

# Estudo Comparativo entre Eletrogoniometria e Fotogrametria Digital

## Comparative Study Between Electrogoniometry and Digital Photogrammetry

THIAGO MELO MALHEIROS DE SOUZA<sup>1</sup>  
JOSÉ CARLOS NOGUEIRA NÓBREGA JÚNIOR<sup>1</sup>  
DIEGO ALVES RODRIGUES<sup>2</sup>  
LUIS CARLOS CARVALHO<sup>3</sup>  
HELEODÓRIO HONORATO DOS SANTOS<sup>4</sup>  
JERÔNIMO FARIAS ALENCAR<sup>4</sup>  
JOSÉ JAMACY DE ALMEIDA FERREIRA<sup>4</sup>

### RESUMO

**Objetivo:** Avaliar a replicabilidade da fotogrametria digital em relação à eletrogoniometria no movimento de flexão do cotovelo. **Material e Métodos:** A amostra constituiu-se de 20 sujeitos (8 homens, 12 mulheres;  $20,1 \pm 1,7$  anos;  $60,9 \pm 9,3$  kg e  $169 \pm 8,8$  cm), saudáveis, ativos, submetidos a eletrogoniometria e fotogrametria digital. Os sujeitos foram posicionados sentados, com o membro superior direito apoiado em uma mesa, ombro fletido a  $90^\circ$  e antebraço supinado. O ângulo de flexão do cotovelo foi medido com e sem fixação do eletrogoniômetro, em três diferentes posições (fechado, intermediário e aberto) de forma aleatória, utilizando-se um goniômetro manual (CARCI) adaptado com um potenciômetro linear e uma câmera digital (Sony, DSC-S750), e posteriormente processados nos softwares *BioMed* e *Fisio Office* 2010, respectivamente. Os dados foram analisados no *Statistical Package of Social Science* (SPSS – 15.0), pelo teste de correlação intraclassa (ICC) para avaliar a reprodutibilidade das medidas da eletrogoniometria e fotogrametria inter-avaliadores e inter-instrumentos. **Resultados:** Observou-se forte reprodutibilidade da fotogrametria em todas as medidas, inter-avaliadores ( $ICC > 0,85$ ;  $P < 0,01$ ) e inter-instrumentos ( $ICC > 0,93$ ;  $P < 0,01$ ). **Conclusão:** Os resultados deste estudo permitem concluir que a fotogrametria digital possui alto índice de confiabilidade, tanto inter-avaliadores quanto inter-instrumentos e, portanto, pode ser utilizada na prática fisioterapêutica.

### DESCRIPTORIOS

Goniometria. Fotogrametria. Amplitude de Movimento Articular.

### ABSTRACT

**Objective:** To evaluate the digital photogrammetry replicability compared to electrogoniometry on the elbow flexion movement. **Material and Methods:** The sample was composed by 20 healthy and active subjects (8 men and 12 women;  $20.1 \pm 1.7$  years;  $60.9 \pm 9.3$  kg and  $169.0 \pm 8.8$  cm), submitted to electrogoniometry and digital photogrammetry. The subjects were in sitting position with the right arm resting on a table; the shoulder was flexed at 90 degrees with a supinated forearm. The elbow flexion angle was measured with and without fixing the electrogoniometer in three different positions (closed, intermediate, open) randomly, using a manual goniometer (CARCI) adapted with a linear potentiometer and a digital camera (Sony, DSC-S750), and subsequently processed in the *Biomed* and *Fisio Office* softwares, respectively. Data were analyzed on the *Statistical Package for Social Science* (SPSS – 15.0) using the intraclass correlation (ICC) test to evaluate the reproducibility of the electrogoniometry and photogrammetry measures, inter-evaluators and inter-instruments. **Results:** It was observed a strong reproducibility of the electrogoniometry and photogrammetry for all measures, inter-evaluators ( $ICC > 0.85$ ;  $P < 0.01$ ) and inter-instruments ( $ICC > 0.93$ ;  $P < 0.01$ ). **Conclusion:** The results of this study showed that the digital photogrammetry has high levels of reliability, both inter-evaluators and inter-instruments and thus can be used for physical therapy practice.

### DESCRIPTORS

Goniometry. Photogrammetry. Range of Motion, Articular.

1 Acadêmico de Fisioterapia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa/PB, Brasil;

2 Acadêmico de Ciências da Computação da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa/PB, Brasil;

3 Professor do Centro Universitário de João Pessoa/PB, Brasil;

4 Professor do Departamento de Fisioterapia da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), João Pessoa/PB, Brasil.

A medida da amplitude do movimento (ADM) é um importante parâmetro utilizado na avaliação e na análise da evolução do tratamento fisioterapêutico, onde o instrumento mais utilizado para tal é o goniômetro universal (GU) que possui uma confiabilidade intra-avaliador considerada de boa a excelente (CHAVES *et al.*, 2008; SACCO *et al.*, 2007; VENTURINI *et al.*, 2006) e uma excelente confiabilidade inter-examinadores (VENTURINI *et al.*, 2006). O GU, apesar de fácil aplicação e de baixo custo operacional, necessita de uma técnica adequada de execução e padronização do posicionamento, para que haja boa reprodutibilidade da medida (PIRIYAPRASARTH *et al.*, 2008; ROTHSTEIN; MILLER; ROETTGER, 1983; VENTURINI *et al.*, 2006).

A eletrogoniometria, uma técnica que associa um goniômetro a um dispositivo eletrônico ligado a um microcomputador, atualmente, é considerada padrão ouro para a medida da ADM. Vários estudos confirmam sua confiabilidade intra e inter-examinador (MORIGUCHI; SATO; COURY, 2007; PIRIYAPRASARTH *et al.*, 2008; VAN SINJ *et al.*, 2006), tanto em tarefas estáticas quanto dinâmicas durante todo arco de movimento (MORIGUCHI; SATO; COURY, 2007), com uma margem de erro de 5° em grandes amplitudes, e um erro mínimo em movimentos de pequenas amplitudes (SHIRATSU; COURY, 2003).

Com o advento das novas tecnologias, outro recurso que vem sendo utilizado no meio acadêmico para mensuração da ADM é a fotogrametria digital (IUNES *et al.*, 2005), que se baseia na obtenção de informação da posição de objetos em relação ao ambiente, por meio da análise de imagens fotográficas (TOMMASELLI *et al.*, 1999). Esta técnica permite avaliar a postura, realizar e registrar medidas angulares (IUNES *et al.*, 2005; TOMMASELLI *et al.*, 1999) com excelente confiabilidade na avaliação da ADM de diferentes articulações (IUNES *et al.*, 2005, NAYLOR *et al.*, 2011, SACCO *et al.*, 2007) sem comprometer sua reprodutibilidade (IUNES *et al.*, 2009).

A fotografia deve ter alta qualidade e nitidez, livre de distorções (paralaxe e *zoom*), e possuir dimensão suficiente para permitir observações e contrastes, de modo que pequenos detalhes do corpo do sujeito sejam visíveis. Além disso, é necessário um ambiente livre de interferências, climatizado, adequadamente iluminado e privado, já que os voluntários fazem uso de traje de banho para que a maior parte do corpo fique exposta (IUNES *et al.*, 2005; 2009).

Considerando que a instrumentação para eletrogoniometria tem um custo de aquisição relativamente mais elevado do que a goniometria manual, este recurso não é comumente utilizado na clínica. Por outro lado, a fotogrametria apresenta baixo custo operacional e maior praticidade de aplicação, o que pode fazer deste recurso uma alternativa mais viável. Entretanto, não se tem conhecimento de estudos analisando a reprodutibilidade das medidas de eletrogoniometria e fotogrametria digital. Adicionalmente, como o *software Físio Office* é um aplicativo criado recentemente para uso clínico, considera-se importante a avaliação da reprodutibilidade das medidas inter-avaliadores para validação do módulo goniometria deste sistema.

Sendo assim, o presente estudo teve o propósito de avaliar a reprodutibilidade das medidas inter-avaliadores e inter-instrumentos, utilizando a eletrogoniometria e a fotogrametria digital, durante o movimento de flexão do cotovelo.

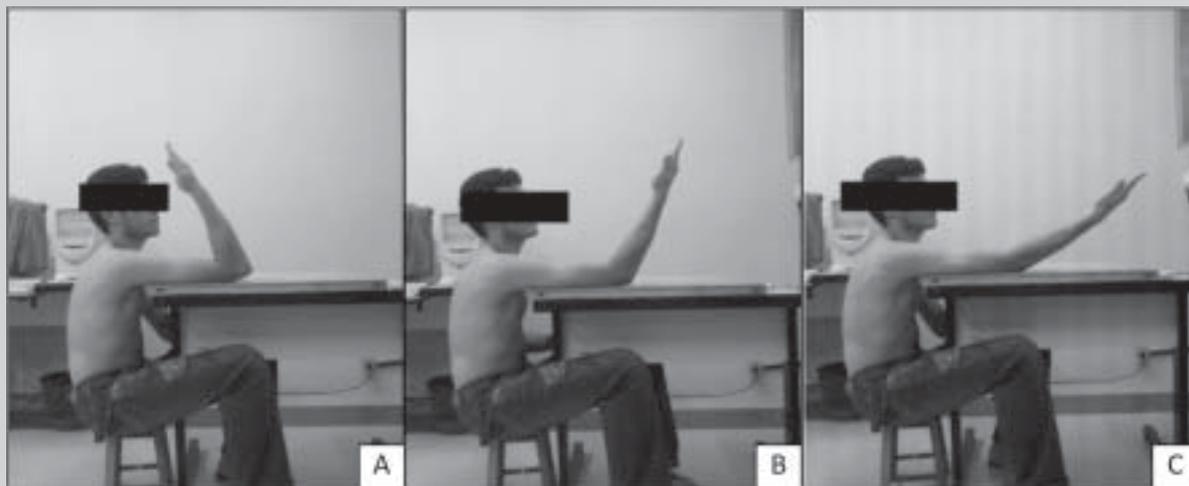
## MATERIAL E MÉTODOS

### *Sujeitos*

A amostra constituiu-se de 20 sujeitos (8 homens, 12 mulheres), saudáveis, ativos ( $20,1 \pm 1,7$  anos,  $60,9 \pm 9,3$  kg e  $169,0 \pm 8,8$  cm), universitários, sem histórico de lesão em membro superior e/ou déficit de ADM na flexão do cotovelo e supinação do antebraço. A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Universitário Lauro Wanderley (CEP/HULW) protocolo nº 436/2010 e certificado de apresentação para apreciação ética (CAAE) nº 0361.0.126.000-10, com base na resolução nº 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CSN).

### *Procedimentos*

Para as medidas da ADM do cotovelo (eletrogoniometria e fotogrametria), os sujeitos ficavam sentados, com o membro superior direito apoiado em uma mesa, ombro fletido a 90° e antebraço supinado. A ADM de flexão do cotovelo direito dos sujeitos, era obtida em três diferentes ângulos, em sequência pré-estabelecida (fechado, intermediário e aberto), conforme (Figura 1A, 1B e 1C).



**Figura 1.** Posição para fotogrametria do cotovelo em ângulo fechado (A), intermediário (B) e aberto (C)

O avaliador posicionava o membro superior do sujeito, com o cotovelo numa angulação aleatória, e eram feitas as medidas da ADM com o eletrogoniômetro, e em seguida, a fotografia, apenas uma vez para cada posição e instrumento.

Para eletrogoniometria, o braço fixo do goniômetro era alinhado na face lateral do braço, paralelo ao seu eixo longitudinal em direção à cabeça do úmero, o pivô (eixo articular) sobre o epicôndilo lateral do úmero, e o braço móvel na face lateral do antebraço, paralelo ao eixo longitudinal do rádio, em direção ao processo estilóide. Para tanto, foi utilizado um goniômetro manual (CARCI, Brasil), adaptado com um potenciômetro linear ligado a um módulo eletrônico e conectado a um microcomputador. O sinal foi digitalizado numa frequência de amostragem de 200 Hz utilizando o *software* BioMed (CAVALHO *et al.*, 1998).

As fotografias foram realizadas com auxílio de uma câmera fotográfica digital (Sony, DSC-S750, Brasil), com resolução de 5 Megapíxels, posicionada num tripé com 73 cm de altura e a uma distância de 156 cm do sujeito, preservando o melhor enquadramento do segmento corporal envolvido na medida. Na sequência, as fotografias foram analisadas por meio do *software* Físio Office - 2010 (RH *software*, Brasil) por dois

examinadores que não tiveram conhecimento prévio das medidas realizadas por cada um deles.

#### *Análise estatística*

Os dados foram agrupados e analisados pelo *software* *Statistical Package for the Social Science* (SPSS - 19.0). Inicialmente, verificou-se a normalidade de distribuição dos dados (*Shapiro-Wilk*) e homogeneidade das variâncias (*Levene*) seguida do teste de coeficiente de correlação intraclassa (ICC, *two-way mixed, consistency*) para testar a reprodutibilidade das medidas da fotogrametria inter-avaliadores (avaliador 1 x avaliador 2) e inter-instrumentos (eletrogoniometria X fotogrametria), considerando-se um nível de significância de 5% ( $P < 0,05$ ), para todas as análises. Para análise do ICC foi considerada a seguinte classificação: reprodutibilidade nula = 0,0; fraca = 0,01 a 0,3; regular = 0,31 a 0,6; forte = 0,61 a 0,9; muito forte = 0,91 a 0,99; e plena = 1,0 (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010).

## RESULTADOS

Ao comparar os valores obtidos nas análises fotogramétricas pôde-se observar que a reprodutibi-

lidade das medidas inter-avaliadores para a fotogrametria digital foi considerada forte para o ângulo fechado, e muito forte para os ângulos intermediário e aberto (Tabela 1).

A análise das medidas inter-instrumentos mostrou que a reprodutibilidade das medidas de ADM do cotovelo obtidas por meio da fotogrametria digital e eletrogoniometria foram consideradas muito fortes em todos os ângulos examinados (Tabela 2).

## DISCUSSÃO

No que diz respeito à replicabilidade, inter-avaliadores, da fotogrametria digital, os resultados deste estudo estão em concordância com os obtidos por SATO, VIEIRA e COURY (2003), que realizaram medidas da flexão anterior da coluna utilizando e comparando três técnicas de medição. Os autores verificaram altos índices de confiabilidade em duas das técnicas utilizadas, e o baixo índice de uma das medidas foi atribuído à movimentação do ponto de referência anatômica. Neste sentido, IUNES *et al.* (2005), também encontraram de

boa a excelente reprodutibilidade em 17 de 21 ângulos medidos.

Observando os resultados encontrados quanto à reprodutibilidade inter-instrumentos, eles estão em concordância com o estudo de Sacco *et al.* (2007) que avaliou sujeitos jovens assintomáticos, por meio da fotogrametria computadorizada e encontrou boa reprodutibilidade comparada à goniometria. Os autores também observaram uma correlação significativa entre as técnicas, quando utilizados dois *softwares* diferentes na análise da fotogrametria digital ( $P < 0,05$ ).

Nesta mesma direção, GEORGEU, MAYFIELD, LOGAN (2002), também encontraram correlação forte e positiva entre a medida da ADM articular obtida por fotogrametria e goniometria, e também, VERHAEGEN *et al.*, (2010), encontraram maior reprodutibilidade intra-examinadores na fotogrametria comparada a goniometria.

Por outro lado, SANTOS *et al.* (2011) não encontraram diferença significativa intra ou inter-avaliadores quando comparadas as medidas de todos os ângulos estudados em seus experimentos.

No presente estudo, não se optou pela utilização

**Tabela 1.** Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) para fotogrametria digital inter-avaliadores

Fotogrametria	Ângulos do cotovelo		
	Fechado	Intermediário	Aberto
ICC *	0.857	0.962	0.949

\*P = 0,001

**Tabela 2 -** Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC) fotogrametria versus eletrogoniometria

Eletrogoniometria X Fotogrametria	Ângulos do Cotovelo		
	Fechado	Intermediário	Aberto
ICC *	0.989	0.995	0.998

\*P=0,001

de marcadores, sendo o avaliador responsável pela localização do ponto de referência diretamente nas fotografias. Ainda assim, a reprodutibilidade inter-examinadores aqui apresentada foi excelente, o que demonstra que a marcação dos pontos anatômicos é desnecessária quando os avaliadores estão bem treinados com o instrumento e os procedimentos de mensuração. Entretanto, estes resultados podem não se reproduzir igualmente para as medidas realizadas em articulações diferentes. Assim, existe a necessidade da realização de trabalhos futuros com análises envolvendo outras articulações e outros *softwares* de fotogrametria,

a fim de avaliar melhor a confiabilidade dos resultados.

## CONCLUSÃO

Os resultados deste estudo permitem concluir que a fotogrametria digital possui alto índice de confiabilidade, tanto inter-avaliadores quanto inter-instrumentos e, portanto, pode ser utilizada na prática fisioterapêutica.

## REFERÊNCIAS

1. CHAVES TC, NAGAMINE HM, BELLI JFC, HANNAI MCT, BEVILAQUA-GROSSI D, OLIVEIRA AS. Confiabilidade da fleximetria e goniometria na avaliação da amplitude de movimento cervical em crianças. *Rev Bras Fisioter.* 2008; 12(4):283-9.
2. SACCO ICN, ALIBERT S, QUEIROZ BWC, PRIPAS D, KIELING I, KIMURA AA et al. Confiabilidade da fotogrametria em relação a goniometria para avaliação postural de membros inferiores. *Rev Bras Fisioter.* 2007; 11(5):411-7.
3. VENTURINI C, ITUASSÚ NT, TEIXEIRALM, DEUS CVO. Confiabilidade intra e inter-examinadores de dois métodos de medida da amplitude ativa de dorsiflexão do tornozelo em indivíduos saudáveis. *Rev Bras Fisioter.* 2006; 10(4):407-11.
4. PIRIYAPRASARTH P, MORRIS ME, WINTER A, BIALOCERKOWSKY AE. The reliability of knee joint position testing using electrogoniometry. *BMC Musculoskelet Disord.* 2008; 9(6):6-16.
5. ROTHSTEIN JM, MILLER MJ, ROETTGER RF. Goniometric Reliability in a Clinical Setting: Elbow and Knee Measurements. *Phys Ther.* 1983; 63(10):1611-5.
6. MORIGUCHI, CS, SATO TO, COURY HJCG. Ankle movements during normal gait evaluated by flexible electrogoniometer. *Rev Bras Fisioter.* 2007; 11(3):205-11.
7. VAN SINJ JA S, SALVIA P, FEIPEL V, SOBZACK S, ROOZE M, SHOLUKHA V. In vivo registration of both electrogoniometry and medical imaging: development and application on the ankle joint complex. *IEEE Trans Biomed Eng.* 2006; 53(4):759-62.
8. SHIRATSU A, COURY HJCG. Reliability and accuracy of different sensors of a flexible electrogoniometer. *Clin Biomech.* 2003; 18:682-4.
9. IUNES DH, CASTRO FA, SALGADO HS, MOURA IC, OLIVEIRA AS, BEVILAQUA-GROSSI D. Confiabilidade intra e inter-examinadores e repetibilidade da avaliação postural pela fotogrametria. *Rev Bras Fisioter.* 2005; 9(3):327-34.
10. TOMMASELLI AMG, SILVA JFC, HASEGAWA JK, GALO M, POZAPD. Fotogrametria: aplicações a curta distância. In: Meneguetti Júnior M, Alves P (organizadores). *FCT 40 anos: perfil científico-educacional.* UNESP-FCT. Presidente Prudente – SP: UNESP; 1999. p. 147-59.
11. NAYLOR JM, KO V, ADIE S, GASKIN C, WALKER R, HARRIS IA, MITTAL R. Validity and reliability of using photography for measuring knee range of motion: a methodological study. *BMC Musculoskelet Disord.* 2011; 12(1):77-87.
12. IUNES DH, BEVILAQUA-GROSSI D, OLIVEIRA AS, CASTRO FA, SALGADO HS. Análise comparativa entre avaliação postural visual e por fotogrametria computadorizada. *Rev Bras Fisioter.* 2009; 13(4):308-15.
13. CARVALHO LC, LIMA RB, DUARTE NB, FERNANDES MR, NÓBREGAAC, BATISTA LV. Software em Windows para processamento, armazenamento e análise de sinais obtidos em experimentos de fisiologia. In: 1<sup>er</sup> Congresso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica, 1998, Mazatlán/México. Anais do 1<sup>er</sup> Congreso Latinoamericano de Ingeniería Biomédica (CD-ROM), 1998. p. 207-210.
14. ALBUQUERQUE PL, QUIRINO MAB, SANTOS HH, ALVES SB. Interferência da prática de atividade física habitual na postura de jovens. *Rev Ter Man.* 2010; 8(37):198-203.

15. SATO TO, VIEIRA ER, COURY HJCG. Análise da confiabilidade de técnicas fotométricas para medir a flexão anterior do tronco. *Rev Bras Fisioter.* 2003; 7(1):25–31.
16. GEORGEU GA, MAYFIELD S, LOGANAM. Lateral digital photography with computer-aided Goniometry versus standard goniometry for recording finger joint angles. *J Hand Surg.* 2002; 27B(2):184–6.
17. VERHAEGEN F, GANSEMAN Y, ARNOUT N, VANDENNEUCKER H, BELLEMANS J. Are clinical photographs appropriate to determine the maximal range of motion of the knee? *Acta Orthop Belg.* 2010; 76(6):794–8.
18. SANTOS JDM, OLIVEIRAMA, SILVEIRANJF, CARVALHO SS, OLIVEIRA AG. Confiabilidade inter e intra-examinadores nas mensurações angulares por fotogrametria digital e goniometria. *Rev Fisioter Mov.* 2011; 24(3):389–400.

**Correspondência**

Thiago Melo Malheiros de Souza  
R. Dona Antônia de Queiroz, n. 237 – apto. 61  
CEP: 01307-012 – Consolação - São Paulo/SP – Brasil  
E-mail do autor: malheiros.sigurd@gmail.com