

## **MENSURAÇÃO DO ÂNGULO DE FLEXÃO CERVICAL POR MEIO DE FOTOGRAMETRIA E SISTEMA DE SENSORES INERCIAIS**

Ioni Cardoso Correa, Universidade do Estado do Amazonas, [icc.msc23@uea.edu.br](mailto:icc.msc23@uea.edu.br)  
Fernando José Herkrath, Universidade do Estado do Amazonas, [fmberrath@uea.edu.br](mailto:fmberrath@uea.edu.br)  
Drielle Matos Silva Estrazulas, Universidade do Estado do Amazonas,  
[dmse.ebi23@uea.edu.br](mailto:dmse.ebi23@uea.edu.br)  
Rodrigo Ghedini Gheller, Universidade do Estado do Amazonas,  
[rodrigo.gheller@gmail.com](mailto:rodrigo.gheller@gmail.com)  
Elielza Guerreiro Menezes, Universidade do Estado do Amazonas,  
[egmenezes@uea.edu.br](mailto:egmenezes@uea.edu.br)  
Jansen Atier Estrázulas, Universidade do Estado do Amazonas, [jestrazulas@uea.edu.br](mailto:jestrazulas@uea.edu.br)

### **Resumo**

A avaliação postural é uma ferramenta observacional simples que permite avaliar as posturas mantidas e determinar o risco de um ambiente de trabalho, sem interferência no seu ciclo, porém alguns fatores podem influenciar no seu resultado. Este estudo teve como objetivo comparar a amplitude de movimento capturada via sensores inerciais e fotogrametria para a graduação de postura da coluna cervical. Foi realizada simulação em laboratório de postos de trabalho com três participantes com idade entre 18 e 30 anos. Os registros fotográficos foram realizados em quatro angulações de flexão cervical simultaneamente à captura com sensores inerciais (Xsens). As imagens foram avaliadas por três ergonomistas com experiência na área, que realizaram as mensurações de flexão cervical através do software Kinovea, nas seguintes condições: avaliação de forma subjetiva, avaliação de acordo com a metodologia de cada avaliador, avaliação de acordo com pontos anatômicos pré-estipulados segundo a literatura. Os resultados mostraram que as medidas obtidas pelo Xsens e aferidas pelos ergonomistas diferiram significativamente para análise dos ângulos de flexão da coluna cervical.

**Palavras-chave:** captura de movimento; ergonomia; riscos ocupacionais.

### **1. Introdução**

A literatura mostra que posturas inadequadas no ambiente de trabalho elevam o risco de desenvolvimento de distúrbios musculoesqueléticos (MOHAMMADIPOUR et al., 2018). A postura pode ser definida como o posicionamento de todos os segmentos corporais em um determinado momento e sua avaliação é essencial para a determinação do risco ocupacional e avaliar a eficácia de intervenções (FERREIRA et al., 2011).

Diversos métodos têm sido propostos para a avaliação postural no posto de trabalho. Em geral, métodos indiretos de avaliação observacional têm sido utilizados por sua simplicidade e pela menor interferência no ciclo de trabalho. No entanto, é importante compreender as deficiências e limitações dos métodos disponíveis (SUKADARIN et al., 2016). A obtenção de imagens tem sido utilizada para análise postural (FERREIRA et al., 2011), porém pode ser influenciada pelo posicionamento e angulação do equipamento. Nesse contexto, o uso de sensores inerciais tem sido proposto para avaliação da postura de postos de trabalho e até como intervenção para a melhora da postura no ambiente de trabalho (LEE et al., 2021; LINS; HEIN, 2022).

Assim, o objetivo deste estudo foi comparar a amplitude de movimento capturada via sensores inerciais e fotogrametria para a graduação de postura da coluna cervical.

Para as simulações em laboratório, a amostra foi composta por 3 participantes com idade entre 18 e 30 anos, de ambos os sexos, estudantes da Universidade do Estado do Amazonas, que concordaram em participar do estudo mediante consentimento informado. O estudo obteve anuência ética sob o CAAE nº 69604823.1.0000.5016. As imagens capturadas foram avaliadas por três ergonomistas, com mais de cinco anos de experiência na área de avaliação ergonômica do trabalho, que realizaram as mensurações de flexão cervical, em quatro registros por participante com diferentes angulações da flexão cervical. Os participantes da pesquisa foram avaliados no Laboratório de Biomecânica da Universidade Estadual do Amazonas, onde foi simulado o trabalho em bancada em uma linha de montagem de empresa de eletroeletrônicos.

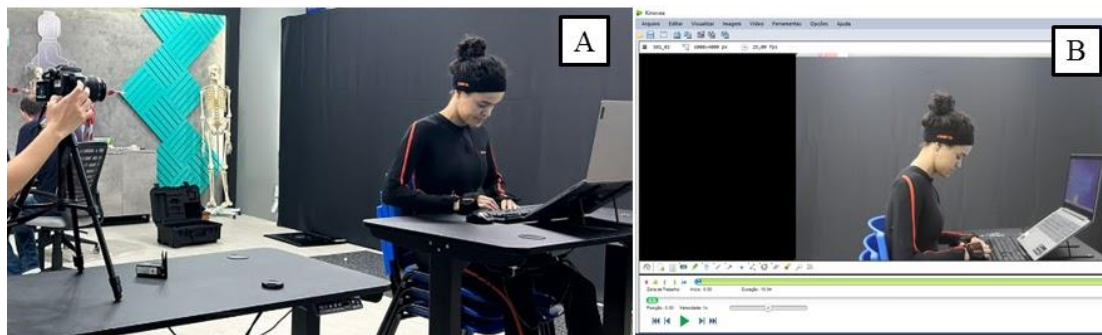
Para captura de movimentos foi utilizado o sistema Xsens (Xsens Technologies B.V., Enschede, Netherlands), composto por um traje de lycra, com 17 sensores triaxiais posicionados nos segmentos corporais. Cada sensor é integrado por um acelerômetro, um giroscópio e um magnetômetro, os quais transmitem os dados via wireless, com frequência de amostragem de 60 Hz.

O registro fotográfico em vista lateral foi realizado com uma câmera digital CANON modelo EOS 250D. A câmera foi posicionada em um tripé, tendo sido a altura estipulada através do ponto C7-T1 de cada indivíduo e posicionada perpendicularmente em relação ao chão, a 1,5m de distância do participante (Figura 1).

As fotografias foram realizadas por um único avaliador, em sincronia com a gravação do Xsens, com registro realizado a cada 10 segundos. O indivíduo permaneceu sentado, em frente à bancada, usando o traje do Xsens, e foi orientado a posicionar a região cervical nas seguintes angulações: ângulo 1 - visualização do monitor ao nível dos

olhos; ângulo 2 - visualização da parte inferior da tela; ângulo 3 - visualização do teclado; ângulo 4 - visualização da bancada.

**Figura 1** – A: Registro fotográfico; B: Análise das imagens através do software Kinovea.



Para a mensuração dos ângulos pelos ergonomistas nas imagens fotográficas foi utilizado o software Kinovea. Cada avaliador realizou a avaliação de forma independente. Foram analisadas 12 fotografias, em ordem aleatória, nas seguintes situações: avaliação de forma visual subjetiva, avaliação através do software Kinovea de acordo com a metodologia de cada avaliador, avaliação através do software Kinovea de acordo com pontos anatômicos pré-estipulados segundo a literatura (Tragus, C7-processo espinhoso, acrômio). As mensurações obtidas por meio do Xsens e nas análises das fotografias foram inicialmente apresentadas de maneira descritiva. Em seguida, comparou-se as mensurações realizadas pelos ergonomistas com as obtidas pelo Xsens por meio do teste não-paramétrico de Wilcoxon pareado. Também foi avaliada a consistência das medidas realizadas pelos ergonomistas por meio do coeficiente de correlação intraclass (CCI).

## 2. Desenvolvimento

Na Tabela 1 são apresentados os resultados os valores dos ângulos da coluna cervical dos participantes, aferida pelo Xsens e pelos ergonomistas, os quais utilizaram três formas de obtenção dos ângulos: visual (V); utilizando uma marcação do próprio ergonomista (ME); e utilizando uma marcação definida pelos pesquisadores (MD). Foram encontradas diferenças significativas entre os valores do Xsens e a medida visual ( $p=0,009$ ), Xsens e ME ( $p=0,001$ ), e também Xsens e MD ( $p=0,010$ ). Além disso, o CCI mostrou concordância moderada a fraca entre os avaliadores: medida visual CCI=0,427; ME CCI=0,161; MD CCI=0,181.

**Tabela 1** – Resultados dos ângulos da coluna cervical mensurados por centrais inerciais e ergonomistas.

Sujeito	Posição	Xsens	Ergonomista 1			Ergonomista 2			Ergonomista 3		
			V	ME	MD	V	ME	MD	V	ME	MD
1	P1	13	3	24,4	26,2	10	42,3	22,8	0	9,5	14,2
	P2	16,7	13	37,3	40,2	20	45,1	29,3	1	9	23,9
	P3	21,9	0	35,2	35,0	30	45,5	27,9	5	10,1	26,1
	P4	30,7	10	51,3	44,2	45	57,0	40,5	20	23,1	25,6
2	P1	4,2	3	18,3	27,1	5	47,5	12,3	0	0,8	18,0
	P2	10,2	10	31,2	27,6	10	53,7	33,1	3	12,5	15,1
	P3	15,4	15	42,2	34,5	50	65,2	22,1	5	19,5	13,9
	P4	24,6	65	45,3	49,3	60	78,7	33,3	20	38,8	21,1
3	P1	12,9	5	31,9	31,0	5	51,5	16,7	1	0,8	15,1
	P2	28,4	30	34,6	39,8	15	49,8	21,2	10	10,2	17,2
	P3	37,4	30	32,1	43,1	30	59,3	21,1	12	15,2	25,6
	P4	50,6	25	43,2	51,1	45	66,1	22,8	18	30,0	25,3

**Nota:** V – método visual; ME – marcação do ergonomista; MD – marcação definida a priori.

### 3. Conclusões

O estudo mostrou que as medidas obtidas pelo Xsens e pelos ergonomistas diferiram significativamente para análise do ângulo de flexão da coluna cervical, independente do método utilizado para análise.

### 4. Referências bibliográficas

- FERREIRA, E. A. et al. Quantitative assessment of postural alignment in young adults based on photographs of anterior, posterior, and lateral views. **Journal Manipulative Physiology Therapeutics**, v. 34, n. 6, p. 371-380, 2011.
- LEE, R. et al. Evidence for the Effectiveness of Feedback from Wearable Inertial Sensors during Work-Related Activities: A Scoping Review. **Sensors**, v. 21, n. 19, 6377, 2021.
- LINS, C.; HEIN, A. Classification of body postures using smart workwear. **BMC Musculoskeletal Disord**, v. 23, n.01, p.921, 2022.
- MOHAMMADIPOUR, F. et al. Work-related Musculoskeletal Disorders in Iranian Office Workers: Prevalence and Risk Factors. **Journal of Medicine and Life**, v. 11, n. 4, p. 328-333, 2018.
- SUKADARIN, E. H. et al. Postural assessment in pen-and-paper-based observational methods and their associated health effects: a review. **International Journal Occupational Safety and Ergonomics**, v. 22, n. 3, p. 389-398, 2016.
- TEUFL, W.; et al. Validity, Test-Retest Reliability and Long-Term Stability of Magnetometer Free Inertial Sensor Based 3D Joint Kinematics. **Sensors**, v. 18, n. 7, 1980, 2018.