

# Análise das distorções em leituras angulares de imagens fotográficas

Analysis of angular reading distortions of photographic images

Gabriela F. Codarin<sup>1</sup>, Lillian R. Felício<sup>2</sup>, Daniel M. Coelho<sup>2</sup>, Anamaria S. Oliveira<sup>3</sup>

## Resumo

**Contextualização:** A biofotogrametria é uma técnica difundida na área da saúde e, apesar dos cuidados metodológicos, há distorções nas leituras angulares das imagens fotográficas. **Objetivo:** Mensurar o erro das medidas angulares em imagens fotográficas com diferentes resoluções digitais em um objeto com ângulos pré-demarcados. **Método:** Utilizou-se uma esfera de borracha com 52 cm de circunferência. O objeto foi previamente demarcado com ângulos de 10°, 30°, 60° e 90°, e os registros fotográficos foram realizados com o eixo focal da câmera a três metros de distância e perpendicular ao objeto, sem utilização de *zoom* óptico e com resolução de 3, 5 e 10 Megapixels (Mp). Todos os registros fotográficos foram armazenados, e os valores angulares foram analisados por um experimentador previamente treinado, utilizando o programa *ImageJ*. As aferições das medidas foram realizadas duas vezes, com intervalo de 15 dias entre elas. Posteriormente, foram calculados os valores de acurácia, erro relativo e em graus, precisão e Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC). **Resultados:** Quando analisado o ângulo de 10°, a média da acurácia das medidas foi maior para os registros com resolução de 3 Mp em relação às resoluções de 5 e 10 Mp. O ICC foi considerado excelente para as três resoluções de imagem analisadas e, em relação aos ângulos analisados nos registros fotográficos, pôde-se verificar maior acurácia, menor erro relativo e em graus e maior precisão para o ângulo de 90°, independentemente da resolução da imagem. **Conclusão:** Os registros fotográficos realizados com a resolução de 3 Mp proporcionaram medidas de maiores valores de acurácia e precisão e menores valores de erro, sugerindo ser a resolução mais adequada para gerar imagem de ângulos de 10° e 30°.

**Palavras-chave:** fotogrametria; análise de imagem assistida por computador; instrumentação; estudos de validação.

## Abstract

**Background:** Although photogrammetry is a widespread technique in the health field, despite of the methodological efforts distortions in the angular readings of the images are common. **Objective:** To measure the error of angular measurements in photo images with different digital resolutions in an object with pre-determined angles. **Method:** We used a rubber ball with 52 cm in circumference. The object was previously marked with angles of 10°, 30°, 60° and 90° degrees. The photographic records were performed with the focal axis of the camera perpendicular and three meters away from the object, without the use of optical zoom and a resolution of 3, 5 and 10 Megapixels (Mp). All photographic records were stored and a previously trained experimenter using the computer program *ImageJ* analyzed the angular values of each photo. The measurements were performed twice within a fifteen-days interval. Subsequently, we calculated the accuracy, relative error and error in degrees values, precision and the Intraclass Correlation Coefficient (ICC). **Results:** When analyzing the angle of 10°, the average accuracy of measurements was higher for those records of 3 Mp resolution compared to 5 and 10 Mp resolutions. The ICC was considered excellent for all resolutions. With regards to the analyzed angles in photographic records, it was possible to verify that the 90-degree angle photographs were more accurate, had lower relative error and error in degrees, and were more precise, regardless of image resolution. **Conclusion:** The photographs records that were taken with a 3 Mp resolution provided great accuracy and precision measurements and lower errors values, suggesting to be the proper resolution to generate image of angles of 10° and 30°.

**Keywords:** photogrammetry; image processing computer-assisted; instrumentation; validation studies.

**Recebido:** 08/12/2011 – **Revisado:** 06/02/2012 – **Aceito:** 20/03/2012

<sup>1</sup>Universidade de São Paulo (USP), Ribeirão Preto, SP, Brasil

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Ciências da Saúde Aplicada ao Aparelho Locomotor, USP, Ribeirão Preto, SP, Brasil

<sup>3</sup>Departamento de Biomecânica, Medicina e Reabilitação do Aparelho Locomotor, Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto, USP, Ribeirão Preto, SP, Brasil

**Correspondência para:** Anamaria Siriani de Oliveira, Avenida dos Bandeirantes, 3900, Monte Alegre, CEP 14049-900, Ribeirão Preto, SP, Brasil, e-mail: siriani@fmrp.usp.br

## Introdução : : : .

Para avaliar o alinhamento dos segmentos corporais, inúmeros métodos têm sido empregados, tais como a análise visual<sup>1</sup>, radiografias<sup>2</sup>, câmeras de vídeo<sup>3-6</sup>, goniometria<sup>7-11</sup> e a fotogrametria<sup>12-17</sup>. O uso da biofotogrametria tem sido preconizado para avaliação postural pela relativa simplicidade da técnica, baixo custo e por ser capaz de quantificar alterações posturais difíceis de mensurar por inspeção<sup>18,19</sup>.

A fotogrametria é uma ferramenta utilizada como auxílio durante o exame físico para quantificação das alterações posturais<sup>12-17</sup>, alterações do equilíbrio estático<sup>20,21</sup> e análise da mecânica respiratória<sup>22,23</sup>. Com o aperfeiçoamento metodológico, a técnica difundiu-se rapidamente e hoje é utilizada por vários profissionais da saúde para quantificação das alterações de estruturas corporais externas visíveis<sup>24</sup>.

A confiabilidade intra e a interexaminador, avaliadas a partir da quantificação das assimetrias e desvios posturais de ângulos da face e do corpo na postura ortostática no plano frontal, sagital e posterior, apresentaram níveis de correlação entre bom e excelente para a maioria dos ângulos<sup>15,25</sup>, seguindo o critério de classificação de Wahlund, List e Dworkin<sup>26</sup>. No entanto, o método apresenta baixos índices de sensibilidade quando os registros fotográficos são realizados na vista posterior<sup>19</sup>. Van Niekerk et al.<sup>27</sup> analisaram, por meio da biofotogrametria, a postura sentada de adolescentes e compararam essas imagens às observadas por registros radiográficos de baixa dosagem. Os autores sugerem a indicação da biofotografia como padrão-ouro, visto que não verificaram diferenças estatísticas na análise postural<sup>16</sup>.

Embora poucos artigos descrevam detalhadamente os parâmetros utilizados no processo de aquisição da imagem, vários cuidados metodológicos e padronizações são descritos na literatura para evitar distorção nas leituras angulares. O ambiente, por exemplo, dever ser adequadamente iluminado<sup>17</sup>, a câmera utilizada deve ser posicionada à mesma distância para todo o voluntário; o uso do tripé para manutenção do foco e o enquadramento são importantes para um registro adequado<sup>18,28</sup>. Além desses cuidados, o centro óptico da câmera deve estar perpendicular ao plano do ângulo postural de interesse, pois tal cuidado pode minimizar o erro de perspectiva causado pelas características de refração da lente<sup>29</sup>.

O mercado atual disponibiliza várias opções de câmeras e resoluções de imagens; dessa maneira, é essencial saber qual o modelo mais adequado para uma avaliação de alta qualidade. Machado, Souki e Mazzeiro<sup>30</sup> analisaram a influência da resolução da câmera digital no registro fotográfico por meio da avaliação visual de definição e nitidez de uma única imagem digital facial de perfil com diferentes resoluções (de 1 a 7 Mp). Os resultados mostraram que não se constataram diferenças significativas entre as resoluções utilizadas, independente do

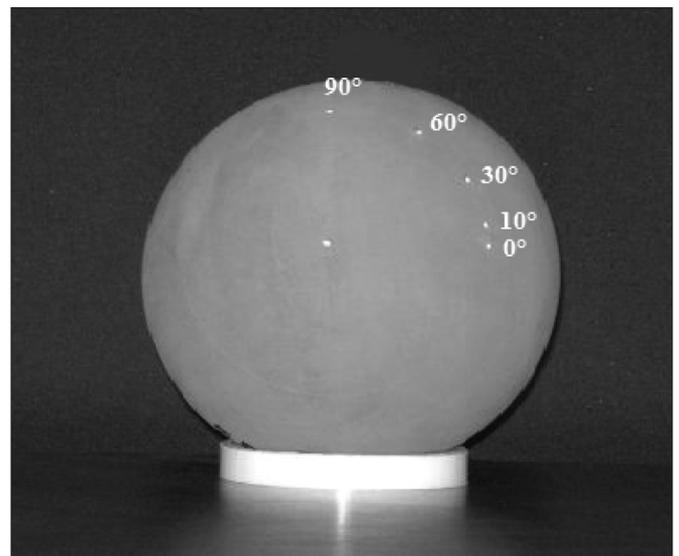
método de visualização empregado. No entanto, não se encontraram trabalhos que verificassem medidas de erro, acurácia e repetibilidade em relação à resolução das imagens.

Para que um instrumento seja confiável, além de ter níveis aceitáveis de repetibilidade, sensibilidade e confiabilidade intra e interexaminador, outros aspectos devem ser levados em consideração, como a acurácia e a precisão das medidas. Isso porque a acurácia de um sistema de aferição é o grau de proximidade ou fidedignidade com o qual esse instrumento mede o valor real da medida que está sendo mensurada. Por outro lado, a precisão mede a proximidade entre os valores obtidos pela repetição do processo de mensuração. Assim, quanto maior a acurácia do processo de mensuração, mais próximo está o resultado da medida do valor verdadeiro, enquanto a precisão diz respeito à repetibilidade das medidas e, quanto maior a precisão, menor a variabilidade entre as medidas<sup>31,32</sup>.

Dessa maneira, o objetivo deste trabalho foi verificar o erro de medidas angulares decorrente de diferentes resoluções de imagens fotográficas digitais.

## Método : : : .

Foram traçados ângulos nos planos XYZ formados a partir de marcadores posicionados em uma esfera de borracha com 52 cm de circunferência (Figura 1). O objeto foi colocado sobre uma superfície fixa e estável com um metro de altura e à frente de um anteparo não-reflexivo. Na esfera, foram demarcados quatro ângulos, 10°, 30°, 60° e 90°, sendo dois pontos fixos e apenas um ponto variável para obter esses ângulos. Todas as angulações foram demarcadas pela Oficina de Precisão da Universidade de São Paulo (USP) do Campus de Ribeirão Preto, Brasil.



**Figura 1.** Esfera de borracha com ângulos demarcados de 10°, 30°, 60° e 90° utilizada para os registros fotográficos.

Os registros fotográficos foram realizados com a câmera fotográfica digital Sony® DSC T700, com resolução máxima de 10.1 Megapixels (Mp), lente Carl Zeiss Vario-Tessar®. A câmera foi fixada em um tripé Manfrotto®, com cabeça Manfrotto®, ajustado a um metro de altura, nivelada com o plano horizontal, e o centro óptico foi ajustado ao centro da esfera.

No procedimento de aquisição dos dados, a esfera foi fotografada com o eixo focal da câmera a três metros de distância da câmera e perpendicular ao objeto, sem utilização de zoom óptico e flash, com resolução de 3, 5 e 10 Mp. Uma iluminação artificial direta sobre a face fotografada da esfera foi utilizada para evitar a formação de sombras.

Todos os registros fotográficos foram armazenados em formato jpeg, e os valores angulares foram analisados por um experimentador previamente treinado, utilizando o programa ImageJ<sup>33</sup> em um monitor da marca Acer®, tela LCD, com 14.1 polegadas e resolução 1280x800 pixels. As medidas foram feitas em sequência aleatória para os ângulos e com intervalo de 15 dias entre as análises denominadas, respectivamente, de medidas 1 e 2. O programa ImageJ, disponível on-line gratuitamente<sup>33</sup>, é um algoritmo matemático que transforma pontos de imagens em eixos de coordenadas cartesianas, permitindo, assim, a quantificação de ângulos a partir de imagens capturadas.

## Análise dos dados

A aferição do erro das medidas foi calculada a partir dos valores de precisão (erro aleatório), acurácia (erro sistemático), erro em graus, erro relativo, e Coeficiente de Correlação Intra-classe (ICC), utilizando a média dos valores das medidas 1 e 2

e calculados no programa Microsoft Office Excel 2007 para Sistema Operacional Windows.

A precisão das medidas foi estimada a partir do cálculo do desvio-padrão das medidas 1 e 2 dividido pela raiz quadrada da média das medidas 1 e 2. O valor de precisão varia entre zero e um, sendo zero a maior precisão e um a menor precisão.

A equação utilizada para o cálculo da porcentagem de acurácia está descrita abaixo:

$$\% \text{ Acurácia} = 100 - \frac{(\text{Valor real} - \text{Valor mensurado})}{\text{Valor real}}$$

O erro absoluto das medidas foi calculado subtraindo o valor real do ângulo do valor medido na fotografia pelo programa de computador. O erro relativo foi obtido calculando a razão entre o erro absoluto e o valor verdadeiro da medida. Os valores de acurácia e erro relativo variam de 0 a 100%, sendo 100% o valor de maior acurácia e maior erro relativo.

O ICC foi calculado por meio do programa Instat prism 5® para cada resolução da imagem (3, 5 e 10 Mp). Foram considerados os quatro valores da medida 1 e os quatro valores da medida 2 para cada resolução da imagem. Segundo Fleiss, Levin e Paink<sup>34</sup>, a reprodutibilidade é considerada excelente acima de 0,85.

## Resultados

A comparação entre as resoluções das câmeras e as medidas angulares apresentou valores de acurácia entre as medidas 1 e 2 semelhantes em todas as resoluções utilizadas (Tabela 1). Entretanto, quando se observa a média da

**Tabela 1.** Valores das medidas obtidas na primeira (1) e na segunda análise das imagens (2), média dos valores de acurácia (%), média do erro em graus, média do erro relativo (%), precisão das medidas e Coeficiente de Correlação Intraclasse das resoluções.

| Resolução da câmera | Ângulo demarcado | Medida 1 | Medida 2 | Acurácia (%) | Erro (graus) | Erro relativo (%) | Precisão | ICC  |
|---------------------|------------------|----------|----------|--------------|--------------|-------------------|----------|------|
| 3 Mp                | 10°              | 9,725    | 10,176   | 97,745       | 0,226        | 2,255             | 0,101    | 0,98 |
|                     | 30°              | 26,85    | 26,565   | 89,025       | 3,293        | 10,975            | 0,039    |      |
|                     | 60°              | 55,068   | 56,31    | 92,815       | 4,311        | 7,185             | 0,118    |      |
|                     | 90°              | 91,603   | 91,432   | 98,314       | 1,518        | 1,686             | 0,013    |      |
| 5 Mp                | 10°              | 7,967    | 8,584    | 82,755       | 1,725        | 17,245            | 0,152    | 0,99 |
|                     | 30°              | 28,072   | 27,072   | 91,907       | 2,428        | 8,093             | 0,135    |      |
|                     | 60°              | 56,634   | 54,728   | 92,802       | 4,319        | 7,198             | 0,181    |      |
|                     | 90°              | 90       | 91,102   | 99,388       | 0,551        | 0,612             | 0,082    |      |
| 10 Mp               | 10°              | 9,593    | 8,932    | 92,625       | 0,738        | 7,375             | 0,154    | 0,99 |
|                     | 30°              | 28,74    | 27,617   | 93,928       | 1,822        | 6,072             | 0,15     |      |
|                     | 60°              | 54,744   | 54,612   | 91,13        | 5,322        | 8,87              | 0,013    |      |
|                     | 90°              | 90       | 90,841   | 99,533       | 0,42         | 0,467             | 0,063    |      |

Mp=Megapixels.

acurácia dos registros fotográficos entre as diferentes resoluções, a de 3 Mp encontra-se maior em relação às resoluções de 5 e 10 Mp para o menor ângulo.

A média do erro relativo das medidas com a resolução de 5 Mp foi maior em relação aos registros fotográficos de 3 e 10 Mp, os quais são semelhantes entre si. No entanto, os menores valores de acurácia e precisão das medidas foram encontrados nos registros fotográficos de 5 Mp, seguido pelos de 10 e de 3 Mp.

Em relação aos ângulos analisados nos registros fotográficos, pôde-se verificar maior acurácia, menor erro relativo e em graus bem como maior precisão para o ângulo de 90°, não havendo distinção entre as resoluções das imagens adotadas. Entretanto, para o ângulo de 10°, os melhores registros foram encontrados com a resolução da imagem de 3 Mp.

Em relação às imagens com resolução de 10 Mp, as medidas de 10° e 30° foram as que apresentaram os menores valores de precisão, enquanto o ângulo de 60° apresentou maior erro, em graus, dentre os ângulos avaliados.

Os valores do ICC apresentaram níveis excelentes para as três resoluções analisadas.

## Discussão

Considerando que uma medida deva ser acurada e precisa, os resultados deste estudo indicam que os registros de 3 Mp são os mais adequados para representar os ângulos pré-determinados. Além disso, ângulos de 10° e 90° são os que melhor foram representados pela fotogrametria em relação aos de 30° e 60°, pois alcançaram melhor acurácia e maior precisão nos registros de 3 Mp.

O ângulo de 90° foi o mais acurado, independente da qualidade do registro fotográfico, provavelmente pelo fato de ser um ângulo perpendicular e, ao se utilizar o programa *ImageJ* para formar o ângulo, a linha traçada entre os dois pontos se transforma em uma reta contínua quando não há inclinação, sugerindo ser o local exato do segundo ponto. Ao analisar os ângulos de 10° e 30°, adquiridos com câmeras de alta resolução, torna-se mais difícil a adequada mensuração do ângulo observado no registro fotográfico digital com maior número de pontos para representar a imagem. Quanto maior a resolução da câmera utilizada, mais pontos serão formados na imagem digital, multiplicando a possibilidade de pontos a serem escolhidos para traçar os ângulos, dificultando, assim, a sua obtenção.

Em estudo anterior, Iunes et al.<sup>15</sup> sugeriram 22 ângulos adquiridos por meio de fotos de 2 Mp nos planos sagital, frontal e posterior do corpo humano para avaliar o alinhamento postural de pessoas sem desvios posturais. Cerca de 50% dos ângulos sugeridos pelos autores para a avaliação de assimetrias posturais apresentavam medidas entre 0° e 10°. Dessa forma, é preciso considerar que esses ângulos menores que 10° podem sofrer redução de precisão e acurácia, quando adquiridos de imagens com câmeras de alta resolução, como 5 e 10 Mp.

A aplicação da fotogrametria para o registro do alinhamento postural já foi questionada anteriormente. Döhnert e Tomasi<sup>14</sup> verificaram que a biofotogrametria não pode ser realizada como *screening* para detecção de escoliose de grau leve (média do ângulo Cobb 5.5°), pois apresenta baixa sensibilidade e especificidade. Iunes et al.<sup>35</sup> sugeriram que os dados de alinhamento postural obtidos por fotogrametria e por inspeção visual sejam considerados de maneira independente, uma vez que a concordância entre as avaliações foi, na maioria dos ângulos utilizados na análise, não-significativa.

Os dados revelam a inexistência de uma correlação linear entre o emprego de uma melhor resolução de imagem fotográfica e resultados significativamente melhores quanto à ICC, precisão, acurácia, erro em graus e relativo. Assim, como já havia sido constatado quando se comparou o incremento das resoluções digitais por meio da análise visual de definição e nitidez, os resultados mostraram que não há diferenças significativas.

Alguns fatores limitantes do presente estudo seriam alterações de nitidez, limitada pela definição do monitor utilizado para a análise dos dados e parâmetros não-controláveis da câmera, como o índice de nitidez e a deformação da lente. Vale ressaltar que as imagens foram coletadas em um único dia, com segundos de diferenças entre elas, e, apesar de controlado, o uso desse instrumento aproxima-se da aquisição da imagem gerada na clínica.

## Conclusão

Com base nos dados do presente trabalho, pode-se observar que os registros fotográficos realizados com a resolução de 3 Mp proporcionaram medidas de maior valor de acurácia e precisão e menores valores de erro, sugerindo ser a resolução mais adequada para gerar imagem fotográfica de ângulos de 10° e 30°.

# Referências

1. Van Maanen CJ, Zonnenberg AJ, Elvers JW, Ostendorp RA. Intra/interrater reliability of measurements on body posture photographs. *Cranio*. 1996;14(4):326-31.
2. Cil A, Yazici M, Uzumcugil A, Kandemir U, Alanay A, Alanay Y, et al. The evolution of sagittal segmental alignment of the spine during childhood. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2005;30(1):93-100.
3. Ferrario VF, Sforza C, Tartaglia G, Barbini E, Michielon G. New television technique for natural head and body posture analysis. *Cranio*. 1995;13(4):247-55.
4. Bister D, Edler RJ, Tom BD, Prevost AT. Natural head posture – considerations of reproducibility. *Eur J Orthod*. 2002;24(5):457-70.
5. Normand MC, Harrison DE, Cailliet R, Black P, Harrison DD, Holland B. Reliability and measurement error of the BioTonix video posture evaluation system – part I: inanimate objects. *J Manipulative Physiol Ther*. 2002;25(4):246-50.
6. Sandoval PV, Pino JH, Fuentes FR, Cabezas GR, Roldán RH. Curvatura cervical: estudio cefalométrico em posición de reposo clínico postural. *Rev Méd Chile*. 1999;127(5):547-55.
7. Venturi C, André A, Aguilar BP, Giacomelli B. Confiabilidade de dois métodos de avaliação da amplitude de movimento ativa de dorsiflexão do tornozelo em indivíduos saudáveis. *Acta Fisiatr*. 2006;13(1):39-43.
8. Brosseau L, Tousignant M, Budd J, Chartier N, Duciaume L, Plamondon S, et al. Intratester and intertester reliability and criterion validity of the parallelogram and universal goniometers for active knee flexion in healthy subjects. *Physiother Res Int*. 1997;2(3):150-66.
9. Sabari JS, Maltzev I, Lubarsky D, Liskay E, Homel R. Goniometric assessment of shoulder range of motion: comparison of testing in supine and sitting positions. *Arch Phys Med Rehabil*. 1998;79(6):647-51.
10. Tomsich DA, Nitz AJ, Threlkeld AJ, Shapiro R. Patelofemoral alignment: reliability. *J Orthop Phys Ther*. 1996;23(3):200-8.
11. 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.
12. Melo MSI, Maia JN, Silva DAL, Carvalho CC. Avaliação postural em pacientes submetidas à mastectomia radical modificada por meio da fotogrametria computadorizada. *Rev Bras Cancerol*. 2011;57(1):39-48.
13. Castro PCG, Lopes JAF. Avaliação computadorizada por fotografia digital, como recurso de avaliação na Reeducação Postural Global. *Acta Fisiátr*. 2005;10(2):103-8.
14. Döhnert MB, Tomasi E. Validade da fotogrametria computadorizada na detecção de escoliose idiopática adolescente. *Rev Bras Fisioter*. 2008;12(4):290-7.
15. Iunes DH, Castro FA, Salgado HS, Moura IC, Oliveria AS, Bevilacqua-Grossi D. Confiabilidade intra e interexaminadores e repetibilidade da avaliação postural pela fotogrametria. *Rev Bras Fisioter*. 2005;9(3):327-34.
16. Santos MM, Silva MPC, Sanada LS, Alves CRJ. Análise postural fotogramétrica de crianças saudáveis de 7 a 10 anos: confiabilidade interexaminadores. *Rev Bras Fisioter*. 2009;13(4):350-5.
17. Watson AWS, Mac Donncha C. A reliable technique for the assessment of posture: assessment criteria for aspects of posture. *J Sports Med Phys Fitness*. 2000;40(3):260-70.
18. Watson AWS. Procedure for the production of high quality photographs suitable for the recording and evaluation of posture. *Rev Fisioter Univ São Paulo*. 1998;5(1):20-6.
19. Dunk NM, Lalonde J, Callaghan PJ. Implications for the use of postural analysis as a clinical diagnostic tool: reliability of quantifying upright standing spinal postures from photographic images. *J Manipulative Physiol Ther*. 2005;28(6):386-92.
20. Baraúna MA, Canto RST, Oliveira AS, Soares AB, Silva CDC, Cardoso FAG. Avaliação do equilíbrio estático do portador de diabetes mellitus pela biofotogrametria. *Diabetes Clínica*. 2003:57-62.
21. Baraúna MA, Duarte F, Sanchez HM, Canto RST, Malusá S, Campelo-Silva CD, et al. Avaliação do equilíbrio estático em indivíduos amputados de membros inferiores através da biofotogrametria computadorizada. *Rev Bras Fisioter*. 2006;10(1):83-90.
22. Ricieri DV, Rosário-Filho NA. Efetividade de um modelo fotogramétrico para a análise da mecânica respiratória toracoabdominal na avaliação de manobras de isovolume em crianças. *J Bras Pneumol*. 2009;35(2):144-50.
23. Ricieri DV, Rosário-Filho NA, Costa JR. Razão entre diâmetros torácicos para detecção de hiperinsuflação estática em crianças pela biofotogrametria. *J Pediatr (Rio J)*. 2008;84(5):410-5.
24. Ricieri DV. Biofotogrametria: A ciência e seus segredos. Análise cinemática angular dos movimentos. 2ª ed. Curitiba, PR: Inspirar; 2005.
25. Normand MC, Descarreaux M, Harrison DD, Harrison DE, Perron DL, Ferrantelli JR, et al. Three dimensional evaluation of posture in standing with the posture print: an intra- and inter-examiner reliability study. *Chiropr Osteopat*. 2007;15:15.
26. Wahlund K, List T, Dworkin SF. Temporomandibular disorders in children and adolescents: reliability of a questionnaire, clinical examination, and diagnosis. *J Orofac Pain*. 1998;12(1):42-51.
27. van Niekerk SM, Louw Q, Vaughan C, Grimmer-Somers K, Schreve K. Photographic measurement of upper-body sitting posture of highschool students: a reliability and validity study. *BMC Musculoskelet Disord*. 2008;9:113.
28. Hochman B, Castilho HT, Ferreira LM. Padronização fotográfica e morfométrica na fotogrametria computadorizada do nariz. *Acta Cir Bras*. 2002;17(4):258-66.
29. Paul JA, Douwes M. Two-dimensional photographic posture recording and rdescription: a validity study. *Appl Ergon*. 1993;24(2):83-90.
30. Machado AW, Souki BQ, Mazzeiro ST. Avaliação de diferentes resoluções de imagens digitais com finalidade ortodôntica. *Orthod Sci Pract*. 2010;3(12):320-4.
31. Vuolo JH. Fundamentos da teoria de erros. São Paulo: Ed Edgard Blücher Ltda; 1992.
32. Taylor RJ. An Introduction to error analysis: The study of uncertainties in physical measurements. 2ª ed. Sausalito: University Science Books; 1999.
33. ImageJ [homepage da internet]. Bethesda: National Institutes of Health; c1997. [atualizado em 17 nov 2004; acesso em 20 jan 2012]. Disponível em: <http://www.rsbl.info.nih.gov/ij>.
34. Fleiss JL, Levin B, Paink MC. Statistical methods for rates and proportions. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons; 2003.
35. Iunes DH, Bevilacqua-Grossi, Oliveira AS, Castro FA, Salgado HS. Análise comparativa entre avaliação postural visual e por fotogrametria computadorizada. *Rev Bras Fisioter*. 2009;13(4):308-15.