.



Fonte: O próprio autor.







O plano de trabalho proposto previa a instalação do espaço inteligente no CREFES nos primeiros meses de pesquisa, entretanto, enfrentaram-se contratempos no desenvolvimento e na permissão para a instalação no CREFES. O plano de trabalho contemplou, portanto, o desenvolvimento do sistema em ambiente de laboratório a fim de otimizar a sua execução quando for possível utilizar o espaço inteligente no CREFES.

## 7. Participação em eventos técnico-científicos

---

Não houve participação em eventos.

## 8. Referências

---

ESPÍRITO SANTO. Secretaria de Estado da Saúde. **Centro de Reabilitação Física do Espírito Santo - CREFES**. Disponível em <https://saude.es.gov.br/centro-de-reabilitacao-fisica-do-espírito-santo-crefes>. Acesso em 20 de ago. 2023

CAPPOZZO, A. et al. Angular displacements in the upper body of AK amputees during level walking. **Prosthet. Orthot. Int.**, s.l. v.6, p.131–138, 1982. Disponível em: <https://doi.org/10.3109/03093648209166573>. Acesso em 20 de ago. 2023.

RAMPINELLI, M. **Calibração de uma Rede de Câmeras e Controle de um Robô Móvel em um Espaço Inteligente**. Tese (Doutorado) — Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2014.

**ANEXO I**

**AVALIAÇÃO DO ORIENTADOR QUANTO AO DESEMPENHO DO BOLSISTA**

*No quadro abaixo, o orientador deve avaliar o desempenho do bolsista, indicando o grau de atendimento de suas expectativas. Caso as expectativas originais não tenham sido atendidas, indicar o(s) provável (eis) fator(es) responsável(eis) pelo baixo desempenho do bolsista (por exemplo, falta de tempo, falta de conhecimento, falta de iniciativa). Além disso, neste espaço o orientador poderá enumerar, em ordem cronológica de execução, outras atividades, além do plano de trabalho, realizadas pelo bolsista. Apagar estas observações em vermelho após preenchimento.*

**PARECER**

\_\_\_\_\_  
Data

\_\_\_\_\_  
Nome do orientador(a)