



Qual é a taxa de amostragem ideal para captura de movimento precisa durante caminhada e corrida usando sistemas sem marcadores?

Borba, Edilson Fernando de ¹
Alves, Lucas de Liz ²
Palma, Natália Rocha ³
Inda, Augusto Rossa ⁴
Hoffmann, Gustavo de Oliveira ⁵
Silva, Edson Soares da ⁶
Peyre-Tartaruga, Leonardo Alexandre ⁷
Tartaruga, Marcus Peikriszwili ⁸

INTRODUÇÃO: A análise biomecânica é uma ferramenta essencial para obter dados sobre posições, ângulos, atividade muscular e torques, e a taxa de amostragem é um fator crucial para capturar com precisão a dinâmica do movimento humano. Estudos recentes recomendam uma taxa mínima de 100 Hz para a execução de análises, embora esse requisito possa variar de acordo com as diferentes atividades (Hébert-Losier et al., 2023). Avanços tecnológicos recentes aumentaram a acessibilidade desses sistemas, reduzindo custos e simplificando sua aplicação, eliminando a necessidade de configurações laboratoriais complexas ou pessoal especializado (Turner et al., 2024). Entre esses sistemas, o OpenCap ganhou destaque por facilitar avaliações biomecânicas em diversas atividades (Uhlrich et al., 2023).

MÉTODOS: Um corredor participou dos testes, que foram realizados em um único dia. Após a calibração dos sistemas Vicon e OpenCap, o participante realizou uma série de testes de caminhada e corrida em uma esteira sem inclinação. Os testes foram realizados nas velocidades de 4, 8 e 14 km/h, com dez registros de aproximadamente 15 segundos coletados em cada velocidade. Um sistema de medição baseado em marcadores utilizando uma configuração de captura de movimento optoeletrônica com 11 câmeras (VICON, Oxford, Reino Unido) foi empregado (120 Hz). A colocação do marcador seguiu o modelo *PlugIn Gait Lower Body*. Para o sistema sem marcadores, três setups do OpenCap foram configurados, cada uma usando dois iPhones operando em diferentes taxas de captura (60, 120 e 240 Hz). Foram calculados os erros absolutos e relativos, juntamente com os Coeficientes de Correlação Intraclasse (ICCs [2,k]) para os dados espaço-temporais. Para os dados angulares, foram utilizados cálculos do erro quadrático médio (RMSE). **RESULTADOS:** Foram analisadas 842 passadas (256



passadas a 4 km/h, 188 passadas a 8 km/h e 398 passadas a 14 km/h). A transformada de Fourier (FFT) dos dados do OpenCap revelou frequências máximas de aproximadamente 3 Hz (calcanhar) a 4 km/h, 6 Hz (joelho, calcanhar e dedo do pé) a 8 km/h e 7 Hz (joelho e dedo do pé) a 14 km/h. Em comparação, o sistema baseado em marcadores registrou frequências máximas de aproximadamente 4,1 Hz (Toe) a 4 km/h, 5 Hz (calcanhar e tornozelo) a 8 km/h e 6 Hz (calcanhar e dedo do pé) a 14 km/h. Os coeficientes de correlação intraclasse (CCI) para o comprimento da passada indicaram excelente concordância entre todos os sistemas ($>0,900$). Os valores de RMSE para os ângulos articulares do quadril, joelho e tornozelo variaram de $0,771 \pm 0,241$ a $9,678 \pm 0,409^\circ$ entre os sistemas, com o maior erro observado nas medidas do OpenCap, atingindo $4,962 \pm 0,491^\circ$. **CONSIDERAÇÕES FINAIS:** Este estudo demonstrou que o sistema OpenCap fornece dados confiáveis para análises espaciais e angulares durante a caminhada e corrida em esteira. Os resultados indicam que, embora taxas de amostragem mais altas, como 120 Hz e 240 Hz, ofereçam maior precisão em velocidades mais altas, o OpenCap a 60 Hz continua sendo uma opção viável, equilibrando efetivamente acessibilidade e confiabilidade.

PALAVRAS-CHAVE: Captura de movimento; Análise Cinemática; Vicon; OpenCap; OpenSim

REFERÊNCIA:

- Hébert-Losier, K., Dai, B., Nunome, H., Kong, P. W., Hobara, H., Hsu, W. C., Bradshaw, E. J., Fong, D. T. P., & Vanwanseele, B. (2023). Reporting guidelines for running biomechanics and footwear studies using three-dimensional motion capture. Em *Sports Biomechanics* (Vol. 22, Número 3, p. 473–484). Routledge. <https://doi.org/10.1080/14763141.2022.2110149>
- Turner, J. A., Chaaban, C. R., & Padua, D. A. (2024). Validation of OpenCap: A low-cost markerless motion capture system for lower-extremity kinematics during return-to-sport tasks. *Journal of Biomechanics*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2024.112200>
- Uhlrich, S. D., Falisse, A., Kidziński, Ł., Muccini, J., Ko, M., Chaudhari, A. S., Hicks, J. L., & Delp, S. L. (2023). OpenCap: Human movement dynamics from smartphone videos. *PLoS Computational Biology*, 19(10 October). <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1011462>

¹ Mestre; Departamento de Educação Física; Universidade Federal do Paraná, Curitiba (PR) Brasil; Grupo de Mecânica e Energética do Movimento Humano



² Mestre; Laboratório de Biodinâmica LaBiodin; Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS) Brasil; Locomotion

³ Graduado; Laboratório de Biodinâmica LaBiodin; Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS) Brasil; Locomotion

⁴ Graduado; Laboratório de Biodinâmica LaBiodin; Escola de Educação Física, Fisioterapia e Dança, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre (RS) Brasil; Locomotion

⁵ Graduando; Departamento de Educação Física; Universidade Federal do Paraná Curitiba (PR) Brasil; CECON

⁶ Mestre; Laboratório Interuniversitário de Biologia do Movimento Humano; UJM-Saint-Etienne, Saint-Etienne, França; LIBM

⁷ Professor Doutor; Laboratório de Locomoção Humana; Departamento de Saúde Pública, Medicina Experimental e Ciências Forenses, Universidade de Pavia, Pavia, Itália; LocoLab

⁸ Professor Doutor; Laboratório de Biomecânica; Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava (PR) Brasil; Grupo de Mecânica e Energética do Movimento Humano