



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA**

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76  
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

## **XXVII SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2023**

### **Desenvolvimento de software para monitoramento da análise da caminhada antropomórfica.**

**Rodrigo de Matos Ferreira<sup>1</sup>; Armando S. Sanca<sup>2</sup>;**

1. Bolsista PIBIC/CNPq, Graduando em Engenharia de Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [rmferreira@ecomp.uefs.br](mailto:rmferreira@ecomp.uefs.br)
2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail: [armando@ecomp.uefs.br](mailto:armando@ecomp.uefs.br)

**PALAVRAS-CHAVE:** Interface-gráfica; Simulador; Sensores; Estimador; Caminhada-antropomórfica

### **INTRODUÇÃO**

A fusão de sinais é o método de integração para sinais vindos de diversas fontes, cujo objetivo é obter a melhor estimativa para a grandeza física de interesse. Na maioria dos casos, as fontes de informações provêm de sensores heterogêneos ou de dispositivos que permitem a percepção ou a medição de variáveis físicas.

As informações recebidas de múltiplos sensores são processadas utilizando algoritmos de “fusão de informações” [1]. Na literatura, os métodos de fusão são quantitativos, qualitativos ou híbridos. Os métodos quantitativos têm por base a análise numérica, amplamente descritos pelas teorias probabilística, estocástico ou otimização [2]. Enquanto, os qualitativos têm por base as descrições simbólicas das informações, técnicas amplamente manipuladas por sistemas especialistas em treinamentos e classificações comportamentais [3]. Dessas contribuições, várias abordagens para a fusão têm sido desenvolvidas nas áreas de visão computacional, robótica, sistemas inteligentes e controle de processos.

Com relação a análise e estimação de parâmetros da marcha humana, por exemplo, em [4] é apresentado um sistema vestível com várias Unidades de Medida Inercial (IMU), distribuídas ao longo dos membros inferiores, capazes de estimar os ângulos das juntas. No método, são analisadas as trajetórias cinemáticas executadas pelas juntas, sua correlação com o Índice de Massa Corpórea (IMC) e o desempenho da marcha em pessoas adultas. Além disso, em [5], as informações dos IMUs são usadas para estimar dados mais sensíveis de disfunção do equilíbrio em pessoas com Doença de Pankinson (DP), combinando a análise da marcha com os domínios de equilíbrio postural entre pessoas saudáveis e com disfunções motoras. Deste modo, estes estudos propiciam o desenvolvimento de sistemas vestíveis capazes de compensar os distúrbios do movimento.

Tradicionalmente, a análise da caminhada vem sendo realizada por sistemas especialistas, cujas informações são obtidas por câmeras de vídeo capazes de estimar movimentos ou

fornecem informações úteis para os diagnósticos [6]. Além disso, podem ser complementadas por informações coletadas por IMUs, sinais de eletromiografia de superfície [7] e/ou por sensores flexíveis [8], instalados nas juntas, ou próximos delas, para obter a melhor descrição da marcha, onde o movimento do paciente pode ser monitorado de maneira objetiva e contínua durante as atividades do dia-a-dia [9]. Todas as trajetórias das juntas e dos esforços aplicados, executadas pelos indivíduos, podem ser sintetizadas usando os conceitos de fusão de sinais. Resultados que podem ser usadas para executar tarefas de movimentação e controle autônomo de uma órtese para membros inferiores, por exemplo.

Assim, nesta proposta objetiva-se entregar um protótipo de interface gráfica para ilustração visual das trajetórias angulares junto a um simulador computacional para a análise de caminhada antropomórfica. Os dados a serem processados provêm de sensores de medida inercial e flexômetros, coletados por eletrônica embarcada própria e já em funcionamento, e que, podem ser compartilhados via protocolos de comunicação diversos. Neste, o compartilhamento de dados para a análise, devem usar a plataforma ROS [11] e o ambiente de simulação CoppeliaSim [12]. Ao final espera-se que o simulador integre os estudos realizados para os métodos de estimação desenvolvidos.

## **MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA (ou equivalente)**

Disponibilizou-se laboratório, notebook, raspberry pi e conjunto de 6 sensores de movimento BNO055 Bosch Sensortec moldados para uso em pessoas, com o objetivo da análise da caminhada antropomórfica.

## **RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO (ou Análise e discussão dos resultados)**

Dado o início da pesquisa, definiu-se que era necessário a criação de uma interface gráfica de usuário para os dados dos sensores de movimento BNO055 e sua relação com a caminhada antropomórfica. Cada um dos sensores capta informações de 9 graus de liberdade (GDL) para os 3 eixos (x,y,z). Sendo um total de seis sensores, que podem ser distribuídas ao longo dos membros inferiores, embarcada em eletrônica dedicada à plataforma do Raspberry Pi 3. Sendo assim, o primeiro objetivo era desenvolver uma interface gráfica de usuário, na plataforma CoppeliaSim, responsável de monitorar as variáveis cinemáticas de usuário, de tal forma que permita a análise antropomórfica da caminhada em tempo real. A primeira ideia discutida foi desenvolver um soquete entre a linguagem C++ e Python. Um soquete é um ponto final de um link de comunicação bidirecional entre dois programas em execução na rede. Um soquete é vinculado a um número de porta para que a camada TCP possa identificar o aplicativo para o qual os dados serão enviados. Vale ressaltar que o programa em linguagem C++ seria o cliente (quem envia os dados) devido ao desenvolvimento inicial e uso com os sensores através do Raspberry Pi. O servidor seria o programa em Python pela facilidade e quantidade de informações já disponíveis. Diante disso, iniciou-se o desenvolvimento, se teve sucesso ao criar o Servidor, que esperava o envio dos dados no ambiente Windows. Já no desenvolvimento do Cliente surgiram erros de compilação no ambiente Linux. Com isso, à falta de compreensão das bibliotecas usadas na linguagem C++. A segunda ideia foi

criar uma Interface de Programação de Aplicação (do inglês, Application Programming Interface - API), que é a mesma ideia base de um soquete, a diferença é a compatibilidade, devido ao padrão desenvolvido pela própria empresa dona da tecnologia. Dessa vez, era com o software da Coppelia Robotics, o CoppeliaSim (servidor/windows) e o programa desenvolvido em C++ que era o cliente em Linux. Neste caso, as informações e tutoriais para criação são diversos, o problema mais uma vez era na compilação do programa em C++. Ou seja, ao finalizar todas as linhas de código e compilar, apresentavam erros pouco discutidos na internet. Por fim, chegou-se à conclusão que o real problema era falta de conhecimento em CMake, o qual é um "Cross-Platform Makefile Generator" ou uma ferramenta open-source que permite gerar automaticamente scripts de construção de aplicação em diferentes plataformas e também responsável por administrar a DLL de cada biblioteca utilizada no projeto, com o objetivo de compilar o código com sucesso. A segunda continua sendo o objetivo do projeto, mas diante as dificuldades apresentadas acima requer atenção em detalhes para finalização.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS (ou Conclusão)**

Portanto, percebe-se que para concluir o objetivo é necessário um estudo aprofundado com linguagem de médio nível para a manipulação de bibliotecas e o uso do CMake, de acordo com as necessidades desta proposta.

## **REFERÊNCIAS**

- [1] Sasiadek, J. Z. (2002), 'Sensor fusion', Annual Reviews in Control 26, 203–228. Published by Elsevier Science Ltd.
- [2] Thrun, S., Burgard, W. and Fox, D. (2006), Probabilistic Robotics, The MIT Press.
- [3] Cappello, F., Ramasamy, S. and Sabatini, R. (2015), Multi-sensor data fusion techniques for RPAS detect, track and avoid, in 'SAE2015 AeroTech Congress & Exhibition', pp.1–12.
- [4] Rosso, V., Agostini, V., Takeda, R., Tadano, S. and Gastaldi, L. (2019), 'Influence of BMI on gait characteristics of young adults: 3d evaluation using inertial sensors', Sensors 19(19). URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/19/4221>.
- [5] Hasegawa, N., Shah, V. V., Carlson-Kuhta, P., Nutt, J. G., Horak, F. B. and Mancini, M. (2019), 'How to select balance measures sensitive to parkinson's disease from bodyworn inertial sensors-separating the trees from the forest', Sensors 19(15). URL: <https://www.mdpi.com/1424-8220/19/15/3320>.
- [6] Singh, J. P., Jain, S., Arora, S. and Singh, U. P. (2018), 'Vision-based gait recognition: A survey', IEEE Access 6, 70497–70527.
- [7] Lima, E. d., Sanca, A. S. and Arabiam, A. (2017), Development of a 3D printed prosthetic myoelectric hand driven by DC actuators, in 'XIII Simpósio Brasileiro de Automação Inteligente', pp.833–838.
- [8] Sanca, A. S., J'uniór, J. C. R., Eugenio, K. J. S., Nascimento, L. B. P. and Alsina, P.

- J. (2018), Characterization of resistive flex sensor applied to joint angular displacement estimation, in 'Latin American Robotic Symposium, Brazilian Symposium on Robotics and Workshop on Robotics in Education', pp. 33–38.
- [9] Jalloul, N. (2018), 'Wearable sensors for the monitoring of movement disorders', *Biomedical Journal* 41(4), 249–253.
- [10] Aguirre-Ollinger, G., Colgate, J. E., Peshkin, M. A. and Goswami, A. (2012), 'Inertia compensation control of a one-degree-of-freedom exoskeleton for lower limb assistance: Initial experiments', *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering* 20(1), 68–77.
- [11] Aguirre, L. A. (2007), *Introdução à identificação de sistemas: Técnicas lineares e não lineares aplicadas a sistemas reais*, 3a edição revista e ampliada, Editora UFMG.
- [12] ROS (2022), 'Robot Operating System'. URL: <https://www.ros.org/>
- [13] Coppelia Robotics (2022), 'CoppeliaSim: from the creators of V-REP'. URL: <https://www.coppeliarobotics.com/>
- [14] Raspberry Pi (2022), 'Raspberry Pi: computing for everybody'. URL: <https://www.raspberrypi.com/>
- [15] Löchtefeld, M., & Krüger, A. (2012). A survey of methods for designing and leveraging user interfaces for algorithm visualization. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 45(3), 1-39. doi: 10.1145/2240116.2240121
- [16] Bhatia, N., Kumar, R., & Kumar, A. (2014). Comparative study of GUI programming languages for developing instructional software. *International Journal of Computer Applications*, 97(20), 8-14. doi: 10.5120/17022-3663
- [17] Wang, J., Zhang, Z., & Wu, J. (2016). Design and implementation of the human computer interaction system of CNC machine tools based on Qt. *International Journal of Advancements in Computing Technology*, 8(2), 1-10. doi: 10.4156/ijact.vol8.issue2.1
- [18] Schildt, H. (1991). *C completo e total*. Makron Books.
- [19] King, K. N. (2012). *C Programming: A Modern Approach*. W. W. Norton & Company
- [20] Shneiderman, B. (1997). *Designing the User Interface: Strategies for Effective Human-Computer Interaction* (3rd ed.). Addison-Wesley.