



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ALESSANDRA BEGGIATO PORTO

**QUANTIFICAÇÃO DA CIFOSE TORÁCICA E LORDOSE  
LOMBAR POR MEIO DE RADIOGRAFIA E  
FOTOGAMETRIA: VALIDADE, REPRODUTIBILIDADE,  
VALORES NORMATIVOS E PROCEDIMENTOS DE  
AVALIAÇÃO**

---

Londrina  
2016

ALESSANDRA BEGGIATO PORTO

**QUANTIFICAÇÃO DA CIFOSE TORÁCICA E LORDOSE  
LUMBAR POR MEIO DE RADIOGRAFIA E  
FOTOGAMETRIA: VALIDADE, REPRODUTIBILIDADE,  
VALORES NORMATIVOS E PROCEDIMENTOS DE  
AVALIAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em Educação Física associado à Universidade Estadual de Londrina e à Universidade Estadual de Maringá, como requisito à obtenção do título de Mestre em Educação Física.

Orientador: Prof. Dr. Victor Hugo Alves Okazaki

Londrina  
2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Porto, Alessandra Beggiato.

Quantificação da cifose torácica e lordose lombar por meio de radiografia e fotogrametria : validade, reprodutibilidade, valores normativos e procedimentos de avaliação / Alessandra Beggiato Porto. - Londrina, 2016.  
95 f. : il.

Orientador: Victor Hugo Alves Okazaki.

Dissertação (Mestrado em Educação Física) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências da Saúde, Programa de Pós-Graduação em Educação Física, 2016.  
Inclui bibliografia.

1. Fotogrametria - Teses. 2. Radiografia - Teses. 3. Distúrbios da postura - Teses. I. Okazaki, Victor Hugo Alves. II. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Educação Física. III. Título.

ALESSANDRA BEGGIATO PORTO

**QUANTIFICAÇÃO DA CIFOSE TORÁCICA E LORDOSE LOMBAR  
POR MEIO DE RADIOGRAFIA E FOTOGAMETRIA: VALIDADE,  
REPRODUTIBILIDADE, VALORES NORMATIVOS E  
PROCEDIMENTOS DE AVALIAÇÃO**

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em Educação Física associado à Universidade Estadual de Londrina e à Universidade Estadual de Maringá, como requisito à obtenção do título de Mestre em Educação Física.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Orientador: Prof. Dr. Victor Hugo Alves Okazaki  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dr. Abdallah Achour Junior  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Prof. Dra. Christiane de S. Guerino Macedo  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Londrina, 25 de maio de 2016.

## DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Jalde e Sonia, pelo exemplo e incentivo em buscar sempre o conhecimento e ao o meu filho, Pietro, pela paciência e pelo carinho durante essa jornada.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, que com seu amor, guiou meus caminhos, me deu sabedoria, paciência e fé para buscar meus objetivos.

Ao meu filho, Pietro, por estar comigo em todos os momentos, trazendo alegria para minha vida e me incentivar cada vez mais a buscar o melhor de mim.

Aos meus pais, Jalde e Sonia, por todo apoio e incentivo que recebi durante essa jornada. Por investirem na minha educação e incentivarem para que eu sempre busque aprender mais. Às minhas irmãs, Leandra e Andreza, que me apoiam e torcem por mim. Obrigada por acreditarem em mim, por me ajudarem imensamente a alcançar essa conquista.

Ao Túlio, por ter sido tão parceiro e tão companheiro, não somente nos estudos, mas na vida. Obrigada por me dar força nos momentos mais difíceis, por acreditar em mim e me apoiar.

Ao meu orientador, Victor Okazaki, por toda orientação e ensinamento. Pela oportunidade de fazer o mestrado e aprender cada dia mais com você e com o grupo.

Aos alunos da pós-graduação do NEMO, Leonardo Oliveira e Vitor Nascimento por todas as ajudas no trabalho, pela paciência em me ensinar e dividir seus conhecimentos comigo. Ao Anderson Guimarães pela amizade e parceria. Ao Robson, Bruno e Cris pela troca de conhecimento.

Aos alunos do PET, pelos momentos de diversão e aprendizagem. Em especial a Ana Flavia e o Rafael Assad pelas ajudas nas coletas.

Ao técnico da clínica Ecocardio, Helio Coutinho, pela grande ajuda na realização das radiografias, pela disposição em ajudar e paciência.

Ao Dr. José Eduardo Colla da Silva, por contribuir com as análises das radiografias e comprometimento em ajudar.

Aos membros da banca na qualificação, Prof. Dr. Jefferson Cardoso e Prof. Dr. André Rodacki por todas as considerações e contribuições no trabalho.

Aos membros da defesa, Prof. Dr. Abdallah Achour Júnior e Prof. Dra. Christiane de S. Guerino Macedo, por todas as ajudas e contribuições no momento de construção da dissertação.

Às minhas amigas Isabela Baccaro e Isabela Cristina, por todo apoio, conversas e momentos de descontração. Obrigada por acreditarem em mim e terem paciência nessa fase.

À CAPES pelo fomento com a bolsa de mestrado durante os 24 meses que permitiu a dedicação exclusiva ao desenvolvimento do projeto.

PORTO, Alessandra Beggiato. **Quantificação da cifose torácica e lordose lombar por meio de radiografia e fotogrametria: validade, reprodutibilidade, valores normativos e procedimentos de avaliação.** 95f. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2016.

## RESUMO

A radiografia e a fotogrametria são métodos de avaliação postural para quantificação dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar. No entanto, os procedimentos para realização desses métodos, os resultados das análises reprodutibilidade e os valores de referências não estão claros na literatura. Ainda, existe a necessidade da validação do método de fotogrametria. Com isso, os objetivos da presente dissertação foram: (a) realizar uma revisão de literatura abrangendo os temas de procedimento, reprodutibilidade e valores de referência da radiografia e fotogrametria na avaliação da cifose torácica e lordose lombar e (b) realizar a validação e reprodutibilidade do método de fotogrametria. Para isso, no estudo (a) foi realizada uma busca nas bases de dados *MEDLINE* e *LILACS*, com palavras-chave de relação com o estudo e após a análise de título e resumos, foram selecionados os artigos que seguiram os critérios de inclusão e exclusão definidos pelo autor. Para o estudo (b) foram realizadas radiografias e fotos em plano sagital e posição ortostática com marcadores de chumbos nos processos espinhosos das vértebras C7, T12 e L5 de 45 voluntários entre 18 e 35 anos. As radiografias foram analisadas por um médico especialista que realizou o cálculo da cifose torácica e lordose lombar no software *Horos* e por um segundo avaliador que realizou os cálculos dos ângulos no software *ImageJ*, ambos seguiram o método de Cobb. As radiografias também foram analisadas no software *SAPO*, calculando os mesmos ângulos a partir dos chumbos visíveis na radiografia. As fotos foram analisadas no *SAPO* e o cálculo dos ângulos foi realizado a partir dos marcadores. Para a validação da fotogrametria (estudo b) foi realizado o teste de normalidade de *Kolmogorov-Smirnov* e obtido o coeficiente de correlação de *Pearson* para verificar a relação entre as medidas dos diferentes métodos. Foi realizado o teste de Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) e *Bland & Altman* para verificar a reprodutibilidade das medidas intra-avaliadores de cada método. O estudo (a) demonstrou divergências no posicionamento dos braços e cálculo do ângulo para a radiografia e posicionamento da câmera, tripé e fio de prumo, utilização do software, resolução da foto, base de apoio e também cálculo do ângulo para fotogrametria. Tem sido verificado altos índices de reprodutibilidade inter e intra-avaliador, entretanto, existe a necessidade da utilização dos testes estatísticos adequados. Ainda, foi estabelecido valores normativos para a quantificação dos ângulos pelo método de radiografia, no entanto, não foi possível estabelecer valores normativos para a fotogrametria devido as discrepâncias nos procedimentos. Para o estudo (b) não foi possível validar a fotogrametria devido à moderada ( $r=0,55$  (lombar)) e fraca correlação ( $r=0,27$  (torácico)) entre os valores de fotogrametria e radiografia. Entretanto, a fotogrametria demonstrou altos índices de CCI no re-teste intra-avaliadores, demonstrando que o método pode ser usado como um complemento a avaliação postural e em casos de intervenção.

**Palavras-chave:** Radiografia. Fotogrametria. Avaliação. Valores de referência. Reprodutibilidade do teste. Validação do teste.

PORTO, Alessandra Beggiato. **Quantification of thoracic kyphosis and lumbar lordosis by radiography and photogrammetry methods: validity, reliability, normative values and assessment procedures.** 2016. 95p. Dissertation (Master Degree in Physical Education) - Londrina State University, Londrina. 2016.

## ABSTRACT

Radiography and photogrammetry are methods of postural assessment to quantify the thoracic kyphosis and lumbar lordosis angles. However, the procedures to carry out these methods, the results of reliability analysis and the reference values are not evident in the literature. Furthermore, it is necessary to validate the photogrammetry. Thereby, the objectives of this dissertation was: (a) conduct a literature review covering the subjects of procedures, reliability and reference values of radiography and photogrammetry on the thoracic kyphosis and lumbar lordosis assessment and (b) perform the validation and reliability of the photogrammetry method. For that, on study (a) a search on *MEDLINE* and *LILACS* database were performed with keywords related to the study and after the title and abstract analysis, studies that followed the inclusion and exclusion criteria defined by the author were selected. For the study (b) it was realized radiographies and photos of 45 individuals, aged 18 to 35 years, in sagittal plane in standing position with lead markers attached on the spinous processes of C7, T12 and L5 vertebrae. The radiographies were analyzed by a specialist doctor that performed the thoracic kyphosis and lumbar lordosis calculation on *Horos* software and by a second examiner that performed the same angles calculation on *ImageJ* software, both examiners followed the Cobb method. The radiographies were also analyzed on SAPO software, assessing the same angles from the lead visible through the radiography. The photos were analyzed on SAPO software and the same angles calculations were performed from the markers. To validate the photogrammetry (study b), the normality test of *Kolmogorov-Smirnov* were carried out and the Person's correlation coefficient were obtained to verify the relation between the measures from the different methods. The Intraclass Correlation Coefficient (ICC) and a Bland & Altman test were used to verify the intra rater reliability of each method. The study (a) showed divergences on the arm positioning and angle calculation for radiography and camera, tripod and plumb line positioning, software utilization, photo resolution, base of support and also the angle calculation for the photogrammetry method. High indices of inter and intra rater reliability has been found, however, the utilization of a suitable statistic test is necessary. Furthermore, normative values to quantify the thoracic and lumbar angles by radiography were established, however, it was not possible to establish normative values for photogrammetry due to the discrepancy in the procedures. For study (b), due to the moderate ( $r=0.53$  (lumbar)) and weak correlation ( $r=0.27$  (thoracic)) between the radiography and photogrammetry values, it was not possible to obtain the validation. However, the photogrammetry showed high ICC indices on the intra rater re-test, demonstrating that this method can be used as a complement on the postural assessment and in cases of intervention.

**Keywords:** Radiography. Photogrammetry. Evaluation. Reference values. Test reliability. Test validity.

## LISTA DE FIGURAS

### ESTUDO 1

Figura 1 - Fluxograma da busca de artigos .....	20
Figura 2 - Figura das frequências para cada região .....	38
Figura 3 - Cálculo de lordose lombar pelo método de Cobb.....	47
Figura 4 - Diferentes métodos de cálculo dos ângulos por fotogrametria.....	47
Figura 5 - Classificação do desvio da coluna torácica.....	57
Figura 6 - Classificação do desvio da coluna lombar .....	57
Figura 7 - Representação dos três parâmetros pélvicos. Painel 1: Inclinação Sacral. Painel 2: Inclinação Pélvica. Painel 3: Incidência Pélvica.....	58

### ESTUDO 2

Figura 1 - Representação do marcador cutâneo utilizado nos processos das vértebras C7, T12 e L5. ....	68
Figura 2 - Layout da sala de coletas. Painel A: Posicionamento do participante. Painel B: Disposição do tripé. Painel C: Disposição dos materiais na sala de coleta. ....	68
Figura 3 - Métodos do cálculo dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar .....	68
Figura 4 - Ângulos de Cobb torácico e lombar avaliados pelos métodos de fotogrametria e de radiografia. ....	73
Figura 5 - Proporção de discordância entre as análises do ângulo torácico.....	74
Figura 6 - Proporção de discordância entre as análises do ângulo lombar .....	74
Figura 7 - Demonstração do cálculo do ângulo de Cobb das retas traçadas a partir das bordas das vértebras de referência (azul) e dos marcadores (vermelho). Painel A: região torácica. Painel B: região lombar. ....	76

## LISTA DE TABELAS

### ESTUDO 1

Tabela 1 -	Procedimentos de avaliação por radiografia .....	24
Tabela 2 -	Procedimentos de avaliação por fotogrametria .....	26
Tabela 3 -	Estudos com reprodutibilidade inter e intra-avaliadores realizados por radiografia.....	30
Tabela 4 -	Estudos com reprodutibilidade inter e intra-avaliadores realizados por fotogrametria.....	30
Tabela 5 -	Valores de cifose torácica e lordose lombar de estudos com radiografia .....	34
Tabela 6 -	Valores de cifose torácica e lordose lombar de estudos com fotogrametria .....	36
Tabela 7 -	Valores de percentil 25, 50 e 75 dos estudos com mesmo método de cálculo de ângulo para radiografia .....	38

### ESTUDO 2

Tabela 1 -	Valores médios, desvio padrão e valores máximos e mínimos dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar para cada método analisado .....	70
Tabela 2 -	Reprodutibilidade intra-avaliadores das medidas dos ângulos torácico e lombar pelos quatro métodos analisados .....	71
Tabela 3 -	Análise do Coeficiente de correlação (r) e de determinação ( $R^2$ ) entre os métodos de avaliação para ângulo torácico e lombar .....	72

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>Introdução Geral .....</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>Estudo 1 – ESTUDO DE REVISÃO.....</b>	<b>15</b>
	RESUMO .....	15
	ABSTRACT .....	16
2.1	Introdução .....	17
2.2	Método .....	19
2.3	Resultados .....	20
2.3.1	Padronização dos procedimentos de avaliação postural .....	21
2.3.2	Reprodutibilidade inter e intra-avaliadores.....	29
2.3.3	Valores de referência para avaliação postural .....	31
2.4	Discussão .....	38
2.4.1	Padronização dos Procedimentos de Avaliação Postural.....	38
2.4.2	Reprodutibilidade inter e intra-avaliadores.....	48
2.4.3	Valores de Referência para Avaliação Postural.....	50
2.5	Conclusão .....	58
<b>3</b>	<b>ESTUDO 2 – ESTUDO EXPERIMENTAL .....</b>	<b>60</b>
	RESUMO .....	60
	ABSTRACT .....	61
3.1	Introdução .....	62
3.2	Método .....	64
3.2.1	Participantes .....	64
3.2.2	Procedimentos experimentais.....	65
3.2.3	Teste de Reprodutibilidade intra-avaliadores.....	69
3.2.4	Análise estatística .....	69
3.3	Resultados .....	70
3.4	Discussão .....	75
3.5	Conclusão .....	81

<b>4</b>	<b>Referências.....</b>	<b>81</b>
<b>5</b>	<b>APÊNDICE .....</b>	<b>92</b>
<b>6</b>	<b>ANEXO .....</b>	<b>95</b>

## 1. Introdução Geral

A postura pode ser definida como a manutenção da posição do corpo todo, ou parte dele (SOLBERG, 2005). A boa postura é considerada o estado em que há equilíbrio musculoesquelético, o qual protege as estruturas do corpo de lesões e de deformidades. Em contrapartida, a má postura é entendida como o desequilíbrio corporal, o qual aumentará a tensão sobre as estruturas de suporte (ACADEMY OF ORTHOPAEDIC SURGEONS, 1947). Segundo Kendall e colaboradores (2007), na postura ideal as estruturas e funções do corpo contribuem para sua manutenção, no entanto, o uso indevido das capacidades providas pelo corpo pode contribuir para o surgimento de problemas posturais. Esses problemas posturais são identificados por meio de avaliações posturais, dentre elas estão a radiografia e a fotogrametria.

A radiografia é o método considerado padrão ouro na avaliação postural (LEE *et al.*, 2013, VACARI *et al.*, 2013, SINGLA; VEQAR, 2014). Utilizada na detecção de alterações posturais, esse método possui um alto custo e expõe o paciente às radiações, os quais, quando são expostos em excesso, podem ser vítimas de cânceres, o que acaba não permitindo uma avaliação periódica da melhora ou piora do problema postural (SINGER *et al.*, 1990; LEVY *et al.*, 1996; DOODY *et al.*, 2000;). No entanto, a realização da fotogrametria seria uma boa alternativa para identificação de desvios posturais e para o acompanhamento dos indivíduos, por ser de baixo custo e de fácil aplicação (ZONNENBERG *et al.*, 1996; IUNES *et al.*, 2008). A fotogrametria é definida pela *American Society of Photogrammetry* como uma forma confiável de obtenção de informações sobre objetos físicos e o meio ambiente por meio de medição e interpretação de imagens fotográficas, também permite a extração das medidas do corpo humano (TOMMAZELLI *et al.*, 1999). Quando a imagem é analisada por programas de computador (fotogrametria computadorizada) é possível a quantificação de ângulos articulares e de distâncias dos segmentos observados (WATSON, 1998). No entanto, ambos os métodos apresentam divergências em seus procedimentos e valores normativos no que se trata da avaliação da cifose torácica e lordose lombar, que necessitam ser avaliados e melhor estabelecidos e ainda, alguns estudos mostraram que esses métodos podem não ter demonstrado reprodutibilidade.

As avaliações da curvatura da coluna em plano sagital realizada por meio da radiografia apresentam discrepâncias quanto a alguns procedimentos, como é o caso do posicionamento dos braços e o cálculo dos ângulos. Na realização da radiografia,

diferentes posicionamentos dos braços são relatados, como por exemplo, os braços estendidos à frente apoiados ou mão em um suporte (ROUSSOULY *et al.*, 2005; PINTO *et al.*, 2000) e braços cruzados com punhos ou mãos tocando a clavícula (ENDO *et al.*, 2012; PARK *et al.*, 2013; GHANDHARI *et al.*, 2013). No entanto, alguns autores relataram diferenças nas medidas dos ângulos da coluna quando a radiografia foi realizada com os braços a frente e cruzados no peito (ZAINA *et al.*, 2012; FARO *et al.*, 2004). Assim, é necessário verificar qual posição do braço tem proporcionado medidas mais fidedignas da curvatura da coluna vertebral.

O cálculo para determinação do ângulo de cifose torácica e lordose lombar pelo método de radiografia tem sido utilizado de diversas maneiras. Em sua maioria, o cálculo é realizado a partir do ângulo formado do encontro de duas retas traçadas a partir do bordo das vértebras estabelecidas para determinada região (RAN *et al.*, 2014; PLOUMIS *et al.*, 2009; JANG *et al.*, 2007). No entanto, ocorre uma divergência em relação a utilização da vértebra de referência entre os estudos. Ainda, alguns estudos relatam a realização do cálculo partir de arcos formados pela curvatura (MAC THIONG *et al.*, 2004; CHALÉAT-VALAYER *et al.*, 2011) ou do ponto em que ocorre a mudança de cifose para lordose (ponto de inflexão) (ROUSSOULY *et al.*, 2005; ARAÚJO *et al.*, 2014). Contudo, para que haja uma definição de valores referenciais de anormalidade para as análises por radiografia, seria necessária uma padronização dos cálculos dos ângulos que melhor estabeleça valores reais.

No caso das avaliações realizadas pelo método de fotogrametria, outros cuidados com os procedimentos devem ser analisados, tais como o posicionamento do indivíduo para a foto, a calibração do ambiente e a montagem do equipamento (altura do tripé, distância da câmera em relação ao avaliado, resolução das fotos, etc.) (WATSON, 1998). Ainda, o cálculo dos ângulos se apresentam de maneira diferente entre os estudos, o que não permite uma comparação entre os resultados e estabelecimento de valores referenciais de normalidade (VACARI *et al.*, 2013). Diante da divergência entre os processos metodológicos de realização da fotogrametria, é necessário estabelecer os procedimentos mais adequados para uma análise da postura mais confiável com a finalidade de auxiliar a comparação entre os estudos e a criação de valores referenciais de normalidade. A organização dos procedimentos para a avaliação também se faz necessária com a finalidade de amparar a reprodutibilidade de ambos métodos citados.

O teste de reprodutibilidade do método de avaliação é importante para saber se o instrumento/método utilizado para medida está apresentando valores confiáveis entre diferentes avaliadores ou entre diferentes medidas de um mesmo avaliador, o que pode, posteriormente, acarretar erros de medida (FONTOURA *et al.*, 2013; MORROW *et al.*, 2014). Alguns estudos procuraram analisar a reprodutibilidade da radiografia e da fotogrametria (KADO *et al.*, 2005; LEE *et al.*, 2013; PEZZAN *et al.*, 2011; IUNES *et al.*, 2005). No entanto, pouco se sabe se os resultados desses testes se mostraram reprodutíveis e se ocorreu a utilização correta dos testes estatísticos na análise desses dados. Assim, devido à falta de informações abrangendo os resultados de estudos já realizados com reprodutibilidade, se faz necessário elucidar se o método de radiografia e fotogrametria apresentam valores confiáveis em relação seus procedimentos metodológicos. Ainda, os valores referencias de normalidade para ambos os métodos não estão totalmente compreendidos.

A radiografia apresenta incoerência nos valores referenciados para designar normalidade de desvios da coluna vertebral. Roaf (1964) estabeleceu como valores normativos para cifose torácica, angulação entre  $20^{\circ}$  e  $40^{\circ}$ . Posteriormente, Fon e colaboradores (1980), após analisar 316 indivíduos, apresentou valores médios de cifose torácica entre  $20^{\circ}$  e  $30^{\circ}$  para indivíduos entre 2 a 49 anos e valores médios acima de  $40^{\circ}$  para indivíduos entre 70 e 79 anos. Para a lordose lombar, Yochum e Rowe (2005) estabeleceram valores entre  $50^{\circ}$  e  $60^{\circ}$ . Por outro lado, Fernand e Fox (1985) define como padrão de normalidade para essa mesma região uma angulação entre  $23^{\circ}$  e  $68^{\circ}$ . Em contrapartida, a fotogrametria apresenta ausência de valores referenciais de normalidade, o que acaba sendo uma limitação do método, o que faz com que a maioria de suas análises aconteçam de maneira descritiva (VACARI *et al.*, 2013). Diante disso, é necessário a existência de uma concordância entre os valores para um melhor diagnóstico e tratamento de desvios na coluna quando a avaliação é realizada pelo método de radiografia. Para as avaliações realizadas por fotogrametria, é necessário o desencadeamento de pesquisas que buscam estabelecer valores normativos de referência. Essa busca pode ser iniciada a partir da validação do método da fotogrametria.

A validação é uma forma de verificar se o teste mede o que foi destinado a medir. Desse modo, um teste ou instrumento normalmente é comparado com um outro teste considerado padrão ouro (FONTOURA *et al.*, 2013), nesse caso, a radiografia (LEE *et al.*, 2013; VACARI *et al.*, 2013; SINGLA; VEQAR, 2014). Como exemplo disso,

Gadotti e Magee (2013) analisaram as vértebras da coluna cervical posicionando nas vértebras C2, C4, C6 e C7, marcadores visíveis na radiografia. Assim, foi testada a precisão da colocação dos marcadores na pele pelo método de palpação e identificação dos processos ósseos vertebrais. A maior parte dos marcadores das radiografias de 39 mulheres saudáveis (87,8%) estavam colocados corretamente, sendo que o maior erro ocorreu na identificação da vértebra C7 (5,2%). No entanto, só foi calculado o erro da colocação e não o valor dos ângulos e ainda, a amostra foi composta somente de mulheres. Assim, não foram encontrados estudos que testaram a validade da palpação e a colocação dos marcadores em outras regiões da coluna (torácica e lombar, por exemplo) de homens e mulheres saudáveis e, ainda, que comparassem os valores dos ângulos entre os dois métodos. Apesar da fotogrametria apresentar-se como sendo um método de baixo custo, fácil aplicabilidade e alta precisão (IUNES *et al.*, 2005), ainda existe a necessidade de validação de suas medidas de ângulo torácico e lombar, com indivíduos sem desvios posturais e de ambos os gêneros.

A presente dissertação de mestrado está subdividida em dois capítulos, cada um composto por um estudo com objetivos específicos. O primeiro estudo é constituído por uma revisão de literatura abrangendo os seguintes objetivos: (a) analisar a padronização do método da fotogrametria e da radiografia para a avaliação de ângulos de cifose torácica e lordose lombar; (b) verificar a reprodutibilidade da fotogrametria e da radiografia; (c) buscar valores referenciais para os ângulos de cifose torácica e lordose lombar obtidos por meio da radiografia e fotogrametria. O segundo estudo de caráter experimental teve como objetivo testar a reprodutibilidade e validade do método de fotogrametria na quantificação da cifose torácica e lordose lombar.

## 2. Estudo 1- ESTUDO DE REVISÃO

PORTO, Alessandra Beggiato. **Análise dos Procedimentos de avaliação, reprodutibilidade e valores normativos da radiografia e da fotogrametria na quantificação dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar.** 2016. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2016.

### RESUMO

Existem diferentes maneiras de quantificar os ângulos de cifose torácica e lordose lombar em plano sagital, dentre os principais estão a radiografia e a fotogrametria. No entanto, os procedimentos para a avaliação de ambos os métodos, a reprodutibilidade e a existência de valores referenciais não estão muito claros na literatura. Diante disso, o objetivo do estudo foi realizar uma revisão de literatura sobre avaliação postural por radiografia e fotogrametria, com a finalidade de delinear os procedimentos de ambos os métodos, buscar informações sobre reprodutibilidade inter e intravaliadores e valores referenciais. Para isso, foram selecionados 40 artigos por meio de busca *on line* nas bases de dados *MEDLINE* e *LILACS*, com as seguintes palavras chaves: radiografia e postura, alinhamento postural, fotogrametria ou fotometria ou biofotogrametria e seus sinônimos em inglês. Os resultados demonstraram que os procedimentos relacionados à radiografia são divergentes no posicionamento dos braços e no cálculo dos ângulos torácicos e lombares. A fotogrametria apresenta diferenças em relação ao posicionamento da câmera, tripé e fio de prumo, posicionamento dos pés, cálculo do ângulo e utilização de software, resolução das fotos e uso de calçado. Os métodos se mostraram reprodutíveis na maioria dos estudos, no entanto, mais atenção deve ser dada ao teste estatístico utilizado. Foi possível definir valores referenciais para a radiografia a partir de estudos que apresentaram o mesmo procedimento de análise. No entanto, não foi possível estabelecer essa definição para a fotogrametria devido a discrepância nos procedimentos e método de cálculo do ângulo. Ainda, para a quantificação adequada dos ângulos da coluna é necessário considerar diversos fatores que envolve o indivíduo, tais como, idade, gênero, etnia e inclinação pélvica.

Palavras-chave: Avaliação. Valores referenciais. Reprodutibilidade do teste. Cifose. Lordose.

PORTO, Alessandra Beggiato. **Analysis of the evaluation procedures, normative values and reliability of radiograph and photogrammetry on the thoracic kyphosis and lumbar lordosis quantification.** 2016. Dissertation (Master Degree in Physical Education) – Londrina State University, Londrina.2016.

### ABSTRACT

The quantification of the thoracic kyphosis and lumbar lordosis can be assessed in different ways; among them are the radiography and photogrammetry. However, the assessment procedure for both methods, the reliability and the existence the reference values are not evident in the literature. Therefore, the objective of this study was to conduct a review literature about the postural assessment by radiography and photogrammetry, for the purpose of delineating the procedures for both methods, search for information about the inter and intra rater reliability and values of reference. For that, 40 studies were selected by online search on the *MEDLINE* and *LILACS* databases with the keywords radiograph and posture, postural alignment, photogrammetry or photometry or biophotogrammetry. The results showed that the procedures related to the radiograph are divergent in arm positioning and in the calculation of thoracic and lumbar angles. The photogrammetry showed differences in relation to the camera, tripod and plumb line positioning, feet positioning, angles calculation, software utilization and use of footwear. The methods proved to be reliable in most studies; however, the statistics methods need more attention. It was possible to define referential values for radiography from studies that presented the same analysis. However, it was not possible to settle values of reference for photogrammetry, due to the discrepancy of the procedures and angles calculation. Furthermore, it is necessary to consider many factors that involve the individual for a proper quantification of the spine angles, such as age, gender, ethnicity and pelvic inclination.

Keywords: Evaluation. Reference values. Test reliability. Kyphosis. Lordosis.

## 2.1. Introdução

Radiografia e fotogrametria são métodos de avaliação postural que possibilitam a quantificação dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar no plano sagital (IUNES *et al.*, 2005; PEZZAN *et al.*, 2011; LEROUX *et al.*, 2000; RAN *et al.*, 2014). A radiografia, considerada padrão ouro na avaliação postural, quantifica os ângulos da coluna por meio de cálculos realizados pelas vértebras visíveis através do raio X (DE CARVALHO *et al.*, 2010; VACARI *et al.*, 2013). Em contrapartida, a fotogrametria permite a quantificação dos ângulos da coluna por meio de análise de imagens fotográficas e utilização de softwares (SACCO *et al.*, 2007; TOMMAZELLI *et al.*, 1999), sem expor o avaliado à radiação como ocorre na análise por meio da radiografia (SINGLA; VAQAR, 2014; LEVY *et al.*, 1995; DOODY *et al.*, 2000). Entretanto, para uma adequada quantificação dos ângulos, é necessário seguir um determinado procedimento metodológico de realização e análise das imagens para ambos os métodos. No entanto, a literatura tem mostrado divergências nesses procedimentos de análise dos ângulos da coluna vertebral.

O posicionamento do corpo no momento da realização das imagens pode influenciar as medidas (ZAINA *et al.*, 2012; MOTA *et al.*, 2014). Em uma avaliação radiográfica de perfil em posição neutra, a visibilidade das vértebras sofrem influência da sobreposição dos ossos dos braços, assim, os braços têm sido posicionados de diferentes maneiras (BEEN; KALICHMAN, 2014). Nesse sentido, Faro e colaboradores (2004) demonstraram diferença de até  $\bar{X}=5^\circ$  ( $DP=9$ ) na região torácica em radiografias com diferentes posicionamentos dos braços. Ainda, nota-se que diferentes abordagens de cálculo dos ângulos e distintas vértebras de referência tem sido realizada na avaliação da curvatura da coluna em ambos os métodos. Contudo, para a realização da fotogrametria outros cuidados metodológicos são necessários, tais como, altura do tripé, distância da câmera e do sujeito e nitidez das fotos (WATSON, 1998). Assim, se faz necessário a revisão desses estudos para identificar possíveis divergências de procedimento e definir uma melhor padronização desses procedimentos de análise dos ângulos em questão. Tais discrepâncias nos procedimentos de cada método citado dificultam a comparação dos resultados e a criação de valores normativos.

Estudos realizados com a radiografia mostraram diferenças entre os valores estabelecidos para normalidade dos desvios. Yochum e Rowe (2005) estabeleceram

para lordose lombar valores que estiverem entre 50° e 60°. No entanto, para Fernand e Fox (1985), o padrão de normalidade para essa mesma região estaria entre 23° e 68°. Para a região torácica, Roaf (1960) define como padrão de normalidade valores entre 20° e 40°. Fon e colaboradores (1980), analisaram 316 indivíduos com idade entre 2 e 79 anos, e a média dos valores para a região torácica foi de 20° para crianças de 2 a 9 anos e 30° para adultos de 40 a 49 anos. No caso da fotogrametria, não existem definições de valores angulares que poderiam servir de referência para esse tipo de avaliação (VACARI *et al.*, 2013), o que pode ocorrer devido aos diferentes procedimentos aplicados na avaliação postural. Assim, a divergência dos valores referenciais para a radiografia e a ausência de valores para a fotogrametria não contribui para um diagnóstico correto de desvios, havendo a necessidade de um consenso sobre as medidas.

Por fim, alguns estudos buscaram analisar a reprodutibilidade dos métodos, no entanto, pouco se sabe se, em sua maioria, se mostraram reprodutíveis, tanto nas avaliações inter quanto intra examinadores. Esse tipo de avaliação é importante para saber se o instrumento/método utilizado para medida está apresentando valores confiáveis entre diferentes avaliadores ou entre diferentes medidas de um mesmo avaliador, o que pode, posteriormente, acarretar erros de medida (FONTOURA *et al.*, 2013; MORROW *et al.*, 2014). Ainda, segundo Dunk e colaboradores (2014), poucos estudos procuram investigar a reprodutibilidade entre os indivíduos da amostra. No caso da fotogrametria, saber se o método é confiável é ainda mais importante, uma vez que os marcadores são afixados a pele, em pontos anatômicos encontrados pelo método de palpação, a experiência do avaliador e processo de palpação podem levar a erros de medidas, assim como apresentar diferentes medidas entre uma avaliação e outra do mesmo indivíduo.

Diante das informações acima expostas, esse estudo teve como objetivo realizar uma revisão de literatura a respeito da avaliação postural por meio de fotogrametria e de radiografia, com a finalidade de delinear alguns procedimentos para a realização dos testes, buscar informações sobre a reprodutibilidade inter e intra-avaliadores e ainda definir valores referenciais de ambos os métodos. As hipóteses levantadas foram que: (H1) haverá discrepância entre os procedimentos de análise dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar em ambos os métodos, (H2) que será possível delinear procedimentos de análises dos ângulos para ambos os métodos e

(H3) será possível a obtenção de informações a respeito da reprodutibilidade inter e intra-avaliadores e a definição de valores normativos para ambos os métodos.

## 2.2. Método

Primeiramente foram selecionados artigos em bancos de dados por meio de palavras-chave pré-estabelecidas. Após a seleção dos artigos pelo título, foi realizada a leitura dos resumos e, por fim, a leitura na íntegra dos artigos. Assim, foram mantidos dentro da revisão, os artigos que apresentaram os critérios de inclusão que estavam de acordo com o estudo.

Os artigos que fizeram parte da pesquisa foram selecionados por meio de busca *on line* nas bases de dados da *LILACS* e da *MEDLINE* no período compreendido entre 2000 e 2015. As buscas foram realizadas no período de novembro de 2014 a fevereiro de 2015. Para direcionar a seleção dos artigos foram utilizadas as seguintes palavras-chave (em inglês e em português), a saber: “radiografia e postura” (radiograph and posture), “alinhamento postural” (postural alignment), “fotogrametria ou fotometria ou biofotogrametria” (photogrammetry or photometry or biophotogrammetry).

Na análise dos títulos dos trabalhos, foram selecionados artigos que apresentaram relação com as temáticas de coluna, de alinhamento postural e de desvios posturais, além de estarem dentro do contexto de radiografia e de fotogrametria da coluna.

Para a leitura dos resumos foram adotados os seguintes critérios de exclusão: (a) artigo que não tratava de radiografia ou fotogrametria; (b) a amostra composta por pacientes com doenças metabólicas; (c) algum tipo de câncer ou passaram por processos cirúrgicos de colocação de próteses em alguma área da coluna; (d) artigos de odontologia, controle postural ou de amplitude de movimento e (e) artigos de revisão, metanálise e/ou estudo de caso. Foram incluídos os artigos relacionados às investigações sobre coluna vertebral e que apresentassem dados radiográficos ou fotogramétricos. Artigos que analisaram intervenção cirúrgica de redução de mama e gestantes também foram incluídos, desde que apresentassem a descrição dos procedimentos e/ou valores dos ângulos de desvios posturais.

Por fim, na leitura na íntegra dos artigos foram excluídos os artigos que não apresentaram nenhum dos itens a seguir: (a) procedimentos utilizados de radiografia

ou de fotogrametria, (b) valores dos ângulos da coluna obtidos por meio desses testes e (c) algum teste de reprodutibilidade e/ou de confiabilidade de um dos métodos citados. Os artigos que tratassem de avaliação postural por um dos métodos em que os pacientes tivessem escoliose também foram incluídos, mas seus valores de angulação foram descartados, pois foi priorizado artigos com população sem desvios e assintomáticas. Em todos os artigos selecionados, a radiografia ou a fotogrametria foram realizadas em plano sagital e com dados em posição ortostática.

Com a finalidade de estabelecer valores normativos para cifose torácica e lordose lombar de ambos os métodos, foi gerado no software *Matlab (MathWorks, R2012a)* números aleatórios a partir da amostra, médias e desvios padrões de cada estudo individualmente. Assim, a partir desses valores simulados, foram obtidas as frequências (mediana, primeiro e terceiro quartis) no *SPSS 20.0*

### 2.3. Resultados

A busca, com base nas palavras-chave selecionadas, resultou em 4.369 artigos. Destes, após a análise dos títulos dos trabalhos, foram selecionados 187 artigos. Entretanto, desses 187 artigos, 38 não foram encontrados nas buscas ou não estavam com acesso disponível. A leitura dos resumos, resultou na seleção de 89 artigos. Após a leitura nos artigos na íntegra, a amostra final foi composta por 40 artigos, sendo 23 de radiografia e 17 de fotogrametria. A Figura 1, esquematiza o delineamento utilizado para a seleção dos artigos juntamente com o número de artigos selecionados/excluídos em cada etapa de busca.

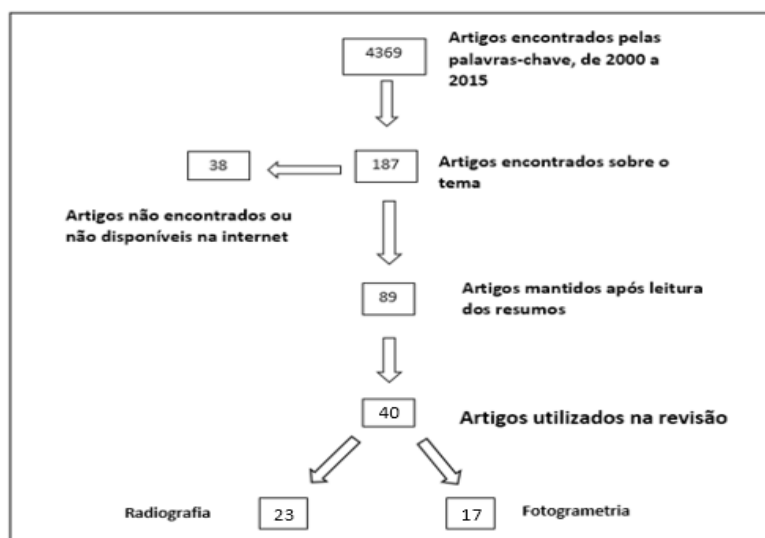


Figura 1: Fluxograma da busca de artigos.

### 2.3.1. Padronização dos procedimentos de avaliação postural

Dos 23 artigos selecionados no estudo sobre radiografia, 22 deles apresentaram os procedimentos e cuidados necessários no momento da radiografia para o cálculo dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar (Tabela 1).

O posicionamento dos braços foi realizado de maneiras diferentes nos estudos. Dentre eles estão: levemente frente ao corpo (LEROUX *et al.*, 2000), mãos em suporte à frente (ROUSSOULY *et al.*, 2005; HARRISON *et al.*, 2002; DE CARVALHO *et al.*, 2010; BOULAY *et al.*, 2006), braços flexionados a frente em diferentes angulações (JANG *et al.*, 2007; KARRASLAM *et al.*, 2001; PINTO *et al.*, 2000; GHANDIHARI *et al.*, 2013), mãos delicadamente entrelaçadas frente ao tronco (ENDO *et al.*, 2012), braços cruzados no peito (PARK *et al.*, 2013; LEE *et al.*, 2014). Entretanto, alguns estudos não mencionaram o posicionamento dos braços (RAN *et al.*, 2014; PLOUMIS *et al.*, 2009; FINDKCIOGLU *et al.*, 2013; ARAÚJO *et al.*, 2014; MAC THIONG *et al.*, 2004; MAC THIONG *et al.*, 2003; SOUZA *et al.*, 2008; GONÇALVES; PEREIRA, 2008; CHALEAT-VALAYER *et al.*, 2011) e Faro e colaboradores (2004) compararam os ângulos de cifose torácica e lordose lombar com os braços flexionados com punhos nas clavículas e braços flexionados a frente em 45° e cotovelos estendidos.

Os ângulos de cifose torácica e de lordose lombar foram obtidos por tipos diferentes de procedimentos e cálculo. A maioria das análises da região torácica foi realizada a partir da reta paralela traçada da borda superior da vértebra T1 e inferior de T12 (PLOUMIS *et al.*, 2009; HARRISON *et al.*, 2002; FINDKCIOGLU *et al.*, 2013; PARK *et al.*, 2013; KARAASLAM *et al.*, 2013; GHANDIHARI *et al.*, 2013). Para os ângulos lombares, grande parte das análises foram realizadas pela linha paralela traçada a partir da borda superior da L1 e superior da S1 (RAN *et al.*, 2014; PLOUMIS *et al.*, 2009; FINDKCIOGLU *et al.*, 2013; JANG *et al.*, 2007; DE CARVALHO *et al.*, 2010; PARK *et al.*, 2013; LEE *et al.*, 2014; KARAASLAM *et al.*, 2013; GONÇALVES; PEREIRA, 2008; PINTO *et al.*, 2000). No entanto, apesar do cálculo do ângulo ter sido definido a partir de diferentes vértebras, 12 estudos relataram a utilização do ângulo de Cobb para cálculo dos ângulos.

Os procedimentos adotados para a realização da fotogrametria e para o cálculo dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar foram descritos na tabela 2. Dentre os 17 artigos selecionados sobre fotogrametria, 16 relataram como foi o procedimento

na realização das fotos, todos em plano sagital e posição ortostática. Assim, a distância entre a câmera e o avaliado foi de 2,40 metros a 3 metros entre a maioria dos estudos. A altura do tripé ficou foi de 0,63 m a 1,20, entre os estudos, sendo que dois estudos definiram a altura do tripé como a metade da altura do participante (SAAD *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2012).

Outro procedimento analisado entre os artigos que se distinguiram entre si, foi a demarcação das vértebras para o cálculo dos ângulos e a maneira como foram calculados esses ângulos. Sete artigos utilizaram o método proposto por Iunes e colaboradores (PEZZAN *et al.*, 2011; IUNES *et al.*, 2009; LIMA *et al.*, 2011; IUNES *et al.*, 2010; IUNES *et al.*, 2005; MORAIS *et al.*, 2012; IUNES *et al.*, 2008) em que são demarcadas as vértebras C4, C7, T7, T12, L3 e L5 e o cálculo para a cifose torácica foi realizada por meio do ângulo formado pela intersecção da reta que une o processo espinhoso de C7 ao prolongamento horizontal de T7 no fio de prumo e a reta que une T12 ao prolongamento horizontal de T7 ao fio de prumo. O ângulo da lordose lombar foi calculado por meio do ângulo formado pela intersecção da reta que une o processo espinho de T12 ao prolongamento horizontal de L3 no fio de prumo e a reta que une L5 ao prolongamento horizontal de L3 ao fio de prumo. Ainda, nesses sete artigos, foi relatado a utilização de um dispositivo entre os pés de 7,5 cm. Três artigos calcularam os ângulos de cifose torácica e lordose lombar seguindo o método de Cobb (RODRIGUES *et al.*, 2009; GRAUP *et al.*, 2010; FERREIRA *et al.*, 2011) e três artigos quantificaram os ângulos a partir da convexidade e concavidade da coluna (SAAD *et al.*, 2012; DONHERT; TOMASI, 2008; PENHA *et al.*, 2009). Somente um artigo apresentou valores em centímetros (BASSO *et al.*, 2010).

Foi verificada a utilização de diferentes softwares para o cálculo dos ângulos, a saber: ALCimagem (IUNES *et al.*, 2011; IUNES *et al.*, 2010; IUNES *et al.*, 2005; IUNES *et al.*, 2008), SAPO (PEZZAN *et al.*, 2011; LIMA *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2012; MORAIS *et al.*, 2012; FERREIRA *et al.*, 2011; BASSO *et al.*, 2010), CorelDraw (SAAD *et al.*, 2012; DOHNERT; TOMASI, 2008; PENHA *et al.*, 2009), AutoCad (RODRIGUES *et al.*, 2009) e PeakMotion (SMITH *et al.*, 2008), um estudo não relatou o software utilizado (GRAUP *et al.*, 2010). Cinco estudos relataram as resoluções da foto na avaliação (LIMA *et al.*, 2011; IUNES *et al.*, 2005; MORAIS *et al.*, 2012; DOHNERT; TOMASI, 2008; IUNES *et al.*, 2008). O estudo de Rodrigues e colaboradores (2009) relatou o uso do fio de prumo em frente ao avaliado. No entanto, oito estudos posicionaram o fio de prumo lateralmente ao corpo do sujeito (PEZZAN *et al.*, 2011;

IUNES *et al.*, 2009; LIMA *et al.*, 2011; IUNES *et al.*, 2010; SANTOS *et al.*, 2012; IUNES *et al.*, 2005; MORAIS *et al.*, 2012; IUNES *et al.*, 2008).

Tabela 1: Procedimentos de avaliação por radiografia

<b>Autores, ano</b>	<b>Procedimento</b>	<b>Cálculo da cifose torácica</b>	<b>Cálculo da lordose lombar</b>
Leroux <i>et al.</i> , 2000 "Esvoliose Idiopática"	Pés em suporte, braços posicionados levemente frente ao tronco.	Borda superior da vértebra T2 e inferior da T12. Ângulo de Cobb	Borda inferior da vértebra T12 e inferior da L5. Ângulo de Cobb.
Roussouly <i>et al.</i> , 2005	Posição confortável, joelhos em extensão, mãos apoiadas em um suporte a frente ligado a uma base de suporte aos pés	Borda superior da vértebra T1 e ponto de inflexão*	Ponto de inflexão* e borda superior da vértebra S1
Ran <i>et al.</i> , 2014	Sem informação	Borda superior da vértebra T5 e inferior de T12. Ângulo de Cobb	Borda superior da vértebra L1 e superior da S1. Ângulo de Cobb
Ploumis <i>et al.</i> , 2009 "Esvoliose"	Sem informação	Borda superior da vértebra T1 e inferior da T12. Ângulo de Cobb.	Borda superior da vértebra L1 e superior da S1. Ângulo de Cobb.
Faro <i>et al.</i> , 2004 "Esvoliose"	Quadril e joelhos completamente estendidos. 2 condições: (1) Braços Flexionados a frente com ombros a 45° e cotovelos completamente estendidos; (2) Punhos nas clavículas.	Análise segmentada: T2-T12; T5-T12; T10-L2; L1-sacro	
Harrison <i>et al.</i> , 2002	Sem informação	Borda inferior da vértebra T1 e superior da T12 e T2 a T11. Ângulo de Cobb.	Borda inferior da vértebra T12 e superior da S1. Ângulo de Cobb.
Findkcioglu <i>et al.</i> , 2013	Desalço	Borda superior da vértebra T1 e inferior da T12. Ângulo de Cobb	Borda superior da L1 e superior da S1. Ângulo de Cobb.
Araújo <i>et al.</i> , 2014	Flexão anterior de ombros a 60° e quadril e joelhos estendidos	Borda superior da vértebra T5 e inferior da T12. Ângulo de Cobb.	Ponto de inflexão
Jang <i>et al.</i> , 2007			Borda superior da vértebra L1 e superior da S1. Ângulo de Cobb.
De Carvalho <i>et al.</i> , 2010	Braços apoiados em um suporte a frente		Borda superior da vértebra L1 e superior da S1
Mac Thiong <i>et al.</i> , 2004	Posição confortável e joelhos totalmente estendidos	Ângulos contidos nos arcos de círculos usados para modelar o segmento torácico e lombar	

Tabela 1: Procedimentos de avaliação por radiografia - continuação

<b>Autores, ano</b>	<b>Procedimento</b>	<b>Cálculo da cifose torácica</b>	<b>Cálculo da lordose lombar</b>
Endo <i>et al.</i> , 2012	Mãos delicadamente cruzadas em frente ao tronco		Borda superior da vértebra L1 e superior da L5
Mac Thiong <i>et al.</i> , 2003	Sem informação	Borda superior da vértebra T4 e inferior a T12. Ângulo de Cobb.	Borda superior da vértebra L1 e inferior a L5. Ângulo de Cobb
Park <i>et al.</i> , 2013	Cabeça relaxada, olhando a frente e com os braços cruzados no peito.	Borda superior da vértebra T1 e inferior de T12. Ângulo de Cobb.	Borda superior de L1 e superior de S1. Ângulo de Cobb.
Lee <i>et al.</i> , 2014	Braços cruzados, olhando a frente (15° para cima) e quadril e joelhos estendidos		Lordose lombar: borda superior da vértebra L1 e superior de S1. Ângulo de Cobb.
Karaaslam <i>et al.</i> , 2013	Posição relaxada e sem calçados	Borda superior da vértebra T1 e inferior da T12. Ângulo de Cobb.	Borda superior da vértebra L1 e superior da S1. Ângulo de Cobb.
Souza <i>et al.</i> , 2008	Perfil direito, olhar horizontal, joelhos estendidos e pés paralelos		Borda inferior a vértebra T12 e superior a S1. Ângulo de Cobb.
Gonçalves; Pereira, 2008	Pés alinhados, joelhos estendidos, de carga de peso igual em membros inferiores, horizontalidade dos olhos e perfil direito		Borda superior da vértebra L1 e inferior a L5 (LOMBO LOMBAR). Borda superior de L1 e superior de S1 (LOMBO SACRA). Ângulo de Cobb.
Pinto <i>et al.</i> , 2000	Perfil direito, posição confortável, descalços, membros superiores elevado a frente na altura dos ombros		Borda superior da vértebra L1 e superior da S1. Ângulo de Cobb
Gandhari <i>et al.</i> , 2013	Lado direito, posição relaxada, ombros flexionados a 90° e cotovelos completamente flexionados (dedos tocavam ombros)	Borda superior da vértebra T1 e inferior da T12	Borda superior da vértebra L1 e inferior da L5.
Bouley <i>et al.</i> , 2006	Braços a frente horizontalmente apoiado em um suporte	Ângulo medido entre as vértebras mais inclinada a frente no plano sagital.	Ângulo medido entre as vértebras mais inclinadas para trás no plano sagital.
Chaléat-Valayer <i>et al.</i> , 2011	Radiografia lateral esquerda	Ângulos contidos nos arcos de círculos usados para modelar o segmento torácico e lombar	

Tabela 2: Procedimento de avaliação por fotogrametria

Autor, ano	Procedimentos					Cálculo da cifose torácica	Cálculo da lordose lombar
	Distância da Câmera	Altura do tripé	Base nos pés	Fio de prumo	Resolução da câmera		
Pezzan <i>et al.</i> , 2011	2,40 m	1 m	Dispositivo de 7,5 cm entre os pés	Ao lado	8.1 mega pixel	SAPO	Ângulo formado pela interseção da reta que une o processo espinhoso de T12 ao prolongamento horizontal de L3 no fio de prumo e a reta que une L5 ao prolongamento horizontal de L3 ao fio de prumo.
Saad <i>et al.</i> , 2012		Metade da altura do sujeito	Em pé, em uma base de 12cm	Simetógrafo atrás do sujeito	7.2 mega pixel	Corel Draw	Ângulo formado entre os pontos da maior concavidade da coluna cervical e lombar e o ponto de maior convexidade da coluna torácica.
lunes <i>et al.</i> , 2009	2,40 m	1 m	Dispositivo de 7,5 cm entre os pés	Paralelo ao sujeito		ALCimagem	Ângulo formado pela interseção da reta que une o processo espinhoso de C7 ao prolongamento horizontal de T7 no fio de prumo e a reta que une T12 ao prolongamento horizontal de T7 ao fio de prumo.
Lima <i>et al.</i> , 2011	2,85 m	1 m	Dispositivo de 7,5 cm entre os pés	Ao lado do sujeito	7.1 mega pixel 3072x2304	SAPO	Ângulo formado pela interseção da reta que une o processo espinhoso de C7 ao prolongamento horizontal de T7 no fio de prumo e a reta que une T12 ao prolongamento horizontal de T7 ao fio de prumo.
Donhert; Tomasi, 2008	2,40	0,85	Chão marcado com um "X"		2592x1944	Corel Draw	Cálculo do ângulo pelo vértice externo do ápice lordose cervical e ápice cifose dorsal.

Tabela 2: Procedimento de avaliação por fotogrametria - continuação

Autor, ano	Procedimentos					Cálculo de cifose torácica	Cálculo de lordose lombar	
	Distância da Câmera	Altura do tripé	Base nos pés	Fio de prumo	Resolução da câmera			Software
<i>lunes et al., 2010</i>	2,40 m	1 m	Dispositivo de 7,5 cm entre os pés	Ao lado do sujeito	5.1 megapixel	ALCimagem	Ângulo formado pela intersecção da reta que une o processo espinhoso de C7 ao prolongamento horizontal de T7 no fio de prumo e a reta que une T12 ao prolongamento horizontal de T7 ao fio de prumo.	Ângulo formado pela intersecção da reta que une o processo espinhoso de T12 ao prolongamento horizontal de L3 no fio de prumo e a reta que une L5 ao prolongamento horizontal de L3 ao fio de prumo.
<i>Rodrigues et al., 2009</i>	2,86 m	0,75 m		Em frente, com simetógrafo em frente.		AutoCad	Ângulo calculado pela intersecção das duas retas traçadas paralelamente aos marcadores	
<i>Santos et al., 2012</i>	3 m	Metade da altura do sujeito		De um metro, do lado direito	6.0 megapixels	SAPO	Ângulo formado pelo acrómio e o ponto médio entre o mamilo e a última costela, tendo como vértice o ângulo inferior da escápula.	Ângulo formado pela intersecção da reta traçada paralela ao solo e tangente ao trocânter maior do fêmur e a reta adjacente ao sacro.
<i>lunes et al., 2005</i>	2,40 m	1 m	Dispositivo de 7,5 cm entre os pés	Ao lado do sujeito	1600x1200 pixels	ALCimagem	Ângulo formado pela intersecção da reta que une o processo espinhoso de C7 ao prolongamento horizontal de T7 no fio de prumo e a reta que une T12 ao prolongamento horizontal de T7 ao fio de prumo.	Ângulo formado pela intersecção da reta que une o processo espinhoso de T12 ao prolongamento horizontal de L3 no fio de prumo e a reta que une L5 ao prolongamento horizontal de L3 ao fio de prumo.
<i>Graup et al., 2010</i>	3 m	1,20 m		presente	7.1 megapixel 3072x2304	Não mencionado		Ângulo formado pela intersecção do prolongamento das hastes dos marcadores sobre os processos vertebrais T12 e L5
<i>Smith et al., 2008</i>						PeakMotion	Ângulo formado a partir de uma reta traçada dos marcadores da C7, T12 e trocânter maior do fêmur	Ângulo formado a partir de uma reta traçada dos marcadores da T12, EIAS e trocânter maior do fêmur

Tabela 2: Procedimento de avaliação por fotogrametria - continuação

Autor, ano	Procedimentos						Cálculo de cifose torácica	Cálculo de lordose lombar
	Distância da câmera	Altura do tripé	Base nos pés	Fio de prumo	Resolução da câmera	Software		
Morais <i>et al.</i> , 2012	2,40 m	1 m	Dispositivo de 7,5 cm entre os pés	Paralelo ao sujeito	7.2 megapixel 3072x2304	SAPO	Ângulo formado pela interseção entre as linhas dos processos C7 e T12 no ponto de convergência com a extensão horizontal de T7. (IUNES <i>et al.</i> , 2008)	Ângulo formado pela interseção entre as linhas dos processos de T12 e L5 no ponto de convergência com a extensão horizontal de L3. (IUNES <i>et al.</i> , 2008)
Penha <i>et al.</i> , 2009	2,40 m	1 m	Base de suporte de madeira	Calibrado com as dimensões da base de madeira. Simétrico em frente ao sujeito	4.1 megapixels	Corel Draw	Ângulo da curvatura côncava entre a cervical superior e a lombar, o vértex foi a curvatura da maior convexidade.	Ângulo da curvatura convexa entre as regiões torácica superior e glútea e o vértex era a maior curvatura lombar côncava.
Ferreira <i>et al.</i> , 2011	1,95	0,63	Tapeta com a marcação dos pés			SAPO	Cálculo pelas coordenadas "X" e "Y" como entrada na trigonometria, a partir das vértebras T2 e T12. Leroux, 2000.	Cálculo pelas coordenadas "X" e "Y" como entrada em trigonometria a partir das vértebras T9 e S1. Leroux, 2000.
Iunes <i>et al.</i> , 2008	2,40 m	1 m	Dispositivo de 7,5 cm entre os pés	Paralelo ao sujeito	1600x1200 pixels	ALCimagem	Ângulo formado pela interseção da reta que une o processo espinhoso de C7 ao prolongamento horizontal de T7 no fio de prumo e a reta que une T12 ao prolongamento horizontal de T7 ao fio de prumo.	Ângulo formado pela interseção da reta que une o processo espinhoso de T12 ao prolongamento horizontal de L3 no fio de prumo e a reta que une L5 ao prolongamento horizontal de L3 ao fio de prumo.
Basso <i>et al.</i> , 2010	3 m	1 m		presente	4.1 megapixel	SAPO		A curva foi realizada por meio de um traçado a partir do plano vertical que tangenciava a região proeminente da cifose torácica (em cm).

### 2.3.2. Reprodutibilidade inter e intra-avaliadores

Na tabela 3 foram expressos os artigos com testes de reprodutibilidade das medidas dos exames de radiografia. Dos 40 artigos selecionados para a revisão, seis deles continham testes de reprodutibilidade inter e intra-avaliadores relacionados a radiografia (KADO *et al.*, 2006; DE CARVALHO *et al.*, 2010; LEE *et al.*, 2013; PARK *et al.*, 2013; LEE *et al.*, 2014; BOULAY *et al.*, 2006). Desses seis artigos, quatro utilizaram o teste de Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) (KADO *et al.*, 2006; LEE *et al.*, 2013; PARK *et al.*, 2013; LEE *et al.*, 2014), um deles trabalhou com a diferença entre as médias, utilizando o teste de *Bland & Altman* e teste *t*-pareado para identificar as diferenças (DE CARVALHO *et al.*, 2010) e um trabalhou com a comparação dos resultados e sua significância, utilizando o teste de Correlação de *Pearson* (BOULAY *et al.*, 2006). Nos estudos sobre fotogrametria somente quatro artigos buscavam a reprodutibilidade do método (PEZZAN *et al.*, 2011; SAAD *et al.*, 2009; SAAD *et al.*, 2012; IUNES *et al.*, 2005), dentre eles, três utilizaram o CCI (PEZZAN *et al.*, 2011, SAAD *et al.*, 2012; IUNES *et al.*, 2005) e um correlação de *Pearson* (SAAD *et al.*, 2009) (Tabela 4). Os artigos selecionados verificaram a reprodutibilidade entre dois ou mais avaliadores e suas medidas em diferentes ocasiões da radiografia e da fotogrametria somente, não comparando entre si ou com outro método.

Uma diferença notável de um estudo para outro é o tempo entre uma avaliação e outra. O estudo de Kado e colaboradores (2006), realizou apenas avaliação intra observador e o re-teste foi feito três meses após a primeira avaliação, em 20 radiografias escolhidas aleatoriamente. Em contrapartida o estudo de Lee e colaboradores (2013), realizou o re-teste após duas semanas, com 20 radiografias escolhidas aleatoriamente. O estudo de Park e colaboradores (2013), realizou as análises com um mês de diferença entre uma e outra. Já o estudo de Boulay e colaboradores (2006), o qual verificou a diferença entre as medidas utilizou de três observadores, os quais analisaram duas radiografias, cinco vezes. No caso da fotogrametria, o estudo de Pezzan e colaboradores (2011) realizou a reprodutibilidade interavaliadores com dois avaliadores examinando em um mesmo dia, e a análise das fotos por um dos avaliadores (reprodutibilidade intra-avaliadores) foi repetida após uma semana. O estudo de Saad e colaboradores (2009) realizou as avaliações dois dias diferentes, o primeiro dia foi realizado por dois avaliadores e no segundo (15 dias

depois) somente por um, no entanto, foram realizados todo o procedimento de obtenção das imagens e palpação nos dois dias.

Tabela 3: Estudos com reprodutibilidade inter e intra-avaliadores realizados por radiografia

Autor, ano	Reprodutibilidade interavaliadores	Reprodutibilidade intra-avaliadores	Teste estatístico
Kado <i>et al.</i> , 2005 (Posição supina)		Ângulo de Cobb – manual = 0,99 Ângulo de Cobb – digital = 0,98 Intervalo de 3 meses	CCI
De Carvalho <i>et al.</i> , 2002	0,13 <sup>o</sup> de diferença entre as medias das medidas. Teste t pareado = sem diferença	Avaliador 1 – 0,1 <sup>o</sup> de diferença (DP=2,3) Avaliador 2 – 0,55 <sup>o</sup> de diferença (DP=3,12) Teste t pareado=sem diferença	Bland & Altman e test t pareado
Lee <i>et al.</i> , 2013 (Anteroposterior, escoliose)	CCI=0,7	Avaliador 1 – CCI=0,9 Avaliador 2 – CCI=0,89 Intervalo de 2 semana	CCI
Park <i>et al.</i> , 2013	CCI=0,67	CCI=0,77	CCI
Lee <i>et al.</i> , 2014	CCI= 0,98	CCI=0,97	CCI
Boulay <i>et al.</i> , 2011	Sem diferença	Sem diferença 3 avaliadores – 2 radiografias, analisadas 3 vezes	Correlação de Pearson

Tabela 4: Estudos com reprodutibilidade inter e intra-avaliadores realizados por fotogrametria

Autor, ano	Reprodutibilidade interavaliadores	Reprodutibilidade intra-avaliadores	Teste estatístico
Pezzan <i>et al.</i> , 2011	Descalço – CCI=0,85 (usuários e não usuários de salto alto) Salto alto – CCI=0,87 (usuários e não usuários de salto alto)	Descalço – CCI= 0,85 (usuários e não usuários de salto alto) Salto alto – CCI=0,86 (usuários de salto alto) e 0,86 (não usuários de salto alto) Intervalo de 1 semana	CCI
Saad <i>et al.</i> , 2009	Torácico – r=0,93(p<0,01) Lombar – r= 0,45(p<0,042)	Torácico – r=0,94 (p<0,01) Lombar – r=0,92 (p<0,01)	Correlação de Pearson e análise de concordância
Saad <i>et al.</i> , 2012	Torácico (direito) – CCI=0,97 Torácico (esquerdo) – CCI=0,97 Lombar (direito) – CCI= 0,89 Lombar (esquerdo) – CCI=0,85	Torácico (direito) – CCI=0,93 Torácico (esquerdo) – CCI= 0,95 Lombar (direito) – CCI= 0,90 Lombar (esquerdo) – CCI=0,85	CCI
Iunes <i>et al.</i> , 2005	Torácico – CCI=0,66 Lombar – CCI=0,66 3 avaliadores	Intervalo de 15 dias Torácico – CCI=0,031 Lombar – CCI=0,99 Intervalo de 4 semanas (mínimo)	CCI

### 2.3.3. Valores de referência para a avaliação postural

Dentre os 15 estudos analisados sobre radiografia que continham valores de ângulo de cifose torácica e lordose lombar, oito buscaram analisar os desvios posturais somente de adultos (ROUSSOULY *et al.*, 2005; HARRISON *et al.*, 2002; DE CARVALHO *et al.*, 2012; ENDO *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2008; PINTO *et al.*, 2000; BOULAY *et al.*, 2006 e CHALÉAT-VALAYER *et al.*, 2011), três trabalharam com crianças e adolescentes (MAC THIONG *et al.*, 2004; GONÇALVES; PEREIRA, 2008; GHANDIHARI *et al.*, 2013), três compararam jovens com idosos (ARAÚJO *et al.*, 2014; PARK *et al.*, 2013; LEE *et al.*, 2014) e um estudo comparou mulheres que fizeram a cirurgia de redução de seios no momento pré-operatório e 12 meses após a cirurgia, e não foi verificada diferença significativa entre as medidas de ângulo torácico e lombar pré e pós-operatório (KARAASLAM *et al.*, 2013) (Tabela 5).

Somente oito artigos foram encontrados entre os anos de 2000 e 2015 que trouxeram valores dos ângulos da coluna em plano sagital realizados por fotogrametria (Tabela 6). Desses oito artigos, um relatou os valores de cifose torácica e lordose lombar de crianças (PENHA *et al.*, 2009), dois estudos apresentaram dados de adolescentes (PEZZAN *et al.*, 2011; GRAUP *et al.*, 2010), dois deles apresentaram valores para adultos de ambos os sexos (FERREIRA *et al.*, 2011; BASSO *et al.*, 2010), dois artigos apresentaram valores somente de mulheres em condições com uso de outros calçados (sapatos de salto e tênis) (MORAIS *et al.*, 2012; IUNES *et al.*, 2008) e um artigo relatava um estudo transversal de gestantes (LIMA *et al.*, 2011) e como não houve diferença entre os meses de gravidez, o estudo foi mantido nesse trabalho. No entanto os valores ficaram abaixo de outros estudos realizados pelo mesmo método.

Quando os valores obtidos por fotogrametria foram confrontados com os valores de radiografia por faixa etária, o estudo de Graup e colaboradores (2010) analisou somente a cifose torácica de adolescentes e os valores médios foi  $\bar{X}=30^\circ$  ( $DP=9,6$ ), no entanto, os estudos com adolescentes realizados com radiografia que analisaram cifose torácica, apresentaram valores médios de  $\bar{X}=43^\circ$  ( $DP=10,4$ ) (MAC THIONG *et al.*, 2004) e  $\bar{X}=47,7^\circ$  ( $DP=12,7$ ) (GHANDIHARI *et al.*, 2013). O estudo de Pezzan e colaboradores (2011) analisou a lordose lombar de adolescentes pelo método de fotogrametria e o resultado médio foi de  $\bar{X}=62^\circ$  ( $DP=4,3$ ), por outro lado, os resultados dessa

mesma região, pelo método de radiografia foi de  $\bar{X} = 48,5^\circ$  (DP=12,4) (MAC THIONG *et al.*, 2004),  $\bar{X} = 44,4^\circ$  (DP=6,9) (GONÇALVES; PEREIRA, 2008) e  $\bar{X} = 39,62^\circ$  (DP=12,4) (GHANDIHARI *et al.*, 2013). Os estudos com fotogrametria em adultos apresentaram valores de cifose torácica entre  $55,4^\circ$  e  $90,1^\circ$  ( $\bar{X} = 78,7^\circ$ ) e de lordose lombar entre  $41^\circ$  e  $57^\circ$  ( $\bar{X} = 51,95^\circ$ ) (MORAIS *et al.*, 2012; FERREIRA *et al.*, 2011; IUNES *et al.*, 2008), por outro lado, os estudos com adultos e utilização de radiografia apresentaram valores de cifose torácica entre  $39^\circ$  e  $53,77^\circ$  ( $\bar{X} = 47,34^\circ$ ) e de lordose lombar entre  $33,32^\circ$  e  $70,5^\circ$  ( $\bar{X} = 56,84^\circ$ ) (ROUSSOULY *et al.*, 2005; HARRISON *et al.*, 2002; DE CARVALHO *et al.*, 2012; ENDO *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2008; PINTO *et al.*, 2000; BOULAY *et al.*, 2006 e CHALÉAT-VALAYER *et al.*, 2011).

A partir dos estudos com radiografia analisados nessa revisão, foi possível criar valores de frequência em percentil (Tabela 7). No entanto, devido a diferença de padronização e de utilização do método para o cálculo dos ângulos de ambos os métodos, não foi possível analisar a frequência de todos os estudos em conjunto. Assim, para a análise da cifose torácica foram considerados estudos que utilizaram o método de Cobb com cálculo a partir das vértebras T1 e T12, totalizando 4 estudos (HARRISON *et al.*, 2002; PARK *et al.*, 2013; KARAASLAM *et al.*, 2013; GHANDHARI *et al.*, 2013). Os valores de frequência da lordose lombar foram apresentados de duas maneiras: (a) estudos com cálculo dos ângulos a partir da borda superior da vértebra L1 e inferior de L5, realizado pelo método de Cobb (DE CARVALHO *et al.*, 2012; PARK *et al.*, 2013; LEE *et al.*, 2014; RARAASLAM *et al.*, 2013; GONÇALVES; PEREIRA, 2008; PINTO *et al.*, 2000) e (b) estudos com cálculo a partir da borda superior de L1 e superior de S1 (ENDO *et al.*, 2012; GONÇALVES; PEREIRA, 2008; GHANDHARI *et al.*, 2013). Não foi possível realizar o mesmo procedimento com os estudos com fotogrametria devido a divergências nos procedimentos de avaliação e cálculo dos ângulos.

Diante dos resultados apresentados na tabela 7, entende-se que 50% da população apresenta cifose torácica de  $47,74^\circ$  e a lordose lombar de L1 a L5 de  $44,31^\circ$  e de L1 a S1 de  $58,50^\circ$ . Assim, 25% da população apresenta valores de cifose torácica de  $43,25^\circ$  e 75% valores de  $53,80^\circ$ . Em relação a lordose lombar, 25% da população estudada apresenta valores de  $41,20^\circ$  e 75% apresenta

valores de  $47,41^\circ$  para a região L1 a L5. Para a região de L1 a S1, 25% dos indivíduos analisados apresentaram valores de  $54,70^\circ$  e 75% de  $71,79^\circ$ . Assim, pode ser notado uma diferença de mais de  $10^\circ$  entre as regiões lombares analisadas.

A figura 2 apresenta a curva de frequência de cada região, com suas médias e desvios padrões e o número de indivíduos (N). Foi realizado o teste de normalidade de *Kolmogorov e Smirnov* no *SPSS 20.0* e as curvas da região lombar (L1-L5 e L1-S1) apresentaram normalidade e a da região torácica não apresentou. Assim, o N total de indivíduos que foram analisados a partir de L1 e L5 foi de 170 e valor médio do ângulo dessa região foi de  $44,07^\circ$  (DP= $4,46^\circ$ ). Em contrapartida, o N total dos indivíduos com lordose lombar analisada a partir da vértebra L1 e S1 foi de 234, com valor médio de angulação de  $58,10^\circ$  (DP= $5,75^\circ$ ). Foram totalizados 252 indivíduos analisados a partir das vértebras T1 e T12 para cálculo do ângulo torácico, com valor médio de  $48,33^\circ$  (DP= $6,24^\circ$ ).

Tabela 5: Valores de cifose torácica e lordose lombar de estudos com radiografia

Autor, ano	Amostra	Idade (anos)		Valores			
		Média	DP(±)	Cifose torácica (graus)		Lordose lombar (graus)	
				Média	DP(±)	Média	DP(±)
Roussouly <i>et al.</i> , 2005	160 adultos saudáveis. 86 mulheres e 74 homens. Lyon, França. Estudantes de medicina, fisioterapia e enfermeiros	27		46,4		61,4	9,72
Harrison <i>et al.</i> , 2002	15 homens e 5 mulheres. Voluntários. Geórgia (EUA)	28	6,6	T1-T12 – 47,5 T2-T11 – 43,0	10,4 10,9	62,0	12,0
Araújo <i>et al.</i> , 2014	489 sujeitos de Porto, Portugal						
	57 sujeitos	< 40				64,0*§	
	238 sujeitos	40-64				61,5*§	
	194 sujeitos	>65				61,2*§	
De Carvalho <i>et al.</i> , 2012	8 homens sem histórico de problemas na coluna. Canadá	26,75	2,95			63,0	15,0
Mac Thiong <i>et al.</i> ,	180 crianças e adolescentes normais 68 meninos e 112 meninas	12,0	3,1	43,0	10,4	48,5	12,4
Endo <i>et al.</i> , 2012	50 adultos sem dor lombar e problemas na coluna. 25 homens, 25 mulheres	31,5	7,4			33,32	11,25
Park <i>et al.</i> , 2013	100 adultos assintomáticos, que não foram operados e livres de problemas na coluna.						
	2 grupos:						
	Jovens: GJ	23,4		39,0	11,5	49,46	11,4
	Idosos: GI	65,8		33,37*	17,9	45,59*	19,6
Lee <i>et al.</i> , 2014	20 coreanos voluntários e saudáveis						
	2 grupos:						
	Jovens (n=10): GJ	25,4	2,3			52,20	7,95
	Idosos (n=10): GI	66,7	1,7			53,90*	15,9
Karaaslam <i>et al.</i> , 2013	34 mulheres que realizaram cirurgia de redução de mamas.	33,7	6,14	Pré-operatório= 40,53 Pós-operatório= 38,38 (12 meses)*	6,3 5,3	Pré-operatório= 54,72 Pós-operatório= 53,18 (12 meses)*	7,77 7,95

\*sem diferença significativa entre os grupos (P&lt;0,05); § valores de mediana

Tabela 5: Valores de cifose torácica e lordose lombar em estudos com radiografia – continuação

Autor, ano	Amostra	Idade (anos)		Valores			
		Média	DP(±)	Cifose torácica (graus)		Lordose lombar (graus)	
				Média	DP(±)	Média	DP(±)
Souza <i>et al.</i> , 2008	20 Brasileiros voluntários e saudáveis.	22,7	2,3			70,5	15,0
Gonçalves; Pereira, 2008	22 Adolescentes brasileiros assintomáticos	15,8	1,4			L1-L5 – 44,4 L1-S1 – 57,5	6,9 6,1
Pinto <i>et al.</i> , 2000	50 Brasileiros voluntários. 5 homens; 25 mulheres	22,8	2,08			58,4	9,2
Ghandihari <i>et al.</i> , 2013	98 estudantes saudáveis 50 meninos; 48 meninas	13,6	2,9	47,47	12,17	39,62	12,4
Boulay <i>et al.</i> , 2006	149 adultos sem histórico de doença. 78 homens; 71 mulheres	30,8	6,0	53,77	10,0	66,36	9,4
Chaléat-Valayer <i>et al.</i> , 2011	709 adultos sem histórico de doença 354 homens 355 mulheres	37,9 35,7	14,7 13,9	50,1	10,4	42,0	11,2

Tabela 6: Valores de cifose torácica e lordose lombar em estudos com fotogrametria

Autor, ano	Amostra	Idade (anos)		Valores			
		Média	DP	Cifose torácica (graus)		Lordose lombar (graus)	
				Média	DP(±)	Média	DP(±)
Pezzan <i>et al.</i> , 2011	100 adolescentes					<b>Descalço**</b>	
	2 grupos:					UG=40	5,3
	Não usuários de salto alto (NUG)	16,7	2,74			NUG=62*	4,3
	Usuários de salto alto (UG)	17,8	2,42			<b>Salto alto**</b>	
						UG=38	4,1
						NUG=79*	3,2
Lima <i>et al.</i> , 2011	21 grávidas						
	3 grupos:						
	1º trimestre (n=7) = 1TG	23,57	4,23	42,87 <sup>a</sup>	1,59	18,32 <sup>a</sup>	1,70
	2º trimestre (n=7) = 2TG	23,42	4,29	47,21 <sup>a</sup>	3,11	16,87 <sup>a</sup>	1,80
	3º trimestre (n=7) = 3TG	22,28	4,27	45,82 <sup>a</sup>	4,21	16,84 <sup>a</sup>	3,43
Graup <i>et al.</i> , 2010	288 adolescentes					Meninos=26	9,09
	156 meninos	16	1,06			Meninas=34	8,62
	132 meninas	15,87	1,05			Geral=30	9,6
Morais <i>et al.</i> , 2012	20 mulheres	33,68	14,07	Descalço**		Descalço <sup>b</sup>	
	3 condições: descalço, tênis e salto alto			0° = 90,1	10,4	0° = 47,1	9,8
	3 condições para posição dos braços com ombros			45° = 109,8	11,9	45° = 53,3	9,4
	flexionados a: 0°, 45°, 90°			90° = 113,5	13,4	90° = 54,9	9,4
				Tênis**		Tênis <sup>b</sup>	
				0° = 91,1	9,6	0° = 46,0	10,2
				45° = 108,0	12,3	45° = 52,7	11,2
				90° = 109,1	14,3	90° = 51,2	11,7
				Salto alto**		Salto alto <sup>b</sup>	
				0° = 91,1	9,4	0° = 47,5	11,0
			45° = 104,7	13,3	45° = 50,5	12,4	
			90° = 113,9	11,8	90° = 56,0	11,7	

\*\* condições estatisticamente significantes, \*grupo estatisticamente significante, <sup>a</sup> grupo estatisticamente não significante, <sup>b</sup> condições estatisticamente não significantes

Tabela 6: Valores de cifose torácica e lordose lombar em estudos com fotogrametria - continuação

Autor, ano	Amostra	Idade (anos)		Values			
		Média	DP(±)	Cifose torácica (graus)		Lordose lombar (graus)	
				Média	DP(±)	Média	DP(±)
Penha <i>et al.</i> , 2009	230 crianças 130 meninas e 100 meninos	7 e 8		7 anos (meninos e meninas) = 28,07	7,73	7 anos (meninos) = 38,49	15,32
				8 anos (meninos e meninas) = 30,32	7,73	7 anos (meninas) e 8 anos (meninos) = 42,29	7,15
Ferreira <i>et al.</i> , 2011	115 adultos	26	6,9	55,4	7,4	47,7	15,4
lunes <i>et al.</i> , 2008	40 mulheres 2 grupos Usuários de salto alto todos os dias (n=20)=G1 Usuárias de salto alto esporadicamente (n=20)=G2			Descalço <sup>b</sup>		Descalço <sup>b</sup>	
				G1=84,88 G2=84,42 <sup>a</sup>		G1=56,06 G2=57,35 <sup>a</sup>	
				Salto plataforma <sup>b</sup>		Salto plataforma <sup>b</sup>	
				G1=83,21 G2=83,29 <sup>a</sup>		G1=58,54 G2=56,57 <sup>a</sup>	
Basso <i>et al.</i> , 2010§	20 sujeitos	20-35		Salto agulha <sup>b</sup>		Salto agulha <sup>b</sup>	
				G1=81,8 G2=83,28 <sup>a</sup>		G1=57,6 G2=58,65 <sup>a</sup>	
						Pré prática de RPG = 4,13 <sup>b</sup>	1,23
						Pós prática de RPG = 4,61	0,57

\*\* condições estatisticamente significantes, \*grupo estatisticamente significante, <sup>a</sup> grupo estatisticamente não significante, <sup>b</sup> condições estatisticamente não significantes, § único estudo com valores em cm

Tabela 7: Valores de percentil 25, 50 e 75 dos estudos com mesmo método de cálculo do ângulo para radiografia

	Percentil 25	Percentil 50	Percentil 75
Cifose- T1-T12	43,25°	47,74°	53,80°
Lordose- L1-L5	41,20°	44,31°	47,41°
Lordose- L1-S1	54,69°	58,50°	61,79°

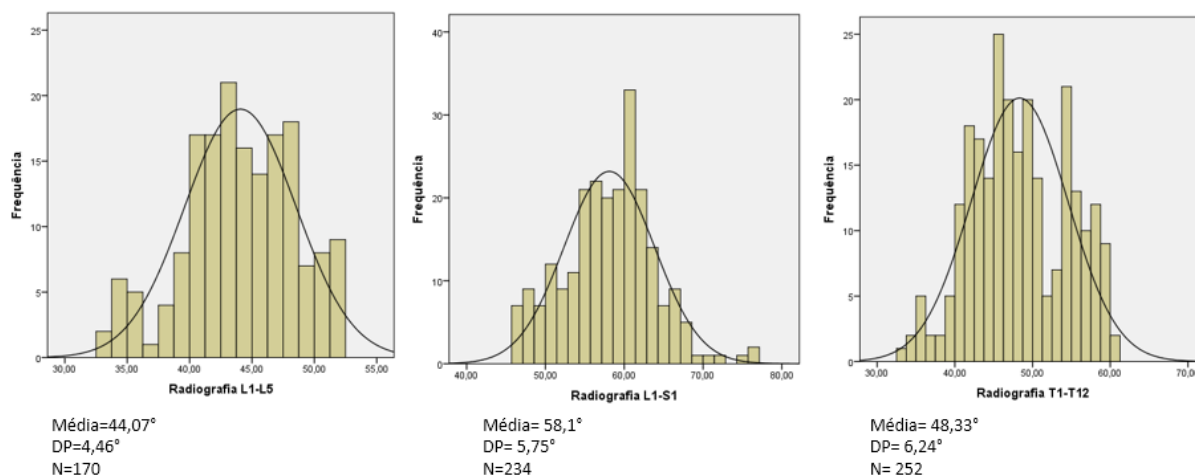


Figura 2: Figura das frequências para cada região.

## 2.4. Discussão

A presente discussão foi subdividida em três partes, com base nos três objetivos do estudo, a saber: (a) análise dos procedimentos de realização de radiografia e de fotogrametria (tópico: Procedimentos da avaliação postural), (b) análise da reprodutibilidade inter e intra-avaliadores da radiografia e fotogrametria para a avaliação postural (tópico: Reprodutibilidade das medidas de avaliação postural) e (c) descrição dos valores referencias dos ângulos torácicos e lombares (tópico: Valores de referência da avaliação postural). Foram selecionados somente artigos em que a radiografia e a fotogrametria foram realizadas em posição ortostática e em plano sagital e que estiveram presentes os cálculos dos ângulos torácicos e lombares.

### 2.4.1. Procedimentos da avaliação postural

A radiografia é considerada como método de avaliação “gold standard” na identificação de desvios posturais (LEE *et al.*, 2013; VACARI *et al.*, 2013, SINGLA; VEQAR, 2014). No entanto, a exposição demasiada de uma pessoa à

radiação tem sido apontada como potencial causadora de câncer (LEVY *et al.*, 1995; DOODY *et al.*, 2000; RON, 2003). De fato, Levy e colaboradores (1995), em estudo retrospectivo de 40 anos, realizado com 2039 adolescentes avaliados após seu óbito, demonstraram maior incidência de câncer nos indivíduos submetidos a constantes exames radiográficos em comparação com a população em geral. Por outro lado, a radiografia apresenta procedimentos pré-definidos, melhores padronizados para sua realização (definição do posicionamento, proteção contra radiação, plano de análise, etc.) quando comparada à fotogrametria. No entanto, alguns procedimentos de avaliação variam de um estudo para outro. Como exemplo disso, pode-se observar a existência de divergência no posicionamento dos braços durante a realização da radiografia.

Been e Kalichman (2014), em estudo de revisão, destacam que a posição com os braços ao longo do corpo (posição neutra) faz com que os ossos dos braços sobreponham a coluna e, assim, interfiram na qualidade das imagens da radiografia. Ainda, a falta de padronização na posição do braço representa um problema para comparação de dados e para definição de valores normativos. Faro e colaboradores (2004) demonstraram que pacientes com escoliose idiopática avaliados por meio de radiografia obteriam menor mudança do eixo vertical sagital e dos parâmetros da pelve com os punhos apoiados na clavícula, quando comparado com a posição em que os braços ficaram flexionados à frente do corpo sem suporte. No entanto, não houve diferença entre as medidas dos segmentos da coluna entre os dois posicionamentos dos braços (FARO *et al.*, 2004).

Zaina e colaboradores (2012) também analisaram a coluna vertebral com diferentes posições do braço pelo método de topografia de superfície em posição ortostática. Esses autores verificaram diferença nos valores dos ângulos entre as posições, no entanto a diferença era menor com os braços cruzados no peito quando comparada à posição neutra. Além disso, os autores ressaltaram a importância na padronização no posicionamento dos braços para a realização da radiografia. Contudo, entende-se que apesar do método radiográfico demonstrar confiabilidade, não existe uma padronização em todos os procedimentos. Logo, devido à escassez de estudos com diferentes posicionamentos dos braços, aconselha-se realizar a radiografia com os braços

flexionados e punhos posicionados sobre as clavículas, garantindo que não ocorra mudanças no eixo vertical sagital e parâmetros pélvicos. Outro exemplo de ausência de padronização é o cálculo do ângulo de cifose torácica e lordose lombar a partir da radiografia.

Os cálculos dos ângulos da coluna vertebral no método de radiografia são realizados mais comumente pelo ângulo de Cobb, que consiste em determinar mensurações angulares das regiões da coluna por meio de interseção das retas desenhadas a partir da borda superior de uma vértebra e inferior a outra (HARRISON *et al.*, 2001, KADO *et al.*, 2006; Figura 3). Assim, esse método fornece somente informações das curvaturas finais das regiões da coluna, o que não permite informações mais detalhadas sobre cada corpo vertebral que pode interferir na postura. Segundo Harrison e colaboradores (2001), esse método pode ser passivo de erro humano quando as quatro linhas perpendiculares são traçadas para a determinação do ângulo. Por outro lado, existem softwares que calculam os ângulos pelo método de Cobb que pode contribuir para a diminuição do erro humano (KADO *et al.*, 2006). Entretanto, Kado e colaboradores (2006) analisaram a reprodutibilidade das medidas da radiografia obtidas manualmente e por digitalização em software, e verificaram que ambas tiveram alta reprodutibilidade (0,99 e 0,98, respectivamente) e com medidas de cifose torácica praticamente iguais ( $44,8^{\circ}$  (DP= $12,7^{\circ}$ )) (Tabela 3).

Na maioria dos estudos com radiografia analisados na presente revisão, o cálculo da cifose torácica pelo método de Cobb foi realizado a partir da reta traçada na borda superior da vértebra T1 e inferior da vértebra T12 (PLOUMIS *et al.*, 2009; HARRISON *et al.*, 2002; FINDKCIOGLU *et al.*, 2013; PARK *et al.*, 2013; KARAASLAM *et al.*, 2013; PINTO *et al.*, 2000; GHANDIHARI *et al.*, 2013) e o ângulo lombar foi realizado a partir da borda inferior da L1 e inferior da S1 (RAN *et al.*, 2014; PLOUMIS *et al.*, 2009; FINDKCIOGLU *et al.*, 2013; JANG *et al.*, 2007; DE CARVALHO *et al.*, 2010; PARK *et al.*, 2013; KAARASLAM *et al.*, 2001; GONÇALVES; PEREIRA, 2008; PINTO *et al.*, 2000). No entanto, alguns estudos divergem opiniões na escolha da vértebra a ser utilizada para cálculo de ambas ou de uma dessas regiões da coluna (RAN *et al.*, 2014; JANG *et al.*, 2007; FARO *et al.*, 2004; MAC THIONG *et al.*, 2003; SOUZA *et al.*, 2008; GHANDIHARI *et al.*, 2013) ou trabalham com ponto de inflexão (ROUSSOULY *et al.*, 2005; ARAÚJO *et al.*, 2014), que seria o local onde a associação entre os corpos

vertebrais adjacentes mudam de cifose para lordose (ROUSSOULY *et al.*, 2005) ou o próprio arco formado pela curvatura (MAC THIONG *et al.*, 2004; BOULAY *et al.*, 2006; CHALÉAT-VALAYER *et al.*, 2011). No entanto, Kado e colaboradores (2006), afirmam que, normalmente, para o cálculo de medidas radiológicas são utilizadas as vértebras T4 e T12 para cálculo de cifose torácica, contrariando o que foi visto na maioria dos estudos aqui citados.

As vértebras T4 e T12, para o cálculo da cifose torácica, são consideradas curva padrão de acordo com Bradford e colaboradores (1994). Para determinar essa curva seria necessária a identificação da vértebra terminal, que seria a última vértebra inclinada na concavidade da curva que está sendo medida. Contudo, a vértebra terminal inferior de uma curva é a vértebra terminal superior da próxima curva. Seguindo esse raciocínio, a região cervical teria como vértebra terminal inferior a T4. Assim, a região torácica iniciaria na T4 e iria até a T12 e a lombar de T12 a L4. Para a análise da lordose lombar pelo método de Cobb, a afirmação de De Carvalho e colaboradores (2010) está de acordo com a maioria dos estudos citados acima, em que, para cálculo da lordose lombar são traçadas retas a partir da borda superior de L1 e superior de S1, sendo que algumas análises utilizaram a borda inferior de L1. Alguns estudos (LEROUX *et al.*, 2000; HARRISON *et al.*, 2002; FERREIRA *et al.*, 2008) utilizaram a reta traçada a partir da borda inferior de T12 ao invés de L1 para cálculo desse ângulo.

A revisão realizada por Been e Kalichman (2014) analisou diferentes estudos que utilizaram vértebras distintas para o cálculo do ângulo lombar. Esses autores verificaram valores discrepantes obtidos a partir do cálculo baseado no uso de diferentes bordas e vértebras lombares ou sacrais. Após a revisão, os autores sugeriram que o cálculo do ângulo lombar deveria ser realizado a partir da borda superior de L1 e superior de S1. A explicação apresentada foi que, todos os segmentos lombares seriam incluídos na medida de lordose lombar, pois essa seria a medida mais utilizada nos dias de hoje.

Damasceno e colaboradores (2006), por outro lado, classificou as medidas a lombar em duas regiões, a saber: (a) lombolombar, medida a partir do bordo superior de L1 e inferior de L5; e, (b) lombosacral, a partir do bordo superior de L1 e bordo superior de S1. De acordo com estes autores, houve uma diferença de aproximadamente 15° entre essas duas porções. Ao analisar a participação dos discos intervertebrais nas medidas, os autores constataram que

os discos intervertebrais de L5/S1 contribuem em 26,07% da curvatura lombosacra (L1/S1) (DAMASCENO *et al.*, 2006). Assim, aparentemente, existe uma divergência entre a definição de segmento lombar, que pode ser o segmento composto por seus corpos vertebrais e discos intervertebrais subjacentes (a medida seria L1/S1) ou o segmento composto por dois corpos vertebrais e o disco entre eles interposto (medido a partir de L1/L5).

Dos 12 estudos encontrados que relataram a análise do ângulo de lordose lombar pelo método de Cobb, nove utilizaram a borda superior da vértebra S1 como referência para o cálculo. No entanto, para cálculo dos ângulos de cifose torácica pelo método de Cobb, oito estudos dentre os oito estudos encontrados, utilizaram a borda inferior de T12 e não consideraram os discos intervertebrais subjacentes de T12. Assim, a existência de concordância entre os procedimentos é necessária, pois para cálculos de ângulos torácicos são envolvidos somente os corpos vertebrais relativos à região (T1 a T12) e para ângulos lombares, os discos intervertebrais entre L5 e S1 estão envolvidos. Logo, como forma de padronização, o cálculo dos ângulos de cifose torácica deve ser realizado a partir do bordo superior de T1 e inferior de T12 e os ângulos de lordose lombar sejam realizados a partir do bordo superior de L1 e inferior de L5. Ou seja, nesta proposta seriam considerados somente a partir do corpo vertebral que envolve as respectivas regiões de interesse, uma vez que os cálculos com discos intervertebrais apresentariam medidas diferentes. Dessa forma, a padronização dos procedimentos do método de radiografia também precisa ocorrer entre os estudos e análises clínicas.

Outro método que também necessita de padronização em seus procedimentos de avaliação da postura é a fotogrametria. Esse método tem sido utilizado como alternativa para a avaliação postural devida à exposição à radiação e ao alto custo do método de radiografia (LEVY *et al.*, 1995; RON, 2003; VACARI *et al.*, 2013) Todavia, existem diversos procedimentos específicos para realizar a foto que podem causar distorções e dificultar a análise postural, tais como: posicionamento do indivíduo no momento da foto, calibração do ambiente, posicionamento dos pés, montagem do equipamento, determinação dos ângulos dos desvios, resolução das fotos e tipo de calçado. Cada um destes procedimentos foi discutido a seguir.

Mota e colaboradores (2014) analisaram a influência da rotação do indivíduo na análise da foto com utilização de software. Foi concluído que o corpo do avaliado perpendicularmente à câmera apresenta menos erros de medidas em relação a rotação do corpo de 4°, 8° e 12°. Isso pode acontecer quando é solicitado ao avaliado que altere sua posição para a realização de fotos em diferentes planos. Assim, se o sujeito não se encontra com o corpo posicionado perpendicularmente à câmera, pode haver erros nas medidas. Outro fator que pode influenciar a acurácia das medidas está relacionado à calibração das medidas.

A maneira mais simples e utilizada para realizar a calibração na fotogrametria ocorre por meio do uso do fio de prumo. A calibração consiste em encontrar um fator de escalas entre o espaço-objeto e espaço-imagem por meio de medidas previamente conhecidas (RICIERI, 2005). Além disso, o fio de prumo serve para recuperar os parâmetros de distorção radial e descentralização da lente (TOMMASELLI; REISS, 2005). Assim, o fio de prumo quando pendurado em algum local estável, apresenta-se perpendicular ao chão, disposto em linha reta. Dessa forma, conhecendo sua medida, se torna possível relacionar os valores da imagem aos valores reais do objeto e corrigir possíveis erros de distorção de imagem.

A calibração também foi analisada por Mota e colaboradores (2014) com diferentes posicionamentos do fio de prumo, tais como: (a) 0,5 metro e paralelo ao sujeito, (b) um metro e paralelo ao sujeito, (c) um metro e anterior ao sujeito e (d) um metro e posterior ao sujeito. Foi observado menores erros de medida quando o fio de prumo de um metro e 0,5 metro foram colocados paralelo ao corpo do indivíduo. Os maiores erros encontrados com o fio de prumo posicionado anteriormente e posteriormente ao manequim ocorrem devido ao erro de paralaxe. Assim, quando o fio de prumo é aproximado ou afastado da câmera e se atribui os mesmos valores de distância entre os pontos marcados no fio de prumo (um metro e 0,5 metro), erros de medidas são adicionados pelo software. Contudo, o fio de prumo colocado paralelamente ao indivíduo alinha o posicionamento dos marcadores de análise colocados no participante, diminuindo o erro de paralaxe. O fio de prumo com demarcação de um metro de comprimento, permitiu que as medidas ficassem mais próximas das medidas reais do indivíduo, fornecendo maior precisão (MOTA *et al.*, 2014). Diante disso,

foi sugerido o posicionamento do indivíduo perpendicularmente à câmera com o fio de prumo colocado paralelo ao seu corpo. Ademais, também é importante o uso de um fio de prumo com maior extensão, de preferência contemplando a altura do participante, ou com no mínimo um metro (como demonstrado no estudo anterior), para se garantir a acurácia na calibração das imagens.

Vários estudos (LIMA *et al.*, 2011; IUNES *et al.*, 2010; IUNES *et al.*, 2005; MORAIS *et al.*; 2012 e IUNES *et al.*, 2008) se preocuparam em utilizar um dispositivo colocado no solo entre os pés dos participantes. Tal artefato foi utilizado para tentar garantir a manutenção da posição dos pés durante a avaliação, mesmo quando o participante fosse solicitado para mudar de posição, como ocorre em situações em que é realizada análise de diferentes planos (sagital e coronal, por exemplo). Esse instrumento também tem a função de auxiliar no posicionamento do corpo perpendicular à câmera, uma vez que esse dispositivo travaria os pés do participante e dificultaria a rotação do tronco. Contudo, a utilização de um dispositivo entre os pés pode fazer com que o foco de atenção do indivíduo fique nos pés e não no comando do avaliador no posicionamento para a foto, fazendo com que o indivíduo não se posicione o mais naturalmente possível.

A colocação de um dispositivo com uma largura padronizada para todos os avaliadores também poderia modificar a postura de um indivíduo, uma vez que o tamanho da base bipodal adotada por cada pessoa não segue um padrão geral. Assim, como forma de padronizar as medidas, seria mais adequado solicitar ao avaliado que se posicione com uma base na mesma largura dos ombros ou quadris, com os pés paralelos, para evitar a rotação do corpo. Ainda, no caso da possibilidade de uma reavaliação ou mudança de posição, poderia ocorrer a demarcação no formato dos pés em um tapete específico, para que a mesma posição seja resguardada. Assim, a utilização de um tapete demarcando o posicionamento dos pés é importante para que a postura adotada no momento da foto não sofra grande variação em função da base bipodal. No entanto, cuidados devem ser tomados para que a base siga os padrões individualizados, não atrapalhando a atenção do indivíduo no momento da foto.

Alguns estudos relataram a utilização de uma base de suporte sob o avaliado (SAAD *et al.*, 2012 e PENHA *et al.*, 2005). No entanto, essa base é mais utilizada quando a avaliação é feita com auxílio de um simétrgrafo, para que os

pés sejam visualizados nos primeiros quadrantes do instrumento (KENDALL *et al.*, 2007). Contudo, essa técnica é dispensável na fotogrametria, uma vez que não interfere na análise postural, porém pode causar algum tipo de mudança na postura devido à exposição do indivíduo à uma base mais alta. Por fim, outros procedimentos não podem ser esquecidos no momento da realização das fotos, tais como a montagem do equipamento fotográfico que deve ser feita na posição adequada e não deve ser movido durante a avaliação, deve-se garantir privacidade e conforto ao avaliado, além de uma iluminação adequada (WATSON, 1998). Por conseguinte, além dos procedimentos para a realização das fotos, existem também os procedimentos de realização do cálculo dos ângulos, os quais também tem apresentado divergências entre os estudos.

Os estudos encontrados na presente revisão mostraram diferentes escolhas de cálculos angulares para avaliar os desvios posturais. Por exemplo, alguns estudos (GRAUP *et al.*, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2009; FERREIRA *et al.*, 2011) realizam os cálculos dos ângulos pelo método de Cobb, ou seja, pela intersecção do prolongamento de dois marcadores localizados nos processos vertebrais de referência (Figura 4, Painel A). Entretanto, também foram encontrados estudos (IUNES *et al.*, 2009; IUNES *et al.*, 2010, IUNES *et al.*, 2005 e IUNES *et al.*, 2008; LIMA *et al.*, 2011; PEZZAN *et al.*, 2011) que preferiram realizar os cálculos dos ângulos de cifose torácica por meio da intersecção do prolongamento das retas dos marcadores das vértebras C7 e T12 em relação ao prolongamento de T7 ao fio de prumo; e, o cálculo de lordose lombar, utilizando a intersecção do prolongamento das retas dos marcadores de T12 e L5 em relação ao prolongamento de reta do marcador de L3 ao fio de prumo (Figura 4, Painel B). Ainda, alguns estudos (SAAD *et al.*, 2012; DOHNERT; TOMASI *et al.*, 2008) calcularam os ângulos a partir do ponto de maior concavidade e convexidade das regiões (Figura 4, Painel C). Essas divergências em relação ao cálculo dos ângulos podem ocorrer devido à falta de procedimentos estabelecidos na utilização da fotogrametria e de estudos que testem a reprodutibilidade dos métodos de cálculo dos ângulos. Sugere-se, então, que seja utilizado o cálculo dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar pelo método de Cobb, uma vez que esse método é o mais utilizado na avaliação por radiografia e é possível realizar o cálculo pelo método de fotogrametria. Ainda, o cálculo dos ângulos pode ser realizado por meio de diversos softwares.

A presente revisão mostrou a utilização de diferentes tipos de softwares para auxílio do cálculo dos ângulos, tais como o SAPO (PEZZAN *et al.*, 2011; LIMA *et al.*, 2011; SANTOS *et al.*, 2012; MORAIS *et al.*, 2012), o *Corel Draw* (PENHA *et al.*, 2008; SAAD *et al.*, 2012) e o *AUTOCAD* (RODRIGUES *et al.*, 2009), e cálculos realizados em centímetros e não em graus (BASSO *et al.*, 2010). No entanto, não foram encontrados estudos que testaram a reprodutibilidade dos softwares *Corel Draw* e *AUTOCAD*. Por outro lado, o software SAPO é uma ferramenta gratuita desenvolvida exclusivamente para a avaliação postural, sendo possível a análise da postura corporal global pelo cálculo de ângulos e de distâncias independentemente (FERREIRA *et al.*, 2011). Ainda, o SAPO fornece dados precisos, sendo considerada uma ferramenta confiável (FERREIRA *et al.*, 2011). Apesar da precisão no cálculo do ângulo depender da digitalização dos marcadores no software, uma boa resolução das fotos contribui para uma análise mais precisa.

A influência da resolução da imagem foi estudada por Sacco e colaboradores (2012), em que foram manipuladas 4 resoluções de imagem (1536, 1200, 600, 384 pixels) a partir de uma adotada como referência (768 pixels). A resolução adotada como referência (768 pixels) teve uma boa reprodutibilidade entre as medidas de três avaliadores, no entanto, as resoluções mais altas (1536 e 1200) obtiveram reprodutibilidade excelente entre os mesmos três avaliadores. Assim, os autores concluem que quanto mais alta a resolução da foto, melhor será a reprodutibilidade das medidas. Aconselha-se então que as fotos sejam obtidas a partir de uma resolução maior que 1200 pixels para diminuir os erros de medida. Ainda, outro fator que pode influenciar nas medidas é o tipo de calçado utilizado no momento da realização das fotos.

Pezzan e colaboradores (2011) analisou o comportamento da lordose lombar em 100 adolescentes que não usavam salto alto e adolescente que usavam com frequência. Esses dois grupos foram expostos a ambas condições e verificou-se diferença entre as condições e os grupos. Morais e colaboradores (2012) analisaram 20 mulheres adultas que não usavam salto com frequência e que usavam salto com frequência em três condições: descalço, com tênis e salto alto. Não foi encontrada diferença em relação ao tipo de calçado utilizado entre as participantes. Por fim, lunes e colaboradores (2008) analisou a cifose torácica e lordose lombar de 40 mulheres usuárias e não usuárias de salto alto em três

condições: descalço, salto plataforma e salto agulha, e não foi verificada diferença entre a frequência no uso de salto e o tipo de calçado. Apesar da divergência encontrada nos estudos citados, quanto ao uso de diferentes calçados, é necessária a padronização de procedimento da utilização ou não de calçados durante a avaliação. Apesar da maioria das pessoas, na maior parte do tempo, fazerem uso de algum tipo de calçado, foi sugerido que as fotos sejam realizadas com os indivíduos descalços, pois a padronização do mesmo tipo de calçado entre os participantes poderia ser mais um fator complicador para a realização das avaliações. Ainda, quando as avaliações seguem procedimentos adequados, é necessário saber se o exame utilizado se apresenta confiável em relação a outros avaliadores e ao re-teste.



Figura 3: Cálculo da lordose lombar pelo método de Cobb

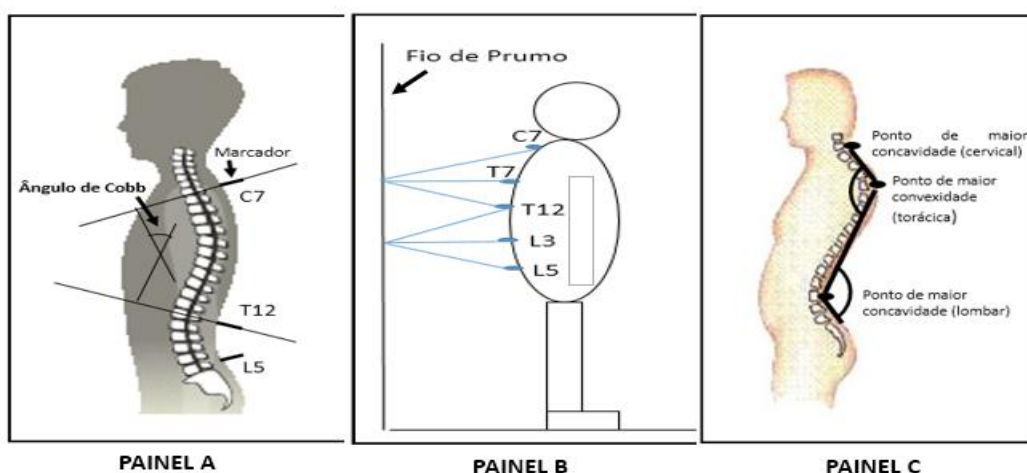


Figura 4: Diferentes métodos de cálculo dos ângulos por fotogrametria. Painel A: Cálculo pelo ângulo pelo método de Cobb. Painel B: Cálculo dos ângulos pelo prolongamento das retas dos marcadores ao fio de prumo. Painel C: Cálculo dos ângulos pela convexidade e concavidade das curvaturas da coluna.

### 2.4.2. Reprodutibilidade inter e intra-avaliadores

Existem diversas abordagens estatísticas para testes de reprodutibilidade, o que dificulta o pesquisador escolher qual utilizar (RANKIN; STOKES, 1998). O CCI é encontrado a partir da análise de variância e de vários componentes de variância (BARTKO, 1966). No entanto, somente com a utilização do CCI não é possível obter o verdadeiro significado da reprodutibilidade, tendo que ser complementado com a testagem de hipóteses ou intervalo de confiança. Ainda, o CCI não pode ser interpretado clinicamente, uma vez que não há indicação da magnitude da discordância das medidas (RANKIN; STOKES, 1998). Contudo, o teste pode ser complementado pelo teste de *Bland & Altman* o qual fornece uma poderosa representação visual dos dados, permite identificar os vieses e “*outliers*” e qualquer relação entre a variância das medidas com o tamanho da média (intervalo de confiança) (BARTKO, 1966; BLAND; ALTMAN, 1986).

O teste de *Bland & Altman* pode ser usado para analisar a reprodutibilidade de medidas individuais ou para comparar medidas entre dois observadores (BLAND; ALTMAN, 1986) e também para encontrar o nível de concordância entre dois métodos clínicos (BARTKO, 1966). Segundo Rankin e Strokes (1998), a utilização do CCI e do teste de *Bland & Altman* tem crescido nas análises estatísticas que procuram saber a reprodutibilidade dos avaliadores e sugere que ambos sejam utilizados em conjunto. Ainda, para a reprodutibilidade, a correlação de Pearson é inadequada, uma vez que esse tipo de teste mede a força de uma associação linear e não a concordância entre as medidas (BARTKO, 1966, BLAND; ALTMAN, 1986).

Quanto a classificação do CCI, os estudos citados sobre radiografia possuem diferentes referências. Assim, o estudo de Lee e colaboradores (2013) utilizou uma classificação própria, em que índices entre 0 e 0,2 são classificados como fraco; 0,3 a 0,4, aceitável; 0,5 a 0,6, moderado; 0,7 a 0,8, forte e acima de 0,8 quase perfeita. Lee e colaboradores (2014) relataram apenas o que seria uma forte reprodutibilidade – valores de 0,8 a 1,0 ou uma concordância quase perfeita ou imperfeita – valor igual a 0,99 e igual a 0,68, respectivamente (LEE *et al.*, 2014). Os estudos de Mac Thiong e colaboradores (2004) e Park e colaboradores (2013), os quais também utilizaram CCI, não relataram classificações.

Segundo Fleiss (1981), o CCI é utilizado para medidas de reprodutibilidade interavaliadores de dados quantitativos e para dados categóricos utiliza-se a estatística de kappa. No entanto, o autor considera ambos os métodos idênticos. Ainda, de acordo com o Fleiss, a estatística de kappa é classificada em função do grau de concordância. Assim, valores maiores que 0,75, representa uma excelente concordância, menores que 0,40 representa uma concordância pobre e entre 0,40 e 0,75, concordância boa. No entanto, os estudos realizados com fotogrametria apresentam uma diferente classificação baseado em outros autores.

Os três estudos de fotogrametria que utilizaram o teste de CCI, utilizaram a classificação de Wahlund *et al.* (1998). Estes autores classificam o CCI em não aceitáveis (<0,7), aceitáveis (entre 0,7 e 0,79), muito bom (entre 0,8 e 0,89) e excelente (>0,9), sendo que valores iguais à um são considerados valores idênticos ou de concordância perfeita (PEZZAN *et al.*, 2011; IUNES *et al.*, 2005; SAAD *et al.*, 2012). No entanto, Atkinson e Nevill (1998) não encontraram nenhuma referência na literatura de ciência do exercício e do esporte relacionada ao ponto de corte de CCI para nenhum objetivo analítico de pesquisas. Assim, os índices da reprodutibilidade da radiografia foram, em sua maioria, maiores que 0,77 e da fotogrametria maiores que 0,85.

Somente um estudo de fotogrametria analisou a reprodutibilidade da recolocação dos marcadores (SAAD *et al.*, 2009). Nesse caso, cuidados devem ser tomados ao realizar a reprodutibilidade intra examinadores quando ocorre recolocação de marcadores. Como os discos intervertebrais sofrem perda de água durante o dia devido a compressão (HALL, 2013), o teste e re-teste devem ser realizados sob as mesmas condições ambientais, na mesma hora do dia em que foi realizado o primeiro teste e se possível, praticar as mesmas atividades físicas entre esse período. Ainda, devido às mudanças fisiológicas que o corpo sofre com o passar dos dias (ganho ou perda de massa óssea ou muscular, prática de exercícios físicos ou reeducação postural), não é aconselhável que o re-teste seja realizado com um espaço de tempo muito grande em relação ao primeiro teste.

No caso da realização da reprodutibilidade interavaliadores, os testes devem ser realizados no mesmo dia, para que seja realizado sob as mesmas condições ambientais e físicas do participante. Quando a reprodutibilidade é

analisada a partir de radiografias ou digitalização de fotos, os avaliadores devem avaliar sob as mesmas condições de luz, zoom e método para cálculo dos ângulos. Não é aconselhável esperar um período de tempo muito grande para a realização do re-teste pois o tempo de prática do examinador entre o período de teste e re-teste pode interferir na análise, uma vez que tanto a falta de prática quanto o excesso podem alterar as medidas.

Saad e colaboradores (2009) analisaram a reprodutibilidade do método entre os avaliadores pelo método de fotogrametria e realizou validação do método em relação aos valores obtidos por meio da radiografia. Em função dos autores avaliarem apenas pacientes com escoliose no plano frontal (vista posterior), seu artigo não foi colocado nos dados de procedimentos e de valores, mas por conter reprodutibilidade inter e intra-avaliadores de um mesmo método (fotogrametria) e ser comparado a radiografia, foi mantido na revisão.

Os resultados mostraram que não houve uma relação linear entre os métodos, comprometendo a validação da fotogrametria para análise da curvatura espinhal lateral de pacientes com escoliose, por outro lado, foi possível observar uma alta reprodutibilidade da fotografia no estudo (SAAD *et al.*, 2009). Assim, a utilização dos procedimentos adequados de teste e re-teste, os testes estatísticos específicos para realização da reprodutibilidade e examinadores experientes e previamente treinados, garantem o sucesso da avaliação postural. Ainda, a fotogrametria, que é um método de baixo custo, de fácil aplicação, não invasivo e nocivo à saúde apresentou reprodutibilidade muito boa a excelente, sendo possível sua utilização para detecção de problemas posturais, prevenção e acompanhamento evolutivo. No entanto, como forma de identificação e classificação de possíveis desvios posturais quando analisado por radiografia e fotogrametria, é necessário a verificação de valores referenciais de normalidade.

#### **2.4.3. Valores de referência para a avaliação postural**

Vacari e colaboradores (2013) apresentam como um dos problemas da fotogrametria a falta de estudos conclusivos nas definições de valores angulares para a lordose lombar. Por meio dessa revisão, foi possível notar que existe também a falta de estudos conclusivos de valores para cifose torácica e isso acontece também com o método de análise de desvios por radiografia. De acordo com os resultados apresentados de ambos os métodos, nota-se que existem diversos fatores que podem influenciar as medidas dos ângulos da

coluna, dentre elas estão o sexo e a idade, o que acarreta divergências nos valores considerados normais para a população em geral.

Segundo Roussouly e colaboradores (2005), o alinhamento da coluna vertebral humana varia muito de indivíduo para indivíduo, mesmo quando em posição ortostática. Fon e colaboradores (1980) demonstraram que o grau de cifose torácica aumenta com a idade e essa taxa de aumento é maior nas mulheres. Cowan (1965), ao comparar 602 indivíduos entre 60 e 69 com indivíduos de 70 a 79 anos, notou que as mulheres entre 60 e 69 anos apresentavam cifose torácica maior do que a dos homens ( $\bar{X}=50^\circ$  e  $\bar{X}=42,6^\circ$ , respectivamente) e ambos aumentavam com a idade ( $\bar{X}=55,8^\circ$  em mulheres e  $\bar{X}=49,3^\circ$  em homens). De acordo com os autores, o aumento da cifose torácica estaria correlacionado com a diminuição da área do peito (para conhecer o método de cálculo da área do peito, ver Cowan, 1965) com o avanço da idade, o que pode ser explicado pela diminuição da força e tônus muscular dos músculos peitorais com a idade.

Bartynsky e colaboradores (2005) analisaram a cifose torácica de pacientes sem compressão vertebral em diferentes faixas etárias e concluíram que ocorre um aumento dos valores de cifose torácica com a idade. Foram verificados ângulos que variaram de  $\bar{X}=26,9^\circ$  (DP=7,5) para os mais jovens (18 a 35 anos) a  $\bar{X}=43,6^\circ$  (DP=13,6) para os mais velhos (acima de 65 anos), confirmando o aumento da cifose torácica com o avanço da idade e com valores dos ângulos maiores em mulheres. Segundo os autores, o aumento da cifose torácica ocorre com o avanço da idade, devido às mudanças nos tecidos e musculatura de suporte, com a redução do tônus do músculo extensor, com a hipermobilidade natural e, no caso das mulheres, com as mudanças hormonais pós menopausa.

Contrariando os estudos anteriormente citados, Park e colaboradores (2013), que analisaram 100 indivíduos assintomáticos, não demonstraram diferenças nas medidas de ângulo torácico entre indivíduos jovens e idosos ( $\bar{X}=39^\circ$  e  $\bar{X}=33,37^\circ$ , respectivamente). Em relação à lordose lombar, Park e colaboradores (2013) também não encontraram diferença entre as medidas de jovens e idosos ( $\bar{X}=49,46^\circ$  e  $\bar{X}=45,59^\circ$ , respectivamente). Da mesma forma, Lee e colaboradores (2014) não demonstraram diferenças entre jovens e idosos na

lordose lombar ( $\bar{X}=52,20^\circ$  e  $\bar{X}=53,90^\circ$ , respectivamente). Assim, entende-se que a coluna pode não ser afetada somente por fatores como idade e gênero, como também por outros fatores tais como índice de massa corporal, atividades diárias, profissão e etnia. Ainda, a lordose lombar quando analisada de maneira global, parece não ser afetada pelo envelhecimento dos discos, articulações ou corpos vertebrais (LEE *et al.*, 2014). Nesse mesmo estudo de Lee e colaboradores (2014), quando a lordose lombar foi dividida em região superior e inferior, foi demonstrado que os ângulos de lordose lombar foram maiores em jovens quando comparado com idosos. Não foram encontrados estudos que trabalharam avaliação postural de idosos saudáveis por fotogrametria.

No que diz respeito ao sexo, o estudo de Chaleat-Valayer e colaboradores (2011) comparou os valores de cifose torácica e de lordose lombar entre indivíduos com dor lombar e controle. Os autores também compararam homens e mulheres com dor lombar. Foi verificado que, entre as 87 mulheres e os 111 homens, não houve diferença nos valores tanto para a cifose torácica quanto para a lordose lombar. Porém, houve diferença entre os grupos com dor lombar e controle para os ângulos de cifose torácica, em que os ângulos foram menores no grupo com dor lombar. Damasceno e colaboradores (2006), comparando a lordose lombar entre homens ( $n=143$ ) e mulheres ( $n=207$ ), demonstraram menor ângulo lombar para as mulheres ( $\bar{X}=59,33^\circ$  e  $DP=10,57$ ) em comparação aos homens ( $\bar{X}=63,19^\circ$  e  $DP=10,38$ ). Por outro lado, Been e Kalichman (2014) sugerem que não existem evidências que efetivamente comprovem a associação do ângulo de lordose lombar com a idade e/ou o sexo, havendo a necessidade de realização de mais estudos sobre o assunto. Sendo necessário também a realização de estudos analisando a postura de homens e mulheres pelo método de fotogrametria, pois não foi encontrado nessa revisão. Ainda, ao buscar valores de referência para normalidade e desvios patológicos, verifica-se uma divergência de opinião.

Roaf (1960) afirma que a cifose torácica, quando analisada pela radiografia, é considerada normal quando apresenta angulação entre  $20^\circ$  e  $40^\circ$  e acima de  $40^\circ$  já é considerado anormalidade. No entanto, Fon e colaboradores (1980) analisaram 316 indivíduos entre 2 e 79 anos com valores de cifose torácica entre  $13^\circ$  e  $66^\circ$ . Assim, tais valores classificariam a população jovem e idosa analisada como postura anormal para cifose torácica seguindo a definição

de Roaf (1960). Chalet-Valayer (2011) verificaram ângulos médios de cifose torácica com  $\bar{X}=50,1^\circ$  (DP=10,4) em 709 indivíduos adultos de ambos os sexos. Boulay e colaboradores (2011) analisaram 169 indivíduos assintomáticos e verificaram a média dos ângulos de cifose torácica com  $\bar{X}=53,77^\circ$  (DP=10,0). Assim, de acordo com a definição de Roaf (1960), as amostras desses estudos estariam dentro dos padrões de anormalidade para cifose torácica.

Segundo Cobb (apud MOE, 1978) a lordose lombar varia de  $40^\circ$  a  $60^\circ$ , na qual um ângulo menor que  $40^\circ$  indica uma retificação e maior que  $60^\circ$  sugere uma hiperlordose. No entanto, Fernand e Fox (1985) definem a hipolordose com valores inferiores a  $23^\circ$  e a hiperlordose com valores superiores a  $68^\circ$ . Ademais, dos 15 estudos sobre radiografia analisados na presente revisão, cinco apresentaram valores médios acima de  $60^\circ$  (ROUSSOULY *et al.*, 2005; HARRISON *et al.*, 2005; DE CARVALHO *et al.*, 2012; SOUZA *et al.*, 2008 e BOULAY *et al.*, 2008), o que, de acordo com Cobb (apud MOE, 1978), classificaria essa população como hiperlordótica. Os estudos de Endo e colaboradores (2012), e Ghandihari e colaboradores (2013), também apresentaram uma população com retificação na coluna, seguindo a classificação de Cobb. Assim, existe uma dificuldade na determinação da classificação de normalidade e de anormalidade dos desvios posturais na literatura. Isso pode acontecer devido às diferentes populações analisadas em cada estudo, o que resulta nas diferentes classificações encontradas.

A ausência de um consenso entre os valores de ambas as regiões pode ser explicada devido aos diversos fatores que envolvem o ser humano, tais como idade, gênero, etnia e ainda a atividade predominante no dia-a-dia do indivíduo e a prática de exercícios físicos (Tribastone, 2011). Assim, existe a necessidade de definição de valores ótimos da coluna para a população em geral, para que, ao identificar os desvios, maiores estresses, tensões e dores na coluna e em outras partes do corpo sejam evitados. Todavia, mesmo diante da ausência de parâmetros normativos, é possível padronizar a classificação da angulação torácica e lombar.

A partir dos estudos com radiografia selecionados, foi proposta uma classificação categórica dos desvios torácicos e lombares a partir de referenciais estatísticos de média e de desvio padrão. Tal procedimento foi realizado por meio da simulação de valores de cada indivíduo encontrado nos estudos que

apresentavam mesmo método para cálculo do ângulo e mesmas vértebras de referência para cada região. Para tanto, os valores compreendidos entre um desvio padrão em relação à média obtida representaria um comportamento mais típico, uma vez que compreende aproximadamente 68% dos valores da amostra agrupada no presente estudo. Ao passo que, os valores encontrados dentro da faixa entre um e dois desvios padrão, estariam classificados como uma “tendência” para a “retificação” da angulação ou para o seu aumento (“hipercifose” e “hiperlordose”, respectivamente para as regiões torácica e lombar). Tais valores englobariam cerca de 27% dos indivíduos analisados. Por fim, valores maiores que dois desvios, que englobariam cerca de 10% dos indivíduos analisados, representariam valores relacionados à “retificação” e ao aumento angular (“hipercifose/hiperlordose”) (figura 4).

A partir dessa lógica apresentada, a classificação da cifose torácica foi realizada por estudos contendo o método de Cobb, com cálculos realizados a partir da borda superior de T1 e inferior de T12. A curvatura da cifose torácica, foi considerada “típica” quando fossem encontrados valores entre 52,35° e 63,85°. Valores entre 46,6° e 52,35° seriam uma “tendência à retificação” da cifose torácica e menores que 46,6° “retificação”. Por outro lado, valores entre 63,85° e 69,6° estariam classificados como uma “tendência à hipercifose” e acima de 69,6° como “hipercifose” (Figura 5). Essa classificação não está de acordo com os valores propostos por Roaf (1960), o qual define normalidade ângulos entre 20° e 40°. No entanto, os estudos analisados nessa revisão, são estudos recentes (entre 2000 e 2015), em que mudanças nos padrões de postura devido aos hábitos e cultura, o avanço da tecnologia e do conhecimento médico podem ter ocorrido no decorrer do tempo.

A classificação da lordose lombar foi realizada a partir dos estudos que envolveram o cálculo do ângulo a partir da borda superior de L1 e inferior de L5. Os valores para a “lordose lombar típica” estariam entre 39,61° e 48,53°. Valores entre 35,15° e 39,61° estariam classificados como uma “tendência à retificação” dessa região da coluna e abaixo de 35,15°, seria uma “retificação”. Em contrapartida, valores entre 48,53° e 52,99° estariam classificados como uma “tendência à hiperlordose” e acima de 52,99°, seria uma “hiperlordose” (Figura 6). Os valores considerados típicos, estariam de acordo com o estudo de Tachdjian (1995) o qual define normalidade valores entre 35° e 40°.

Não foi possível definir uma classificação de valores obtidos por meio da fotogrametria, devido à falta de padronização dos métodos. Assim, é de extrema importância a utilização da padronização defendida e justificada nesse estudo, para que comparações entre seus resultados possam ser feitas futuramente. Em especial, mais análises do alinhamento postural por meio de fotogrametria são necessárias para a criação de referenciais normativos. Também é imprescindível a realização de estudos associando o alinhamento postural com fatores de dor, de lesão e de patologias. Estudos que analisem efeitos de diferentes intervenções, com intuito de reabilitação ou de melhoria do desempenho no trabalho/exercício, também são necessários. Apesar da importância na classificação categórica das regiões da coluna, em função de sua angulação, é importante entender que angulações mais retificadas ou aumentadas nem sempre estão relacionadas à dor/lesão. Nesse sentido, alguns autores têm proposto uma análise mais aprofundada da coluna considerando também a angulação da pelve (LEGAYE *et al.*, 1998; ROUSSOULY *et al.*, 2005; VIALLE *et al.*, 2005).

Legaye e colaboradores (1998), afirmaram que as classificações propostas na literatura são baseadas em medidas de curvaturas, angulações e parâmetros de populações normais, tornando esses dados mais descritivos ao invés de analítico. Assim, os autores discutem que as modificações na curvatura em plano sagital estão relacionadas com outras mudanças na orientação pélvica. Com isso, são apresentados três parâmetros pélvicos que precisam ser analisados para um melhor entendimento da lordose lombar. Esses parâmetros são: incidência pélvica, inclinação sacral e inclinação pélvica.

A incidência pélvica é formada pelo ângulo entre a linha perpendicular do bordo sacral, no seu ponto mediano, e a linha que conecta esse ponto ao eixo das cabeças dos fêmures (Figura 7, Painel 3). É considerada como um parâmetro anatômico, único de cada indivíduo e independente da orientação espacial da pelve. Esse parâmetro é constante, pois independe da idade a partir da finalização do crescimento. A inclinação sacral é definida como um ângulo entre a borda superior de S1 e uma linha horizontal (Figura 7, Painel 1). Por fim, a inclinação pélvica é definida como o ângulo entre a linha que liga o ponto médio do bordo sacral e o eixo das cabeças dos fêmures e a vertical (Figura 7, Painel 2). Esses ângulos são geometricamente relacionados, assim, a incidência

pélvica é a soma da inclinação sacral com a inclinação pélvica (LEGAYE *et al.*, 1998; VIALLE *et al.*, 2005; ROUSSOULY *et al.*, 2005).

Legaye e colaboradores (1998) concluem que a lordose lombar está fortemente relacionada com a orientação da pelve, expressa pela inclinação sacral que, por sua vez, é fortemente influenciado pela incidência pélvica. Assim, a incidência pélvica, por ser o único parâmetro independente da orientação espacial sagital, determina a orientação pélvica e o tamanho da lordose lombar. Contudo, um valor baixo de incidência pélvica está relacionado a valores baixos dos outros parâmetros pélvicos e conseqüentemente a uma lordose retificada. Por outro lado, valores elevados da incidência pélvica acarreta uma boa orientação de inclinação pélvica e a uma lordose pronunciada.

Diante disso, Roussouly e colaboradores (2005) estabeleceram uma classificação de acordo com esses parâmetros descritos por Legaye e colaboradores (1998). Essa classificação é composta por quatro tipos de lordose: Lordose tipo 1: a inclinação sacral é menor que 35°, normalmente associado com uma pequena incidência pélvica. O arco lordótico é mínimo, chegando a zero quando a inclinação sacral se aproxima da horizontal. A porção superior da coluna apresenta uma significativa cifose. Lordose tipo 2: a inclinação sacral é menor que 35°. O arco lordótico é relativamente retificado. A coluna apresenta-se hipercifótica e hiperlordótica. Lordose tipo 3: a inclinação sacral está entre 35° e 45°. O arco lordótico se torna mais proeminente. A coluna está bem balanceada. Lordose 4: a inclinação sacral é maior que 45°, que está associada a uma alta incidência pélvica. O arco lordótico é mais proeminente. Assim, a avaliação postural da cifose torácica e lordose lombar deveria ser analisada a partir dos parâmetros da pelve. Logo, seriam analisados os ângulos dos três parâmetros pélvicos citados acima e a partir deles seria classificada a cifose e a lordose. Ainda, a partir disso, a lordose pode ser classificada dentro dos quatro tipos definidos por Roussouly e colaboradores (2005).

Diante do que foi exposto, entende-se que alinhamento postural depende de diversos fatores tais como idade, gênero e etnia. Contudo, a morfologia da coluna em plano sagital varia de indivíduo para indivíduo e qualquer modificação na curvatura nesse plano, associa-se a outras mudanças na orientação pélvica. Estresse e tensão indevida sobre ossos, articulações, ligamentos e músculos podem resultar em defeitos no alinhamento postural. Esses problemas no

alinhamento postural podem levar a dores, que podem aparecer de forma aguda ou crônica (KENDALL *et al.*, 2007). Muitas vezes, inicialmente um mau alinhamento postural não ocasionará dor e não atrapalhará o indivíduo em suas tarefas diárias. Entretanto, com o tempo, pode haver desgaste que podem acarretar problemas posturais. Ainda, o padrão postural típico de uma etnia ou população específica, não pode ser colocado como padrão geral. Com isso, é necessária uma avaliação individual, levando-se em consideração todos os fatores discutidos nessa revisão (etnia, gênero, idade, profissão).

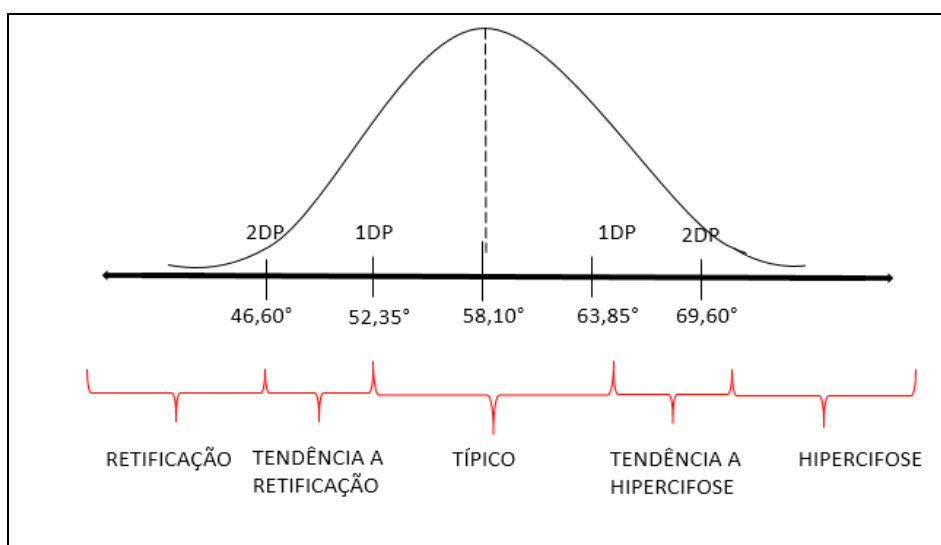


Figura 5: Classificação do desvio da coluna torácica.

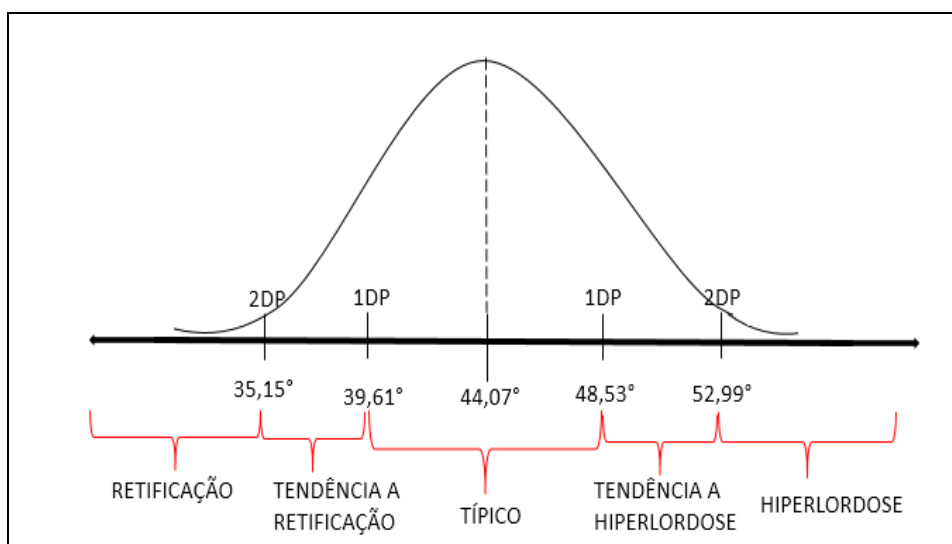


Figura 6: Classificação do desvio da coluna lombar.

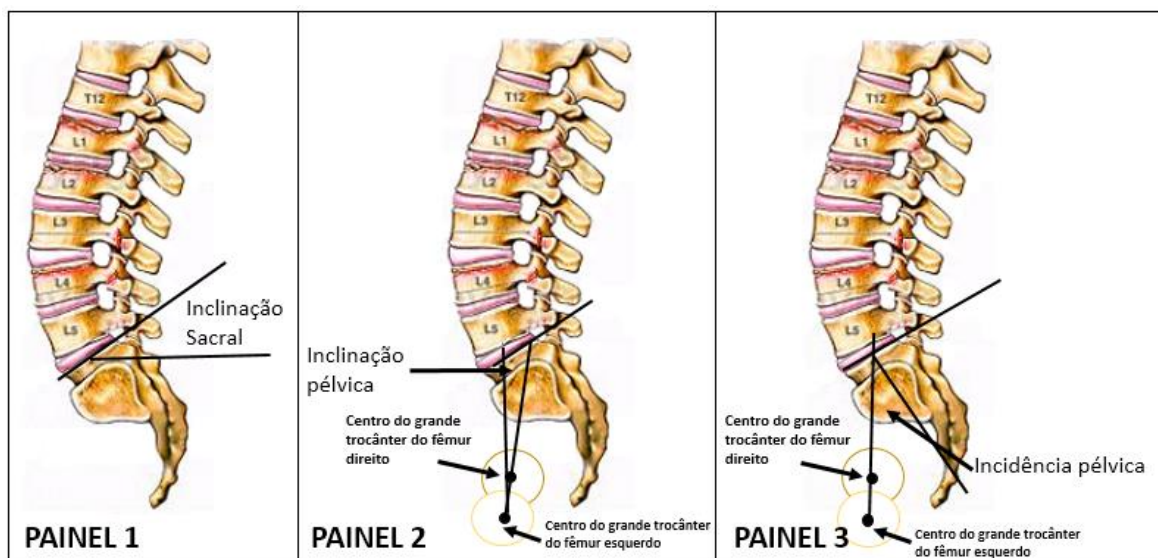


Figura 7: Representação dos três parâmetros pélvicos. Painel 1: Inclinação Sacral. Painel 2: Inclinação Pélvica. Painel 3: Incidência Pélvica

## 2.2. Conclusão

A radiografia apresentou dois aspectos que precisam ser padronizados, o posicionamento dos braços e a escolha das vértebras para o cálculo do ângulo de Cobb. Os braços soltos ao longo do corpo, em posição natural, podem impedir a visibilidade das vértebras na radiografia. Com isso, sugere-se que os braços sejam flexionados com os punhas nas clavículas. Ainda, o cálculo do ângulo de Cobb deve ser realizado a partir da borda superior da vértebra T1 e inferior de T12 para cifose torácica e borda superior da vértebra L1 e inferior de L5 para lordose lombar. Assim, considera-se somente os corpos vertebrais que envolvem cada região.

Para uma melhor avaliação postural pelo método de fotogrametria, o corpo deve ser mantido perpendicular a câmera, com fio de prumo colocado paralelo ao plano de medida e com mais de um metro para diminuir o erro de paralaxe e melhorar a acurácia das medidas. Ainda, utilizar um dispositivo nos pés que não interfira na base de apoio e na postura de cada avaliado. Sugere-se que o cálculo do ângulo seja realizado pelo método de Cobb, o qual é o mais utilizado nas análises posturais por radiografia. A escolha de um software confiável desenvolvido para análise postural e uma alta resolução das fotos também são recomendações importantes. Para que não haja interferência do calçado na postura, padronizar a avaliação com os avaliados descalços. Por fim,

a palpação deve ser realizada por avaliadores experientes, treinados e com conhecimento de anatomia.

Os testes de reprodutibilidade inter e intra-avaliadores pelos métodos de radiografia e fotogrametria têm demonstrado reprodutibilidade em seus resultados. No entanto, existe a necessidade da utilização dos métodos estatísticos adequados para uma melhor análise dos resultados.

Com a finalidade de sanar o problema da divergência de valores referências de normalidade, foi sugerido uma classificação da curvatura de cifose torácica e lordose lombar a partir das médias e desvios padrões de estudos realizados com radiografia. Entretanto, não foi possível realizar o mesmo procedimento com os estudos com fotogrametria, devido à grande discrepância em seus procedimentos e cálculo dos ângulos. Ademais, a coluna sofre influência de alguns parâmetros da pelve (incidência pélvica, inclinação sacral e inclinação pélvica) e de fatores tais como etnia, gênero e idade, que podem influenciar toda a curvatura da coluna. Assim, as curvaturas de cifose torácica e lordose lombar devem ser analisadas individualmente, considerando todos os fatores que influenciam em suas medidas.

### 3. Estudo 2 – ESTUDO EXPERIMENTAL

PORTO, Alessandra Beggiato. **Reprodutibilidade e validade do método de fotogrametria na quantificação da cifose torácica e lordose lombar**. 2016. Dissertação (Mestrado em Educação Física) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 2016.

#### RESUMO

A fotogrametria tem sido utilizada na quantificação dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar. No entanto, existe a necessidade de verificar a validade e reprodutibilidade do método. Assim, o objetivo do estudo foi testar a reprodutibilidade e validade o método de fotogrametria na quantificação da cifose torácica e lordose lombar. Para isso, 45 voluntários tiveram as vértebras C7, T12 e L5 identificadas por palpação e marcadores externos com esferas de chumbo em cada extremidade, foram afixados a pele do participante com fita dupla face. Foram realizadas duas radiografias em plano sagital e posição ortostática (região toracolombar e lombosacral). Após a realização das radiografias, o participante permaneceu na mesma posição para realizar a foto, com uma câmera digital sobre um tripé, o qual foi colocado sobre a mesa de radiografia. As radiografias foram analisadas no software *Horos* por um médico radiologista e pelo avaliador 2 no software *ImageJ* e foram calculados os ângulos de cifose torácica e lordose lombar de cada participante, pelo método de Cobb. Ainda, o avaliador 2 analisou as radiografias no software *SAPO* pelo cálculo dos ângulos a partir dos chumbos visíveis na radiografia. As fotos foram digitalizadas no software *SAPO* por meio dos marcadores aderidos a pele do participante. Para testar a reprodutibilidade intra avaliadores na digitalização das imagens, ambos avaliadores realizaram o re-teste de todos os métodos, uma a quatro semanas após a primeira análise. Foi realizado o teste de correlação de *Pearson* para identificar relação entre as medidas de fotogrametria e da radiografia pelo método de Cobb. Para a análise da reprodutibilidade intra-avaliadores foi realizado o teste de coeficiente de correlação intraclass (CCI) e de Bland & Altman. Foi verificada moderada e fraca correlação entre os valores de fotogrametria e radiografia para ângulos lombares e torácicos, respectivamente. No entanto, os índices de CCI foram altos para a reprodutibilidade intra-avaliadores no re-teste para todos os métodos. Assim, não foi possível validar a fotogrametria na análise dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar. Entretanto, a fotogrametria demonstrou altos índices de CCI no re-teste intra-avaliadores, demonstrando que o método pode ser usado como complemento a avaliação postural e em casos de intervenção.

Palavras chave: Radiografia. Fotogrametria. Cifose. Lordose. Validade.

PORTO, Alessandra Beggiato. **Reliability and validity of the Photogrammetry method on the thoracic kyphosis and lumbar lordosis quantification**. 2016. Dissertation (Master Degree in Physical Education) – Londrina State University, Londrina. 2016.

### ABSTRACT

The photogrammetry has been used on the quantification of the thoracic kyphosis and lumbar lordosis angle. However, it is necessary to validate and test the reliability of this method. Therefore, the study aimed to test the reliability and validity of the photogrammetry method on the quantification of the thoracic kyphosis and lumbar lordosis. For that, The C7, T12 and L5 vertebrae of 45 volunteers were identified by palpation and external markers with lead spheres in each extremity were attached to the participant's skin with double-sided tape. Two radiographs in sagittal plane and standing position were realized (thoracolumbar and lumbosacral region). After the radiographies, the participant remained in the same position to take a photograph, with a digital camera on a tripod, which was placed on the radiograph table. A specialist doctor analyzed the radiographies on Horos software and an examiner 2 analyzed on ImageJ software and the thoracic kyphosis and lumbar lordosis angles of each participant were calculated, by the Cobb method. Furthermore, the examiner 2 analyzed the radiographies on SAPO software calculating the angles from the lead visible on the radiograph. The photos were digitalized on SAPO software from the markers attached to the participant's skin. To test the intrarater reliability on the image digitalization, both examiners realized the re-test of the methods, one to four weeks after the first analysis. The Pearson correlation test were realized to identify the relation between the photogrammetry and radiograph analysis by the Cobb method. To test the reliability, the intraclass correlation coefficient (ICC) and Bland & Altman were realized. The results showed moderate and weak correlation between the photogrammetry and radiograph values for lumbar and thoracic angles, respectively. However, the ICC index were high for the intrarater reliability for all methods. Furthermore, it was not possible to validate the photogrammetry on the thoracic kyphosis and lumbar lordosis analysis. Therefore, the photogrammetry demonstrated high ICC index on the re-test, showing that this method can be used as a complement to the postural evaluation and in intervention cases.

Keywords: Radiography. Photogrammetry. Kyphosis. Lordosis. Test of validity.

### 3.1. Introdução

O equilíbrio entre o sistema muscular e ósseo protege a coluna de lesões e deformidades, garantindo um alinhamento postural adequado (ADAMS; HUTTON, 1985). Por outro lado, o desequilíbrio musculoesquelético que ocorre na alteração da postura produz uma maior tensão entre as estruturas responsáveis pelo sistema postural, ocasionando dor, desconfortos ou incapacidade, que favorecem o aparecimento de desvios posturais (WATIKINS, 1999). Segundo Kanoplich (1986), cerca de 80% da população adulta apresenta problemas posturais, sendo essa a segunda causa de afastamento de trabalhadores do serviço. Estes problemas posturais, normalmente, começam na infância e se agravam na fase adulta, exceto quando não ocorre alguma intervenção para correção da postura (BRACCIALLI; VILARTA, 2000). Para a realização de uma intervenção apropriada, primeiramente, é necessário o diagnóstico preciso do tipo de desvio postural. De acordo com Pagnussat e Paganotto (2008), os principais tipos de desvios posturais em plano sagital são hiperlordose e hipercifose.

A hiperlordose é caracterizada pelo aumento das convexidades anteriores da coluna (CLEMENTE, 1984). Segundo Cobb (apud MOE, 1978) a lordose lombar varia de 40° a 60°, na qual um ângulo menor que 40° indica uma retificação e maior que 60° sugere uma hiperlordose. Tachdjian (1995) considera lordose lombar normal a curvatura entre 35°-40°. A hipercifose é o aumento anormal da convexidade posterior da curvatura torácica observada no plano sagital (CLEMENTE, 1984), em que os ângulos entre 20° e 40° seriam considerados dentro de padrões de normalidade e a curvatura acima ou abaixo de 40° um valor anormal (ROAF, 1960). Clinicamente, o meio mais preciso e utilizado para o diagnóstico desses desvios posturais é a radiografia.

A radiografia tem sido o método mais indicado para o diagnóstico de desvios posturais, por meio dela é possível mensurar as curvas da coluna vertebral (SINGER; JONES; BREIDAHN, 1990). Apesar desta possibilidade de realizar a análise quantitativa dos desvios posturais, este método possui grande custo para ser realizado. Além disso, a radiografia expõe a pessoa avaliada a radiações, o que não permite uma avaliação periódica para verificação de alguma melhora ou piora (WILLNER, 1981). Em um estudo retrospectivo de Levy e colaboradores (1995), 2039 adolescentes diagnosticados com escoliose

idiopática por meio de radiografia foram acompanhados durante 40 anos e, posteriormente, no serviço de óbito foi constatado que houve uma maior incidência de câncer nessa população quando comparados com a população geral. Em função disso, outros métodos têm sido utilizados na quantificação da cifose torácica e da lordose lombar, como é o caso da fotogrametria.

A fotogrametria é definida pela American Society of Photogrammetry (1979) como a arte, ciência e tecnologia de obtenção de informação confiável sobre objetos físicos e o meio ambiente através de processos de gravação, medição e interpretação de imagens fotográficas e padrões de energia eletromagnética radiante e outras fontes (TOMMAZELLI *et al.*, 1999). Conhecida também como Bioestereometria, fotogrametria médica (TOMMAZELLI *et al.*, 1999) ou Fotometria (DEZAN *et al.*, 2005), por esse método é possível calcular o ângulo a partir das coordenadas dos processos espinhosos demarcados (TOMMAZELLI *et al.*, 1999). Por meio da utilização deste método, profissionais da área da saúde podem realizar a avaliação postural de forma precisa para o diagnóstico preventivo de desvios posturais, evitando os gastos desnecessários e a exposição à radiação que a avaliação clínica tradicional da radiografia oferece. Apesar dos benefícios do método de fotogrametria para a avaliação postural, ainda são necessários estudos que analisem a validade das medidas realizadas por este método em relação a radiografia e a reprodutibilidade intra-avaliadores na digitalização das imagens.

Estudos já testaram a validade da fotogrametria, como por exemplo os estudos de Saad e colaboradores (2009) e Donhert e Tomasi (2008) em que não foi encontrada correlação entre as medidas de radiografia e fotogrametria na avaliação da escoliose em plano frontal, em adolescentes com escoliose idiopática. Por outro lado, Van Niekerk *et al.* (2008) encontraram forte correlação entre os valores de cifose torácica de adolescentes sentados em carteira escolar analisados por fotogrametria e pelo método LODOX (método radiográfico com menor exposição à radiação). A reprodutibilidade intra-avaliadores foi testada por Pezzan *et al.* (2011) em indivíduos que usavam salto com frequência e que não usavam, foi verificada altos índices de reprodutibilidade entre as medidas. Contudo, não foram encontrados estudos na literatura que testaram a validade da fotogrametria em plano sagital e posição ortostática de adultos jovens sem desvios posturais. Ainda, poucos estudos procuraram verificar a

reprodutibilidade intra-avaliador na digitalização das imagens pelo método de fotogrametria em indivíduos sem desvios posturais e sem condições específicas de uso de calçados.

Em função do acima exposto, o objetivo do estudo foi relacionar as medidas de quantificação dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar realizadas por meio da radiografia e da fotogrametria e verificar a reprodutibilidade intra-avaliadores do método de fotogrametria. Foram levantadas as hipóteses de que (H1) que haveria correlação entre as medidas dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar entre os métodos de radiografia e fotogrametria e (H2) que haveria altos índices de reprodutibilidade intra-avaliadores na quantificação da cifose torácica e lordose lombar pelo método de fotogrametria. O presente estudo testou a validade e reprodutibilidade de um método de avaliação postural que apresenta vantagens que o método tradicional de radiografia, tais como maior facilidade de interpretação, acessibilidade, precisão e baixo custo.

## **3.2. Método**

### **3.2.1. Participantes**

Compareceram à clínica ECOCARDIO (Ecocardio Vascular Serviço de Imagenologia LTDA, Londrina-Paraná) para a realização da radiografia 56 voluntários, selecionados por conveniência. No entanto, foram excluídos três indivíduos pois não foi possível a visualização das vértebras e/ou marcadores nas imagens. Durante a análise das fotos, foi verificado erro na colocação dos marcadores em sete participantes e não foi possível a visualização das vértebras na radiografia de um participante. Assim, participaram do estudo 45 jovens adultos, voluntários e selecionados por conveniência, com IMC (índice de massa corporal) entre 18,6 e 29,35 Kg/m<sup>2</sup>, valores considerados entre normais e sobrepeso, de acordo com a classificação da Organização Mundial da Saúde (WHO, 2000).

Os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido. Os participantes que apresentaram algum problema musculoesquelético e que não estivessem dentro das idades pré-estabelecidas foram excluídos do estudo. Participantes com estatura acima de 1,90 metro foram excluídos por não ser possível a visualização das vértebras e dos

marcadores nas radiografias. Mulheres gestantes ou com suspeita de gravidez também não foram selecionadas para o estudo. O presente projeto foi aprovado pelo comitê de ética de Universidade Estadual de Londrina (parecer n. 682.589, CAAE n. 31063514.0.0000.5231).

### **3.2.2. Procedimentos experimentais**

Os voluntários compareceram à clínica ECOCARDIO e, após a explicação dos procedimentos do estudo e com a anuência em participar do experimento, assinaram um termo de consentimento livre esclarecido de participação. Posteriormente, os participantes foram pesados em uma balança digital (marca *WISO*) e tiveram a estatura aferida por meio de uma fita métrica. Em seguida, um único avaliador identificou os processos das vértebras C7, T12 e L5 dos participantes pelo método de palpação.

Inicialmente, sentado em um banco sem encosto, foi identificada a posição do processo espinhoso da vértebra C7 do participante. Para tanto, o participante foi solicitado a realizar movimentos de flexão e de extensão de pescoço para identificar o processo mais proeminente da região cervical (vértebra T1). A vértebra seguinte à T1 (em direção à cabeça) foi identificada como C7. Para confirmar o posicionamento de C7 foi solicitado ao participante que realize movimentos de rotação de pescoço, pois a vértebra C7 possui mobilidade e T1 não. A partir da identificação da C7, cada vértebra foi palpada individualmente até a vértebra L5. O posicionamento de L5 foi confirmado pela localização de L4 (uma vértebra acima de L5) na linha de projeção entre as cristas ilíacas (CI) (TIXA,2000). A marcação da posição de cada processo foi realizada com um lápis de olho de cor preta ponta fina (AVON®) no bordo medial da vértebra.

Sob essas marcações foram afixados com fita adesiva dupla face (marca 3M), marcadores externos de 1,5 cm com base de plástico (3 cm<sup>2</sup>) e filamento de cartolina (2,5cm) e em cada extremidade do filamento foi colocado uma esfera de 1 cm de diâmetro de chumbo (Figura 1). O marcador foi identificado no raio-X por meio do contraste de imagem proporcionado pelo chumbo. A esfera de chumbo não ficou em contato com a pele do participante.

Os participantes foram submetidos, primeiramente, à radiografia da coluna vertebral no plano sagital no equipamento de radiografia (Siemens – 500mA, CR – FCR Prima Fuji) e, posteriormente, à fotogrametria com utilização de uma câmera digital (Olympus VG-110). Para ambos os testes, os participantes permaneceram em posição ortostática, em base de apoio bipodal, olhando para um ponto fixo à sua frente, com os braços cruzados no peito (Figura 2, Painel A). O participante se posicionou para a radiografia e em seguida, o tripé foi posicionado em um ponto fixo demarcado na mesa de radiografia, a câmera ficou a uma altura de 1,36 metros do chão (Figura 2, Painel B) e uma foto foi realizada. A radiografia e a foto foram realizadas com o participante descalço em cima de um tapete de EVA, no qual posicionou os pés em uma das 3 marcações paralelas de 8,5 cm, 12,5 e 17,5 (Figura 2, Painel C). A escolha da demarcação foi feita com base na largura proporcional à distância de ombro a outro e quadril de cada participante.

A câmera foi posicionada a uma distância de 1,5 metros do participante. Foi utilizado um suporte posicionado posteriormente ao avaliado com um fio de prumo com uma marcação de 1 metro para a calibragem das fotos no software de análise (Figura 2, PAINEL C). Para a calibragem das radiografias que foram analisadas no SAPO, foi colocado um fio de prumo, com 7 esferas de chumbo (5 cm de diâmetro) com 10 cm de espaço entre elas (Figura 2, Painel A). Os marcadores do fio de prumo e da coluna ficaram alinhados no mesmo plano (sagital) de análise e paralelos ao plano do equipamento de raio-X e da câmera fotográfica. Os participantes do sexo masculino realizaram a radiografia sem camisa e as mulheres de top, as vestimentas da parte inferior teriam que permitir a visualização dos marcadores assim como sua aderência à pele (foi oferecida indumentária adequada aos participantes para auxiliar nas análises). Após a realização da radiografia e da fotogrametria, os marcadores externos foram retirados e as demarcações foram apagadas com a utilização de álcool em gel (70% da marca Veja®).

A dose de radiação para uma sessão de radiografia de tórax (como é o caso da pesquisa), dada em milisievert (mSv), é de 0,2 mSv, ou seja, se encontra dentro das normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), a qual recomenda um limite anual de exposição à radiação de 1 mSv. Foram realizadas apenas duas radiografias de cada paciente no plano sagital, uma da região

tóraco-lombar e outra torácica-lombar. Não foi possível realizar a radiografia panorâmica da coluna toda devido a especificidade do aparelho disponível na clínica. No momento da radiografia, permaneceu na sala de radiografia somente o voluntário e a radiografia foi realizada individualmente.

As radiografias foram analisadas por um médico radiologista com 2 anos de experiência pelo software *Horos* (v. 1.1.7) e também por um segundo avaliador (AVALIADOR 2), sem experiência na análise pelo método de Cobb, utilizando o software *ImageJ* (1.50G). O médico radiologista utilizou o software da própria clínica e o cálculo de cifose torácica foi feito por meio da identificação da borda superior da vértebra T1 e inferior da vértebra T12. A lordose lombar foi calculada a partir da identificação da borda superior da vértebra L1 e inferior da vértebra L5. Ao identificar as bordas das vértebras de referência, os ângulos de Cobb foram fornecidos automaticamente pelo software (FIGURA 2, Painel A). As radiografias foram salvas em CD e transferidas para o computador e salvas em JPEG. O AVALIADOR 2 analisou as radiografias no software *ImageJ* (1.50G) em que foram identificadas as mesmas bordas das análises pelo médico, no entanto, no prolongamento das retas paralelas traçadas a partir das bordas, foram traçadas retas perpendiculares, no encontro dessas retas perpendiculares foram calculados os ângulos (ângulo de Cobb) (Figura 2, Painel B).

As radiografias também foram analisadas no software SAPO em que o AVALIADOR 2 realizou o cálculo dos ângulos por meio dos marcadores visíveis na radiografia determinado a partir do prolongamento das retas adjacentes/paralelas às extremidades inferiores de C7-T12 (torácico) e T12-L5 (lombar), utilizando a ferramenta de quatro pontos. (Figura 2, Painel C). Ainda, no software SAPO, o AVALIADOR 2 realizou o cálculo dos ângulos nas fotos a partir dos marcadores aderidos na pele do participante, da mesma maneira como foi realizado na radiografia (Figura 2, Painel D). A palpação das vértebras, o posicionamento dos marcadores e o cálculo dos ângulos no software SAPO foram realizados por apenas um avaliador (AVALIADOR 2). Todas as radiografias foram realizadas pelo mesmo técnico radiologista e os cálculos dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar, por meio das radiografias, foram realizados pelo mesmo médico.

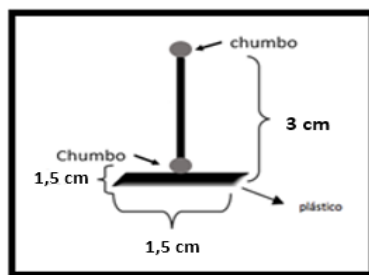


Figura 1. Representação do marcador cutâneo utilizado nos processos das vértebras C7, T12 e L5.

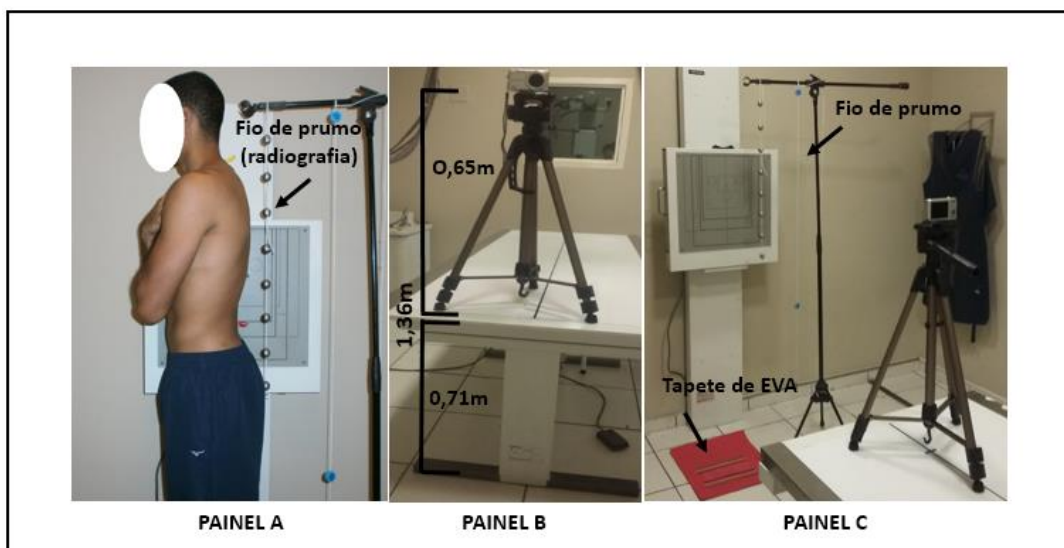


Figura 2: Layout da sala de coletas. PAINEL A: Posicionamento do participante. PAINEL B: Disposição do tripé. PAINEL C: Disposição dos materiais na sala de coleta.

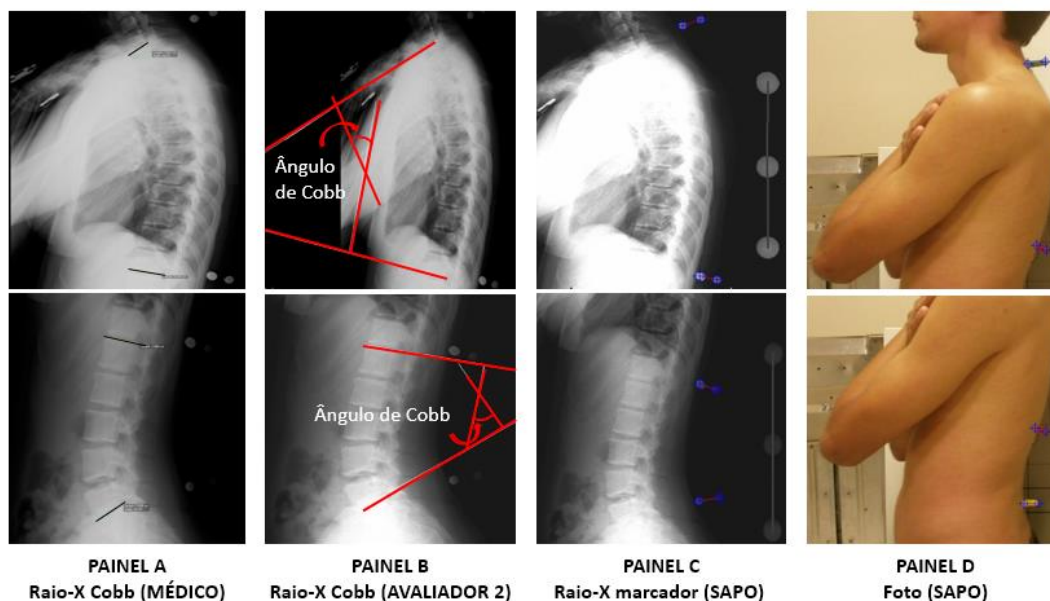


Figura 3: Métodos do cálculo dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar. PAINEL A: Cálculo dos ângulos pelo método de Cobb realizado pelo médico, no software *Horos*. PAINEL B: Cálculo dos ângulos pelo método de Cobb realizados pelo avaliador 2, no software *ImageJ*. PAINEL C: Cálculo dos ângulos realizado no *SAPO* pelo avaliador 2, a partir dos marcadores visíveis na radiografia. PAINEL D: Cálculo dos ângulos realizado no *SAPO* pelo avaliador 2, a partir dos marcadores aderidos à pele, analisados nas imagens fotográficas.

### 3.2.3. Testes de Reprodutibilidade intra-avaliadores.

Foi testada a reprodutibilidade intra-avaliadores na digitalização das imagens. Assim, foram escolhidas aleatoriamente as fotos e radiografias de ambas regiões de 20 participantes. Os marcadores nas fotos e na radiografia foram digitalizados pelo mesmo avaliador (AVALIADOR 2) com a utilização do mesmo software (*SAPO*), após três semanas da primeira análise. As radiografias analisadas pelo AVALIADOR 2 foram refeitas pelo mesmo avaliador com uma semana de intervalo no software *ImageJ*. As radiografias analisadas pelo médico foram refeitas pelo mesmo médico, no software *Horos*, com intervalo de um mês entre uma análise e outra. No momento da reavaliação, os dados foram anotados em uma planilha a parte, para que o avaliador não tivesse acesso aos dados da avaliação anterior.

### 3.2.4. Análise estatística

A análise descritiva foi apresentada pela média, desvio padrão e valores máximos e mínimos. Foi testada a normalidade dos dados pelo teste de *Kolmogorov-Smirnov*. Assumida a normalidade, foi realizado o teste de *ANOVA* para medidas repetidas, seguida do *post hoc* de Bonferroni, para identificar diferenças entre os valores médios dos quatro métodos de avaliação para ambas as regiões. A validade dos valores de cifose torácica e lordose lombar da fotogrametria e da radiografia foi testada pelo teste de correlação de Pearson. A concordância foi analisada por meio da representação de concordância-sobrevivência. A curva de concordância-sobrevivência expressa o grau de discordância em função de diversos limites de tolerância, semelhantes as análises de sobrevida de *Kaplan-Meier*, mas ao invés das diferenças absolutas observadas entre as mensurações, nesta técnica localiza-se no eixo “X” o módulo das diferenças, enquanto que no eixo “Y” a proporção de casos discordantes (LUIZ *et al.*, 2003). Foi utilizado o teste de Coeficiente de Correlação Intraclasse (CCI) para verificar a reprodutibilidade intra-avaliadores das medidas de cada método, seguido do teste *Bland & Altman* para análise da concordância. As análises estatísticas foram realizadas no software SPSS 20.0, exceto o teste de *Bland & Altman* o qual foi realizado no software MedCalc 14. Todas as análises estatísticas foram realizadas com significância estabelecida em 5% ( $P < 0,05$ ).

O coeficiente de correlação de Pearson foi considerado forte em resultados maiores que 0,7; moderado para valores entre 0,4 e 0,69 e fraco para valores menores que 0,39.

### 3.3. Resultados

A amostra final foi composta por 45 voluntários (23 mulheres e 22 homens) com idade média de 24,13 anos (DP=4,46), peso médio de 65,27 quilos (DP=11,59), estatura média de 1,68 metros (DP=0,09) e IMC médio de 22,92 kg/m<sup>2</sup> (DP=2,72). Foram analisadas 90 radiografias, sendo 45 radiografias da região torácica e 45 da região lombar.

Os valores médios, máximos e mínimos de cifose torácica e lordose lombar de cada método foram representados na tabela 2. Para o ângulo torácico, foi encontrada diferença somente nos valores médios das análises radiográficas realizadas pelo médico e pelo avaliador 2, em que o valor médio apresentado pelo médico foi menor quando comparado ao avaliador 2. Para os valores de lordose lombar, os valores médios das análises radiográficas realizadas pelo médico também foram menores quando comparados aos valores das análises do avaliador 2. Ainda, foi verificado menor valor de ângulo lombar entre as medidas realizadas por fotogrametria (Foto (SAPO) e Raio-X marcadores (SAPO)) em comparação com ambas as medidas realizadas por radiografia pelo método de Cobb (MÉDICO e AVALIADOR 2) ( $p < 0,05$ ).

Tabela 1: Valores médios, desvio padrão e valores máximos e mínimos dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar em cada método analisado

		Foto (SAPO)	Raio-X marcadores (SAPO)	Raio-X Cobb (MÉDICO)	Raio-X Cobb (AVALIADOR 2)
Torácico	<b>Média (DP)</b>	42,78° (13,04°)	42,51° (12,92°)	38,49 (8,78) <sup>e</sup>	46,77° (6,21°)
	<b>Min.-Máx.</b>	19,9° – 68,9°	17,3° – 69,2°	16,42 – 62,30	31,9° – 58,6°
Lombar	<b>Média (DP)</b>	22,03° (10,93°) <sup>ab</sup>	22,24° (10,92°) <sup>cd</sup>	40,44° (11,42°) <sup>e</sup>	43,93° (11,25°)
	<b>Min.-Máx.</b>	0,4° – 44,6°	0,4° – 44,8°	20,9° – 65,7°	25,1° – 73,3°

<sup>a</sup> diferença significativa entre Foto (SAPO) e Raio-X Cobb (MÉDICO), <sup>b</sup> diferença significativa entre Foto (SAPO) e Raio-X Cobb (AVALIADOR 2), <sup>c</sup> diferença significativa entre Raio-X marcador (SAPO) e Raio-X Cobb (MÉDICO), <sup>d</sup> diferença significativa entre Raio-X marcador (SAPO) e Raio-X Cobb (AVALIADOR 2), <sup>e</sup> diferença significativa entre Raio-X Cobb (MÉDICO) e Raio-X (AVALIADOR 2).

A tabela 2 demonstrou a análise da reprodutibilidade intra-avaliadores na digitalização das imagens por meio da fotogrametria (Foto (SAPO) e raio-X marcadores (SAPO)) e no cálculo do ângulo pelo método de Cobb (médico e avaliador 2). Foi verificada uma forte reprodutibilidade na análise intra-avaliadores por fotogrametria (Foto (SAPO) e Raio-X marcadores (SAPO)) e no cálculo do ângulo de Cobb pelo médico e pelo avaliador 2, para ambas as regiões (torácica e lombar).

Tabela 2: Reprodutibilidade intra-avaliadores das medidas dos ângulos torácico e lombar pelos quatro métodos avaliados

	CCI		Bland & Altman				
	CCI	IC95%	$\bar{d}$	DP da $\bar{d}$	IC95% da $\bar{d}$	Lim. inf.	Lim. sup.
<b>Foto (SAPO)</b>							
<b>Torácico</b>	0,96	0,94 - 0,98	-0,09	4,9	-2,39-2,20	-9,7	9,5
<b>Lombar</b>	0,94	0,85 - 0,97	-2,12	4,6	-4,29-0,04	-11,2	6,9
<b>Raio-X marcadores (SAPO)</b>							
<b>Torácico</b>	0,93	0,95 - 0,99	0,82	2,8	-0,52-2,17	-4,8	6,4
<b>Lombar</b>	0,97	0,93 - 0,99	-0,98	3,0	-2,39-0,42	-6,9	4,9
<b>Raio-X Cobb (MÉDICO)</b>							
<b>Torácico</b>	0,90	0,76-0,96	0,43	4,2	-1,54-2,40	-7,8	8,7
<b>Lombar</b>	0,98	0,95-0,99	-0,42	3,2	-1,92-1,07	-6,7	5,8
<b>Raio-X Cobb (AVALIADOR 2)</b>							
<b>Torácico</b>	0,71	0,30 - 0,88	-2,83	4,50	-4,94-0,72	-11,6	5,9
<b>Lombar</b>	0,93	0,83 - 0,97	-1,93	5,32	-4,42-0,55	-12,3	8,5

Os valores do ângulo de cifose torácica e lordose lombar apresentaram forte correlação ( $r > 0,7$ ) entre valores de fotogrametria, Foto (SAPO) e Raio-X marcador (SAPO). A correlação também foi forte entre as medidas de radiografia pelo ângulo de Cobb (Raio-X Cobb (Médico) e Raio-X Cobb (AVALIADOR 2)) para a região lombar. No entanto, a correlação foi moderada ( $0,39 < r < 0,4$ ) entre os valores de Raio-X marcador (SAPO) e Raio-X (AVALIADOR 2) para ambas as regiões, Foto (SAPO) e Raio-X Cobb (MÉDICO), Foto (SAPO) e Raio-X (AVALIADOR 2), Raio-X marcador (SAPO) e Raio-X Cobb (MÉDICO) para a região lombar e Raio-X Cobb (MÉDICO) e Raio-X Cobb (AVALIADOR 2) para região torácica. Contudo, foi verificada fraca correlação ( $r < 0,39$ ) para Foto (SAPO) e Raio-X (AVALIADOR 2), Foto (SAPO) e Raio-X Cobb (MÉDICO) e Raio-X marcador e Raio-X Cobb (MÉDICO) para os ângulos torácicos (Tabela

5). A figura 1 apresenta os gráficos de dispersão da relação entre os valores de cifose torácica e lordose lombar entre Foto (SAPO) x Raio-X marcador (SAPO) (Painel A e B), Foto (SAPO) x Raio-X Cobb (AVALIADOR 2) e Raio-X Cobb (MÉDICO) (Painel C e D) x Raio-X Cobb (AVALIADOR 2) (Painel E).

Tabela 3: Análise do Coeficiente de correlação (r) e de determinação ( $R^2$ ) entre os métodos de avaliação para ângulo torácico e lombar

		Foto (SAPO)	Raio-X marcador (SAPO)	Raio-X (MÉDICO)	Raio-X (AVALIADOR 2)
		r ( $R^2$ )	r ( $R^2$ )	r ( $R^2$ )	r ( $R^2$ )
Torácico	Foto (SAPO)		0,98 (0,97)*	0,30 (0,09)*	0,39 (0,15)*
	Raio-X marcador (SAPO)			0,27 (0,07)*	0,41 (0,17)*
	Raio-X (MÉDICO)				0,68 (0,47)*
Lombar	Foto (SAPO)		0,98 (0,96)*	0,53 (0,29)*	0,51 (0,27)*
	Raio-X marcador (SAPO)			0,55 (0,31)*	0,52 (0,26)*
	Raio-X (MÉDICO)				0,94 (0,88)*

\*Correlação significativa para  $p < 0,01$ .

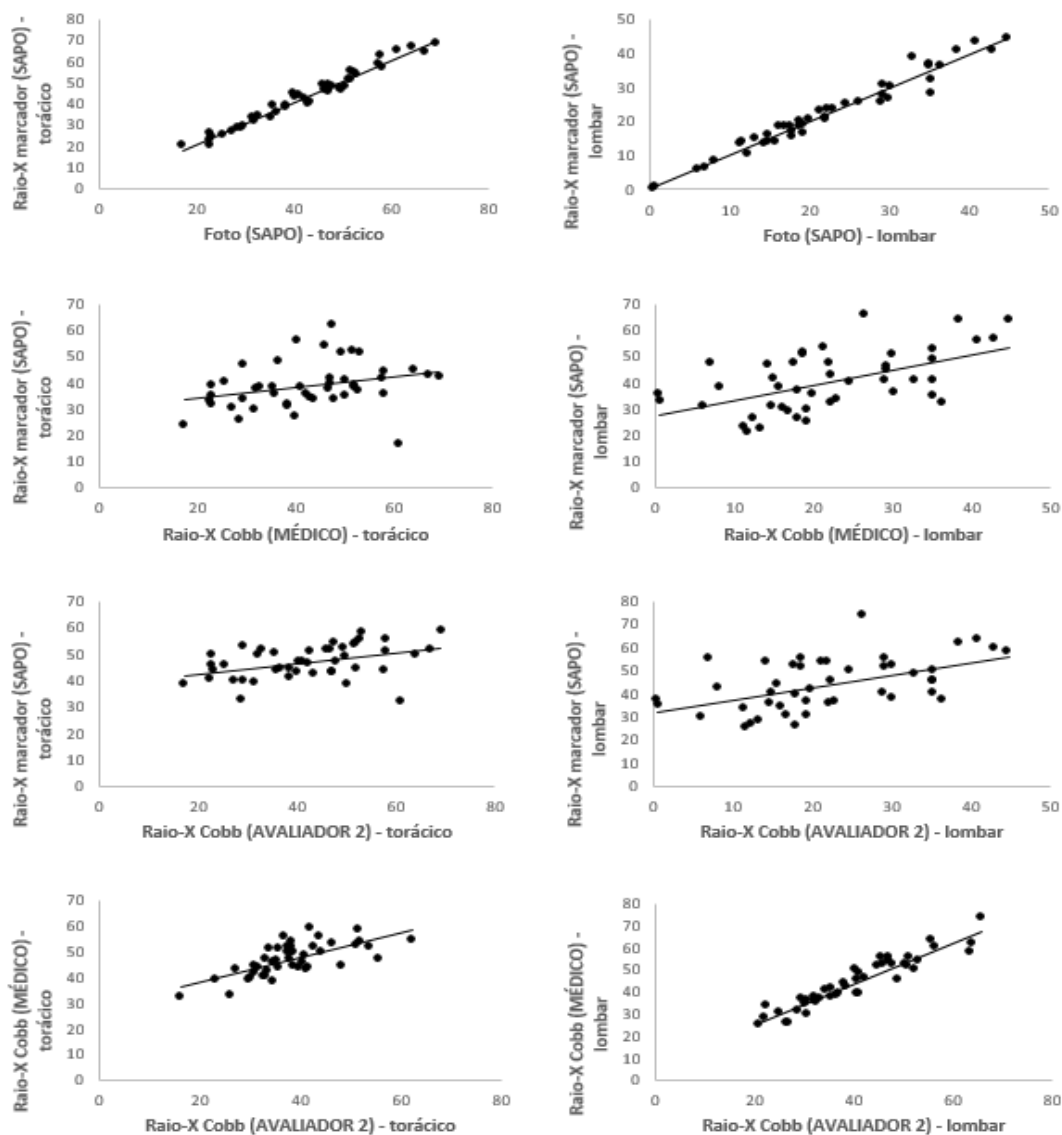


Figura 4: Ângulos de Cobb torácico e lombar avaliados pelos métodos de fotogrametria e de radiografia.

As figuras 5 e 6 apresentam os resultados de análise de concordância de sobrevivência entre os quatro métodos para o ângulo torácico e lombar, respectivamente. Se for estabelecido um limite de tolerância de  $10^0$  entre as medidas, será obtido uma concordância de aproximadamente 30% entre as medidas do médico (Raio-X Cobb (MÉDICO)) e as medidas da foto (Foto (SAPO)) para ambos ângulos. Ainda, a concordância será menor (aproximadamente 20%) entre as medidas do Raio-X Cobb (MÉDICO) e Raio-X marcador (SAPO). No entanto, quando as medidas realizadas pelo médico (Raio-X Cobb (MÉDICO) e pelo avaliador 2 (Raio-X Cobb (AVALIADOR 2)) forem confrontadas, a concordância será próxima de 100%. O mesmo foi verificado nas

medidas de Foto (SAPO) e Raio-X marcador (SAPO). Contudo, se o limite de tolerância foi diminuído, a concordância entre as medidas também será.

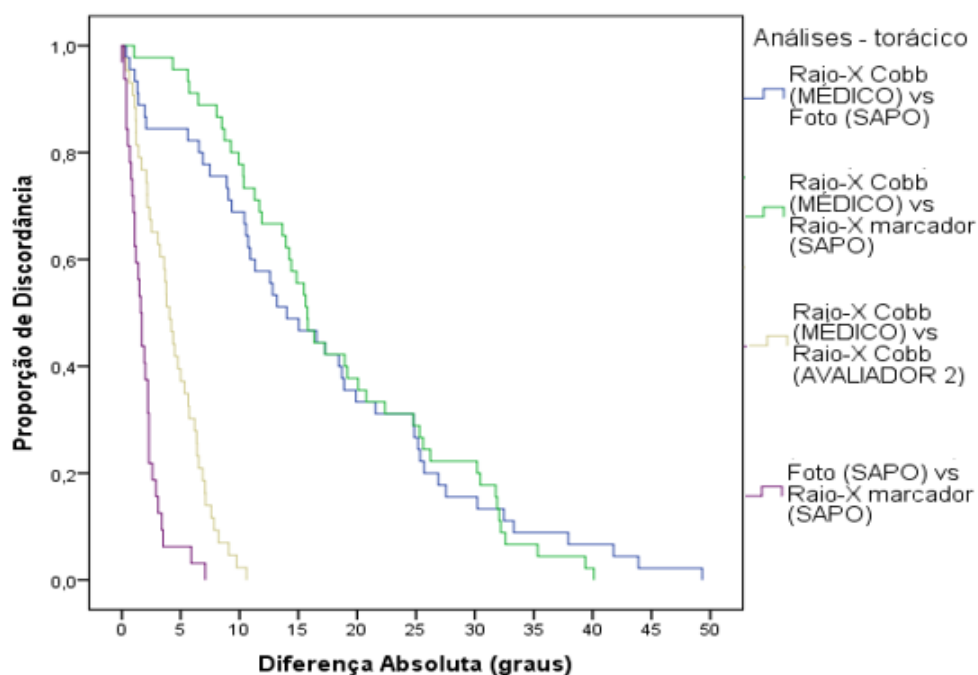


Figura 5: Proporção de discordância entre as análises do ângulo torácico

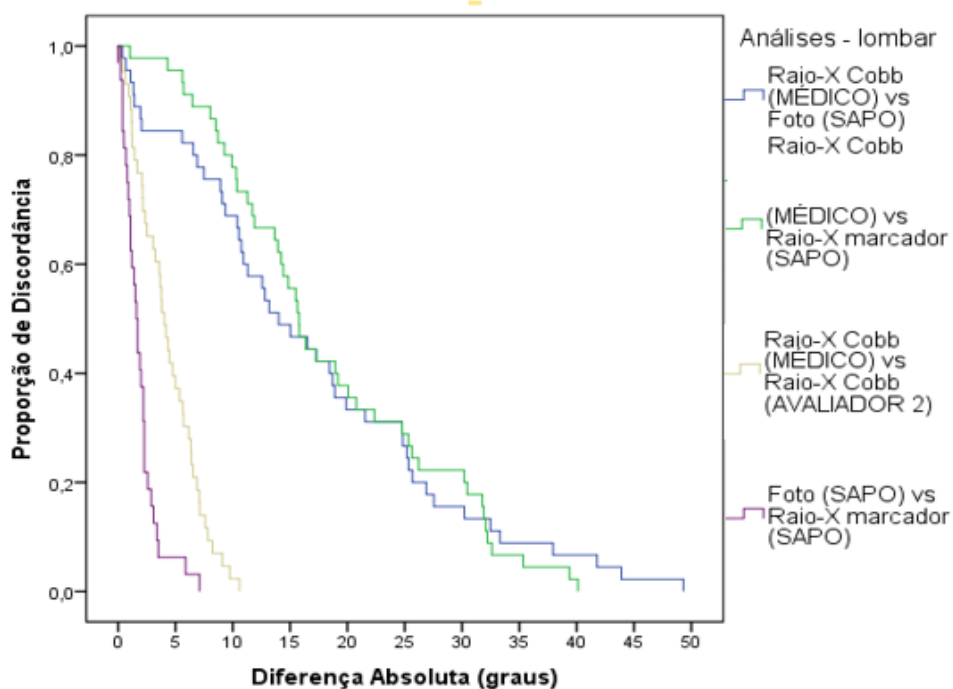


Figura 6: Proporção de discordância das análises do ângulo lombar.

### 3.4. Discussão

A avaliação postural por fotogrametria tem sido muito utilizada na pesquisa e como forma de quantificação dos ângulos e identificação de assimetrias (IUNES *et al.*, 2005; IUNES *et al.*, 2009; LIMA *et al.*, 2004). No entanto, a quantificação dos ângulos da curvatura da coluna tem sido realizada de diferentes formas (IUNES *et al.*, 2005; SAAD *et al.*, 2012; SANTOS *et al.*, 2012), o que não tem permitido uma comparação dos resultados e uma definição de um procedimento metodológico de análise. Alguns estudos utilizaram para o cálculo dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar o mesmo método mais utilizado entre os médicos, conhecido como método de Cobb (GRAUP *et al.*, 2010; RODRIGUES *et al.*, 2009; QUIRINO *et al.*, 2015). Entretanto, para a viabilização do método e determinação de um procedimento único de análise em fotogrametria, é necessário saber se os valores obtidos nas análises por fotogrametria estão de acordo com os valores apresentados por uma análise médica, realizada por radiografia. Diante dos objetivos propostos no estudo, a hipótese (H1) de que haveria correlação entre as medidas realizadas pelo método de fotogrametria e radiografia foi refutada. No entanto, foi aceita a hipótese (H2) de que as medidas de fotogrametria apresentariam altos índices de reprodutibilidade intra-avaliadores.

Foi verificado uma moderada correlação entre os valores do ângulo lombar ( $r=0,55$ ) e uma fraca correlação entre os valores do ângulo torácico ( $r=0,27$ ) na relação entre os valores das análises por meio dos marcadores visíveis no raio-X e as análises médicas. Ainda, não foi verificada diferença entre os valores médios para ângulo torácico entre essas duas análises. No entanto, o mesmo não foi verificado para as medidas do ângulo lombar, em que houve diferença entre as médias (Tabela 1).

A ausência de uma forte correlação entre as análises dos ângulos, pode ter acontecido devido à pele, musculatura e camada de gordura existente entre o processo ósseo e o posicionamento do marcador. Apesar dos marcadores terem sido posicionados corretamente sobre as vértebras de análise, notou-se que na maioria dos participantes, a reta traçada paralelamente a borda da vértebra a qual foi utilizada para o cálculo do ângulo de Cobb não seguiu a mesma direção da reta traçada pelas esferas de chumbo, no caso das análises

do marcador visível na radiografia, ou das extremidades do marcador aderido à pele (Figura 7). Ainda, existe uma maior mobilidade óssea e de tecidos na região da vértebra C7, o que pode ter contribuído para a fraca correlação entre os valores do ângulo torácico. Com relação aos ângulos lombares, a curvatura do sacro e da pelve e a camada de músculo e gordura presente na região glútea pode ter influenciado no posicionamento do marcador, em que uma curvatura mais acentuada na região lombo-sacral pode fazer com que o marcador não fique posicionado na mesma direção do processo espinhoso de referência.

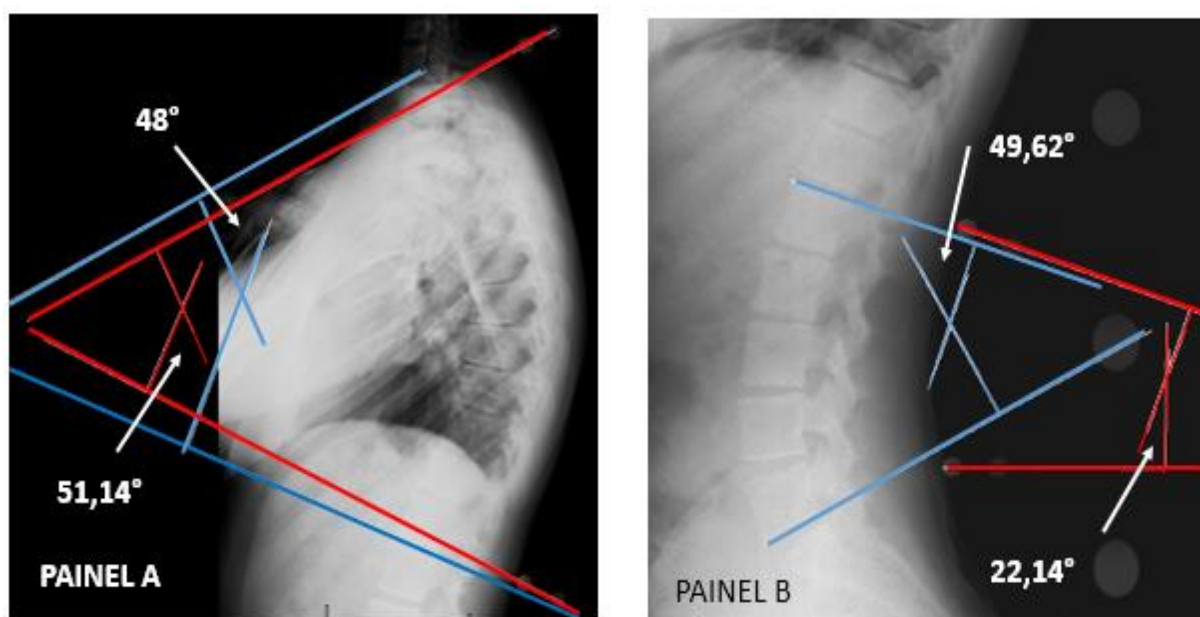


Figura 7: Demonstração do cálculo do ângulo de Cobb das retas traçadas a partir das bordas das vértebras de referência (azul) e dos marcadores (vermelho). Painel A: região torácica. Painel B: região lombar.

Van Niekerk e colaboradores (2008) analisaram a postura por meio do LODOX (método radiográfico com menor exposição à radiação) e da fotogrametria em adolescentes sentados em carteira escolar. Contrário aos resultados desse estudo, os autores encontraram forte correlação entre os valores da fotogrametria e do LODOX no cálculo do ângulo torácico. No entanto, os autores calcularam os ângulos em ambos os métodos a partir dos mesmos processos ósseos de referência (C7 e T8). Assim, a moderada e fraca correlação encontrada no presente estudo, pode ter acontecido devido à colocação dos marcadores em dois processos ósseos (C7 e T12) das vértebras e a análise foi realizada a partir do bordo de outra vértebra (T1 para cifose torácica e L1 para lordose lombar).

Não foram encontrados estudos que procuraram validar a fotogrametria na análise da curvatura da coluna em indivíduos que não apresentasse algum desvio patológico, sendo que os estudos encontrados com validação, os participantes apresentavam algum tipo de desvio postural e as análises foram realizadas em outro plano. Como exemplo disso, o estudo de Saad e colaboradores (2009), testou a validade da fotogrametria com sujeitos com escoliose idiopática em plano frontal, sentido anteroposterior. Os marcadores foram colocados de T1 a L5 e os resultados da radiografia foram comparados com dois métodos diferentes de fotogrametria (ângulo de escoliose e ângulo de Cobb). Os resultados demonstraram fraca correlação entre a radiografia e o método de fotogrametria pelo ângulo de Cobb para os ângulos torácicos e lombares, não validando a fotogrametria para esse tipo de análise. Assim, como ocorreu no presente estudo, não foi possível demonstrar correlação entre as medidas dos ângulos entre os métodos de fotogrametria e radiografia.

Apesar de não ter sido demonstrado forte correlação entre as medidas de fotogrametria e radiografia pelo método de Cobb, foi verificada uma forte correlação entre as medidas das imagens obtidas pela câmera fotográfica após a realização das radiografias e as medidas obtidas a partir dos marcadores visíveis na radiografia para ambos os ângulos ( $r_{\text{torácico}} = 0,98$ , e  $r_{\text{lombar}} = 0,98$ ). O que confirma que as análises por meio da foto realmente medem os ângulos da curvatura determinada pelos marcadores de referência utilizados sobre os processos da coluna (C7, T12 e L5). Ainda, a análise da curva de concordância-sobrevivência demonstrou baixa discordância entre essas medidas e nas medidas entre os dois avaliadores (médico e avaliador 2), sendo que 90% das medidas tiveram uma diferença de  $5^{\circ}$  a  $10^{\circ}$  entre os métodos para ambas as regiões da coluna. No entanto, o mesmo não foi verificado entre as medidas realizadas pelo médico e as medidas de fotogrametria (Foto (SAPO) e Raio-X marcador (SAPO)), em que para a concordância de 90%, foi verificado uma diferença maior que  $30^{\circ}$  entre as medidas para ambas as regiões da coluna. Ademais, na análise das imagens, também foi possível verificar que o posicionamento dos marcadores sobre a pele foi alocado corretamente em relação ao processo ósseo de referência da coluna.

Ao testar a reprodutibilidade intra-avaliadores das medidas de cada método de análise, verificou-se alto índice de reprodutibilidade na digitalização

das fotos e das radiografias pelo software SAPO, demonstrando que a fotogrametria é confiável em relação a digitalização das imagens. Assim, quando os processos anatômicos são demarcados corretamente pelo processo de palpção, a digitalização contribui para a reprodutibilidade da análise. Outros estudos procuraram verificar a reprodutibilidade intra-avaliadores da fotogrametria na digitalização das fotos (SAAD *et al.*, 2012; PEZZAN *et al.*, 2011; QUIRINO *et al.*, 2015) e foi encontrado altos índices de correlação (CCI) entre os valores. A reprodutibilidade intra-avaliadores na demarcação dos processos anatômicos por meio da fotogrametria foi testada por Saad e colaboradores (2009). Assim, quando os marcadores foram reposicionados nos participantes, após 15 dias, foi verificada uma forte correlação entre as medidas ( $r=0,94$  para ângulos torácicos e  $r=0,92$  para ângulos lombares).

Harrison e colaboradores (2001) afirmam que o método de Cobb, quando realizado manualmente na radiografia, pode apresentar erros quando 4 linhas perpendiculares são traçadas. Atualmente, existem softwares desenvolvidos para realizar o cálculo dos ângulos de maneira digitalizada. De acordo com Tanure e colaboradores (2010) ao verificar a reprodutibilidade das medidas radiográficas realizadas manualmente e por digitalização em software, foi demonstrado alto índice de reprodutibilidade entre os valores dos ângulos (CCI=0,96). Assim, no presente estudo, o médico realizou os cálculos por meio do software *Horos* (v. 1.1.7) em que foi necessário traçar uma reta somente na borda de cada vértebra de referência e o cálculo é realizado automaticamente pelo software, o que diminui o erro de medida na digitalização. Por outro lado, o avaliador 2 utilizou o software *ImageJ* (1.50G), em que são traçadas retas a partir das bordas das vértebras e no encontro dessas vértebras são calculados os ângulos. Foi verificada forte correlação entre as medidas de ângulo lombar entre as medidas do avaliador 2 e do médico. No entanto, a correlação foi moderada para o ângulo torácico, o que pode ser explicado pela dificuldade na identificação das vértebras dessa região principalmente devido a sobreposição dos ossos dos braços. Assim, acredita-se que com a utilização de softwares, os erros de medida diminuam. No entanto, a experiência do avaliador, principalmente na análise da cifose torácica, é um fator importante para que as medidas sejam confiáveis.

O valor médio para ângulo torácico nas análises realizadas na radiografia pelo médico por meio do ângulo de Cobb foi de  $38,49^{\circ}$  (DP=8,78) dentre os 45

participantes. Esse valor está de acordo com o estudo de Park e colaboradores (2013), que apresentou valor médio de cifose torácica de  $39^{\circ}$  (DP=11,5) para adultos jovens. O cálculo do ângulo de cifose torácica foi realizado pelo método de Cobb, com as mesmas vértebras de referência do presente estudo. Ainda, esses valores estão dentro do proposto por Roaf (1960) em que valores normais para a cifose torácica estaria entre  $20^{\circ}$  e  $40^{\circ}$ . Por outro lado, o valor médio do ângulo de lordose lombar no presente estudo foi de  $43,93^{\circ}$  (DP=11,25). Park e colaboradores (2013) apresentaram valor médio de  $49,46^{\circ}$  (DP=11,4) em adultos jovens quando utilizadas as mesmas vértebras de referência para análise. Assim, esses valores estão dentro dos valores estabelecidos por Fernand e Fox (1985), em que os valores normais de lordose lombar, estariam entre  $23^{\circ}$  e  $68^{\circ}$ . Entretanto, existem divergências em relação à vértebra de referência a ser utilizada para o cálculo nas análises por radiografia, dificultando a definição de valores normativos. Ainda, as análises por fotogrametria apresentaram valores médios de  $42,78^{\circ}$  (DP=13,04) para ângulos torácicos e  $22,03^{\circ}$  (DP=10,93) para ângulos lombares. Devido a discrepância entre os métodos de análise e cálculo desses ângulos por fotogrametria, não foi possível comparar esses valores com outros estudos. Contudo, é necessário a padronização do método de fotogrametria para criação de valores normativos e possíveis comparações.

No estudo de revisão apresentado anteriormente nesse trabalho, foi apresentada uma classificação de valores típicos, tendência à desvio e presença de desvio (hipercifose e hiperlordose) para radiografia (Estudo 1, figuras 5 e 6). Esses valores foram obtidos por meio de estudos que realizaram as análises de cifose torácica e lordose lombar pelo método de Cobb com a utilização das mesmas vértebras de referência. Assim, com o valor médio de cifose torácica de  $38,49^{\circ}$  (DP=8,78) apresentada pelo médico, os participantes desse estudo estariam classificados com cifose torácica retificada (valores menores que  $46,60^{\circ}$ ). No entanto, para a lordose lombar, com valor médio de  $43,93^{\circ}$  (DP=11,25), esses participantes estariam classificados com desvio típico ( $39,61^{\circ}$  a  $48,53^{\circ}$ ), estando dentro de um padrão de normalidade da amostra analisada. Essa mesma classificação não foi possível para a fotogrametria devido à ausência de estudos que utilizaram o mesmo procedimento de análise e cálculo do ângulo.

O presente estudo apresentou algumas limitações devido ao aparelho utilizado na radiografia e a necessidade da visibilidade dos marcadores. No aparelho de radiografia em que os exames foram realizados, não foi possível a realização da radiografia panorâmica da coluna toda. Assim, foram realizadas duas radiografias de cada participante, uma da região tóraco-lombar e outra da lombo-sacral, o que pode ter dificultado a identificação das vértebras nas análises feitas pelo médico e pelo avaliador 2. Ainda, o estudo se limitou em analisar somente pessoas com IMC normal ou sobrepeso. Outra limitação apresentada no estudo foi a pouca experiência do médico radiologista para determinar os cálculos dos ângulos de Cobb nas radiografias. O cálculo do ângulo de Cobb em vista lateral, aparentemente, não é muito utilizado no Brasil, o que dificultou encontrar médicos experientes que se dispusessem a realizar os cálculos.

No presente estudo, a correlação entre os valores dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar realizados por fotogrametria e por radiografia não apresentaram correlação entre si. Por outro lado, a fotogrametria apresentou confiabilidade na análise das fotos, também já provada por outros estudos (SAAD *et al.*, 2012; PEZZAN *et al.*, 2011; QUIRINO *et al.*, 2015). Assim, devido a fácil aplicabilidade e por não proporcionar riscos à saúde, a fotogrametria tem sido utilizada por fisioterapeutas, na intervenção terapêutica (IUNES *et al.*, 2010; BASSO *et al.*, 2010; SINZATO *et al.*, 2013; PINHEIRO *et al.*, 2014) e também por profissionais da educação física, na prática de exercícios físicos, permitindo a identificação de desvios e uma melhor prescrição da atividade (BOSSO; GOLIAS, 2012; TAVARES *et al.*, 2013; MANSOLDO; NOBRE, 2007; DEZAN; SARRAF; RODACKI, 2004). Com a fotogrametria, é possível um acompanhamento periódico das mudanças posturais advindas de um tratamento terapêutico ou do exercício físico. Com isso, seus valores não podem ser comparados aos valores diagnosticados por radiografia, mas podem servir como um complemento aos exames posturais em que a intervenção se faz necessária. Ainda, existe a necessidade do levantamento de dados normativos para valores de cifose torácica e lordose lombar por fotogrametria, a fim de evitar a exposição do indivíduo a radiação fornecida pela radiografia e devido ao alto custo na realização do exame, principalmente quando existe a necessidade de uma reavaliação periódica.

### 3.5. Conclusão

Os valores dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar em plano sagital realizados por fotogrametria apresentaram moderada correlação para os ângulos lombares e fraca correlação para os ângulos torácicos quando confrontados com os valores de radiografias. Assim, não foi possível demonstrar a validade da fotogrametria em relação a radiografia. No entanto, a fotogrametria apresentou alto índice de reprodutibilidade intravaliador na digitalização das fotos, sendo possível sua utilização em casos de intervenção e como medida suplementar a outros exames, diminuindo a necessidade da utilização da radiografia.

### 4. Referência

- 1) ADAMS, M. A.; HUTTON, W. C. Effect of posture on the lumbar spine. *The journal of bone and joint surgery*, Londres, v. 67.B, n. 4, p. 625-29, agosto, 1985.
- 2) ARAÚJO, F.; LUCAS, R.; ALEGRETE, N.; BARROS, H. Individual and contextual characteristics as determinants of sagittal standing posture: a population-based study of adults. *The Spine Journal*, v. 14, p. 2373-2383, 2014.
- 3) ATINKSON, G.; NEVILL, A. M. Statistical methods for assessing measurement error (reliability) in variables relevant to sport medicine. *Sports Medicine*, v. 26, n. 4, p. 217-238, 1998.
- 4) BARTKO, J. The intraclass correlation coefficient as a measure of reliability. *Psychological Reports*, v. 19, p. 3-11, 1966.
- 5) BARTYNSKI, W. S.; HELLER, M. T.; GRAHOVAC, S. Z.; ROTHFUS, W. E.; KURS-LASKY, M. Severe thoracic kyphosis in older patient in absence of vertebral fracture: association with extreme curve with age. *American Journal of Neuroradiology*, v. 26, p. 2077-2085, 2005.
- 6) BASSO, D.; CORRÊA, E.; SILVA, A. M. Efeito da reeducação postural global no alinhamento corporal e nas condições clínicas em indivíduos com disfunção temporomandibular associada a desvios posturais. *Fisioterapia e Pesquisa*, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 63-68, janeiro/março, 2010.

- 7) BEEN, E.; KALICHMAN, L. Lumbar lordosis. *The Spine Journal*, v. 14, p. 87-97, 2014.
- 8) BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurements. *Lancet*, p. 307-310, 1986.
- 9) BOSSO, L. R.; GOLIAS, A. R. C. A postura de atletas de ginástica rítmica: análise através da fotogrametria. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, v. 18, n. 5, p. 333-337, 2012.
- 10) BOULAY, C.; TADIEU, C.; HECQUET, J.; BENAIM, C.; MOUILLESEAUX, B.; MARTY, C.; PRAT-PRADAL, D.; LEGAYE, J.; DURVAL-BEAUPÉRE, G.; PELISSIER, J. Sagittal alignment of spine and pelvis regulated by pelvic incident: standard values and prediction of lordosis. *European Spine Journal*, v.15, p. 415-422, 2006.
- 11) BRACCIALLI, L. M. P.; VILARTA, R. Aspectos a serem considerados na elaboração de programas de prevenção e orientação de problemas posturais. *Revista Paulista de Educação Física*, São Paulo, v. 14, n. 2, p. 159-71, jul./dez., 2000.
- 12) BRADFORD, D. S.; LONSTEIN, J. E.; MOE, J. H.; OGVIE, J. W.; WINTER, R. B. *Escoliose e outras deformidades da coluna*. 2. ed. São Paulo: Santos, 1994.
- 13) CHALÉAT-VALAYER, E.; MAC-THIONG, J.; PAQUET, J.; BERTHONNAUD, E.; SIANI, F.; ROUSSOULY, P. Sagittal spino pelvic alignment in chronic low back pain. *European Spine Journal*, v. 20, suppl. 5, p. s634-s640, 2011.
- 14) CLEMENTE, C. D. *Anatomy of the human body: Gray's Anatomy*. 13. ed. Williams & Wilkins, 1984.
- 15) COWAN, N. R. The frontal cardiac silhouette in older people. *British Heart Journal*. v. 27, p. 231-237, 1965.
- 16) DAMASCENO, L. H. H.; CATARIN, S. R. G.; CAMPOS, A. D.; DEFINO, H. L. Lordose lombar: estudo dos valores angulares e da participação dos corpos vertebrais e discos intervertebrais. *Acta Ortopédica Brasileira*, v. 14, n. 4, 2006.
- 17) DE CARVALHO, D. E.; SOAVE, D.; ROSS, K.; CALLAGHAN, J. P. Lumbar spine and pelvic posture between standing and sitting position: a

- radiologic investigation including reliability and repeatability of the lumbar lordosis measure. *Journal of Manipulative and Physiology Therapeutics*, v. 33, n.1, p.48-55, Janeiro, 2010.
- 18) DEZAN, V. H.; NOGUEIRA, L.; PROVENSÍ, C. L. G.; SARRAF, T. A.; RODACKI, A. L. F. Postural alterations and occurrence of back pain in telemarketing operators. *FIEP bulletin*, v. 75, p. 239-241, 2005.
- 19) DEZAN, V. H.; SARRAF, T. A.; RODACKI, A. L. F. Alterações posturais, desequilíbrios musculares e lombalgias em atletas de luta olímpica. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, v. 12, n. 1, p. 35-38, 2004.
- 20) DONHERT, M. B.; TOMASI, E. Validade da fotogrametria computadorizada na detecção de escoliose idiopática adolescente. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 12, n. 4, p. 290-297, julho/agosto, 2008.
- 21) DOODY M. S.; LONSTEIN, J. E.; STOVALL, M.; HACKER, D. G.; LUCKYNOV, N.; LAND, C. Breast cancer mortality after diagnostic radiography findings from the U.S. scoliosis cohort study. *Spine*, v. 25, n. 16, p. 2052-2063, 2000.
- 22) DUNK, N. M.; CHUNG, Y. Y.; COMPTON, D. S.; CALLAGHAN, J. P. The reliability of quantifying upright standing posture as a baseline diagnostic clinical tool. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, v. 27, n. 2, 2004.
- 23) ENDO, K.; SUZUKI, H.; NISHIMURA, H.; TANAKA, H.; SHISHIDO, T.; YAMAMOTO, K. Sagittal lumbar and pelvic alignment in the standing and sitting position. *Journal of Orthopaedic Science*, v. 17, p. 682-686, 2012.
- 24) FARO, F. D.; MARKS, M. C.; PAWELEK, J.; NEWTON, P. O. Evaluation for a functional position for lateral radiograph acquisition in adolescent with idiopathic scoliosis. *Spine*, v. 29, n. 20, p. 2284-2289, 2004.
- 25) FERNAND, R.; FOX, D. E. Evaluation of lumbar lordosis: A prospective and retrospective study. *Spine*, v. 10, n. 9, p. 799-803, 1985.
- 26) FERREIRA, E. A.; DUARTE, M.; MALDONADO, E. P.; BERSANETTI, A. A.; MARQUES, A. P. Quantitative assessment of postural alignment in Young adults based on photographs of anterior, posterior, and lateral views. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, v. 34, n. 6, p. 371-380, 2011.

- 27) FINDIKCIOGLU, K.; FINDIKCIOGLU, F.; BULAM, H.; SERGIN, B.; OSMEN, S. The impact of breast reduction surgery on the vertebral column. *Annals of plastic surgery*, v. 10, n. 3, p. 639-642, 2013.
- 28) FLEISS, J. *Statistical methods for rates and proportions*. 2. ed. Nova Iorque: John Wiley & Son, 1982.
- 29) FON, G. T.; PITT, M. J.; THIES A. C. Thoracic Kyphosis: a normal range subjects. *American Journal of Roentgenology*, v. 134, n. 5, p. 979-983, 1980.
- 30) FONTOURA, A. S. FORMENTIN, C, M. ABECH, E. A. *Guia prático de avaliação física, uma abordagem didática, abrangente e atualizada*. 2. ed. São Paulo: Phorte editora, 2013.
- 31) GADOTTI, I. C.; MAGEE, D. Validity of surface markers placement on the cervical spine for craniocervical posture assessment. *Manual Therapy*, v. 18, p. 243 – 247, 2013.
- 32) GHANDIHARI, H.; HESARIKIA, H.; AMERI, E.; NOORI, A. Assessment of normal sagittal alignment of the spine and pelvis in children and adolescents. *BioMed Research International*, v. 2013, 2013. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/842624>.
- 33) GONÇALVES, G. B.; PEREIRA, J. S. Avaliação radiológica dos valores angulares das curvaturas lombo-lombar e lombo-sacra em adolescentes. *Acta fisiátrica*, v. 15, n. 2, p. 92-95, 2008.
- 34) GRAUP, S.; SANTOS, S. G.; MORO, A. R. P. Estudo descritivo de alterações posturais sagitais da coluna lombar em escolares da rede federal de ensino de Florianópolis. *Revista Brasileira Ortopedia*, v. 45, n. 5, p. 453-459, 2010.
- 35) HALL, Susan. *Biomecânica Básica*. 6.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2013.
- 36) HARRISON, D. E.; CAILLET, R.; HARRISON, D. D.; JANK, T. J. How do anterior/posterior translations of the thoracic cage affect the sagittal lumbar spine, pelvic tilt and thoracic kyphosis? *European Spine Journal*., v. 11, p. 287-293, 2002.
- 37) HARRISON, D. E.; HARRISON, D. H.; CAILLET, R.; JANIK, T. J.; HOLLAND, B. Radiographic analysis of lumbar lordosis: Centroid, Cobb,

- Trall and Harrison posterior Tangent method. *Spine*, v. 26, n. 11, p. E235-E242, 2001.
- 38) IUNES, D. H.; BEVILAQUA-GROSSI, D.; OLIVEIRA, A. S.; CASTRO, F. A.; SALGADO, H. S. Análise comparativa entre avaliação postural visual e por fotogrametria computadorizada. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Carlos. v. 13, n. 4, p. 308-315, julho/agosto, 2009.
- 39) IUNES, D. H.; CASTRO, F. A.; SALGADO, H. S.; MOURA, I. C.; OLIVEIRA, A. S.; BEVILAQUA-GROSSI, D. Confiabilidade intra e interexaminadores e repetibilidade da avaliação postural por fotogrametria. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Carlos. v. 9, n. 3, p. 327-224, 2005.
- 40) IUNES, D. H.; CECILIO, M. B. B.; DOZZA, M. A.; ALMEIDA, P. R. Análise quantitativa do tratamento da escoliose idiopática com o método Klapp por meio da biofotogrametria computadorizada. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 133-140, março/abril, 2010.
- 41) IUNES, D. H.; MONTE-RASO, W.; SANTOS, C. B. A.; CASTRO, F. A.; SALGADO, H. S. Influencia postural do salto alto em mulheres adultas: análise por biofotogrametria computadorizada. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Carlos, 2008.
- 42) JANG, J.; LEE, S. H.; MIN, J.; HAN, K. Lumbar degenerative kyphosis: radiologic analysis and classifications. *Spine*, v. 32, n. 24, p. 2694 – 2699, 2007.
- 43) KADO, D. M.; CHRISTIANSON, L.; PALERMO, L.; SMITH-BINDMAN, R.; CUMMINGS, S. R.; GREENDALE, G. A. Comparing a supine radiologic versus standing clinical measurements of kyphosis in older woman: The fracture intervention trial. *Spine*, v. 31, n. 4, p. 463-467, 2006.
- 44) KANOPLICH, J. *Viva bem com a coluna que você tem: dores nas costas, tratamentos e prevenções*. São Paulo: Ibrasa, 1995
- 45) KARAASLAN, O.; DIMIRKIRAN, H. G.; SILISTRELI, O.; SONMEL, E.; BEDIR, Y. K.; CAN, M.; CALISKAN, G.; ASLAN, C.; ORAL, M. A.; KANKAYA, Y. The effect of reduction mammoplasty on the vertebral column: a radiographic study. *The Scientific World Journal*, v. 2013, 2013. <http://dx.doi.org/10.1155/2013/701391>.

- 46) KENDALL, F. P.; MCCREARY, E. K.; PROVANCE, P. G.; RODGERS, M. M.; ROMANI, W. A. *Músculos provas e funções*. 5.ed. São Paulo: Manole; 1993.
- 47) LEE, E.S.; KO, C. W.; SOH, S. W.; KUMAR, S.; KANG, I. K.; YANG, J. H. The effect of age on sagittal plane profile of the lumbar spine according to standing, supine and various sitting positions. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, v. 9, n. 11, 2014.
- 48) LEE, M.; SOLOMITO, M.; PATEL, A. Supine magnetic resonance imaging Cobb measures for idiopathic scoliosis are linearly related to measurements from standing plain radiographs. *Spine*, v. 38, n. 11, p. E656-E661, 2013.
- 49) LEGAYE, J.; DUVAL-BEAUPERE, G.; HECQUET, J.; MARTY, C. Pelvic incidence: a fundamental pelvic parameter for three-dimensional regulation of spine sagittal curves. *European Spine Journal*, v. 7, p. 99-103, 1998.
- 50) LEROUX, M. A.; ZABJEK, K.; SIMARD, G.; BADEAUX, J.; COILLARD, C.; RIVARD, C. A noninvasive anthropometric technique for measuring kyphosis and lordosis. An application for idiopathic scoliosis. *Spine*, v. 25, n. 13, p. 1689-1694, 2000.
- 51) LEVY, A. R.; GOLDBERG, M. S.; MAYO, N. E.; HANLAY, J. A.; POITRAS, B. M. D. Reducing the lifetime risk of cancer from spinal radiographs among people with adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*, v. 2, n. 13, p. 1540-8, 1996.
- 52) LIMA, A. S.; GOMES, M. R. A.; ARAUJO, R. C.; PITANGUI, A. C. R. Análise da postura e frequência de lombalgia em gestantes: estudo piloto. *Journal of the Health Sciences Institute*, v. 29, n. 4, p. 290-293, 2011.
- 53) LUIZ, R. R.; COSTA, A. J. L.; KALE, P. L.; WERNECK, G. L. Assessment of agreement of a quantitative variable: a new graphical approach. *Journal of Clinical Epidemiology*, n. 56, p. 963-967, 2003.
- 54) MAC-THIONG, J.; BERTHONNAUD, E.; DIMAR II, J. R.; BETZ, R. R.; LABELLE, H. Sagittal alignment of the spine and pelvis during growth. *Spine*, v. 29, n. 15, p. 1642-1647, 2004.
- 55) MAC-THIONG, J.; LABELLE, H.; CHARLEBOIS, M.; HOUT, M.; DE GUISE, J. A. Sagittal plane analysis of the spine and pelvis in adolescent

- idiopathic scoliosis according to the coronal curve type. *Spine*, v. 28, n. 13, p. 1404-1408, 2003.
- 56) MANSOLDO, A. C.; NOBRE, D. P. A. Avaliação postural em nadadores federados praticantes do nado borboleta nas provas de 100 e 200 metros. *O Mundo da Saúde São Paulo*, v. 31, n. 4, p. 511-520, 2007.
- 57) MOE, J. H.; WINTER, R. B.; BRADFORD, D. S.; LONSTEIN, J. E. *Scoliosis and other spinal deformities*, W.B. Saunders, Philadelphia, p. 325, 1978.
- 58) MORAIS, R. A. O.; DANTAS, M. G. B.; PINOTTI, M.; PITANGUI, A. C. R.; ARAÚJO, R. C. Influência de diferentes calçados na postura e na atividade dos músculos do tronco. *ConSientiae Saúde*, v. 11, n. 3, p. 462-469, 2012.
- 59) MORROW, J. R. JACSON, A. W. DISCH, J. G. MOOD, D.P. *Avaliação Física do desempenho Humano*. 4. ed. Artimed, 2014.
- 60) MOTA, Y. L.; MOCHIZUKI, L.; SALES, D. B. de O; MARTINS, M. G.; CARVALHO, G. de A. A rotação do voluntário e a calibração influenciam as medidas mensuradas por meio da fotogrametria. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, v. 22, n. 1, p. 30-34, 2014.
- 61) PAGNUSSAT, A. S.; PAGANOTTO, K. M. Caracterização da curvatura lombar em escolares na fase de desenvolvimento estrutural. *Fisioterapia e Movimento*, v. 21, n. 1, p. 39-46, 2008.
- 62) PARK, M. S.; MOON, S.; LEE, H.; KIM, S. W.; KIM, T.; LEE, S. Y.; RUEW, D. The effect of age on cervical sagittal alignment: Normative data on 100 asymptomatic subjects. *Spine*, v. 38, n. 8, p. E458-E466, 2013.
- 63) PENHA, P. J.; BALDINI, M.; JOÃO, S. M. A. Spinal postural alignment variance according to sex and age in 7- and 8-year old children. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. v. 32, n. 2, p. 154-159, 2009.
- 64) PEZZAN, P. A. O.; JOÃO, S. M. A.; RIBEIRO, A. P.; MANFIO, E. F. Postural assessment of lumbar lordosis and pelvic alignment angles in adolescent users and nonusers of high-heeled shoes. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, v. 34, n. 9, p. 614-621, 2011.
- 65) PINHEIRO, K. R. G.; ROCHA, T. C. C.; BRITO, N. M. S.; SILVA, M. L. G.; CARVALHO, M. E. I. M.; MESQUITA, L. S. A.; CARVALHO, F. T. Influence

- of pilates on soil stabilization in lumbar muscles in older adults. *Revista Brasileira de Cineantropometria e Desempenho Humano*, v. 16, n. 6, p. 648-657, 2014.
- 66) PINTO, R. R.; GUERINO, C. S.; CONSOLIN, D. B.; CUNHA, A. C. V. Relação entre lordose lombar e desempenho da musculatura abdominal em alunos de fisioterapia. *Acta Fisiátrica*, v. 7, n. 30, p. 95-98, 2000.
- 67) PLOUMIS, A.; LIU, H.; MEHBOD, A. A.; TRANSFELDT, E. E.; WINTER, R. B. A Correlation of radiographic and functional measurements in adult degenerative scoliosis. *Spine*, v. 34, n. 15, p. 1581-1584, 2009.
- 68) *Posture and its relationship to orthopaedic disabilities. A report of the posture committee of American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 1947.
- 69) QUIRINO, C. M.; PORTO, A. B.; FAQUIN, B. S.; ACHOUR-JR, A.; MACEDO, C. S.; OKAZAKI, V. H. A. Reprodutibilidade intra avaliador e interavaliadores na identificação digital da posição dos marcadores de referência na avaliação postural por fotogrametria. *Revista Brasileira de Ciência e Movimento*, v. 23, n. 2, p. 143-150, 2015.
- 70) RAN, B.; ZHANG, G.; SHEN, F.; CHEN, J.; WU, J.; GUO, K.; QI, D.; ZHOU, B.; CHEN, X.; ZHANG, Y.; QIAO, Y.; LI, M. Comparison of the sagittal profiles among thoracic idiopathic scoliosis patients with different Cobb angles and growth potentials. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, v. 9, n. 19, 2014.
- 71) RANKIN, G.; STOKES, M. Reliability of assessment tool in rehabilitation: an illustration of appropriate statistical analysis. *Clinical Rehabilitation*, v. 12, p. 187-199, 1998.
- 72) RICIÉRI, D. V. *Biofotogrametria – análise cinemática angular dos movimentos – a ciência e seus segredos*. 2. ed. Curitiba: Inspirar – Centro de Estudos e Pesquisa e Extensão em Saúde, 2005.
- 73) ROAF, R. Vertebral growth and its mechanical control. *The journal of bone and joint surgery*, Oswestry, Inglaterra. v. 42-B, n. 1 p. 40-5,9, Fevereiro, 1960.
- 74) RODRIGUES, A. C. C.; ROMERO, C. A. P.; PATRIZZI, L. J. Avaliação da cifose torácica em mulheres idosas portadoras de osteoporose por meio da biofotogrametria computadorizada. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 13, n. 3, p. 205-209, maio/junho, 2009.

- 75) RON, E. Cancer risk from medical radiation. *Health Physics*, v. 85, n. 1, p. 47-59, 2003.
- 76) ROUSSOULY, P.; GOLLOGLY, S.; BERTHINNAUD, E.; DIMNE, J. Classification in the normal variation in the sagittal alignment in the human lumbar spine and pelvis in the standing position. *Spine*, v. 30, n. 2, 2005.
- 77) SAAD, K. R.; COLOMBO, A. S.; JOÃO, S. M. A. Reliability and validity of the photogrammetry for scoliosis evaluation: a cross-sectional prospective study. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*, v. 32, n. 6, p. 423-430, 2009.
- 78) SAAD, K. R.; COLOMBO, A. S.; RIBEIRO, A. P. Reliability of photogrammetry in the evaluation of the postural aspects of individuals with structural scoliosis. *Journal of bodywork and movement therapies*. v. 16, p. 210-216, 2012.
- 79) SACCO, I. C. N.; PICON, A. P.; RIBEIRO, A. P.; SARTOR, C. D.; CAMARGO-JUNIOR, F.; MACEDO, D. O.; MORI, E. T. T.; MONTE, F.; YAMATE, G. Y.; NEVES, J. G.; KONDO, V. E.; ALIBERT, S. Effect of image resolution manipulation in rear foot angle measurements obtained with photogrammetry. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v. 45, n. 9, p. 806-810, 2012.
- 80) SACCO, I. C.N.; ALIBERT, S.; QUEIROZ, B. W. C.; PRIPAS, D.; KIELING, I.; KIMURA, A. A. Confiabilidade da fotogrametria em relação à goniometria para a avaliação postural de membros inferiores. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, São Carlos, v. 11, n. 5, p. 411-417, 2007.
- 81) SANTOS, L. M.; SOUZA, T. P.; CRESCENTINI, M. C. V.; POLETTO, P. R.; GOTFRYD, A. D.; YI, L. C. Avaliação postural por fotogrametria em pacientes com escoliose idiopática submetidos à artrodese: um estudo piloto. *Fisioterapia e Movimento*, v. 25, n. 1, p. 165-173, 2012.
- 82) SINGER, K. P.; JONES, T. J.; BREIDAHN, P. D. A comparison of radiographic and computer-assisted measurements of thoracic and thoracolumbar sagittal curvature. *Skeletal Radiology*, v. 19. n. 1, p. 21-26, 1990.
- 83) SINGLA, D.; VEQAR, Z. Methods of postural assessment used for sports persons. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, v. 8, n. 4, p. LE01-LE04, 2014.

- 84) SINZATO, C. R.; TACIRO, C.; PIO, C. A.; TOLEDO, A. M.; CARDOSO, J. R.; CARREGARO, R. L. Efeito de 20 sessões do método pilates no alinhamento postural e flexibilidade de mulheres jovens: estudo piloto. *Fisioterapia e Pesquisa*, v. 20, n. 2, p. 143-150, 2013.
- 85) SMITH, A.; O'SULLIVAN, P.; STRAKER, L. Classification of thoracolumbo-pelvic alignment of the adolescent spine in standing and its relationship with low back pain. *Spine*, v. 33, n. 19, p. 2101-2107, 2008.
- 86) SOLBERG, G. Postural Disorders and musculoskeletal dysfunction: diagnosis, prevention and treatment. 2. ed. China: Elsevier Limited, 2008.
- 87) SOUZA, F. R.; FERREIRA, F.; NARCISO, F. V.; MAKHOUL, C. M. B.; CANTO, J. A.; BARAUNA, M. A. Avaliação da concavidade lombar pelo método radiográfico e pela cifordometria. *Revista Brasileira de Fisioterapia*, v. 13, n. 2, p. 103-109, 2008.
- 88) TACHDJIAN, M. *Ortopedia Pediátrica*. México: Interamericana, 1995.
- 89) TANURE, M. C.; PINHEIRO, A. P.; OLIVEIRA, A. S. Reliability assessment of Cobb angle measurements using manual and digital methods. *The Spine Journal*, v. 10, p. 769-774, 2010.
- 90) TAVARES, G. M. S.; ROCHA, T. R.; ESPÍRITO SANTO, C. C.; PIAZZA, L.; SPERANDITO, F. F.; MAZO, G. Z.; SANTOS, G. M. Características posturais de idosos praticantes de atividade física. *Scientia Médica*, v. 23, n. 4, p. 244-250, 2013.
- 91) TIXA, S. *Atlas de anatomia palpatória do pescoço do tronco e do membro superior*. São Paulo: Manole, 2000.
- 92) TOMMASELLI, A. M. G.; REISS, M. L. L. A photogrammetric method for single image orientation and measurements. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, v. 71, n. 6, p. 727-732, 2005.
- 93) TOMMAZELLI, A. M. G.; SILVA, J. F. C. da; HASEGAWA, J. K.; GALO, M.; DAL POZ, A. P. Fotogrametria: aplicações a curta distância. *FCT 40 anos, Perfil Científico Educacional*, Presidente Prudente, São Paulo, p. 147-159, 1999.
- 94) VACARI, D. A.; ULBRICHT, L.; SCHNEIDER, F. K.; NEVES, E. B. Principais métodos de diagnóstico postural da coluna. *Revista de Educação Física/UEM*. v. 24, n. 2, p. 305-315, 2trim, 2013.

- 95) VAN NIEKERK, S.; LOUW, Q.; VAUGHAN, C.; GRIMMER-SOMERS, K.; SCHREVE, K. Photographic measurements of upper body sitting posture of high school students: a reliability and validity study. *BMC musculoskeletal disorder*, v. 9, n. 113, 2008.
- 96) VIALLE, R.; LEVASSOR, W.; RILLARDON, L.; TEMPLIER, A.; SKALLI, W.; GUIGUI, P. Radiographic analysis of the sagittal alignment and balance of the spine in asymptomatic subject. *Journal of Bone and Joint Surgery*, v. 87A, n. 2, 2005.
- 97) WAHLUND, K.; LIST, T.; DWORKIN, S. F. Temporomandibular disorders in children and adolescents: reliability of a questionnaire, clinical examination, and diagnosis. *Journal of Orofacial Pain*, v. 12, p. 42-51, 1998.
- 98) WATIKINS, J. *Structure and function of musculoskeletal system*. Human Kinetics, 1999.
- 99) WATSON, A. W. S. Procedure for the production of high quality photography suitable for the recording and evaluation of the posture. *Revista de Fisioterapia*, v. 5, n. 1, p. 20-26, 1998.
- 100) WILNER, S. Spinal pantograph: a non invasive technique for describing Kyphosis and lordosis in the thoraco lumbar. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, Suécia, v. 52, p. 525-529, 1981.
- 101) WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). *Obesity: preventing and managing the global epidemic*. Geneva: World Health Organization, 2000. (Technical report series, 894).
- 102) YOCHUM, T. R.; ROWE, L. J. *Essentials of skeletal radiology*. 2. ed. Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins, 2005.
- 103) ZAINA, F.; PIZZETTI, P.; DONZELLI, S.; NEGRINI, F.; NEGRINI, S. Why x-rays are not reliable to access sagittal profile: a cross-sectional study. *Research into Spinal Deformities*, 2012.
- 104) ZONNENBERG, A. J.; VAN MAANEN, C. J.; ELEVERS J. W.; OOSTENDORP, R. A. Intra/interrater reliability of measurements on body posture photographs. *Cranio*, v. 14, n. 4, p. 326-331, 1996.

## 5. APÊNDICE

### Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

#### **“Validação do método de Fotogrametria para a avaliação postural de desvios da coluna vertebral.”**

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo(a) para participar da pesquisa **“Validação do método de Fotogrametria para a avaliação postural de desvios da coluna vertebral.”**, a ser realizada na **“Clínica Ecocardio situada na cidade de Londrina-PR”**.

O objetivo da pesquisa é associar as medidas realizadas na avaliação postural por meio da radiografia e da fotogrametria.

Sua participação é muito importante e ela se daria da seguinte forma: primeiramente os procedimentos serão explicados ao participante e possíveis dúvidas serão sanadas. Posteriormente, serão afixados com fita dupla face marcadores externos com esferas de chumbo nas extremidades em processos anatômicos da coluna vertebral, que serão identificados por meio de palpação. A palpação será realizada por uma avaliadora previamente treinada. Após a colocação dos marcadores será realizada uma radiografia da coluna por um técnico em radiologia e logo após serão tiradas 3 fotos em plano sagital com câmera fotográfica comum. A radiografia será analisada por um médico especialista e as fotos serão avaliadas pela própria avaliadora pelo método de fotogrametria

Esclarecemos que sua participação é totalmente voluntária, podendo o(a) senhor(a): recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento, sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Esclarecemos, também, que suas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade. As imagens fotográficas obtidas na pesquisa serão analisadas pelo próprio avaliador por meio de um software chamada SAPO e após a conclusão da pesquisa as fotos serão deletadas pela avaliadora.

Esclarecemos, ainda, que o(a) senhor(a) não pagará e nem será remunerado(a) por sua participação. Garantimos, no entanto, que todas as despesas decorrentes da pesquisa serão ressarcidas, quando devidas e decorrentes especificamente de sua participação na pesquisa. As despesas com o transporte até a clínica Ecocardio será de responsabilidade da pesquisadora. Os custos dos exames radiográficos serão arcados pela pesquisadora, sendo o voluntário isento de qualquer custo.

O benefício esperado será gerar conhecimento para que a fotogrametria possa ser utilizada como método de avaliação postural de baixo custo e fácil aplicação na população. Não há risco para a saúde dos participantes, uma vez que, a dose de radiação para uma sessão de radiografia de tórax (como é o caso da pesquisa), dada em milisievert (mSv), é de 0,2 mSv, ou seja, se encontra dentro das normas da Comissão Nacional de Energia Nuclear (Cnen), a qual recomenda um limite anual de exposição à radiação de 1 mSv. Será realizada apenas uma radiografia de cada participante.

Caso o(a) senhor(a) tenha dúvidas ou necessite de mais esclarecimentos pode nos contatar Alessandra Beggiato Porto;  
Rua Espírito Santo, 875, apto 1202, Londrina –PR – Brasil, Telefone celular: 96761676

[porto\\_ale@hotmail.com](mailto:porto_ale@hotmail.com) ou procurar o “Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos” da Universidade Estadual de Londrina, na Avenida Robert Koch, nº 60, pelo telefone 3371-2490 ou por e-mail: [cep268@uel.br](mailto:cep268@uel.br).

Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas devidamente preenchida, assinada e entregue ao(à) senhor(a).

Londrina, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 201\_.

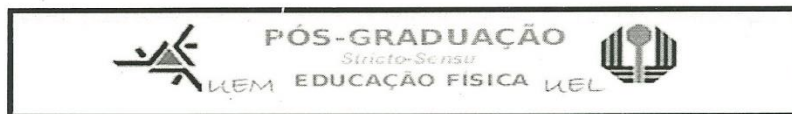
**Pesquisador Responsável**

RG: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (NOME POR EXTENSO DO SUJEITO DE PESQUISA), tendo sido devidamente esclarecido sobre os procedimentos da pesquisa, concordo em participar **voluntariamente** da pesquisa descrita acima.

Assinatura (ou impressão dactiloscópica): \_\_\_\_\_

Data: \_\_\_\_\_



## AUTORIZAÇÃO

Eu, Dr. Luiz Carlos Miguita Júnior, autorizo a utilização do aparelho de radiografia Siemens – 500 mA, CR – FCR Prima Fuji, para a realização de coletas da dissertação de mestrado da aluna Alessandra Beggiato Porto matriculada no Programa de Pós Graduação UEL/UEM sob a orientação do Professor Doutor Victor Hugo Alves Okazaki. As coletas serão realizadas na Clínica Ecocardio de Londrina, CNPJ 05.209.578/0001-76 situada na Avenida Senador Souza Naves, 1457, Londrina – PR com a supervisão do técnico de radiologia Hélio Rufo Coutinho Jr, CRTR 4859.

Londrina, 10 de março de 2014.

Dr Luiz Carlos Miguita Júnior

05209578/0001-76  
ECOCÁRDIO VASCULAR SERVIÇO  
DE IMAGENOLOGIA LTDA.  
R. SEN. SOUZA NAVES, 1457  
CEP 86010-160  
LONDRINA - PR

## 6. ANEXO



**COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA ENVOLVENDO SERES HUMANOS**  
**Universidade Estadual de Londrina**  
 Registro CONEP 5231

<b>Parecer CEP/UEL:</b>	077/2014
<b>CAAE:</b>	31063514 0.0000 5231
<b>Data da Relatoria:</b>	10/06/2014
<b>Pesquisador(a):</b>	Alessandra Beggato Porto
<b>Unidade/Órgão:</b>	CEFE - Programa de Pós-graduação em Educação Física UEM/UEL

Prezado(a) Senhor(a).

O "Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina" (Registro CONEP 5231) – de acordo com as orientações da Resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde/MS e Resoluções Complementares, avaliou o projeto:

**"Validação do método de Fotogrametria para a avaliação postural de desvios da coluna vertebral."**

Situação do Projeto: **Aprovado**

Informamos que deverá ser comunicada, por escrito, qualquer modificação que ocorra no desenvolvimento da pesquisa, bem como deverá apresentar ao CEP/UEL, via Plataforma Brasil, relatório final da pesquisa.

Londrina, 10 de junho de 2014.

**Prof. Dra. Paula Mariza Zedu Alliprandini**  
 Vice-coordenadora do Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos  
 Universidade Estadual de Londrina

