

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO MOVIMENTO HUMANO

**Proposição de uma medida alternativa de interpretação radiológica das  
curvaturas sagitais da coluna vertebral de crianças**

BÁRBARA VENDRAMINI MARCHETTI

PORTO ALEGRE

**2015**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

ESCOLA DE EDUCAÇÃO FÍSICA

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO MOVIMENTO HUMANO

Proposição de uma medida alternativa de interpretação radiológica das curvaturas sagitais da coluna vertebral de crianças

**Bárbara Vendramini Marchetti**

Dissertação de mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Movimento Humano da Escola de Educação Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul

**Orientador**

**PROF<sup>a</sup>. DR<sup>a</sup>. CLÁUDIA TARRAGÔ CANDOTTI**

Porto Alegre

2015

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus pelas dificuldades em meu caminho, pois me tornaram mais forte, e pelos momentos de felicidades que me fizeram agradecer por estar VIVA;

- ✓ aos meus pais (Nelson e Shirlei) que me criaram com carinho, dedicação e esforço, me proporcionando o melhor que podiam, me incentivando a seguir em frente, com determinação na busca pelos meus ideais, sem desanimar nos momentos de fraquezas;
- ✓ ao meu noivo Juliano, uma criatura linda que Deus, inesperadamente, colocou no meu caminho, e hoje divide comigo todos os momentos da sua vida, me tornando o melhor que há em mim;
- ✓ aos meus familiares que foram compreensivos quando estive ausente, sem nada pedir, ao contrário, sempre me apoiando e incentivando a continuar estudando e me aperfeiçoando;
- ✓ aos meus sogros Joana e Wagner por compreenderem minha ausência em muitos momentos, mas mesmo assim, sendo sempre muito atenciosos e carinhosos;
- ✓ ao Grupo, simplesmente excepcional da Biomec, em especial, Tássia, Jú, Eduardo (s) Raupp e Bojunga que contribuíram, e muito (ooooo) na execução deste trabalho. Eu não teria conseguido sem a competência e carinho de vocês!!!!;
- ✓ ao PPG da UFRGS, na pessoa de seus professores e funcionários pelo comprometimento na formação dos alunos;
- ✓ aos membros da banca examinadores Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriane Vieira, Prof. Dr. Jefferson Fagundes Loss e Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Mônica de Oliveira Melo, pela atenção dispensada da avaliação final deste trabalho;
- ✓ à Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Adriane Vieira, que me ensinou “a trocar de lentes” ao tratar um paciente, que me fez uma pessoa e profissional muito melhor com seus ensinamentos e teorias a respeito da fisioterapia;
- ✓ ao Prof. Dr. Jefferson Fagundes Loss, que tem a capacidade de “simplificar” o corpo humano através dos conceitos da matemática, da geometria e da trigonometria de forma a nos fazer entender um pouquinho sobre as relações entre os segmentos corporais;
- ✓ e à minha orientadora Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Cláudia Tarragô Candotti por possibilitar a minha entrada em um mundo novo, cheio de conhecimentos e desafios, por me apresentar às pesquisas científicas e me ensinar a criar capacidade crítica. Mas acima de tudo, por sempre estar presente, apoiando e incentivando a produção de conhecimentos e se preocupando com a qualidade dos estudos em todas as etapas de elaboração;
- ✓ por fim, agradeço a todos que de alguma forma contribuíram com a minha caminhada e a finalização desta importante etapa pessoal e profissional.

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”

Albert Einstein

## RESUMO

**Introdução:** Os exames de Raios-X são utilizados para avaliação das curvaturas da coluna vertebral, porém, esses exames podem ser contra indicados em muitos casos, dessa forma a utilização da avaliação não invasiva é incentivada. Essa avaliação é baseada na palpação dos processos espinhosos que estão na superfície da pele, para isso, deve-se verificar se os resultados angulares oriundos dos processos espinhosos podem ser utilizados como forma de avaliação válida e reprodutível. **Objetivos:** (1) revisar na literatura os métodos invasivos de avaliação da coluna vertebral sagital; (2) desenvolver uma metodologia alternativa de medição das curvaturas sagitais da coluna vertebral, a partir dos processos espinhosos, baseada no cálculo da flecha sagital ( $f$ ) e no ângulo (AF) das curvaturas originário da  $f$ ; (3) verificar se essa metodologia é capaz de fornecer informações acuradas e precisas das curvaturas da coluna vertebral de crianças, a partir da avaliação da validade concorrente em relação ao padrão ouro, reprodutibilidade intra e interavaliador, sensibilidade e especificidade; e (4) identificar os limites de normalidade das curvaturas para a  $f$  e para o AF. **Metodologia: Estudo 1** - A revisão sistemática da literatura foi realizada nas bases: Scopus, Science, Bireme e Pubmed. As palavras-chave utilizadas foram: "Validation Studies" OR "Reproducibility of Results" AND "Thoracic Vertebrae" OR "Lumbar Vertebrae" AND "Radiography". Os principais desfechos extraídos foram os métodos utilizados para avaliar as curvaturas torácica e lombar da coluna vertebral no plano sagital através de exames de Raios-X. **Estudo 2** - Para o estudo de validação, a amostra foi composta por exames de Raios-X da coluna vertebral de crianças, pertencentes a um banco de dados. Foram avaliadas, no plano sagital, as curvaturas torácica ( $n=90$ ) e lombar ( $n=89$ ). A análise estatística foi realizada no *software* SPSS versão 18.0, sendo o nível de significância de 0,05. Para a validade concorrente entre o AF e o AC foram utilizados: Teste de Correlação Produto-Momento de Pearson, Teste  $t$  independente, cálculo do erro RMS, Teste de Correlação de Morgan-Pitman e análise gráfica de Bland e Altman. Para a reprodutibilidade intra-avaliador das duas medidas do Av1 (1º dia x 2º dia) e para a reprodutibilidade interavaliador das medidas dos três avaliadores (Av1 x Av2 x Av3) foi utilizado o ICC, MAD, SEM e MDC. **Resultados: Estudo 1** - Dos 1383 artigos previamente localizados, 22 artigos foram selecionados, em que, somente 2 apresentaram fraca evidência científica. Foram encontrados nove métodos diferentes. Com relação à reprodutibilidade dos métodos, os estudos mostraram resultados que variaram de moderada a excelente reprodutibilidade. Os artigos de validade mostraram grande correlação do método proposto com o padrão ouro; **Estudo 2** - Tanto na região torácica ( $r= -0,763$  com  $p<0,001$ ), quanto na lombar ( $r= -0,686$  com  $p<0,001$ ), houve grande e significativa correlação entre o AF ajustado e o AC, o teste  $t$  de *student* não demonstrou diferença significativa entre os dois métodos, o baixo erro RMS determinou boa acurácia do método proposto, e a variância foi significativa na torácica, porém esse resultado não foi verificado na região lombar. A diferença média entre o AC e o AF ajustado (AC-AF) foi de  $0^\circ$ , tanto para a torácica e quanto para a lombar, e o desvio-padrão da média das diferenças na torácica foi de  $\pm 12,4^\circ$  e na lombar de  $\pm 13,9^\circ$ . AF ajustado e  $f$  apresentam boa especificidade e sensibilidade, porém alguns indivíduos foram classificados como falsos negativos na região torácica e alguns falsos positivos na região lombar. Os valores de ICC do AF ajustado foram semelhantes ou melhores do que os valores de ICC do padrão ouro, tanto intra quanto interavaliadores. Ainda, os valores de MAD, SEM e MDC do AF ajustado foram sempre menores do que os do AC, seja na coluna torácica ou na lombar. Os limites de normalidade na região torácica foram: de 0,97 cm à 3,83 cm para  $f$  e de  $20^\circ$  à  $50^\circ$  para o AF ajustado. Os limites de normalidade na região lombar foram: de 0,37cm à 3,81cm para a  $f$  e de  $23,06^\circ$  à  $53,60^\circ$  para o AF ajustado. **Conclusão:** O AF ajustado e  $f$  são válidos e reprodutíveis para avaliação da cifose torácica e da lordose lombar de crianças, apresentando fortes valores de correlação com o padrão ouro, bem como bons e excelentes valores de reprodutibilidade associados a baixos erros e variabilidade das medidas, indicando ser uma ferramenta precisa e confiável na avaliação da coluna vertebral.

**Palavras chave:** Cifose, lordose, ângulo Cobb, exames de Raios-X, validação

## ABSTRACT

**Introduction:** The X-ray examinations are utilized to evaluate spinal curvatures, however, these tests may be contraindicated in many cases, so that the use of noninvasive evaluation is encouraged. This assessment is based on palpation of the spinous processes that are on the skin surface, for this we must verify that the angular results coming from the spinous processes can be used as an assessment tool valid and reproducible. **Objectives:** (1) review the literature about invasive methods for assessing sagittal spinal column; (2) developing an alternative method of measurement of the sagittal curvature of the spine, from the spinous processes, based on calculation of the sagittal fleche ( $f$ ) and angle (AF) originating from the curvatures  $f$ ; (3) verify that the methodology is able to provide accurate and precise information of the curvatures of the spine in children, based on the assessment of concurrent validity with respect to the gold standard, intra- and inter reliability, sensitivity and specificity; and (4) identify the boundaries of normality for  $f$  and AF. **Methodology:** **Study 1** - A systematic literature review was performed on databases: Scopus, Science, Bireme and Pubmed. The key words used were: "Validation Studies" OR "Reproducibility of Results" AND "Thoracic Vertebrae" OR "Lumbar Vertebrae" AND "Radiography" The main outcome measures were extracted from the methods used to assess the thoracic and lumbar curvatures of the spine. in the sagittal plane by X-Rays **Study 2** - For the validation study, the sample consisted of X-Ray of the spine of children belonging to a database. Thoracic curvature ( $n = 90$ ) and lumbar ( $n = 89$ ) Statistical analysis was performed using SPSS software version 18.0, and the 0.05 significance level to the concurrent validity between the AF and the AC were used.: Correlation Test Product-Moment Pearson, independent t test, RMS error of calculation, Morgan-Pitman's correlation test and graphical analysis of Bland and Altman. For intra-rater reproducibility of the two Av1 measures (Day 1 x 2nd day ) and for inter-rater reproducibility of the measurements of the three evaluators (Av1 x x Av2 AV3) was used intraclass correlation coefficient (ICC), and the MAD calculation, SEM and MDC. **Results:** **Study 1** - Of the 1383 articles previously located, 22 articles were selected, in which only two showed weak scientific evidence. They found nine different methods. Regarding the reproducibility of the methods, the studies showed results which ranged from moderate to excellent reproducibility. The validity of articles showed high correlation of the proposed method with the gold standard; **Study 2** - Both in the thoracic region ( $r = -0.763$   $p < 0.001$ ) and lumbar ( $r = -0.686$   $p < 0.001$ ), there was a great and significant correlation between AF and set the AC, the *Student* t test did not show significant difference between the two methods, low RMS error determined good accuracy of the proposed method, and the variance was significant in the chest, but this effect was not detected in the lumbar region. The average difference between the AC and the set AF (AF-AC) was  $0^\circ$ , both the thoracic and the lumbar for, and the average standard deviation of the differences in the thoracic was  $\pm 12,4^\circ$  and lumbar from  $\pm 13,9^\circ$ . AF set have good specificity and sensitivity, but some individuals were classified as false negatives in the thoracic region and some false positives in the lumbar region. The AF ICC values set were similar or better than the ICC values of the gold standard, both intra and inter-evaluators. Further, the MAD values, SEM and MDC set AF were always lower than AC, whether in the lumbar or thoracic spine. The normal range in the thoracic region were 0.97 cm to 3.83 cm for  $f$   $20^\circ$  to  $50^\circ$  for the AF adjusted. The normal range in the lumbar were: 0,37cm to 3.81cm to  $f$  of  $23,06^\circ$  to  $53,60^\circ$  for AF set. **Conclusion:** AF adjusted and  $f$  are valid and reliable for evaluating children's thoracic kyphosis and lumbar lordosis, showing strong correlation values with the gold standard, as well as good and excellent reliability values associated with low errors and variability of the measures, indicating be a tool accurately and reliable the evaluation of the spine. **Keywords:** kyphosis, lordosis, Cobb angle X-Ray examinations, validation

## LISTA DE QUADROS, TABELAS E FIGURAS

### CAPÍTULO 1

<b>Figura 1</b> - Fluxograma da seleção dos artigos, baseado nas orientações do PRISMA.....	21
<b>Figura 2</b> - Ilustração dos métodos: (a) Ângulo Cobb 4 linhas, (b) Cobb alternativo, (c) Cobb máximo.....	26
<b>Figura 3</b> - Ilustração dos métodos: (a) Tangente posterior, (b) TRALL, (c) Círculos tangenciais.....	26
<b>Figura 4</b> - Ilustração dos métodos: (a) Raio da curvatura, (b) Centroide, (c) PR.....	27
<b>Tabela 1</b> - Resultados da avaliação da qualidade metodológica pelo checklist baseado nas escalas QUADAS e QAREL.....	22
<b>Tabela 2</b> - Síntese dos 22 estudos incluídos nesta revisão sistemática.....	23

### CAPÍTULO 2

<b>Figura 1</b> - Ilustração de uma corda (C), que é um segmento que une dois pontos distintos da circunferência e da flecha (F), que é um segmento de reta que une o ponto médio da corda ao ponto médio do arco correspondente.....	48
<b>Figura 2</b> - Ilustração do procedimento de obtenção do ângulo absoluto associado à flecha sagital (AF): (a) reta vertical (corda) unindo nível vertebral superior e inferior, (b) flecha sagital (distância do ápice à corda), (c) ângulos superior ( $\alpha_1$ ) e inferior ( $\alpha_2$ ) que somados fornecem o AF da cifose.....	49
<b>Figura 3</b> - Regressão linear simples para ajustamento do angulo da flecha (AF) em relação ao ângulo Cobb (AC): (a) região torácica e (b) região lombar.....	52
<b>Figura 4</b> - Método gráfico de Bland e Altman para região torácica (a) e para a região lombar (b).....	53
<b>Figura 5</b> - Análise de regressão (a) linear entre AF e AC na região torácica; (b) logarítmica entre $f$ e AC na região torácica; (c) logarítmica entre AF e AC na região lombar; (d) logarítmica entre $f$ e AC na região lombar.....	54
<b>Figura 6</b> - Correlação entre o ângulo Cobb (AC) e o ângulo da flecha (AF) ajustado (a) e a $f$ (b) na região torácica com os limites de normalidade demarcados por linhas pontilhadas, onde a região “A” do gráfico representa o mesmo resultado obtido em ambas os métodos; “B” representa resultados falsos positivos; e “C” representa os falsos negativos.....	55
<b>Figura 7</b> - Correlação entre o ângulo Cobb (AC) e o ângulo da flecha (AF) ajustado (a) e a $f$ (b) na região lombar com os limites de normalidade demarcados por linhas pontilhadas, onde a região “A” do gráfico representa o mesmo	

resultado obtido em ambas os métodos; “B” representa resultados falso positivo; e “C” representa os falsos negativos.....	56
<b>Tabela 1</b> - Valores de ICC intra e inter-avaliador para os ângulos absolutos das flechas (AF) e ângulos de Cobb (AC), nas regiões torácica e lombar.....	51
<b>Tabela 2</b> - Média e desvio padrão do ângulo Cobb (AC) e do angulo da flecha (AF), absoluto e ajustado, na região torácica para cada avaliador (Av1, Av2, Av3) e para a média de todos os avaliadores.....	52
<b>Tabela 3</b> - Média e desvio padrão do ângulo Cobb (AC) e do angulo da flecha (AF), absoluto e ajustado, na região lombar para cada avaliador (Av1, Av2, Av3) e para a média de todos os avaliadores.....	53
<b>Tabela 4</b> - Parâmetros de referência dos limites de normalidade para as curvaturas sagitais da coluna vertebral.....	54
<b>Tabela 5</b> - Reprodutibilidade intra e inter-avaliador do ângulo Cobb (AC), ângulo da flecha ajustado (AF) e do valor linear da flecha ( <i>f</i> ) referente à região torácica....	56
<b>Tabela 6</b> - Reprodutibilidade intra e inter-avaliador do ângulo Cobb (AC), ângulo da flecha ajustado (AF) e do valor linear da flecha ( <i>f</i> ) referente à região lombar.....	57
<b>Tabela 7</b> - Valores de SEM e MDC para o ângulo Cobb (AC), ângulo da flecha (AF) e o valor linear da flecha ( <i>f</i> ) referente à região torácica e lombar.....	57
<b>Tabela 8</b> - Média absoluta das diferenças (MAD) entre as avaliações para reprodutibilidade intra e interavaliador de AC e AF ajustado para região torácica e lombar.....	57

## SUMÁRIO

<b>APRESENTAÇÃO</b> .....	10
<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>CAPÍTULO 1: Métodos de avaliação das curvaturas sagitais em exames invasivos da coluna vertebral: uma Revisão Sistemática</b> .....	16
RESUMO.....	16
ABSTRACT .....	17
1.1 INTRODUÇÃO.....	17
1.2 METODOLOGIA.....	18
1.3 RESULTADOS.....	20
1.4 DISCUSSÃO.....	27
1.5 CONCLUSÃO.....	34
REFERÊNCIAS.....	35
1.7 APÊNDICES E ANEXOS.....	39
<b>1.7.1 Apêndice 1</b> .....	39
<b>1.7.2 Apêndice 2</b> .....	41
<b>1.7.3 Apêndice 3</b> .....	42
<b>CAPÍTULO 2: Validação de uma interpretação alternativa de avaliação das curvaturas sagitais da coluna vertebral de crianças</b> .....	43
RESUMO.....	43
ABSTRACT .....	44
2.1 INTRODUÇÃO.....	44
2.2 METODOLOGIA.....	46
<b>2.2.1 Amostra</b> .....	46
<b>2.2.2 Etapa de obtenção dos ângulos Cobb (AC)</b> .....	46
<b>2.2.3 Etapa de obtenção dos ângulos associados à flecha sagital (AF)</b> .....	47
<b>2.2.4 Tratamento Estatístico</b> .....	50
2.3 RESULTADOS.....	51
<b>2.3.1 Determinação dos níveis vertebrais a serem utilizados na etapa de validação concorrente e de reprodutibilidade do AF</b> .....	51
<b>2.3.2 Validação do ângulo (AF) e do valor linear (<i>f</i>) das flechas</b> .....	51
<b>2.3.3 Reprodutibilidade: ICC, SEM, MDC e MAD do AC, AF ajustado e <i>f</i></b> .....	56
2.4 DISCUSSÃO.....	58



2.5 CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS.....	63
2.7 APÊNDICES.....	67
2.7.1 Apêndice 1.....	69
2.7.2 Apêndice 2.....	69
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>71</b>
<b>LIMITAÇÕES E DIFICULDADES DO ESTUDO.....</b>	<b>72</b>
<b>PERSPECTIVAS.....</b>	<b>73</b>
<b>REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO.....</b>	<b>74</b>

## APRESENTAÇÃO

Exames invasivos de coluna vertebral, como os exames de Raios-X, embora considerados padrão ouro, apresentam uma série de efeitos adversos em função da radiação, sendo muitas vezes contraindicados, em especial para crianças. Considerando que a avaliação não invasiva da coluna vertebral contribui de forma importante na construção do raciocínio clínico frente às alterações posturais, entende-se que a mesma deveria ser priorizada, uma vez que não causa efeitos adversos ao indivíduo. Como exemplo disso cita-se a fotogrametria associada à utilização de *softwares*.

Não obstante, os resultados fornecidos pela fotogrametria devem ter sua validade e reprodutibilidade confirmadas, mas até onde se tem conhecimento, os *softwares* de fotogrametria disponíveis, que permitem a avaliação da coluna vertebral no plano sagital, não foram validados em relação ao padrão ouro. Especula-se que a dificuldade encontrada para essa validação baseia-se no fato de que o ângulo Cobb é calculado a partir das estruturas internas (corpos vertebrais), enquanto que os ângulos calculados pela fotogrametria são obtidos pela superfície da pele (processos espinhosos palpados). Ainda, a fotogrametria também pode fornecer, além dos ângulos das curvaturas, os valores lineares das distancias do ápice de cada curvatura sagital (dada pelo processo espinhoso marcado na superfície) a uma linha vertical que parte de S2 (chamada de flecha sagital). No entanto, independente da informação dada pela fotogrametria, se ângulo ou flecha da curvatura, questiona-se se a forma da superfície da coluna de fato reflete sua forma interna. E, é justamente desse questionamento que nasceu a intenção da presente pesquisa.

De forma resumida, a principal intenção dessa pesquisa é propor uma forma alternativa de calcular os ângulos das curvaturas sagitais em exames de Raios-X, que seja baseada em estruturas mais superficiais, como os processos espinhosos, ao invés dos corpos vertebrais. Acredita-se que esses ângulos (calculados a partir dos processos espinhosos) estarão mais relacionados com os ângulos fornecidos pela fotogrametria (baseados na palpação dos mesmos processos espinhosos). Assim, indiretamente, espera-se que essa pesquisa venha

futuramente a contribuir com os processos de validação dos *softwares* de fotogrametria, no que se refere à avaliação da coluna vertebral no plano sagital.

Esta pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Pesquisa do Exercício (LAPEX) da Escola de Educação Física (ESEF) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), utilizando-se de um banco de dados pertencente ao Grupo de Pesquisa Biomec ([www.ufrgs.br/biomec](http://www.ufrgs.br/biomec)).

Por fim, a partir da revisão da literatura e da análise dos exames de Raios-X, foi possível a elaboração desta dissertação de mestrado, cujo texto apresenta o seguinte formato: (1) Introdução; (2) Capítulo 1, contendo uma revisão sistemática da literatura sobre os métodos invasivos da coluna vertebral para avaliação das curvaturas sagitais; (3) Capítulo 2, contendo os resultados da coleta de dados e análise no que tange aos aspectos de validade, reprodutibilidade, sensibilidade e especificidade da metodologia proposta; (4) Considerações Finais; (5) Dificuldades e limitações do estudo; (6) Perspectivas; e (7) Referências bibliográficas utilizadas na introdução. Ressalta-se que os Capítulos 1 e 2 estão apresentados em formato de artigos.

## INTRODUÇÃO

Em condições fisiológicas, a coluna vertebral, no plano sagital, é formada por sucessivas convexidades opostas: lordose cervical, cifose torácica e lordose lombar, cujas alterações posturais neste plano, caracterizam-se por um aumento ou redução da magnitude dessas curvaturas, com conseqüente desequilíbrio corporal (Singh; Bailey; Lee, 2009).

A determinação da postura corporal, especificamente da coluna vertebral no plano sagital se dá a partir da avaliação de exames de Raios-X látero-laterais (Zaina *et al.*, 2012), sobre os quais são realizadas as medidas dos ângulos de Cobb, considerados padrão ouro para tal, capazes de quantificar as magnitudes dessas curvaturas (Briggs *et al.*, 2007; Tayyab *et al.*, 2007; Knott *et al.*, 2006). No entanto, muitas críticas em relação ao método Cobb estão descritas na literatura, tais como: a dificuldade em selecionar a placa terminal das vértebras cranial e caudal para realizar a mensuração (Wenger *et al.*, 1993); o fato dessa medida permitir somente a informação final da curva, sem conhecimento dos segmentos envolvidos (Voutsinas; Macewen, 1986); a necessidade de formar quatro linhas para a formação do ângulo do método Cobb tradicional, considerada uma potencial fonte de erro; e a grande quantidade de erro inter e intra-avaliadores, que pode variar entre 5 a 10 graus (Carman; Browne; Birch, 1990; Gross; Gross; Kushner, 1983). Em suma, as críticas baseiam-se no fato de que o ângulo Cobb foi originalmente descrito em radiografias anteroposteriores e, quando adaptado para as radiografias látero-laterais, com o uso das linhas nos platôs finais, deveria ser chamado de “método Cobb modificado”, o qual, por sua vez, também está suscetível a altos erros (Cote *et al.*, 1997; Polly *et al.*, 1996).

Ainda, outra questão importante a ser levada em consideração para a condução de um diagnóstico postural é a variabilidade individual presente na postura da coluna vertebral. Por exemplo, o cálculo do ângulo Cobb (Tayyab *et al.*, 2007; Knott *et al.*, 2006) apresenta uma grande faixa de valores que classificam a normalidade das curvaturas, onde a lombar pode variar de 13,6° a 78° Cobb (Bernhardt; Bridwell, 1989), 14° a 69° Cobb (Bryan *et al.*, 1989), 22° a 54° Cobb (Gonçalves; Pereira, 2008) e 26° a 58° Cobb (Propst-Proctor; Bleck, 1983). Já em relação à curvatura torácica, os valores encontrados na literatura não apresentam

variações tão grandes entre os autores, mas ainda assim de amplo espectro, em que, estão na faixa de 20° a 45° Cobb (Poolman; Been; Ubags, 2002) ou 20° a 50° Cobb (Bernhardt; Bridwell, 1989; Goh *et al.*, 2000).

A variabilidade existente entre os graus Cobb classificados como normais pode ser questionada, uma vez que a margem de variação pode chegar a mais de 60° (Oliveira *et al.*, 2012; Chaise *et al.*, 2011). Espectro como este pode indicar grande modificação no contorno das costas dos indivíduos e, conseqüentemente, mudança nas magnitudes das curvaturas sagitais (Zubovic *et al.*, 2008; Hinman, 2003/2004).

Possivelmente esses sejam os motivos pelos quais muitos pesquisadores tem desenvolvido alternativas para uma análise segmentar ou outras maneiras de avaliação no plano sagital das radiografias, como as tangentes dos corpos vertebrais posteriores (Bernhardt; Bridwell, 1989), métodos utilizando o centróide da vértebra (Chen, 1999; Harrison *et al.*, 1998) e o método TRALL (Chernukha; Daffner; Reigel, 1998). Apesar de essas possibilidades estarem disponíveis ao uso, o método Cobb ainda é considerado o padrão ouro, sendo amplamente utilizado na prática clínica e, talvez por essa razão, parece haver um pleno entendimento do seu significado clinico, fato que às vezes carece nos demais métodos.

Não obstante, a importância da avaliação não invasiva da coluna vertebral também deve ser considerada, já que o acompanhamento radiográfico frequente destas alterações pode acarretar doses indesejáveis de radiação ionizante (Turner-Smith *et al.*, 1988), além de ser contra indicado em certas populações, como por exemplo mulheres grávidas, indivíduos com câncer (Zabjek *et al.*, 2005) e crianças em fase de desenvolvimento (Turner-Smith *et al.*, 1988). Nesse contexto, a fotogrametria combinada ao uso de *softwares* para avaliação das curvaturas vertebrais possibilita obter ângulos e distâncias corporais a partir de fotografias (Visscher *et al.*, 2002). A fotogrametria é uma técnica simples, fácil e objetiva, com vantagens como o baixo custo, facilidade de fotointerpretação, arquivamento e acesso a registros, alta precisão, reprodutibilidade dos resultados e ausência de radiação, sendo atualmente considerada uma alternativa para avaliação quantitativa dos desvios corporais, podendo ser utilizada para medidas lineares e angulares (Ribeiro *et al.*, 2006; Sacco *et al.*, 2007; Fortin *et al.*, 2010).

Nesse contexto foi desenvolvido o *software* Digital Image-based Postural Assessment – DIPA, atualmente proposto para avaliar as curvaturas vertebrais (Furlanetto *et al.*, 2011; Furlanetto *et al.*, 2012), fornecendo automaticamente as informações sobre a postura dos indivíduos. Embora o DIPA tenha sido validado e apresente excelente reprodutibilidade inter e intra-avaliador para muitas variáveis da análise postural, no que se refere ao plano sagital, ainda apresenta dificuldade em classificar a postura da coluna vertebral dos indivíduos. Isso porque a avaliação da coluna no plano sagital proposta pelo DIPA é baseada na metodologia da flecha sagital. Uma flecha sagital corresponde a um segmento de reta perpendicular a reta vertical que parte do processo espinhoso da vértebra S2 e tangencia a vértebra T6. Assim, no ápice das curvaturas lordóticas da coluna vertebral, representada pelos processos espinhosos de C7 e L4, espera-se encontrar uma flecha sagital maior que zero, enquanto que no ápice das curvaturas cifóticas a flecha sagital deve ser nula (Charrière; Roy, 1975; Stagnara *et al.*, 1982; Mauroy *et al.*, 2001; Medina; Clemente; García, 2000; Harrison *et al.*, 2000).

Embora a metodologia da flecha sagital seja capaz de fornecer evidências quantitativas das alterações na coluna vertebral, as quais poderiam ser utilizadas para embasar a classificação da postura dos indivíduos, questionam-se os parâmetros de referência apresentados pelos autores (Charrière; Roy, 1973; Charrière; Roy, 1975) para classificar a postura em normal ou alterada. Desde sua proposição, a literatura não evidenciou qualquer modificação dos parâmetros iniciais propostos pelos autores, o que a torna obsoleta (Hinman, 2004; Bryan *et al.*, 1989; D’Oswaldo; Schierano; Cisotti, 2002). Esse fato tem instigado o grupo de pesquisa BIOMECH a pesquisar mais profundamente a atualização dos parâmetros de postura, baseados nas flechas sagitais, com o intuito de encontrar novos valores de referência para estas curvas.

O primeiro passo para a atualização dos parâmetros posturais na metodologia da flecha sagital, a ser utilizada posteriormente na fotogrametria, consiste em utilizar as flechas sagitais nas radiografias para quantificar os ângulos das curvaturas, torácica e lombar, e classificar a postura dos indivíduos. O segundo passo consiste em verificar a concordância dessa interpretação com aquela gerada pelo padrão ouro, o ângulo Cobb. E, finalmente, a partir dessa concordância, o terceiro passo consiste em definir o espectro em que se encontra o padrão de normalidade das

curvaturas torácica e lombar para a flecha sagital ( $f$ ) e para o ângulo baseado na flecha (AF), tal como os parâmetros propostos para o ângulo Cobb (AC). Uma vez de posse desses novos parâmetros, eles poderão ser utilizados para subsidiar o *software* DIPA e fomentar a utilização mais frequente dos métodos não invasivos, com vistas a substituir o uso do exame de Raio-X para o acompanhamento das alterações posturais na coluna vertebral. Sendo assim, o presente estudo pretende propor a utilização da metodologia das flechas sagitais, a qual utiliza, como referências anatômicas, os processos espinhosos das vértebras como base da avaliação das curvaturas sagitais da coluna vertebral em radiografias. Acredita-se que um método de avaliação em exames de Raios-X que calcule os ângulos das curvaturas a partir dos processos espinhosos, referências ósseas para avaliação da coluna na fotogrametria, e em especial, no DIPA, seja de grande valia, pois além de não existir na literatura atual, pesquisas sobre a avaliação da coluna vertebral envolvendo esses segmentos, poderá facilitar o processo de validação do DIPA, pois seus resultados, oriundos da superfície da pele, poderiam ser comparados com os ângulos de curvaturas calculados nos exames de Raios-X, também a partir dos processos espinhosos.

Portanto, os objetivos da presente dissertação foram: (1) revisar sistematicamente os métodos de avaliação das curvaturas da coluna torácica e lombar a partir de exames de Raios-X descritos com o objetivo de identificar os métodos mais confiáveis e precisos para o cálculo dessas curvaturas; (2) desenvolver uma metodologia alternativa para o cálculo do ângulo das curvaturas sagitais da coluna, baseada nos processos espinhosos das vertebrae; (3) verificar se essa metodologia é capaz de fornecer informações acuradas e precisas das curvaturas da coluna vertebral de crianças, a partir da avaliação da validade concorrente em relação ao padrão ouro, reprodutibilidade intra e interavaliador, sensibilidade e especificidade do método proposto; e (4) identificar os limites de normalidade das curvaturas sagitais para a flecha sagital ( $f$ ) e para o ângulo baseado na flecha (AF).

## CAPÍTULO 1

### Métodos de avaliação das curvaturas sagitais em exames invasivos da coluna vertebral: uma Revisão Sistemática

### Evaluation methods of sagittal curvatures in invasive examinations of the spine: A Systematic Review

#### RESUMO

A avaliação das curvaturas sagitais da coluna vertebral auxilia na determinação dos padrões posturais dos indivíduos, por isso, a avaliação dessas curvaturas é um fator importante tanto no ambiente clínico como em pesquisas. Sendo assim, com a finalidade de encontrar o método mais confiável e preciso, o objetivo deste estudo é revisar sistematicamente os métodos de avaliação das curvaturas da coluna torácica e lombar a partir de exames de Raios-X descritos com o objetivo de identificar os métodos mais confiáveis e precisos para o cálculo dessas curvaturas. Para tanto, foi realizada uma busca sistemática nas bases de dados Scopus, Science, Bireme e Pubmed com as seguintes palavras-chave: "Validation Studies" [Publication Type] OR "Reproducibility of Results"[Mesh] AND "Thoracic Vertebrae"[Mesh] OR "Lumbar Vertebrae"[Mesh] AND "Radiography"[Mesh] AND "Adolescent"[Mesh] OR "Young Adult"[Mesh] OR "Adult"[Mesh] OR "Aged"[Mesh] OR "Elderly"[All Fields] OR "Humans"[Mesh] OR "Human"[All Fields] OR "Child"[Mesh] AND "Kyphosis"[Mesh] OR "Lordosis"[Mesh] OR "sagittal" OR "lateral". Os principais desfechos extraídos foram os métodos precisos e válidos utilizados para avaliar as curvaturas torácica e lombar da coluna vertebral no plano sagital através do exame de Raios-X. Outros desfechos extraídos dos estudos foram: valor de média, desvio padrão, média das diferenças entre as medidas, análises de confiabilidade intra e interobservador. Para avaliação da qualidade metodológica foi utilizado um checklist proposto por Brink; Louw (2011), em que os estudos foram considerados de alta qualidade se tivessem um escore  $\geq 60\%$  nos itens aplicáveis. Inicialmente 1383 artigos foram encontrados, destes, 241 foram excluídos por serem duplicatas e 1092 não preencheram os critérios de inclusão. Assim, 50 estudos foram inicialmente incluídos na revisão sistemática. Depois da leitura na íntegra, 21 estudos preencheram os critérios de inclusão. Após a análise das referências, mais um artigo foi adicionado para subsequente extração de dados, totalizando 22 artigos. Foram encontrados nove métodos diferentes para avaliar as curvaturas sagitais, tais como Cobb (2 ou 4 linhas), Cobb alternativo, Cobb máximo ou não constricto, Raio da curvatura, TRALL, Círculos tangenciais, Tangentes posteriores, Centroides e PR. Os métodos: Centroides Círculo tangencial, Cobb alternativo, Raio da curvatura para a coluna torácica; Centroide, Tangente posterior, TRALL e PR para a lombar apresentam iguais ou melhores valores de reprodutibilidade e menor variabilidade de medidas que quando comparados ao ângulo Cobb. Os métodos propostos tiveram grande correlação com o padrão ouro. Para coluna torácica: Centroide T1-T12, Círculos tangenciais, Cobb alternativo T4-T9, Raio da curvatura, e Cobb não constricto; e para a coluna lombar: PR-L1, Círculos tangenciais e Cobb não constricto. Portanto esses métodos são confiáveis e podem ser utilizados tanto no âmbito da pesquisa quanto na prática clínica, já que apresentam iguais ou melhores valores de reprodutibilidade e menor variabilidade de medidas que quando comparados ao ângulo Cobb.

*Descritores:* avaliação invasiva, coluna vertebral, cifose, lordose.



## ABSTRACT

The evaluation of sagittal spinal curvatures assists in determining the posture of the individual patterns, so the evaluation of these curvatures is an important factor in the clinical environment and in research. Therefore, in order to find the most reliable and accurate method, the objective of this study is to systematically review the methods of assessment the thoracic and lumbar spine from X-ray examinations described in order to identify the most reliable and precise methods for the calculation of curvatures. Therefore, a systematic search was conducted in Scopus databases, Science, Bireme and Pubmed with the following keywords: "Validation Studies" [Publication Type] OR "Reproducibility of Results" [MeSH] AND "Thoracic Vertebrae"[ MeSH] OR "Lumbar Vertebrae" [MeSH] AND "Radiography" [MeSH] AND "Adolescent" [MeSH] OR "Young Adult" [MeSH] OR "Adult" [MeSH] OR "Aged" [MeSH] OR "Elderly" [All Fields] OR "Humans" [MeSH] OR "Human" [All Fields] OR "Child" [MeSH] AND "Kyphosis" [MeSH] OR "Lordosis" [MeSH] OR "sagittal" OR "lateral". The primary outcomes were extracted the accurate and reliable methods used to assess the thoracic and lumbar spinal curvatures in the sagittal plane by examining X-Rays other outcomes were extracted from the studies: average value, standard deviation, mean differences between measurements, analysis intra and interobserver reliability. To assess the methodological quality was used a checklist proposed by Brink & Louw (2011), in which the studies were considered high quality if they had a score  $\geq 60\%$  in the applicable items. Initially 1383 articles were found, of these, 241 were excluded because they were duplicates and 1092 did not meet the inclusion criteria. Thus, 50 studies were initially included in the systematic review. After reading in full, 21 studies met the inclusion criteria. After reviewing the references, another article was added to subsequent data extraction, totaling 22 articles. Nine different methods were found to assess the sagittal curvatures, such as the Cobb (lines 2 and 4), alternative Cobb, maximum Cobb or not constricted, radius of curvature, Trall, tangential circles, tangent posterior, and PR centroid. Centroid, Tangent posterior, Trall and PR for lumbar have equal or better reproducibility values and less variability measures compared to the Cobb angle. The proposed methods were highly correlated with the gold standard for both thoracic spine and for the lumbar. For thoracic spine: centroid T1-T12, tangential circles, alternative Cobb T4-T9, Radius of curvature, and Cobb not constricted; and the lumbar spine: PR-L1, tangential circles and Cobb not constricted. Therefore these methods are reliable and can be used both in research and in clinical practice, since they have equal or better reproducibility and lower values variability measures we compared the Cobb angle.

*Key words:* invasive evaluation, spine, kyphosis, lordosis.

## 1.1 INTRODUÇÃO

A avaliação das curvaturas sagitais da coluna vertebral auxilia na determinação dos padrões posturais dos indivíduos (Celan *et al.*, 2012). O padrão ouro para essas avaliações são os exames de Raios-X látero-lateral (Zaina *et al.*, 2012), nos quais são realizados os cálculos dos ângulos de Cobb, capazes de quantificar as magnitudes dessas curvaturas (Briggs *et al.*, 2007).

No entanto, muitas críticas em relação ao método Cobb estão descritas na literatura, como a dificuldade em selecionar a placa terminal das vértebras cranial e caudal para realizar a mensuração (Harrison *et al.*, 2001). Outra importante crítica a esse método está no fato de essa medida permitir somente a informação final da curva sem conhecimento dos segmentos envolvidos (Voutsinas; MacEwen, 1986). Além disso, para o cálculo do ângulo do método Cobb tradicional é necessário a formação das quatro linhas, sendo a alta quantidade de erro inter e intra-avaliadores (5-10 graus) outra potencial fonte de crítica ao método (Carman; Browne; Birch, 1990).

Possivelmente essas críticas tem motivado o desenvolvimento de alternativas para uma análise segmentar ou outras maneiras de avaliação no plano sagital das radiografias, como as tangentes dos corpos vertebrais posteriores (Bernhardt; Bridwell, 1989), métodos utilizando o centroide da vértebra (Chen, 1999; Harrison *et al.*, 1998) e o método TRALL (Chernukha; Daffner; Reigel, 1998).

Não obstante, apesar de esses métodos estarem bem descritos na literatura, não foram encontradas informações sobre qual deles apresentam menor variabilidade e maior confiabilidade das medidas. Desta forma, o objetivo deste estudo é revisar sistematicamente os métodos de avaliação das curvaturas da coluna torácica e lombar a partir de exames de Raios-X descritos com o objetivo de identificar os métodos mais precisos e confiáveis para o cálculo dessas curvaturas. Espera-se, que os resultados dessa revisão sistemática possam auxiliar os profissionais de saúde na escolha do método mais adequado para avaliar com maior precisão e confiabilidade as curvaturas sagitais da coluna vertebral nos exames de Raios-X.

## **1.2 METODOLOGIA**

Essa revisão segue as recomendações propostas pela Colaboração Cochrane (Higgins; Green, 2011), tendo como critérios de elegibilidade estudos observacionais, que apresentem a avaliação radiográfica no plano sagital das curvaturas lombar e torácica da coluna vertebral de crianças, adolescentes, adultos e idosos, com ou sem alterações estruturais da coluna vertebral, redigido na língua inglesa. Para tanto, foi realizada uma busca sistemática nas bases de dados

Scopus, Science, Bireme e Pubmed, no mês de agosto de 2014 (Apêndice 1). As palavras-chave utilizadas foram: "Validation Studies" [Publication Type] OR "Reproducibility of Results"[Mesh] AND "Thoracic Vertebrae"[Mesh] OR "Lumbar Vertebrae"[Mesh] AND "Radiography"[Mesh] AND "Adolescent"[Mesh] OR "Young Adult"[Mesh] OR "Adult"[Mesh] OR "Aged"[Mesh] OR "Elderly"[All Fields] OR "Humans"[Mesh] OR "Human"[All Fields] OR "Child"[Mesh] AND "Kyphosis"[Mesh] OR "Lordosis"[Mesh] OR "sagittal" OR "lateral".

Inicialmente, os estudos foram selecionados a partir da leitura dos títulos e resumos, sendo que os artigos que apresentavam potencial para serem incluídos na pesquisa foram lidos e analisados na íntegra. Após, foram finalmente incluídos aqueles que cumpriram com todos os critérios de inclusão. As referências bibliográficas de cada artigo incluído foram, ainda, averiguadas com o objetivo de encontrar artigos não localizados na busca eletrônica. Todos os procedimentos de busca, seleção, avaliação da qualidade, leitura e extração dos dados dos artigos foram realizados por dois avaliadores independentes. Nos casos de divergência de opiniões entre os avaliadores, um terceiro avaliador foi convidado para realizar a avaliação do artigo.

Os dois pesquisadores avaliaram de forma independente os artigos completos que foram incluídos na revisão e a extração dos dados ocorreu por meio de formulário padronizado (Apêndice 2). Os principais desfechos extraídos foram os métodos utilizados para avaliar as curvaturas torácica e lombar da coluna vertebral no plano sagital através dos exames de Raios-X. Outros desfechos extraídos dos estudos foram: valor de média, desvio padrão, média das diferenças entre as medidas, análises de confiabilidade intra e interavaliador. Em caso de discordância entre os pesquisadores quanto aos dados extraídos dos estudos, a mesma foi resolvida por consenso entre os mesmos ou por consulta a um terceiro pesquisador mais experiente. Quando o estudo não apresentou todos os dados necessários para revisão, o autor correspondente foi contatado para solicitação dos dados faltantes.

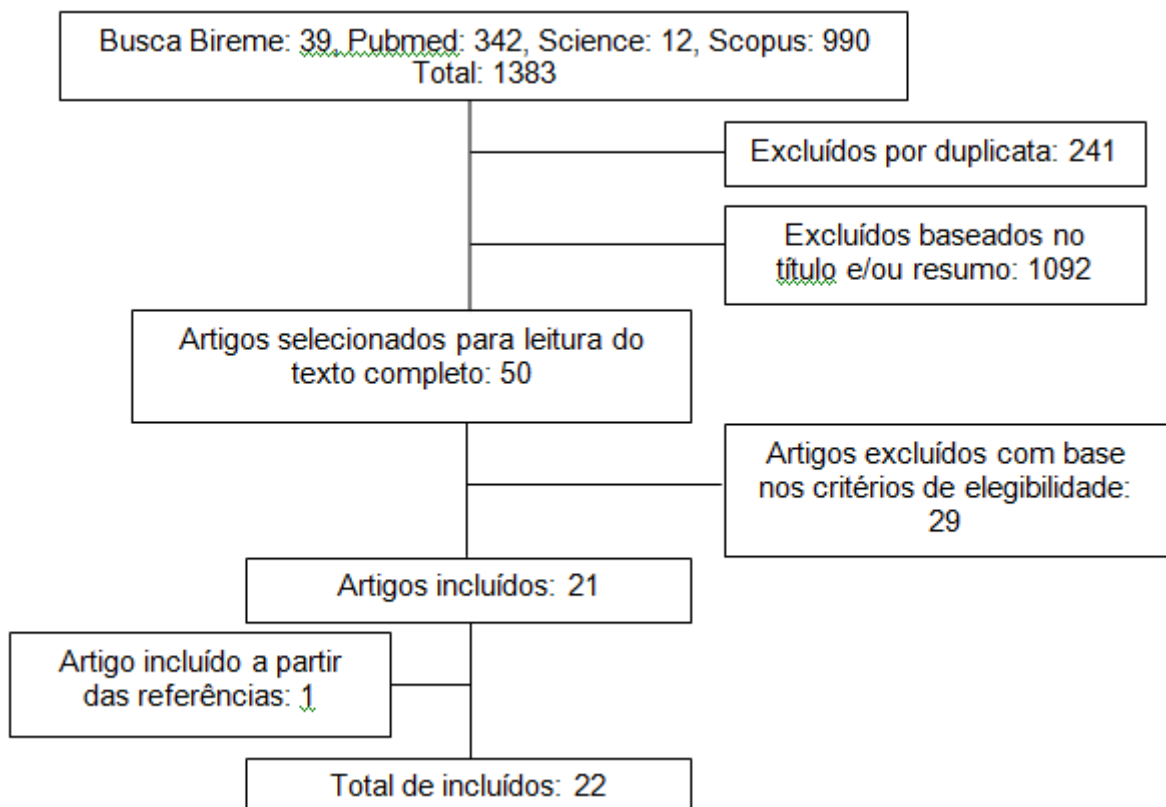
Para avaliação da qualidade metodológica foi utilizado um checklist proposto por Brink; Louw (2011), que foi projetado para testar estudos de confiabilidade e validade. Esta ferramenta é composta por 13 itens e foi desenvolvida a partir de duas escalas, a *Quality Assessment of Diagnostic Accuracy Studies* (QUADAS) e a *Quality Appraisal of Diagnostic Reliability Studies* (QAREL) (Apêndice 3). Os estudos foram considerados de alta qualidade se tivessem um escore  $\geq 60\%$  (acima de 8)

nos itens aplicáveis, de acordo com utilização prévia em outros trabalhos de mesmo cunho (May *et al.*, 2010; Adhia *et al.*, 2012). Dois revisores de forma independente avaliaram a qualidade metodológica dos estudos incluídos. Qualquer desacordo foi discutido entre eles, nos casos que o desacordo persistiu, um terceiro revisor foi consultado.

Considerando a divergência de nomenclatura entre os estudos, para os critérios de validação dos instrumentos e para facilitar a comparação entre os resultados, nesta revisão sistemática padronizou-se a nomenclatura da seguinte forma: repetibilidade foi considerada como o grau de concordância obtido entre avaliações realizadas em instantes sucessivos pelo mesmo avaliador; reprodutibilidade intra-avaliador como o grau de reprodutibilidade das medições realizadas pelo mesmo avaliador, variando o tempo entre as coletas (com intervalo mínimo de um dia); reprodutibilidade interavaliador como o grau de reprodutibilidade das medições realizadas por diferentes observadores; e validade concorrente como a concordância entre o instrumento em teste e o instrumento considerado padrão-ouro para a avaliação variável em estudo (BIPM *et al.*, 2008)

### **1.3 RESULTADOS**

Inicialmente 1383 artigos foram encontrados, destes, 241 foram excluídos por serem duplicatas e 1092 não preencheram os critérios de inclusão. Assim, 50 estudos foram inicialmente incluídos na revisão sistemática. Depois da leitura na íntegra, 21 estudos preencheram os critérios de inclusão. Subsequentemente, suas referências foram analisadas e mais um artigo foi adicionado para subsequente extração de dados (Figura 1).



**Figura 1.** Fluxograma da seleção dos artigos, baseado nas orientações do PRISMA.

A Tabela 1 apresenta a avaliação da qualidade metodológica utilizada na presente revisão sistemática. Dos 22 estudos selecionados, somente dois foram classificados como sendo de baixa qualidade, apresentando, portanto, fraca evidência científica.

**Tabela 1 - Resultados da avaliação da qualidade metodológica pelo checklist baseado nas escalas QUADAS e QAREL.**

Estudos-Primeiros autor (ano)	Critérios Checklist QUADAS e QAREL													TOTAL (N°)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Andreasen 2007	S	S	N/A	S	S	S	N/A	S	N/A	S	N/A	S	N	8
Briggs 2006	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	13
Chanplakorn 2011	S	S	S	S	N/A	N	S	S	S	S	S	N	N	9
Chen 1999	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S	N	S	11
Chernukha 1998	S	S	S	S	S	N	S	S	S	S	S	S	N	11
Carvalho 2010	S	S	N/A	S	S	S	N/A	S	N/A	S	N/A	S	N	8
Gardocki 2002	S	N	S	N/A	N/A	N/A	S	N/A	S	S	S	S	N	8
Goh 2000	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	S	S	S	9
Harrison 2001	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	12
Harrison 2001	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	13
Hicks 2006	S	S	N/A	S	N/A	N	N/A	S	N/A	S	N/A	S	S	7
Hong 2010	S	N	S	N	N	S	S	S	S	S	S	S	S	10
Hwang 2010	S	S	S	N	S	N	S	S	S	S	S	S	S	11
Jackson 1998	S	N	S	S	N	N	S	S	S	S	S	S	N	9
Jackson 2000	S	N	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	12
Lee 2013	S	N	S	N	N	N	S	S	S	S	S	S	S	9
Mac Thiong 2007	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	S	S	S	10
Pinel-Giroux 2006	S	S	S	N	N	N	S	S	S	S	S	N	S	9
PollS 1996	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	13
RajnicS 2000	S	S	N	N	N	N	N	N	N	S	N	S	N	4
TroSanovich 1995	S	S	N/A	S	S	S	N/A	S	N/A	S	N/A	S	S	9
TroSanovich 1998	S	S	N/A	S	S	S	N/A	S	N/A	S	N/A	S	S	9

Critérios QUADAS e QAREL: 1. Adequada descrição da amostra; 2. Adequada descrição dos avaliadores; 3. Adequada explicação do padrão de referência; 4. Cegamento inter avaliadores; 5. Cegamento intra avaliadores; 6. Variação da ordem de avaliação; 7. Período de tempo entre o teste avaliado e o padrão de referência; 8. Período de tempo entre as medidas repetidas; 9. Independência do padrão de referência do teste avaliado; 10. Adequada descrição do procedimento do teste avaliado; 11. Adequada descrição do procedimento do padrão de referência; 12. Explicação de qualquer perda amostral; 13. Métodos estatísticos apropriados. Respostas aos critérios: S=Sim; N=Não; N/A= Não se aplica.

Na Tabela 2 são apresentados o objetivo (apenas aqueles relacionados a algum aspecto de validação e/ou reprodutibilidade), o método de avaliação utilizado, a metodologia e os resultados dos 22 estudos incluídos nesta revisão. Foram encontrados nove métodos diferentes para avaliar as curvaturas sagitais, sendo eles: (1) Cobb: ângulo formado a partir dos platôs vertebrais (2 ou 4 linhas) (Figura 2a); (2) Cobb alternativo: utiliza a meia distância entre os cantos dos platôs vertebrais das vértebras superior e inferior (Figura 2b); (3) Cobb máximo ou não constricto: ângulo formado a partir da vértebra superior (cifose) ou inferior (lordose) até a vértebra mais inclinada (Figura 2c); (4) Tangente posterior: utiliza os dois cantos posteriores dos corpos vertebrais superior e inferior, a intersecção dessas duas linhas tangentes formam o ângulo em questão (Figura 3a); (5) TRALL: formação de uma linha saindo do canto pósterio-inferior de S2 até o ápice e outra

saindo do canto pósterio-superior de L1 até o ápice, o ângulo é formado pela intersecção dessas linhas (Figura 3b); (6) Círculos tangenciais: dois arcos (parede anterior dos corpos vertebrais) são formados a partir do ápice de cada curvatura até o início ou final da mesma, em que a partir de equações geométricas formarão o ângulo (Figura 3c); (7) Raio da curvatura: são marcadas as margens vertebrais anteriores e posteriores de todas as vértebras envolvidas produzindo um arco, a intersecção entre o raio da vértebra superior com o da vértebra inferior forma o ângulo em questão (Figura 4a) (8) Centróide: encontrado o centro de cada corpo vertebral pela intersecção de duas linhas diagonais formadas pelos cantos de cada corpo vertebral, são formadas linhas interligando o (s) centro (s) da(s) vértebra(s) superior e inferior (Figura 4b); (9) PR (pelvic radius): ângulo formado entre a linha PR (reta formada entre o eixo do quadril e S1) e outra linha ao longo do platô inferior de T12 ou superior de L1 (Figura 4c).

**Tabela 2 – Síntese dos 22 estudos incluídos nesta revisão sistemática.**

1º autor (ano)	Objetivo	Metodologia	Resultados
<b>Andreasen (2007)</b>	Reprodutibilidade intra e inter-avaliador da região lombar.	n=22, idade média 49,5 anos. Raio-X-Cobb (2 linhas) L1 - S1.	Mediana=53°. Média das diferenças intra e interavaliador = próximo à zero.
<b>Briggs (2007)</b>	Validade e reprodutibilidade da região torácica.	n=31 mulheres idosas. Raio-X-Cobb (4 linhas) T1-T12, Centróide T1-T12.	Média e desvio padrão de Cobb T1 -T12=55,9°(13,3°) e Centróide= 54,9°(11,7°). Inter: ICC=0,83-0,99 com SEM=2,18-4. Maior SEM foi de Cobb. Intra: ICC=0,98-0,99 com SEM=0,9-1,3. Pearson de Cobb T1-T12 com Centróide: r=0,84 (p<0,005).
<b>Chanplakorn (2011)</b>	Reprodutibilidade interavaliador da região lombar.	n=100, idade média 33,3 anos. Raios-X-Cobb (4 linhas) T12-S1, PR-T12.	Média e desvio padrão de Cobb T12-S1=54,7° (9,9°) e PR T12=92,4° (8,2°). Inter de Cobb: ICC = 0,992. Inter de PR: ICC=0,968.
<b>Chen (1999)</b>	Validade e reprodutibilidade intra e interavaliador da região lombar.	n=16, idade média 28,6 anos. Raio-X-Cobb (4 linhas) L1-L5 e L1-S1, Centróide L1-L5.	Média de Cobb L1-L5=35,8°; Cobb L1-S1=50,4° e Centróide L1-L5=35,3°. Média absoluta das diferenças: (1) Intra de Cobb L1-L5=2°; Cobb L1-S1=2,2° e Centróide L1-L5=1,6°; (2) Inter de Cobb L1-L5=4°; Cobb L1-S1=4,8° e Centróide L1-L5=1,3°. ICC: (1) Intra de Cobb L1-L5=0,942; Cobb L1-S1=0,938 e Centróide L1-L5=0,948; (2) Inter de Cobb L1-L5=0,826; Cobb L1-S1=0,784 e Centróide L1-L5=0,903. Pearson de Centróide com Cobb L1-L5: r=0,732 e com Cobb L1-S1: r=0,622(p<0,005).
<b>Chernukha (1998)</b>	Reprodutibilidade intra-avaliador da região lombar.	n= 199, idade média 14,8 anos. Raio-X-Cobb (4 linhas) L1-S1, TRALL L1-S2.	Média e desvio padrão de TRALL=46,46° (7,53°); Cobb=52,4° (12,43°). Teste de Fischer mostrou que TRALL é mais reprodutível que o Cobb. Coeficiente de Pitman demonstrou baixo erro entre as medidas intra-avaliador (p=0,044 à 0,358).
<b>Carvalho (2010)</b>	Reprodutibilidade da região lombar.	n=8, idade média 26,75 anos. Raio-X-Cobb (4 linhas) L1-S1.	Média e desvio padrão de Cobb=63°(15°). Diferença entre as medidas variou de 0,1° a 0,5° com desvio padrão de 2,26°.
<b>Gardocki (2002)</b>	Validade da região lombar.	n=28, idade média 52 anos. Raio-X-Cobb (4 linhas) T1-	Média e desvio padrão de Cobb L1-S1=50° (14,3°); Cobb T1-T12=46,5° (15,9°). Pearson de PR-L1 com Cobb L1-S1: r=0,82 (p<0,000001).

<b>Goh (2000)</b>	Validade e reprodutibilidade da região torácica	T12, L1-S1, PR-L1. n=93, idade média 58,8 anos. Tomografia computadorizada em post mortem. Raio da curvatura T4-T9, Cobb (4 linhas) T4-T9 e Cobb alternativo T4-T9.	Cobb tradicional vs Cobb alternativo: $r^2=0,98, p<0,001$ . Cobb tradicional vs Raio curvatura: $r^2=0,81$ . Cobb alternativo vs Raio da curvatura: $r^2=0,84$ . Correlação entre Cobb e Cobb alternativo com os dados normalizados: $r^2=0,83$ . ICC de Raio da curvatura=0,95. ICC de Cobb=0,82. ICC de Cobb alternativo=0,97.
<b>Harrison (2001)</b>	Reprodutibilidade intra-avaliador da região lombar.	n=30, idade média 28 anos. Raio-X. Centroide L1-S1, Cobb (2 linhas) T12-S1 e L1-L5, Tangente posterior T12-S1 e L1-L5, TRALL L1-S1.	Média e desvio padrão de Centroide=56,6°(17°); Cobb T12-S1=58,6°(16,4°); Cobb L1-L5=40,3°(14,6°); TRALL=41,2°(9,1°); Tan post T12-S1=66,1°(17,3°) e Tan post L1-L5=66,1°(17,3°). Média absoluta das diferenças (intra) de Centroide=0,8°; Cobb T12-S1=1,5°; Cobb L1-L5=1,5°; TRALL=0,8°; Tan post T12-S1=2° e Tan post L1-L5=1,8°. A média absoluta das diferenças (inter) foi baixa (0,6°-2,0°). Reprodutibilidade inter e intra-observador de todas as medidas: ICC >0,83.
<b>Harrison (2001)</b>	Reprodutibilidade intra e interavaliador da região torácica.	n=30, idade média 28 anos. Raio-X. Centroide T1-T12 Cobb (2 linhas) T1-T12, Tangente posterior T1-T12.	Média e desvio padrão de Centroide=41,8°(13,1°); Cobb=45,6°(15,4°); Tan post=44,7°(13,8°). ICC: (1) Intra de Centroide=0,99; Cobb=0,96 e Tan post=0,97; (2) Inter de Centroide=1; Cobb=0,98 e Tan post=0,98. Média absoluta das diferenças: Centroide=1,03°; Cobb=2,49° e Tan post=1,77°.
<b>Hicks (2006)</b>	Reprodutibilidade interavaliador na região lombar.	n=48, idade média de 75,23 anos. Raio-X. Cobb (4 linhas) L1-L5.	Média e desvio padrão=33,79°(12,76°). Interavaliador: ICC=0,98 com SEM=1,99° e MDC=3,90. A média da diferença entre os examinadores foi de 1,3°
<b>Hong (2010)</b>	Reprodutibilidade intra e interavaliador da região lombar.	n=90, idade média 62,1 anos. Raio-X. Cobb (4 linhas) L1-S1 e L1-L5, Centroide L1-L5, Tangente posterior L1-S1 e L1-L5, TRALL L1-S1.	Média e desvio padrão de Cobb L1-S1=39,79° (15,50°); Cobb L1-L5=35,29° (14,42°); Centroide=35,66° (17,16°); Tan post L1-S1=39,19° (16,10°); Tan post L1-L5=34,91° (14,67°) e TRALL=32,96°(10,55°). ICC: (1) Intra de Cobb L1-S1=0,97; Cobb L1-L5=0,97; Centroide=0,97; Tan post L1-S1=0,96; Tan post L1-L5=0,96 e TRALL=0,93; (2) Inter de Cobb L1-S1=0,90; Cobb L1-L5=0,91; Centroide=0,85; Tan post L1-S1=0,84; Tan post L1-L5=0,91 e TRALL=0,82. Média absoluta das diferenças: (1) Intra de Cobb L1-S1=3,07°; Cobb L1-L5=2,53°; Centroide=3,49°; Tan post L1-S1=3,59°; Tan post L1-L5=3,03° e TRALL=3; (2) Inter Cobb L1-S1=4,14°; Cobb L1-L5=3,76°; Centroide=4,27°; Tan post L1-S1=4,14; Tan post L1-L5=3,23° e TRALL=3,27°.
<b>Hwang (2010)</b>	Reprodutibilidade intra e interavaliador da região lombar.	n=36, idade média 39,6 anos. Raio-X. Cobb (4 linhas) T12-S1 e L1-L5, Centroide T12-S1, Tangente posterior T12-S1 e L1-L5.	Média de Cobb T12-S1=41,51°; Cobb L1-L5=26,97°; Centroide=39,87°; Tan post T12-S1=45,85° e Tan post L1-L5=18,82°. ICC: (1) Intra de Cobb T12-S1=0,945-0,984; Cobb L1-L5=0,936-0,984; Centroide=0,938-0,996; Tan post T12-S1=0,968-0,992 e Tan post L1-L5=0,966-0,985; (2) Inter de Cobb T12-S1=0,807-0,765; Cobb L1-L5=0,499-0,781; Centroide=0,893-0,881; Tan post T12-S1=0,861-0,833 e Tan post L1-L5=0,915-0,892. SEM<2° para Cobb T12-S1, Cobb L1-L5 e Tang post L1-L5. SEM<2,3° para Tang post T12-S1. SEM>2,3° para Centroide. Grupo controle SEM <2,2° em todos os métodos.
<b>Jackson (1998)</b>	Reprodutibilidade intra e interavaliador da região torácica e lombar	n=50, idade média de 39,4 anos. Raio-X. Cobb (4 linhas) T1-T12 e L1-S1.	Média e desvio padrão de Cobb T1-T12= 47°(9,72°) e Cobb L1-S1=62,1°(10,8°). Pearson: Intra=0,93-0,96 e Inter de Cobb T1-T12=0,89 e Cobb L1-S1=0,91
<b>Jackson (2000)</b>	Reprodutibilidade intra e interavaliador da região torácica e lombar.	n=20, idade média de 46 anos. Raio-X. Cobb T1-T12, T12-S1, L1-S1, PR-T12, PR-L1.	Média e desvio padrão de Cobb T1-T12=44° (9,4°); Cobb T12-S1=60,5° (15,5°); Cobb L1-S1=61,5° (13,3°); PR-T12=92,5° (10,6°) e PR-L1=93° (9,2°). ICC: (1) Intra de Cobb T1-T12=0,63-0,86; Cobb T12-S1=0,94-0,99; Cobb L1-S1=0,97; PR-T12=0,90-0,97 e PR-L1=0,94-0,99; (2) Inter de Cobb T1-T12=0,81-0,86; Cobb T12-S1=0,96-0,98; Cobb L1-S1=0,95-0,98; PR-T12=0,96-0,98 e PR-L1=0,98-0,99.
<b>Lee (2013)</b>	Reprodutibilidade intra e interavaliador da região lombar.	n=91, idade média 44,3anos. Raios-X. Cobb L1-S1 e L1-L5, Centroide L1-L5, Tangente posterior L1-S1 e L1-L5, TRALL L1-S1.	Média e desvio padrão de Cobb L1-S1=33,1°(11,3°); Cobb L1-L5=23,1°(11,7°); Centroide=25,3°(11,2°); Tan post L1-S1=43°(11,1°); Tan post L1-L5=18,7°(11,3°) e TRALL=29,3°(8,1°). ICC: (1) Intra de Cobb L1-S1=0,96; Cobb L1-L5=0,97; Centroide=0,9; Tan post L1-S1=0,9; Tan post L1-L5=0,85 e TRALL=0,77; (2) Inter de Cobb L1-S1=0,95; Cobb L1-L5=0,96; Centroide=0,86; Tan post L1-S1=0,93; Tan post L1-L5=0,9 e



			TRALL=0,83. Média absoluta das diferenças: (1) Intra de Cobb L1-S1=3,3°; Cobb L1-L5=2,9°; Centroide=5,1°; Tan post L1-S1=5,4°; Tan post L1-L5=5,6° e TRALL=5,3°; (2) Inter de de Cobb L1-S1=4,4°; Cobb L1-L5=3,4°; Centroide=7,1°; Tan post L1-S1=5,7°; Tan post L1-L5=5,6° e TRALL=6,4°. Torácica: Média e desvio padrão de Cobb constrito=34,7°(12,4°) e Cobb não constrito=39,9°(4,5°). ICC: (1) Intra de Cobb constrito=0,8-0,92 e Cobb não constrito=0,74-0,92; (2) Inter de Cobb constrito= 0,84 e Cobb não constrito=0,89. Média absoluta das diferenças (intra) de Cobb constrito=5,2° e Cobb não constrito=4,5°. Pearson entre Cobb constrito e não constrito=0,96. Lombar: Média e desvio padrão de Cobb constrito= 61,6°(13,9°) e Cobb não constrito= 68,1°(16,7°). ICC: (1) Intra de Cobb constrito=0,87-0,96 e Cobb não constrito=0,90-0,97; (2) Inter de Cobb constrito= 0,84 e Cobb não constrito=0,87. Média absoluta das diferenças (intra) de Cobb constrito=3,7° e Cobb não constrito=3,4°. Pearson entre Cobb constrito e não constrito=0,94.
<b>Mac Thiong (2007)</b>	Validade e Reprodutibilidade intra e interavaliador da região torácica e lombar.	n=30, idade média 14,6 anos. Raios-X. Cobb (2 linhas) T1-T12 e L1-S1, Cobb não constrito.	
<b>Pinel-Giroux (2006)</b>	Validade e Reprodutibilidade da região torácica e lombar.	n=30, idade média 14,6 anos. Raio-X. Cobb (T1, S1 até vértebra mais inclinada) máximo, Círculos tangenciais.	Lombar: Média e desvio padrão de Cobb máx=67,61°(16,4°) e Círc tan=62,5°(17,8°). Média absoluta das diferenças de Cobb máx=3,3° e Círc tan=5,3°. ICC: (1) Intra de Cobb máx=0,97e Círc tan=0,88, (2) Inter de Cobb máx=0,77 e Círc tan=0,94. Pearson: (1) entre as medidas de Cobb máx=0,94 e Círc tan=0,94; (2) entre Cobb máx e Círc tan=0,88. Torácica: Média e desvio padrão de Cobb máx=40,6°(12°) e Círc tan=36,3°(11,7°). Média absoluta das diferenças de Cobb máx=4,5° e Círc tan=4°. ICC (1) Intra de Cobb máx=0,88 e Círc tan=0,94; (2) Inter de Cobb máx=0,85 e Círc tan=0,94. Pearson: (1) entre as medidas de Cobb máx=0,84 e Círc tan=0,91; (2) entre Cobb máx e Círc tan=0,93. Teste t não mostrou diferença entre as medidas.
<b>Polly (1996)</b>	Reprodutibilidade intra e interavaliador da região lombar.	n=60. Raios-X. Cobb (4 linhas) T12-S1, L1-S1, L1-L5, T12-L5.	ICC: (1) Intra de Cobb L1-L5=0,87-0,95; Cobb L1-S1=0,83-0,94; Cobb T12-L5=0,83-0,96 e Cobb T12-S1=0,85-0,95; (2) Inter de Cobb L1-L5=0,90-0,92; Cobb L1-S1=0,81-0,88; Cobb T12-L5=0,84-0,92 e Cobb T12-S1=0,83-0,87.
<b>Rajnics (2000)</b>	Reprodutibilidade intra-avaliador da região torácica e lombar.	n=30, idade média 34,3anos. Raios-X. Cobb (4 linhas) T4-T12 e L1-L5.	A medida menos reprodutível foi Cobb T4-T12 com desvio padrão=6,5°.
<b>Troyanovich (1995)</b>	Reprodutibilidade intra e interavaliador da região lombar.	n= 35. Raio-X. Tangente posterior L1-L5.	Média e desvio padrão=35,65°(10,85°). Pearson da 1ª com a 2ª avaliação=0,98 com SEM=1,53° ICC: (1) Intra=0,98 com SEM=1,48°-1,58°, (2) Inter=0,98 com SEM=1,66°. Repetibilidade=0,98 com SEM=1,49°-1,6°.
<b>Troyanovich (1998)</b>	Reprodutibilidade intra e interavaliador da região lombar.	n=50. Raios-X. Cobb T12-S1, Tangente posterior L1-L5.	Média e desvio padrão de Cobb=60,09°(9,36°) e Tan post=39,98°(9,41°). ICC: (1) intra de Cobb=0,88-0,95 e Tan post=0,95-0,97; (2) Inter de Cobb=0,83-0,92 e Tan post=0,96-0,98. SEM (1) Intra de Cobb=1,99°-3,32° e Tan post=1,47°-1,88°; (2) Inter de Cobb=2,67°-3,78° e Tan post=1,40°-1,84°.

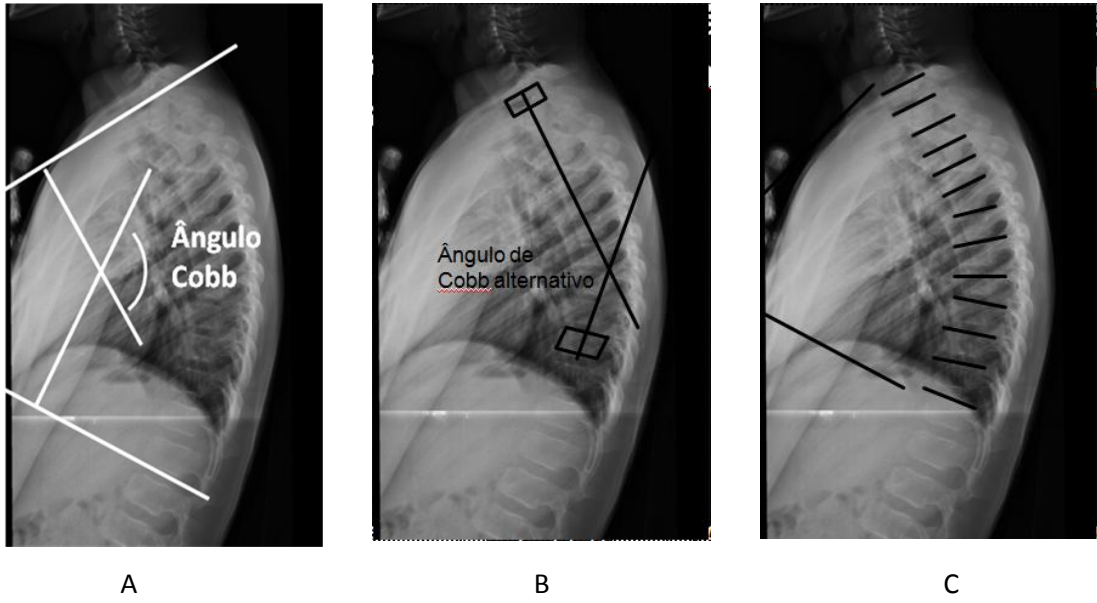


Figura 2 – Ilustração dos métodos: (a) Ângulo Cobb 4 linhas, (b) Cobb alternativo, (c) Cobb máximo

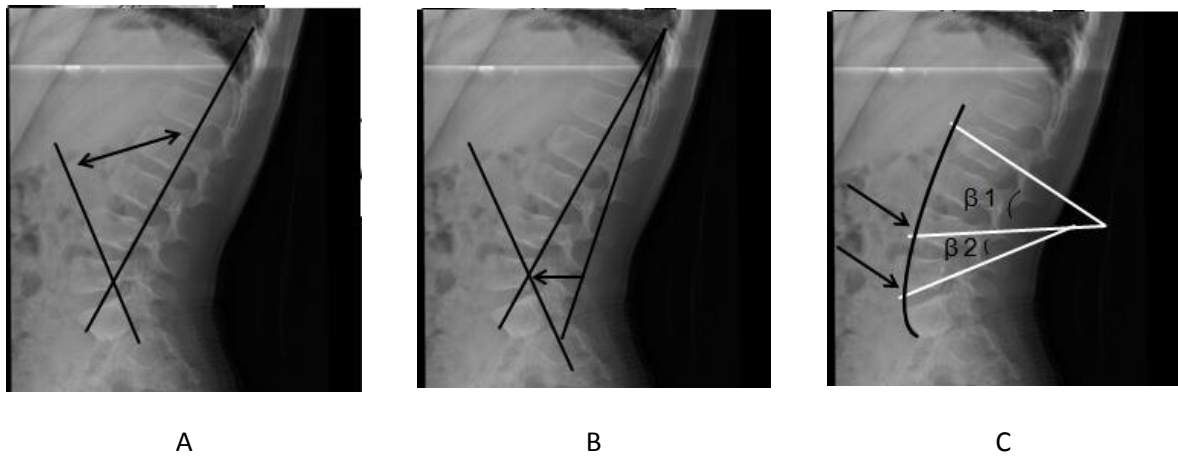


Figura 3 – Ilustração dos métodos: (a) Tangente posterior, (b) TRALL, (c) Círculos tangenciais

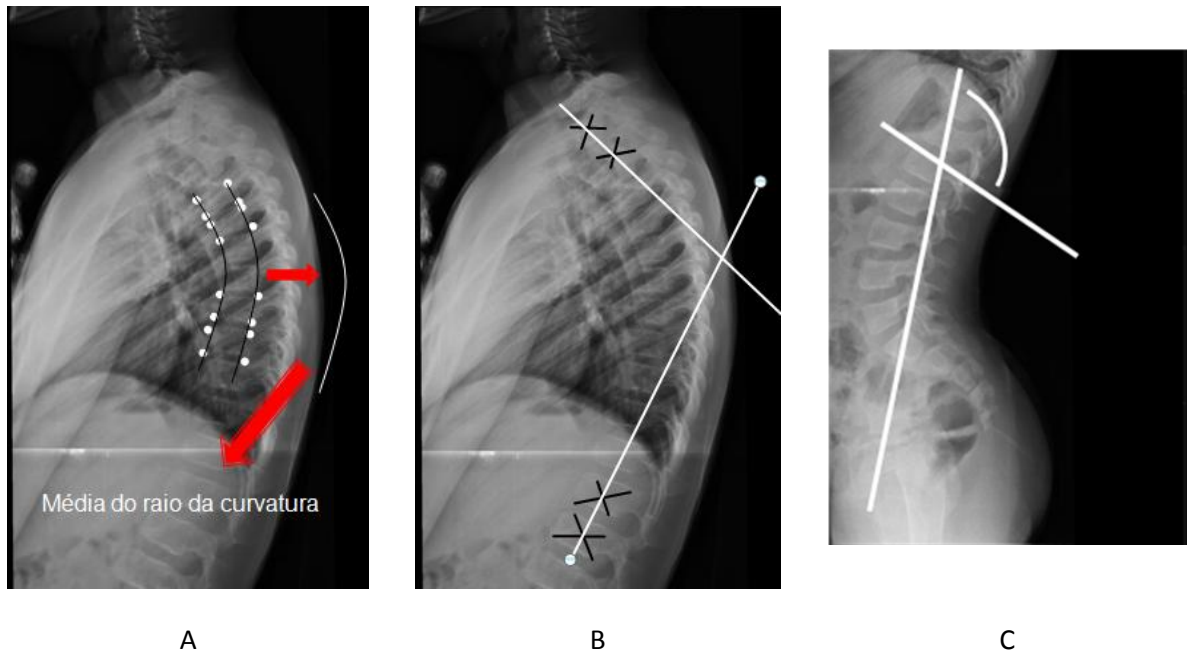


Figura 4 – Ilustração dos métodos: (a) Raio da curvatura, (b) Centroide, (c) PR

A maioria dos estudos avaliou sujeitos com idade média a partir de 26 anos. Apenas 2 estudos apresentaram indivíduos com idade média abaixo dos 20 anos (Chernukha; Daffner; Reigel, 1998 e Pinel-Giroux *et al.*, 2006). Com relação à reprodutibilidade dos métodos, os estudos mostraram resultados que variam de moderada a excelente reprodutibilidade. Os artigos de validade (Tabela 2) mostraram grande correlação do método proposto com o padrão ouro (Briggs *et al.*, 2007; Gardocki; Watkins; Williams, 2002; Pinel-Giroux *et al.*, 2006; Goh *et al.*, 2000; Mac Thiong *et al.*, 2007).

#### 1.4 DISCUSSÃO

A presente revisão sistemática teve como objetivo revisar os métodos de avaliação das curvaturas sagitais da coluna vertebral nos exames de Raios-X descritos em estudos observacionais, com intuito de auxiliar os profissionais de saúde na escolha do método mais adequado para avaliar com maior precisão e confiabilidade as curvaturas sagitais da coluna vertebral. De maneira organizacional, a discussão foi dividida de acordo com a curvatura sagital da coluna vertebral avaliada: região torácica e região lombar.

Os métodos de avaliação globais da região torácica encontrados na presente revisão foram: método Cobb (com os seguintes níveis vertebrais selecionados: T1-

T12, T4-T9, T4-T12), Cobb alternativo T4-T9, Cobb máximo ou não constricto (T1 até a vértebra mais inclinada), Raio da curvatura T4-T9, Círculos tangenciais, Tangente posterior (T1-T12, ápice da curvatura) e Centroide T1-T12. Destes, o método mais frequentemente utilizado foi o ângulo de Cobb T1-T12 (Briggs *et al.*, 2007; Gardocki; Watkins; Williams, 2002; Harrison *et al.*, 2001; Jackson *et al.*, 1998; Jackson *et al.*, 2000; Mac Thiong *et al.*, 2007). Em sua grande maioria, esses métodos foram avaliados nas questões de validade, reprodutibilidade inter e intra-avaliadores.

Em relação aos estudos que testaram a validade concorrente dos dados entre um novo método e o Cobb (Briggs *et al.*, 2007, Pinel-Giroux *et al.*, 2006, Goh *et al.*, 2000, Mac Thiong *et al.*, 2007), o menor coeficiente de correlação ( $r$ ) encontrado foi no estudo de Briggs *et al.* (2007). Neste estudo, os autores correlacionaram o Cobb T1-T12 com Centróide T1-T12 ( $r=0,84$ ) em uma amostra de mulheres com osteoporose, identificando pobre correlação entre Cobb e Centróide em cifoses maiores de  $58,25^\circ$ , pois o Cobb é afetado pelos platôs terminais das vértebras, que podem apresentar fraturas, resultando em maiores angulações. Em contrapartida, o maior valor de correlação encontrado foi no estudo de Goh *et al.* (2000), cujo  $r$  foi de 0,98, que correlacionou os resultados do Cobb T4-T9 ao Cobb alternativo T4-T9, defendendo que o último método parece ser mais recomendado por ser mais simples e não levar em consideração a deformação dos platôs vertebrais na sua formação. Goh *et al.* (2000) conclui em seu estudo que, em função da simplicidade do método e da facilidade na visualização dos platôs utilizados, o Cobb alternativo T4-T9, ou mesmo, o Raio da curvatura T4-T9 devem ser utilizados para avaliação da curvatura torácica de indivíduos com cifoses normais ou aumentadas, já que o mesmo não tem boa correlação com Cobb em indivíduos com cifoses menores de  $20^\circ$ .

Nos estudos que informaram dados sobre a reprodutibilidade, os valores de ICC (Índice de Correlação Intraclassa) intra e interavaliadores foram maiores de 0,75, o que de acordo com Shrout; Fleiss (1986) são considerados excelentes (Briggs *et al.*, 2007; Gardocki; Watkins; Williams, 2002; Harrison *et al.*, 2001; Jackson *et al.*, 1998). As exceções foram os estudos de Jackson *et al.* (2000) e Mac Thiong *et al.* (2007), que encontraram um ICC intra-avaliador de 0,63 e 0,74 para Cobb T1-T12. Os autores referem que a dificuldade maior está na digitalização de T1, atribuindo a menor reprodutibilidade à sobreposição dos ombros nos exames de

Raios-X, dificultando a identificação e digitalização dos platôs da vértebra T1 nas imagens de Raios-X (Jackson *et al.*, 2000; Mac Thiong *et al.*, 2007). Assim, as vértebras de limite superior relacionadas à curvatura podem mudar em função das alterações supracitadas, por isso, o Cobb não parece ser o melhor método de avaliação.

A maioria dos estudos calculam os valores de ICC, porém, nem todos mostram os valores do SEM (Standart Error of Measurement) ou o MDC (Minimum Detectable Change) para examinar a precisão dos métodos, pois o método pode ter alta reprodutibilidade, porém acompanhado de um erro alto também, assim sua interpretação pode ser questionada. Portanto, o valor de SEM também é um indício de reprodutibilidade da medida, isto é, quanto menor o SEM, mais reprodutível é o método analisado. O estudo de Briggs *et al.* (2007) foi o único que apresentou esses valores, sendo o maior SEM aquele que faz referência à reprodutibilidade interavaliador do ângulo de Cobb T1-T12 (4°).

Em relação aos valores de média e desvio padrão (DP), o Cobb T1-T12 e Cobb constricto apresentaram maiores valores de DP quando comparados, respectivamente, ao método Centroide T1-T12 (Briggs *et al.*, 2007) e ao Cobb não constricto (Mac Thiong *et al.*, 2007). Cabe ressaltar que, quanto menor o desvio padrão, menor a variabilidade da medida, portanto, aliado a outros aspectos referentes às medidas, é relevante que se analise também tais valores de forma a identificar qual é o método mais adequado para ser utilizado na prática clínica e em pesquisas científicas.

O método Cobb é muito sensível a mudanças no contorno e à concavidade e degeneração dos platôs, podendo apresentar alguns erros que tendem a superestimar o valor da curvatura. Isso pode ser identificado, por exemplo, na avaliação da cifose torácica em população com osteoporose ou com doença de Scheuermann, cujas vértebras apresentam-se em formato de cunha; ou em casos de fraturas vertebrais, nas quais a seleção da vértebra terminal é inconsistente, bem como existe uma grande dificuldade na identificação dos platôs terminais (Hong *et al.*, 2010; Chen, 1999; Briggs *et al.*, 2007; Goh *et al.*, 2000; Troyanovich *et al.*, 1998, Harrison *et al.*, 2001, Goh *et al.*, 2000). Além disso, no cálculo do ângulo Cobb T1-T12 os erros podem ser provenientes da visualização prejudicada, principalmente em imagens muito claras (Briggs *et al.*, 2007), por isso outros limites vertebrais são escolhidos, na maioria das vezes.

Ainda nesse sentido, Pinel-Giroux *et al.* (2006) acreditam que o método Cobb não tem a capacidade de avaliar a real curvatura global, pois determina vértebras fixas como seus níveis para formação angular. Em uma tentativa de corrigir essa limitação, os autores utilizaram o Cobb máximo para comparação com os Círculos tangenciais. Este método, por sua vez, fornece um modelo geométrico baseado na curvatura como um todo, além do que não é influenciado pela arquitetura dos platôs nem dos discos intervertebrais. Outra vantagem é a visualização nas imagens radiográficas, especialmente na coluna torácica, em que a parte anterior dos corpos vertebrais é mais facilmente visível, fato que colabora em melhores valores de reprodutibilidade (Hong *et al.*, 2010).

Chen (1999) cita que a superioridade do Centróide está na utilização de quatro vértebras para formação angular, não sendo dependente dos platôs, o que aumenta a reprodutibilidade do método em questão (Harrison *et al.*, 2001), corroborando com Briggs *et al.* (2007), que reafirmam esse benefício em seu trabalho, e justifica a utilização do Centróide em pessoas com cifose acima de 58,25°, sendo, portanto uma alternativa vantajosa em pessoas com osteoporose.

Para a região lombar, os métodos de avaliação encontrados na presente revisão foram: método Cobb (com os seguintes níveis vertebrais selecionados: L1-L5, L1-S1, T12-S1, T12-L5), Cobb máximo ou não constricto (S1 até a vértebra mais inclinada), Círculos tangenciais, Tangente posterior (L1-S1, T12-S1, ápice da curvatura), Centróide (L1-L5, L1-S1, T12-S1), TRALL (L1-S1, L1-S2) e PR (T12, L1). Em sua grande maioria, esses métodos foram avaliados nas questões de reprodutibilidade inter e intra-avaliadores. Destes, o método mais frequentemente utilizado foi o ângulo de Cobb L1-S1 (Andreasen *et al.*, 2007; Chen, 1999, Chernucka; Daffner; Reigel, 1998; De Carvalho *et al.*, 2010; Gardocki; Watkins; Williams, 2002; Hong *et al.*, 2010; Jackson *et al.*, 1998; Jackson *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2013; Mac Thiong *et al.*, 2007; Polly *et al.*, 1996).

Poucos foram os estudos que apresentaram dados de validade concorrente da lordose lombar entre o novo método proposto e o Cobb (Gardocki *et al.*, 2002, Pinel-Giroux *et al.*, 2006; Mac Thiong *et al.*, 2007). Pinel-Giroux *et al.* (2006) estudaram a técnica de Cobb máximo com Círculos tangenciais e encontraram um  $r=0,84$ . A principal vantagem dos Círculos tangenciais é que fornece uma boa alternativa para avaliação, tanto da coluna torácica quanto da coluna lombar, porque permite a avaliação da geometria global das curvas da coluna vertebral sagital,

especialmente quando há visibilidade limitada nas radiografias, pois não é influenciado pela arquitetura e suas deformidades, não dependendo da identificação de múltiplos marcadores ao longo da curvatura. Isso torna os Círculos tangenciais menos sensíveis a erros de digitalização do que o Cobb, em que um erro na digitalização de um platô, pode significativamente alterar a magnitude da curva.

Apesar da técnica de Cobb não constricto levar mais tempo do que Cobb, ele apresenta melhores índices de reprodutibilidade, e a grande vantagem deste método é levar em conta a variabilidade no nível de transição entre a cifose e lordose, permitindo uma melhor avaliação da magnitude da curvatura (Mac Thiong *et al.*, 2007). O autor encontrou correlação boa entre os métodos de Cobb L1-S1 com Cobb não constricto, demonstrado por um  $r=0,94$ . Esse método se preocupou com a variação existente na transição entre a curvatura da cifose e da lordose (Mac Thiong *et al.*, 2007), além de que, tratamentos de distúrbios da coluna podem afetar o comprimento da lombar, como, por exemplo, na espondilolistese.

Gardocki; Watkins; Williams (2002) correlacionaram seu método, o PR-L1 com Cobb L1-S1 e encontraram um  $r=0,82$  ( $0<0,001$ ). Os autores defendem a utilização do PR-L1, pois o mesmo leva em consideração o segmento lombopélvico, que pode sofrer modificações em função de um pobre equilíbrio sagital, alterando a lordose lombar. Este achado é especialmente importante na avaliação de sujeitos com problemas nessa compensação, que ficam limitados em alguns procedimentos cirúrgicos como a fusão lombar, indicada em pacientes com contratura em flexão do quadril ou com artrite neste local, e dependendo do grau da alteração, uma análise cautelosa a respeito, deve ser considerada. Apesar da escassez de estudos investigando essas situações e relações, eles antecipam que a técnica PR será amplamente utilizada na predição da satisfação de pacientes e resultados funcionais após fusão lombar e para avaliação de pacientes com descompensação sagital.

Em geral, para todos os métodos, na região lombar, no quesito reprodutibilidade intra e interavaliadores, os valores de ICC foram maiores de 0,75 (fortes), com exceção do estudo de Hwang *et al.*(2010) que encontrou valores de 0,499 no Cobb L1-L5 interavaliador. Os autores atribuem esse achado ao fato da população avaliada ser de pacientes com espondilolistese, podendo apresentar alterações na arquitetura dos platôs terminais, sugerindo a utilização dos métodos Centróide e Tangentes posteriores. Mac Thiong *et al.* (2007) afirma que indivíduos com alto grau de espondilolistese apresentam remodelação e abaulamento da

vértebra S1, aumentando a complexidade e precisão em identificar a placa terminal no caso da avaliação da coluna lombar. Essa dificuldade na visualização dos platôs é encontrada também em crianças, principalmente se apresentarem escoliose.

Dentre os estudos incluídos nesta revisão sistemática, somente Hicks *et al.* (2006), ao avaliar o ângulo Cobb L1-L5, apresentou conjuntamente valores de SEM e MDC, onde SEM (interavaliador) foi de 1,99° e MDC de 3,90°. Os valores de SEM foram também analisados por Hwang *et al.* (2010), que encontraram menores valores de SEM (abaixo de 2°) nos ângulos de Cobb T12-S1, Cobb L1-L5 e Tangente posterior L1-L5; valores abaixo de 2,3° foram encontrados no método das Tangentes posteriores T12-S1; e valores maiores de 2,3° no método Centroide T12-S1. Ainda, Troyanovich *et al.* (1995), encontraram valores de SEM intra-avaliador da Tangente posterior L1-L5 de 1,48° à 1,58°, e interavaliador de 1,66° e Troyanovich *et al.* (1998), que identificaram variações de SEM para Cobb T12-S1 e Tangente posterior L1-L5, intra-avaliador de 1,99° à 3,32° e de 1,47° à 1,88° e interavaliador 2,67° à 3,78° e 1,40° à 1,84° respectivamente.

Ao analisar os valores de média e DP de alguns estudos o Cobb apresentou maiores valores de desvio padrão em comparação com o outro método avaliado, como segue: Cobb T12-S1 com PR-T12 (Chanplakorn *et al.*, 2011), Cobb L1-S1 com TRALL (Chernukha; Daffner; Reigel, 1998), Cobb L1-L5 com TRALL L1-S1 e Tangente posterior L1-L5 (Harrison *et al.*, 2001), Cobb L1-L5 e L1-S1 com TRALL L1-S1 (Hong *et al.*, 2010), Cobb L1-L5 e L1-S1 com TRALL L1-S1 e Tangente posterior L1-S1 (Lee *et al.*, 2013), Cobb T12-S1 com Tangente posterior L1-L5 (Troyanovich *et al.*, 1998). Contrariamente, os métodos de Tangente posterior L1-L5 e Centroide L1-L5 apresentaram maiores valores de DP do que o padrão ouro analisado: Cobb L1-L5 e Cobb L1-S1 (Lee *et al.*, 2013).

Cada estudo defende e argumenta o uso de determinados métodos de acordo com seus achados, que, por sua vez, muitas vezes se contradizem, porém todos corroboram no sentido de buscar o melhor método para a avaliação da lordose lombar. Harrison *et al.* (2001) defendem que o método das Tangentes posteriores e o Centroide são mais recomendados na análise da curvatura lombar por não se utilizarem de uma potencial fonte de erro como os platôs vertebrais. Troyanovich *et al.* (1998) apoiam a utilização das Tangentes posteriores por ser menos susceptível a erros como os encontrados no Cobb, além de apresentar menor SEM e ICCs aceitáveis.



Chanplakorn *et al.* (2011) e Gardocki; Watkins; Williams (2002) acreditam que a lordose lombar é diretamente influenciada pelo grau de magnitude da inclinação pélvica, pois levam em consideração os desequilíbrios do tronco, e, por isso, a análise deste segmento, se faz inevitável. Esses autores concluem que a medida PR pode ser útil em avaliar os resultados funcionais de uma fusão lombar em pacientes com desequilíbrio sagital. Jackson *et al.* (1998) reafirmam essa importância quando relata a utilização do PR para avaliação da lordose lombar, já que a mesma leva o sacro e a pelve em consideração. O autor descreve que esses segmentos atuam como uma sexta vértebra lombar ou vértebra pélvica no sentido de definir um arco da coluna. Jackson *et al.* (2000) expõem que a técnica PR é mais recomendada para quantificar a lordose lombar por apresentar boa reprodutibilidade, e por conseguir determinar o desequilíbrio pélvico sagital através do quadril. E, ainda mais importante, porque as medidas PR e Cobb se correlacionam e se complementam ao se estabelecer a lordose lombar.

Ao se analisar a confiabilidade de um método de avaliação, é importante a identificação da média absoluta das diferenças (MAD) das medições dos observadores, que são determinados para fornecer uma análise de erros, em que, quanto maiores os valores de MAD, maior a variabilidade da medida.

Os valores de MAD interavaliadores verificados no trabalho de Lee *et al.* (2013) foram: Centroide L1-L5 (7,1°), TRALL L1-S1 (6,4°) e Tangente posterior L1-S1 (5,7°), todos maiores que os valores encontrados pelo padrão ouro, Cobb L1-L5 (3,4°) e Cobb L1-S1 (4,4°). O autor esclarece que todos os valores foram considerados altos, e atribui isso ao fato de que muitas pessoas da amostra eram portadores de espondilite anquilosante, o que acarreta em muitas irregularidades nas vértebras. Em contrapartida, Chen (1999) reporta que o método Centroide apresenta menores valores de MAD e maiores índices de ICCs em comparação ao Cobb, em pessoas saudáveis e, por isso, é mais reprodutível e recomendado que o último. Chernucka; Daffner; Reigel (1998) propõem como método mais reprodutível, o TRALL L1-S2, que traz reduções entre 8° a 16° da variabilidade em comparação aos valores de Cobb L1-S1 em adultos. O autor sugere que o Cobb depende da qualidade e grau de distorção da imagem, podendo gerar erros ao digitalizar as linhas de referência, pois esse método apresenta dificuldades na escolha das vértebras de referências, devido ao formato dos platôs vertebrais em formato de

cunha, fatores que não afetam o TRALL, o qual utiliza as margens anteriores dos corpos vertebrais, fornecendo, dessa forma, valores mais reprodutíveis.

Em relação à avaliação da coluna lombar em populações específicas, indivíduos com escoliose grave obtiveram uma redução nos ICCs, tanto no método de Cobb quanto no método das Tangentes posterior no nível entre L1-L5 (Hong *et al.*, 2010) em relação ao grupo controle. Em contrapartida, Lee *et al.* (2013) citam que a avaliação sagital de Cobb L1-L5 é mais reprodutível comparado ao Centroide L1-L5, Tangentes posteriores L1-S1 e L1-L5 e TRALL L1-S2 em indivíduos com essa deformidade. Para algum tipo de instabilidade espinhal, como espondilolistese, Hwang *et al.* (2010) indicam a utilização das Tangentes posteriores na avaliação da lordose lombar. Chernucka; Daffner; Reigel (1998) descrevem que a qualidade e o grau de distorção da imagem radiográfica e os platôs em formato de cunha, características essas encontradas em pessoas com osteoporose, osteomalácia, imaturação esquelética, hérnia de disco ou espondiloartrose são fatores que influenciam na formação angular do Cobb, podendo superestimar ou subestimar o ângulo da curvatura. Por isso, os autores acreditam que o TRALL é mais vantajoso, pois não depende dos platôs e apresenta melhor reprodutibilidade que o Cobb na avaliação da coluna lombar de crianças e adolescentes (Chernucka; Daffner; Reigel, 1998).

Cabe ressaltar que a maioria dos estudos analisou a população adulta. Crianças, adolescentes e idosos que tendem a apresentar deformações vertebrais, foram estudadas em somente seis de todos os estudos encontrados. Os adultos analisados nem sempre eram hígidos, portanto, também apresentando em muitos casos, deformações ou alguma dificuldade em analisar os níveis vertebrais a serem avaliados.

## **1.5 CONCLUSÃO**

Dos 22 estudos incluídos nessa revisão, somente dois não apresentaram alta qualidade metodológica (Hicks *et al.*, 2006; Rajnics *et al.*, 2000). Quanto à validade concorrente concluí-se que os métodos Centroide, Círculos Tangenciais, Cobb alternativo T4-T9, Raio da Curvatura, Cobb não constricto e PR-L1 apresentaram forte correlação com o padrão ouro, permitindo uma avaliação angular alternativa válida da coluna vertebral no plano sagital. Quanto aos aspectos de reprodutibilidade

ou repetibilidade, os métodos Centroide, Tangente posterior e TRALL demonstraram iguais ou melhores valores de reprodutibilidade e menor variabilidade de medidas quando comparados ao ângulo Cobb. Com base nisso, sugere-se que a sua utilização se restrinja ao acompanhamento clínico, já que não possuem informações quanto a sua validação, não sendo indicados para o diagnóstico das medidas.

## REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup> ADHIA, D. B.. *et al.*. Validity and reliability of palpation-digitization for non-invasive kinematic measurement—A systematic review. **Manual therapy**, v. 18, n. 1, p. 26-34, 2013.
- <sup>2</sup> ANDREASEN, M. L. *et al.*. Reproduction of the lumbar lordosis: a comparison of standing radiographs versus supine magnetic resonance imaging obtained with straightened lower extremities. **J Manipulative Physiol Ther**, v. 30, n. 1, p. 26-30, Jan 2007. ISSN 0161-4754.
- <sup>3</sup> BERNHARDT, M.; BRIDWELL, K. H. Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction. **Spine**, v. 14, n. 7, p. 717-721, 1989.
- <sup>4</sup> BIPM, I. E. C. *et al.*. International Vocabulary of Metrology—Basic and General Concepts and Associated Terms, 2008. **JCGM**, v. 200, p. 99-12, 2008.
- <sup>5</sup> BRIGGS, A. M.. *et al.*. Radiographic measures of thoracic kyphosis in osteoporosis: Cobb and vertebral centroid angles. **Skeletal Radiol**, v. 36, n. 8, p. 761-7, Aug 2007. ISSN 0364-2348 (Print) 0364-2348.
- <sup>6</sup> BRINK, Y.; LOUW, Q. A. Clinical instruments: reliability and validity critical appraisal. **Journal of evaluation in clinical practice**, v. 18, n. 6, p. 1126-1132, 2012.
- <sup>7</sup> CARMAN, D. L.; BROWNE, R. H.; BIRCH, J. G. Measurement of scoliosis and kyphosis radiographs. Intraobserver and interobserver variation. **The Journal of Bone & Joint Surgery**, v. 72, n. 3, p. 328-333, 1990.
- <sup>8</sup> ČELAN, D.. *et al.*. Measurement of spinal sagittal curvatures using the laser triangulation method. **Collegium antropologicum**, v. 36, n. 1, p. 179-186, 2012.
- <sup>9</sup> CHANPLAKORN, P.. *et al.*. Lumbopelvic alignment on standing lateral radiograph of adult volunteers and the classification in the sagittal alignment of lumbar spine. **European Spine Journal**, v. 20, n. 5, p. 706-712, 2011. Disponível em: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79956204350&partnerID=40&md5=0f8dd3115449aa5f7bade6547b1850e5> >.
- <sup>10</sup> CHEN, Y. L. Vertebral centroid measurement of lumbar lordosis

compared with the Cobb technique. **Spine**, v. 24, n. 17, p. 1786-1790, 1999. Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0033200381&partnerID=40&md5=139e8d2e73ee53872a2fed700b6d24cd> >.

<sup>11</sup> CHERNUKHA, K. V.; DAFFNER, R. H.; REIGEL, D. H. Lumbar lordosis measurement: a new method versus Cobb technique. **Spine**, v. 23, n. 1, p. 74-79, 1998.

<sup>12</sup> De CARVALHO, D. E. *et al.*. Lumbar spine and pelvic posture between standing and sitting: a radiologic investigation including reliability and repeatability of the lumbar lordosis measure. **J Manipulative Physiol Ther**, v. 33, n. 1, p. 48-55, Jan 2010. ISSN 0161-4754.

<sup>13</sup> GARDOCKI, R. J.; WATKINS, R. G.; WILLIAMS, L. A. Measurements of lumbopelvic lordosis using the pelvic radius technique as it correlates with sagittal spinal balance and sacral translation. **Spine Journal**, v. 2, n. 6, p. 421-429, 2002. Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0642378501&partnerID=40&md5=990518a53ea6af3252666cc0d3cebd03> >.

<sup>14</sup> GOH, S. *et al.*. A comparison of three methods for measuring thoracic kyphosis: implications for clinical studies. **Rheumatology (Oxford)**, v. 39, n. 3, p. 310-5, Mar 2000. ISSN 1462-0324 (Print) 1462-0324.

<sup>15</sup> HARRISON, D. E.. *et al.*. Radiographic analysis of lumbar lordosis: centroid, Cobb, TRALL, and Harrison posterior tangent methods. **Spine**, v. 26, n. 11, p. e235-e242, 2001.

<sup>16</sup> HARRISON, D. E.. *et al.*. Reliability of centroid, Cobb, and Harrison posterior tangent methods: which to choose for analysis of thoracic kyphosis. **Spine**, v. 26, n. 11, p. e227-e234, 2001.

<sup>17</sup> HARRISON, D. D. *et al.*. Elliptical modeling of the sagittal lumbar lordosis and segmental rotation angles as a method to discriminate between normal and low back pain subjects. **J Spinal Disord**, v. 11, n. 5, p. 430-9, Oct 1998. ISSN 0895-0385 (Print) 0895-0385.

<sup>18</sup> HICKS, G. E.. *et al.*. Measurement of lumbar lordosis: inter-rater reliability, minimum detectable change and longitudinal variation. **J Spinal Disord Tech**, v. 19, n. 7, p. 501-6, Oct 2006. ISSN 1536-0652 (Print) 1536-0652.

<sup>19</sup> HIGGINS, J. P. T.; GREEN, S. Cochrane handbook for systematic reviews of interventions version 5.1. 0. **The Cochrane Collaboration**. v. 5, n. 0, 2011.

<sup>20</sup> HONG, J. Y.. *et al.*. Reliability analysis for radiographic measures of lumbar lordosis in adult scoliosis: a case-control study comparing 6 methods. **Eur Spine J**, v. 19, n. 9, p. 1551-7, Sep 2010. ISSN 0940-6719.

<sup>21</sup> HWANG, J. H.. *et al.*. Reliability of lumbar lordosis measurement in

patients with spondylolisthesis: a case-control study comparing the Cobb, centroid, and posterior tangent methods. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 35, n. 18, p. 1691-700, Aug 15 2010. ISSN 0362-2436.

<sup>22</sup> JACKSON, R. P.. *et al.*. Lumbopelvic lordosis and pelvic balance on repeated standing lateral radiographs of adult volunteers and untreated patients with constant low back pain. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 25, n. 5, p. 575-86, Mar 1 2000. ISSN 0362-2436 (Print) 0362-2436.

<sup>23</sup> JACKSON, R. P.. *et al.*. Compensatory spinopelvic balance over the hip axis and better reliability in measuring lordosis to the pelvic radius on standing lateral radiographs of adult volunteers and patients. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 23, n. 16, p. 1750-67, Aug 15 1998. ISSN 0362-2436 (Print) 0362-2436.

<sup>24</sup> LEE, J. S.. *et al.*. Radiographic measurement reliability of lumbar lordosis in ankylosing spondylitis. **Eur Spine J**, v. 22, n. 4, p. 813-8, Apr 2013. ISSN 0940-6719.

<sup>25</sup> MAC THIONG, J. M.. *et al.*. Comparison between constrained and non-constrained Cobb techniques for the assessment of thoracic kyphosis and lumbar lordosis. **European Spine Journal**, v. 16, n. 9, p. 1325-1331, 2007. Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-34548582179&partnerID=40&md5=16492b44432de22f54045d841426c2e8> >.

<sup>26</sup> MAY, S.. *et al.*. Reliability of physical examination tests used in the assessment of patients with shoulder problems: a systematic review. **Physiotherapy**, v. 96, n. 3, p. 179-190, 2010.

<sup>27</sup> PINEL-GIROUX, F. M.. *et al.*. Computerized assessment of sagittal curvatures of the spine: Comparison between Cobb and tangent circles techniques. **Journal of Spinal Disorders and Techniques**, v. 19, n. 7, p. 507-512, 2006. Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33749530208&partnerID=40&md5=385411a202a6b57e1795b7415b0a544f> >.

<sup>28</sup> POLLY, D. W.. *et al.*. Measurement of lumbar lordosis. Evaluation of intraobserver, interobserver, and technique variability. **Spine**, v. 21, n. 13, p. 1530-1536, 1996. Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-8944250221&partnerID=40&md5=2970f520e21fe63ef13a713ea8d85e64> >.

<sup>29</sup> RAJNICS, P.. *et al.*. Computer-assisted assessment of spinal sagittal plane radiographs. **Journal of Spinal Disorders**, v. 14, n. 2, p. 135-142, 2001. Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0035057193&partnerID=40&md5=b7ce0b4448e81c3429768c4e0555f5d9> >.

<sup>30</sup> SHROUT, P. E.; FLEISS, J. L. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. **Psychological bulletin**, v. 86, n. 2, p. 420, 1979.

<sup>31</sup> TROYANOVICH, S. J.. *et al.*. Further analysis of the reliability of the posterior tangent lateral lumbar radiographic mensuration procedure: Concurrent

validity of computer- aided X-ray digitization. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 21, n. 7, p. 460-467, 1998. Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0031716663&partnerID=40&md5=1aef0113e2864336139c86e27b12c14e> >.

<sup>32</sup> TROYANOVICH, S. J.. *et al.*. Intra- and interexaminer reliability of the chiropractic biophysics lateral lumbar radiographic mensuration procedure. **J Manipulative Physiol Ther**, v. 18, n. 8, p. 519-24, Oct 1995. ISSN 0161-4754 (Print) 0161-4754.

<sup>33</sup> VOUTSINAS, S. A.; MACEWEN, G. D.. Sagittal profiles of the spine. **Clinical Orthopaedics and related research**, v. 210, p. 235-242, 1986.

<sup>34</sup> ZAINA, F.. *et al.*. How to measure kyphosis in everyday clinical practice: a reliability study on different methods. **Stud Health Technol Inform.**, p. 264-7, 2012.

## 1.7 APÊNDICES E ANEXOS

### 1.7.1 Apêndice 1

Estratégia de busca completa para o Bireme, 39 artigos: *(tw:(Validation Studies)) OR (tw:(Reproducibility of Results)) AND (tw:(Thoracic Vertebrae)) OR (tw:(Lumbar Vertebrae)) OR (tw:(Lumbosacral Region)) AND (tw:(Radiography)) AND (tw:(Kyphosis)) OR (tw:(Lordosis))*

Estratégia de busca completa para o Science, 12 artigos: *("Validation Studies" AND "Thoracic Vertebrae" OR "Lumbar Vertebrae" OR "Lumbosacral Region") and ("Radiography" AND "Kyphosis" OR "Lordosis")*

Estratégia de busca completa para o Scopus, 990 artigos: *"Validation Studies" OR "Reproducibility of Results" OR "Reproducibility of Findings" OR "Reliability" OR "Reliabilities" OR "Validity" OR "Validities" OR "Validity of Results" OR "Reliability and Validity" OR "Validity and Reliability" OR "Reliability of Results" AND "Radiography" OR "Diagnostic X-Ray" OR "Diagnostic X Ray" OR "Diagnostic X-Rays" OR "X-Rays, Diagnostic" OR "X-Ray, Diagnostic" OR "X Ray, Diagnostic" OR "Roentgenography" OR "X-Ray Radiology, Diagnostic" OR "X Ray Radiology, Diagnostic" OR "Diagnostic X-Ray Radiology" OR "Diagnostic X Ray Radiology" OR "Radiology, Diagnostic X-Ray" OR "Radiology, Diagnostic X Ray" AND "Adolescent" OR "Adolescents" OR "Adolescents, Female" OR "Adolescent, Female" OR "Female Adolescent" OR "Female Adolescents" OR "Teens" OR "Teen" OR "Teenagers" OR "Teenager" OR "South" OR "Souths" OR "Adolescence" OR "Adolescents, Male" OR "Male Adolescent" OR "Male Adolescents" OR "Sung Adult" OR "Adult, Sung" OR "Adults, Sung" OR "Sung Adults" OR "Adult" OR "Adults" OR "Aged" OR "Elderly" OR "Humans" OR "Human" OR "Child" OR "child" OR "children" AND "Thoracic Vertebrae" OR "Vertebrae, Thoracic" OR "Lumbar Vertebrae" OR "Vertebrae, Lumbar" OR "Lumbosacral Region" OR "Lumbosacral Regions" OR "Region, Lumbosacral" OR "Regions, Lumbosacral" OR "Lumbar Region" OR "Lumbar Regions" OR "Region, Lumbar" OR "Regions, Lumbar" AND "Kyphosis" OR "Kyphoses" OR "Lordosis" OR "sagittal" OR "lateral".*

Estratégia de busca completa para o PubMed, 342 artigos: *"Validation Studies" [Publication Type] OR "Reproducibility of Results"[Mesh] OR "Reproducibility of Findings" OR "Reliability" OR "Reliabilities" OR "Validity" OR "Validities" OR "Validity of Results" OR "Reliability and Validity" OR "Validity and Reliability" OR "Reliability of*

*Results* AND *"Thoracic Vertebrae"[Mesh]* OR *"Vertebrae, Thoracic"* OR *"Lumbar Vertebrae"[Mesh]* OR *"Vertebrae, Lumbar"* OR *"Lumbosacral Region"[Mesh]* OR *"Lumbosacral Regions"* OR *"Region, Lumbosacral"* OR *"Regions, Lumbosacral"* OR *"Lumbar Region"* OR *"Lumbar Regions"* OR *"Region, Lumbar"* OR *"Regions, Lumbar"* AND *"Radiography"[Mesh]* OR *"Diagnostic X-Ray"* OR *"Diagnostic X Ray"* OR *"Diagnostic X-Rays"* OR *"X-Rays, Diagnostic"* OR *"X-Ray, Diagnostic"* OR *"X Ray, Diagnostic"* OR *"Roentgenography"* OR *"X-Ray Radiology, Diagnostic"* OR *"X Ray Radiology, Diagnostic"* OR *"Diagnostic X-Ray Radiology"* OR *"Diagnostic X Ray Radiology"* OR *"Radiology, Diagnostic X-Ray"* OR *"Radiology, Diagnostic X Ray"* AND *"Adolescent"[Mesh]* OR *"Adolescents"[All Fields]* OR *"Adolescents, Female"[All Fields]* OR *"Adolescent, Female"[All Fields]* OR *"Female Adolescent"[All Fields]* OR *"Female Adolescents"[All Fields]* OR *"Teens"[All Fields]* OR *"Teen"[All Fields]* OR *"Teenagers"[All Fields]* OR *"Teenager"[All Fields]* OR *"South"[All Fields]* OR *"Souths"[All Fields]* OR *"Adolescence"[All Fields]* OR *"Adolescents, Male"[All Fields]* OR (*"adolescent"[MeSH Terms]* OR *"adolescent"[All Fields]* OR (*"adolescent"[All Fields]* AND *"male"[All Fields]*)) OR *"Male Adolescent"[All Fields]* OR *"Male Adolescents"[All Fields]* OR *"Sounng Adult"[Mesh]* OR *"Adult, Soung"[All Fields]* OR *"Adults, Soung"[All Fields]* OR *"Soung Adults"[All Fields]* OR *"Adult"[Mesh]* OR *"Adults"[All Fields]* OR *"Aged"[Mesh]* OR *"Elderly"[All Fields]* OR *"Humans"[Mesh]* OR *"Human"[All Fields]* OR *"Child"[Mesh]* OR (*"child"[MeSH Terms]* OR *"child"[All Fields]* OR *"children"[All Fields]*) AND *"Kyphosis"[Mesh]* OR *"Kyphoses"* OR *"Lordosis"[Mesh]* OR *"sagittal"* OR *"lateral"*



## 1.7.2 Apêndice 2

### Formulário de extração de dados

<b>1º autor (ano)</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Metodologia (n, idade média, região, método utilizado, níveis vertebrais utilizados)</b>	<b>Resultados (média, desvio padrão, intervalo de confiança, média das diferenças, ICC, Pearson, anova)</b>

### 1.7.3 Apêndice 3

**Table 3** Critical appraisal tool for validity and reliability studies of objective clinical tools

	Item	
1	If human subjects were used, did the authors give a detailed description of the sample of subjects used to perform the (index) test?	Validity and reliability studies
2	Did the authors clarify the qualification, or competence of the rater(s) who performed the (index) test?	Validity and reliability studies
3	Was the reference standard explained?	Validity studies
4	If interrater reliability was tested, were raters blinded to the findings of other raters?	Reliability studies
5	If intrarater reliability was tested, were raters blinded to their own prior findings of the test under evaluation?	Reliability studies
6	Was the order of examination varied?	Reliability studies
7	If human subjects were used, was the time period between the reference standard and the index test short enough to be reasonably sure that the target condition did not change between the two tests?	Validity studies
8	Was the stability (or theoretical stability) of the variable being measured taken into account when determining the suitability of the time interval between repeated measures?	Reliability studies
9	Was the reference standard independent of the index test?	Validity studies
10	Was the execution of the (index) test described in sufficient detail to permit replication of the test?	Validity and reliability studies
11	Was the execution of the reference standard described in sufficient detail to permit its replication?	Validity studies
12	Were withdrawals from the study explained?	Validity and reliability studies
13	Were the statistical methods appropriate for the purpose of the study?	Validity and reliability studies

## CAPÍTULO 2

### Validação de uma interpretação alternativa de avaliação das curvaturas sagittais da coluna vertebral de crianças

#### Validation of an alternative interpretation of assessment of sagittal spinal curvatures of children

#### RESUMO

**Introdução:** Em função dos efeitos adversos causados pelos exames de Raios-X, tem sido incentivada a utilização da avaliação não invasiva, que se baseia na palpação dos processos espinhosos. Dessa forma parece importante verificar se a avaliação das curvaturas sagittais da coluna vertebral através dos processos espinhosos nos exames de Raios-X corresponde a uma metodologia válida e reprodutível. **Objetivos:** (1) desenvolver uma metodologia alternativa para o cálculo do ângulo e das flechas das curvaturas sagittais da coluna, baseada nos processos espinhosos das vértebras; (2) verificar se essa metodologia é capaz de fornecer informações acuradas e precisas das curvaturas da coluna vertebral de crianças, a partir da avaliação da validade concorrente em relação ao AC, reprodutibilidade intra e interavaliador, sensibilidade e especificidade; e (3) identificar os limites de normalidade das curvaturas para a flecha sagittal ( $f$ ) e para o ângulo baseado na flecha (AF). **Metodologia:** A amostra foi composta por exames de Raios-X da coluna vertebral de crianças. Foram avaliadas, no plano sagittal, as curvaturas torácica ( $n=90$ ) e lombar ( $n=89$ ). A análise estatística foi realizada no *software* SPSS versão 18.0, sendo o nível de significância de 0,05. Para a validade concorrente entre o AF ajustado e o AC foram utilizados: Teste de Correlação Produto-Momento de Pearson, Teste t independente, cálculo do erro RMS, Teste de Correlação de Morgan-Pitman e análise gráfica de Bland e Altman. Para a reprodutibilidade intra-avaliador das duas medidas do Av1 (1º dia x 2º dia) e para a reprodutibilidade interavaliador das medidas dos três avaliadores (Av1 x Av2 x Av3) foi utilizado Coeficiente de Correlação Intraclasse (ICC), além do cálculo do SEM, MDC e MAD. **Resultados:** (1) tanto na região torácica ( $r= -0,763$  com  $p<0,001$ ), quanto na lombar ( $r= -0,654$  com  $p<0,001$ ), houve grande e significativa correlação entre o AF ajustado e o AC, o teste t de *student* não demonstrou diferença significativa entre os dois métodos, o baixo erro RMS determinou boa acurácia do método proposto, e a variância foi significativa na torácica, porém esse resultado não foi verificado na região lombar. A diferença média entre o AC e o AF ajustado (AC-AF) foi de  $0^\circ$ , tanto para a torácica e quanto para a lombar, e o desvio-padrão da média das diferenças na torácica foi de  $\pm 12,4^\circ$  e na lombar de  $\pm 13,9^\circ$ . O AF ajustado e a  $f$  apresentam boa especificidade e sensibilidade, porém, 13 indivíduos foram classificados como falsos negativos, 7 como falsos positivos em relação ao AF ajustado e 14 indivíduos foram classificados como falsos negativos e 6 como falsos positivos em relação a  $f$  na região torácica. Na região lombar, o AF ajustado classificou 1 indivíduo como falso negativo e 38 como falsos positivos, enquanto  $f$  classificou 9 indivíduos como falsos negativos. (2) os valores de ICC do AF ajustado foram semelhantes ou superiores em relação aos valores do AC (intra e interavaliadores). Ainda, os valores MAD, SEM e MDC do AF ajustado foram sempre menores do que os do AC, nas duas regiões; (3) os limites de normalidade na região torácica foram: para  $f$  de 0,97 cm à 3,83 cm e para o AF ajustado de  $20^\circ$  à  $50^\circ$ , e na região lombar: para a  $f$  de 0,37cm à 3,81cm e para o AF ajustado de  $23,06^\circ$  à  $53,60^\circ$ . **Conclusão:** O AF ajustado e a  $f$  são válidos e reprodutíveis para avaliação da cifose torácica e da lordose lombar de crianças, apresentando forte correlação com o padrão ouro, bem como bons e excelentes valores de reprodutibilidade associados a baixos erros e variabilidade das medidas, indicando ser uma medida precisa, acurada e confiável, embora uma atenção especial deva ser dada à região lombar.

*Palavras chave:* Cifose, lordose, ângulo Cobb, exames de Raios-X

## ABSTRACT

**Introduction:** Due to the adverse effects caused by X-ray examinations, we encourage the use of noninvasive evaluation, which is based on palpation of the spinous processes. Thus we seek to ascertain whether the assessment of sagittal spinal curvatures through the spinous processes in X-ray examinations is a valid and reliable methodology. **Objectives:** (1) develop an alternative methodology for calculating the angle and arrows of sagittal curvatures of the spine, based on the spinous processes of the vertebrae; (2) verify that the methodology is able to provide accurate and precise information of the curvatures of the spine in children, based on the assessment of concurrent validity with respect to the CA, intra and inter reliability, sensitivity and specificity; and (3) identify the limits of normal sagittal curvature to fleche ( $f$ ) and the angle based on the fleche (FA). **Methodology:** The sample was derived from a database consists of X-Rays of the spine in children. Were evaluated in the sagittal plane, the thoracic curvature ( $n = 90$ ) and lumbar ( $n = 89$ ). Statistical analysis was performed using SPSS software version 18.0, and the 0.05 significance level. For the concurrent validity between the AF and the AC were used: Product-Moment Correlation Pearson test, independent t test, RMS error, Morgan-Pitman's correlation test and graphical analysis of Bland and Altman. For intra-rater reliability of the two Av1 measurements (First day x Second day) and reliability inter rater measures of the three evaluators (Av1 x Av2 Av3) was used intraclass correlation coefficient (ICC), and estimation SEM, MDC and MAD. **Results:** (1) both in the thoracic region ( $r = -0.763$   $p < 0.001$ ) and lumbar ( $r = -0.686$   $p < 0.001$ ), there was a great and significant correlation between FA and set the CA, the t test showed no significant difference between the two methods, low RMS error determined good accuracy of the proposed method, and the variance was significant in the thoracic region, but this effect was not detected in the lumbar. The average difference between the CA and the set FA (FA-CA) was  $0^\circ$ , both the thoracic and the lumbar for, and the average standard deviation of the differences in the thoracic was  $\pm 12,4^\circ$  and lumbar from  $\pm 13,9^\circ$ . The FA adjusted have good specificity and sensitivity, however, 13 individuals were classified as false negatives, false positives 7 with adjusted FA and 14 subjects were classified as false negatives and 6 false positive with  $f$  in thoracic region. In the lumbar, the FA adjusted ranked 38 individuals as false positive and only one false negative, while  $f$  ranked 9 individuals as false negatives. (2) Adjusted FA ICC values set were similar or superior to the values of the CA, both intra and inter rater. Further, the MAD values, SEM and MDC set adjusted FA were always lower than CA, whether in the lumbar or thoracic spine; (3) the normal limits in the thoracic region were to  $f$  of 0.97 cm to 3.83 cm for  $f$  and  $20^\circ$  to  $50^\circ$  to adjusted FA. The normal range in the lumbar were for af 0,37cm to 3.81cm for  $f$  and  $23,06^\circ$  to  $53,60^\circ$  for adjusted FA. **Conclusion:** Adjusted FA and  $f$  are valid and reproducible for evaluating thoracic kyphosis and lumbar lordosis children, showing strong correlation values with the gold standard, as well as good and excellent reproducibility values associated with low errors and variability of the measures, indicating be an accurate measurement, accurate and reliable, although special attention should be given to the lower back.

## 2.1 INTRODUÇÃO

As deformidades da coluna vertebral no plano sagital podem ser avaliadas clinicamente ou radiologicamente. A vantagem dos exames de Raios-X, é que avaliam objetivamente a magnitude da deformidade e o grau de correção requerida para restaurar a função (Roussouly; Nnadi, 2010). Por esse motivo, esses exames são utilizados rotineiramente para avaliação das curvaturas, sendo considerados como referência na avaliação postural da coluna vertebral, fornecendo informações

sobre estruturas ósseas e alinhamento vertebral, através da quantificação de formações angulares.

O padrão ouro para quantificar as alterações observadas nos exames de Raios-X é denominado ângulo Cobb, que utiliza os platôs vertebrais como base para formação angular. Este método sofre muitas críticas pelo fato de que esses segmentos estão muito sujeitos a deformações, superestimando ou subestimando os valores das curvaturas, além de apresentar muita variabilidade intra e interavaliadores.

Acredita-se que os problemas existentes com o padrão ouro tem motivado novas formas de interpretações radiológicas. Muitos métodos alternativos foram reportados, porém somente os métodos: Centroide (Briggs *et al.*, 2007), Círculos tangenciais (Pinel-Giroux *et al.*, 2006), Cobb alternativo, Raio da curvatura (Goh *et al.*, 2000), Cobb não constricto (Mac Thiong *et al.*, 2007) e PR-L1 (Gardocki; Watkins; Williams, 2002) foram validados para avaliação sagital da coluna vertebral. Não obstante, todos esses métodos alternativos também utilizam como base para o cálculo do ângulo de cada curvatura, as estruturas mais internas das vértebras, nem sempre passíveis de palpação pela superfície.

Considerando que, tanto na prática clínica, quanto na avaliação por métodos não invasivos, a palpação dos processos espinhosos é referência na identificação da posição e postura da coluna vertebral, entende-se importante que exista também uma possibilidade de avaliar as curvaturas nos exames de Raios-X a partir de estruturas mais superficiais. Isso facilitaria os processos de validação dos métodos não invasivos de avaliação da coluna vertebral, como no caso da fotogrametria, pois seus resultados, oriundos da superfície da pele, poderiam ser comparados com os ângulos de curvaturas calculados nos exames de Raios-X, também a partir dos processos espinhosos. Especula-se que isso facilitaria a compreensão dos resultados da avaliação não invasiva, uma vez que aos ângulos fornecidos pela fotogrametria, por exemplo, poderia ser atribuído um sentido clínico.

Assim, os objetivos do presente estudo foram: verificar se uma metodologia alternativa para o cálculo do ângulo das curvaturas sagitais da coluna, baseada nos processos espinhosos das vértebras é capaz de fornecer informações acuradas e precisas das curvaturas da coluna vertebral de crianças, a partir da avaliação da validade concorrente em relação ao padrão ouro, reprodutibilidade intra e

interavaliador, sensibilidade e especificidade, e identificar valores de referência para a flecha sagital ( $f$ ) e para o ângulo baseado na flecha (AF).

## 2.2 METODOLOGIA

### 2.2.1 Amostra

A amostra foi coletada a partir de um banco de dados pertencente ao Grupo de Pesquisa Biomec) composto por 200 exames de Raios-X panorâmico da coluna vertebral de jovens voluntários, com idades entre 6 e 18 anos. O tamanho da amostra foi determinado por cálculo amostral com base na estimativa da média populacional a partir de um grau de confiança de 95% e um erro máximo de estimativa de 5% sobre a média (cifose: 41,5° Cobb; lordose: 40° Cobb) e desvio padrão (cifose: 9,97° Cobb; lordose: 8,78° Cobb) (Propst-Proctor; Bleck, 1983). Desse modo, o tamanho mínimo da amostra estipulado foi de 89 e 74 radiografias do banco de dados para a cifose e a lordose, respectivamente. Prevendo-se ainda eventuais perdas (imagens com pouca resolução) em cerca de 20%, 107 radiografias para do banco de dados foram incluídas aleatoriamente na amostra para cada curvatura.

O critério de inclusão foi ter os exames de Raios-X panorâmicos e digitais na base de dados que apresentassem na imagem uma escala numérica. Os critérios de exclusão foram: má formação vertebral, presença de espinha bífida, número superior ou inferior de vértebras para cada região.

### 2.2.2 Etapa de obtenção dos ângulos Cobb (AC)

Foram analisados inicialmente 107 exames de Raios-X, destes, foram excluídos: 15, por não apresentarem a escala numérica na imagem; 2 por apresentaram menos vértebras torácicas; e 3 por péssima qualidade da imagem na região lombar. Portanto foram analisados 90 exames na região torácica e 89 na região lombar. A média de idade dos indivíduos foi de  $12,40 \pm 3,44$  anos, em que 47 eram do sexo feminino e 43 do sexo masculino.

Três especialistas (Av1, Av2, Av3), atuando de forma independente, foram responsáveis pela mensuração do AC nas radiografias. Nessa etapa, todo o procedimento necessário para obtenção do AC foi realizado no *software* MATLAB® 7.9, a partir de rotinas desenvolvidas especificamente para esse estudo. Os

especialistas receberam as radiografias em ordem estabelecida por sorteio, para evitar que ocorresse um viés na avaliação. Ainda, somente o Av1 realizou duas vezes, em dois momentos diferentes, com intervalo de dois a sete dias entre eles, todo o procedimento necessário para a obtenção do AC. Para futuras análises estatísticas de validação e reprodutibilidade foram utilizadas as médias de todas as avaliações.

Para obtenção do AC foram utilizadas duas combinações de níveis vertebrais para cada curvatura, a partir de parâmetros propostos na literatura. A cifose torácica foi definida como o ângulo entre linhas perpendiculares (1) do platô superior de T1 e do platô inferior de T12 (Harrison *et al.*, 2001) e (2) do platô superior de T5 e do platô inferior de T12 (Propst-Proctor; Bleck, 1983). A lordose lombar foi definida como o ângulo entre linhas perpendiculares (1) do platô superior de L1 e do platô inferior de L5 (Goh *et al.*, 2000; Harrison *et al.*, 2001) e (2) do platô superior de L1 e do platô superior de S1 (Polly *et al.*, 1996; Lee *et al.*, 2012). A união destes pares de retas, em cada curvatura, forma o assim chamado AC (Tayyab *et al.*, 2007; Goh *et al.*, 2000; Harrison *et al.*, 2001)

Os AC obtidos foram também agrupados segundo os valores de referência, propostos na literatura, que estabelecem os limites de normalidade das curvaturas sagitais de crianças: de 20° a 50° Cobb para cifose torácica (Bernhardt; Bridwell, 1989; Goh *et al.*, 2000) e 30,8° a 66,8° Cobb para lordose lombar (Lee *et al.*, 2012).

### **2.2.3 Etapa de obtenção dos ângulos associados à flecha sagital (AF)**

O entendimento do significado das flechas passa pelo entendimento de alguns parâmetros matemáticos da geometria plana, tais como circunferência, raio, corda e flecha. Circunferência é a figura geométrica formada por todos os pontos de um plano que distam igualmente de um ponto fixo desse plano. Esse ponto fixo é chamado de centro da circunferência. Qualquer segmento que une o centro a um ponto da circunferência chama-se raio e qualquer segmento que une dois pontos distintos da circunferência chama-se corda (Giovanni, Castrucci 2009). A flecha é derivada do francês - *fleche* e representa um segmento de reta que une o ponto médio da corda ao ponto médio do arco correspondente (Mello, Cunha 1951), conforme demonstrado na Figura 1.

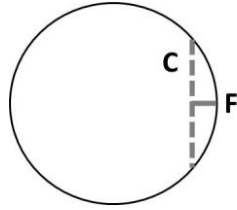
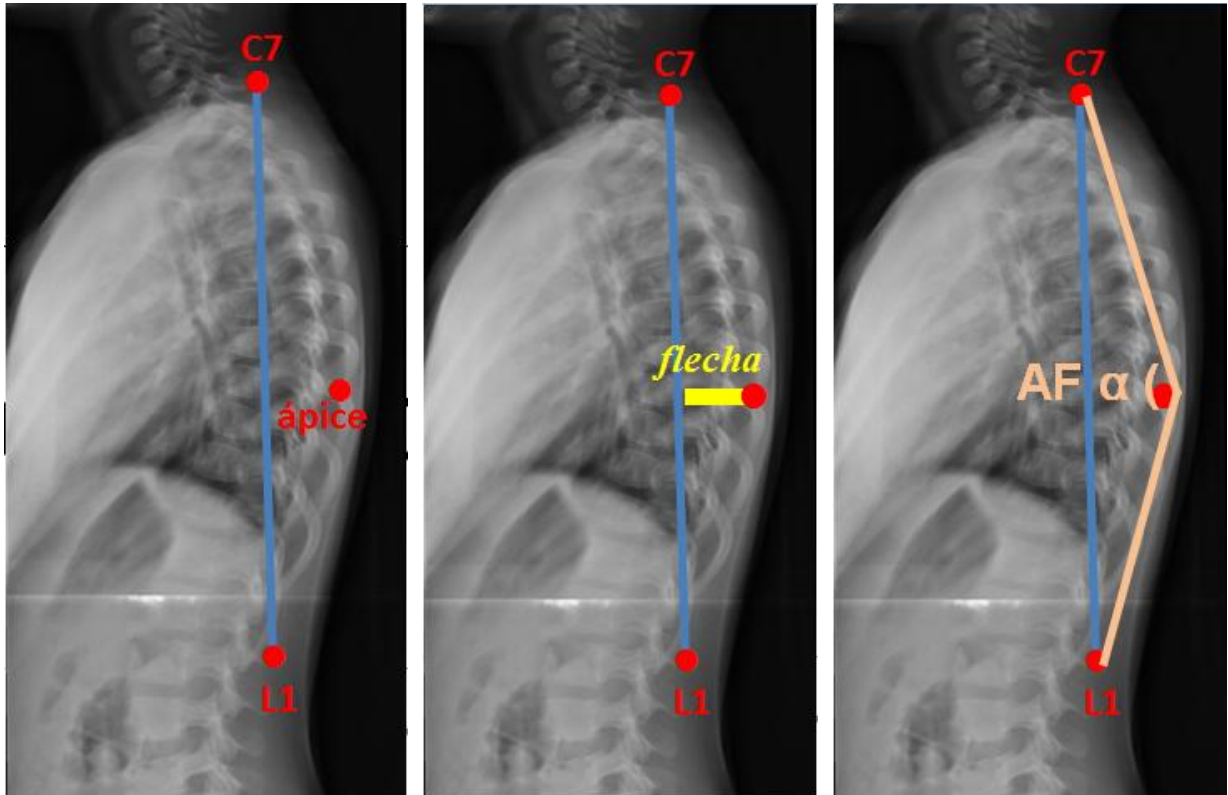


Figura 1 - Ilustração de uma corda (C), que é um segmento que une dois pontos distintos da circunferência e da flecha (F), que é um segmento de reta que une o ponto médio da corda ao ponto médio do arco correspondente.

Inicialmente foram determinados os níveis vertebrais superiores e inferiores que delimitam cada uma das curvaturas. Para a curvatura torácica foram utilizados os níveis superiores: C6, C7 e T1, e inferiores: T11, T12 e L1. Para curvatura lombar foram utilizados os níveis superiores: T11, T12 e L1 e inferiores: L5, S1 e S2. Com a intenção de identificar qual o AF que apresentasse melhor correlação com o AC, foram testadas nove combinações de níveis vertebrais para o cálculo do AF na região torácica (C6-T11; C6-T12; C6-L1; C7-T11; C7-T12; C7-L1; T1-T11; T1-T12; T1-L1) e nove combinações para a região lombar (T11-L5; T11-S1; T11-S2; T12-L5; T12-S1; T12-S2; L1-L5; L1-S1; L1-S2). O melhor resultado de ambas as combinações passou a ser assumido em todas as demais análises do estudo.

Para a obtenção da flecha, uma reta foi desenhada unindo cada um dos pares de níveis vertebrais (superior e inferior) a partir dos respectivos processos espinhosos (Figura 2A). Uma segunda reta perpendicular àquela que une os níveis vertebrais foi desenhada do ápice até à primeira reta, para fornecer a medida da flecha sagital (Figura 2B) em cada curvatura. Para obtenção do AF, outras duas retas foram desenhadas unindo o nível vertebral superior ao ápice e o nível inferior ao ápice, a partir dos respectivos processos espinhosos (Figura 2C). O ângulo interno formado entre estas duas retas foi definido como AF. A Figura 2 ilustra o procedimento em apenas uma das nove combinações de níveis vertebrais testados na região torácica. O mesmo procedimento foi realizado também na região lombar.





(a) (b) (c)  
 Figura 2 - Ilustração do procedimento de obtenção do ângulo absoluto associado à flecha sagital (AF): (a) reta vertical (corda) unindo nível vertebral superior e inferior, (b) flecha sagital (distância do ápice à corda), (c) ângulo da flecha (AF).

Três especialistas (Av1, Av2, Av3) atuando de forma independente realizaram todo esse procedimento (obtenção do ângulo AF absoluto) nas mesmas radiografias analisadas pelo Cobb (n=90 na região torácica; n=89 na região lombar), utilizando o *software* MATLAB® 7.9, em rotina especialmente desenvolvida para esse estudo. A ordem de realização desse procedimento nas radiografias foi também estabelecida por sorteio. Ainda, somente o Av1 realizou duas vezes, em dois momentos diferentes, com intervalo de dois a sete dias entre eles, todo o procedimento proposto para a obtenção dos AF.

#### 2.2.4 Tratamento estatístico

O tratamento estatístico foi realizado no *software* SPSS versão 18.0. Inicialmente foi verificada a normalidade dos dados para ambas as curvaturas utilizando o teste de Kolmogorov-Smirnov.

Para a validade concorrente foram avaliados tanto o nível de correlação, quanto a concordância entre o AF e o AC, a partir do Teste de Correlação Produto-Momento de Pearson, Teste t independente e erro RMS (*Root Mean Square*), representação gráfica proposta por Bland e Altman (1986; 1995) e Coeficiente de Correlação de Morgan-Pitman.

O Coeficiente de Correlação de Pearson ( $r$ ) foi classificado em nulo (0), fraco (entre 0 e 0,3), regular (entre 0,30 e 0,6), forte (entre 0,6 e 0,9), muito forte (entre 0,9 e 1) e perfeita (1), segundo CALLEGARI-JACQUES (2007). Ainda, foram utilizadas análise de regressão, simples e logarítmica, para ajustar os AF em relação aos AC e para determinar os parâmetros de referência de normalidade do AF (Oliveira *et al.*, 2012).

O ICC (Índice de Correlação Intraclasse) fornece uma unidade de medida estimada de reprodutibilidade, mas não fornece a estimativa de precisão da medida, tal qual o erro padrão da medida (SEM - *standart error measurement*) e o mínimo erro detectável (MDC - *minimum detectable change*) (Denegar; Donald, 1993), por isso, faz-se necessário a análise dessas variáveis em conjunto. Considera-se que o SEM reflete o grau da medida que pode ter variado devido a erro no processo de medição, enquanto o MDC é a quantidade de mudança na avaliação necessária para determinar que existiu uma mudança real, não apenas um erro de medida (Hicks, 2006). Assim, a reprodutibilidade do AF e AC foi avaliada através do teste de Correlação Intraclasse (ICC), do SEM e do MDC. A variabilidade das medidas foi verificada através do cálculo da média absoluta das diferenças (MAD).

Para a análise de correlação e concordância foram utilizadas as médias de todas as avaliações, para a reprodutibilidade intra-avaliador utilizou-se as medidas do Av1 (1º dia) x Av1 (2º dia) e para a reprodutibilidade interavaliador foram utilizados: (1) a média dos ângulos obtidos no 1º e 2º dia pelo Av1, (2) os ângulos obtidos pelo Av2 e (3) os ângulos obtidos pelo Av3.

Os valores de ICC foram classificados em fracos (ICC<0,40), moderados (ICC entre 0,4 e 0,75) e excelentes (ICC>0,75), de acordo com Shrout; Fleiss (1986). O nível de significância adotado foi de 0,05.

## 2.3 RESULTADOS

### 2.3.1 Determinação dos níveis vertebrais a serem utilizados na etapa de validação concorrente e de reprodutibilidade do AF

Inicialmente foram realizados os testes de correlação Produto-Momento de Pearson e Intraclasse com objetivo de definir qual o nível vertebral superior e inferior de cada curvatura, dentre todas as possibilidades testadas, deveria ser utilizado em todas as etapas da validação. Ou seja, a escolha do nível deveria satisfazer simultaneamente tanto os aspectos de validade ( $r$ ) quanto de reprodutibilidade (ICC). Para tanto, foram correlacionadas todas as combinações dos limites vertebrais dos AC com os AF absolutos (Apêndices 1 e 2). Os resultados demonstraram que a melhor combinação vertebral foi: (1) na região torácica, AF<sub>C7-L1</sub> e AC<sub>T1-T12</sub> ( $r=-0,763$ ;  $p<0,001$ ) e (2) na região lombar, AF<sub>T11-S2</sub> e AC<sub>L1-S1</sub> ( $r=-0,654$ ;  $p<0,001$ ), ambos os níveis com reprodutibilidade excelente (Tabela 1).

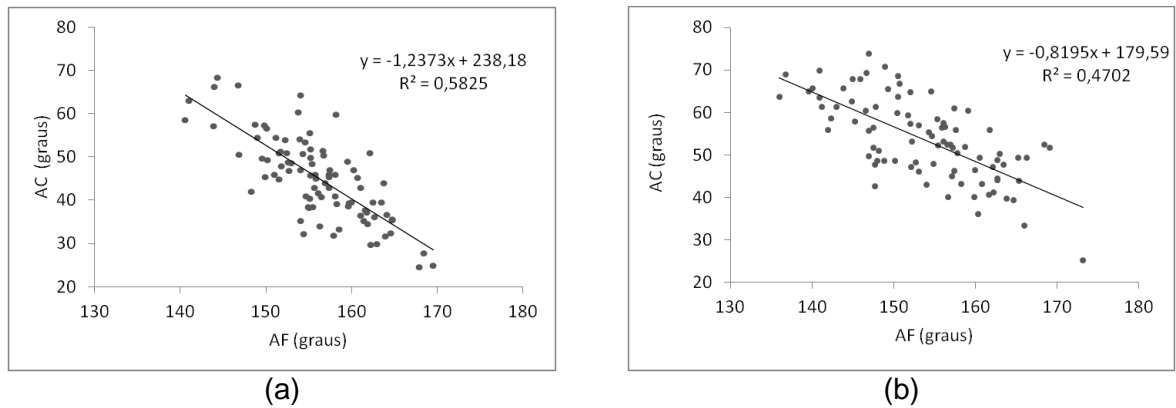
**Tabela 1** - Valores de ICC intra e interavaliador para os ângulos absolutos das flechas (AF) e ângulos de Cobb (AC), nas regiões torácica e lombar.

	ICC (I.C. 95%)	
	Intra-avaliador	Interavaliador
AF <sub>C7-L1</sub> (n=90)	0,880* (0,824 a 0,920)	0,854* (0,806 a 0,895)
AF <sub>T11-S2</sub> (n=89)	0,828* (0,749 a 0,884)	0,747* (0,672 a 0,812)

\*  $p<0,001$

### 2.3.2 Validação do ângulo (AF) e do valor linear ( $f$ ) das flechas

Utilizando uma análise de regressão simples entre os valores absolutos de AF e AC, obteve-se uma equação da reta (Figura 3) que possibilitou prever os valores de AF a partir dos valores de AC, ou seja, os AF ajustados. O  $R^2$ , que é uma medida de ajustamento em relação aos valores observados, indicou que 58,25% ( $R^2=0,5825$ ) e 47,02% ( $R^2=0,4702$ ) do AF das regiões torácica e lombar, respectivamente, podem ser explicados pelos AC.



**Figura 3** - Regressão linear simples para ajustamento do ângulo da flecha (AF) em relação ao ângulo Cobb (AC): (a) região torácica e (b) região lombar.

Na região torácica, além da forte e significativa correlação entre AC e AF ajustado ( $r=0,763$ ;  $p<0,001$ ), o teste t não demonstrou diferença significativa ( $t=0,002$ ;  $p=0,999$ ) entre o método padrão ouro e o proposto, a partir dos valores ajustados. Ainda, o Erro RMS, de  $6,1^\circ$  determina boa acurácia do método proposto para a obtenção do ângulo da cifose torácica associado à flecha sagital. Contudo, o Coeficiente de Morgan-Pitman demonstrou que houve variância entre os métodos (Pitman:  $r=0,390$ ,  $p<0,001$ ). A Tabela 2 mostra os valores médios e respectivos desvio-padrões de AC e AF (absoluto e ajustado) na região torácica, onde se observa que os valores de AF ajustados são muitos similares aos valores de AC, porém com menor desvio-padrão.

**Tabela 2** - Média e desvio padrão do ângulo Cobb (AC) e do ângulo da flecha (AF), absoluto e ajustado, na região torácica para cada avaliador (Av1, Av2, Av3) e para a média de todos os avaliadores.

	AC <sub>T1-T12</sub> (n=90)	AF <sub>C7-L1</sub> (absoluto - n=90)	AF <sub>C7-L1</sub> (ajustado - n=90)
Av 1	44,8° (9,3°)	155,4° (5,7°)	45,9° (7,1°)
Av 2	44,8° (11,3°)	156,8° (6,7°)	44,2° (8,3°)
Av 3	46,0° (11,1°)	156,5° (6,5°)	44,5° (8,1°)
Média dos Av	45,2° (10,5°)	156,2° (6,3°)	44,9° (7,8°)

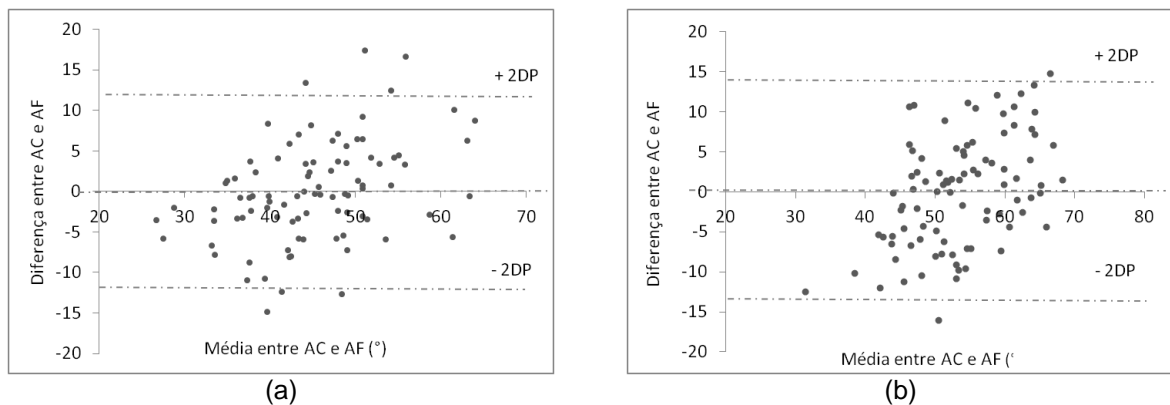
Na região lombar, também se encontrou forte e significativa correlação entre AC e AF ajustado ( $r=0,654$ ;  $p<0,001$ ), o teste t não demonstrou diferença significativa ( $t=0,002$ ;  $p=0,999$ ) entre o padrão ouro e o método proposto, a partir dos valores ajustados. Ainda, com Erro RMS de  $6,90^\circ$  e a baixa variância entre os métodos (Pitman:  $r=0,469$ ;  $p=0,55$ ) demonstraram a boa acurácia do método proposto para a obtenção do ângulo da lordose lombar associado à flecha sagital. A

Tabela 3 apresenta os valores médios e respectivos desvio-padrões de AC e AF (absoluto e ajustado) na região lombar, onde se observa que os valores de AF ajustados são muito similares aos valores de AC, porém também com menor desvio-padrão.

**Tabela 3** - Média e desvio padrão do ângulo Cobb (AC) e do angulo da flecha (AF), absoluto e ajustado, na região lombar para cada avaliador (Av1, Av2, Av3) e para a média de todos os avaliadores.

	AC <sub>L1-S1</sub> (n=89)	AF <sub>T11-S2</sub> (absoluto - n=89)	AF <sub>T11-S2</sub> (ajustado - n=89)
Av 1	54,4° (10,5°)	153,2° (8,7)	54,0° (7,1°)
Av 2	51,4° (9,9°)	154,6° (8,3°)	52,9° (6,8°)
Av 3	53,4° (10,9°)	153,5° (8,9°)	53,8° (7,3°)
<b>Média dos Av</b>	53,1° (10,4°)	147,8° (8,6°)	53,6° (7,1°)

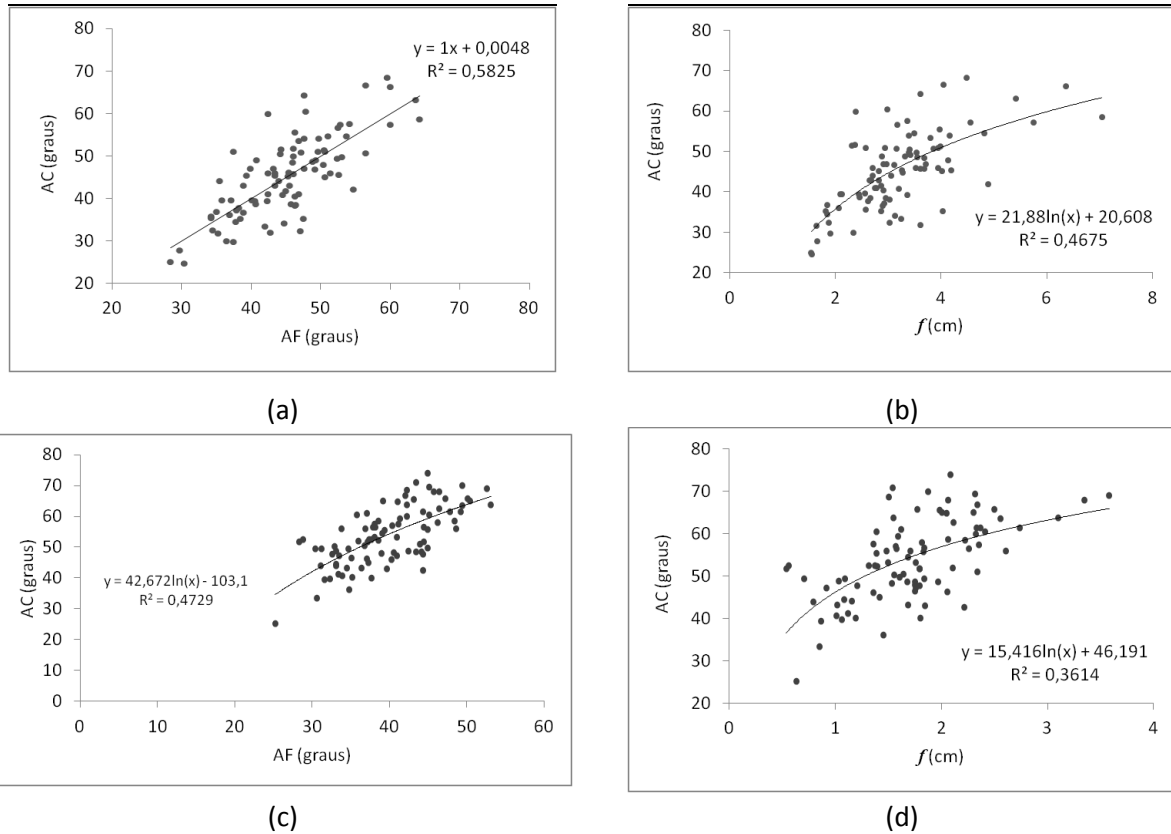
A verificação da concordância entre AC e AF ajustado (Figura 4) foi realizada a partir da análise gráfica proposta por Bland e Altman (1986; 1995). Observa-se que a diferença média entre o AC e o AF (AC-AF) foi de 0°, tanto para a região torácica quanto para a lombar. O desvio-padrão ( $\pm 2$  DP) da média das diferenças foi de  $\pm 12,4^\circ$  na coluna torácica e de  $\pm 13,9^\circ$  na lombar. Percebe-se que a grande maioria dos indivíduos está predominantemente dentro dos limites de concordância.



**Figura 4** - Método gráfico de Bland e Altman para região torácica (a) e para a região lombar (b).

Os AF ajustados foram também plotados em diagramas de dispersão (Figura 5) em relação aos AC, visando obter, a partir de uma análise de regressão, novos valores para serem utilizados na determinação dos parâmetros de referência dos limites de normalidade das curvaturas, seguindo o modelo proposto por Oliveira *et al.* (2012). Optou-se por uma regressão linear entre AC e AF ajustado para a região torácica (Figura 5a). Entretanto, para a região lombar entre AC e AF ajustado optou-

se por uma regressão logarítmica (Figura 5c). Do mesmo modo, em ambas as regiões torácica e lombar, quando se utilizou os valores de  $f$  optou-se por uma regressão logarítmica entre  $f$  e AC (Figura 5b e 5d).



**Figura 5** – Análise de regressão (a) linear entre AF e AC na região torácica; (b) logarítmica entre  $f$  e AC na região torácica; (c) logarítmica entre AF e AC na região lombar; (d) logarítmica entre  $f$  e AC na região lombar.

A Tabela 4 apresenta os limites de normalidade para o AC (segundo literatura), o AF ajustado e o valor linear da flecha ( $f$ ), ambos os últimos obtidos a partir das equações apresentadas na Figura 4.

**Tabela 4** - Parâmetros de referência dos limites de normalidade para as curvaturas sagitais da coluna vertebral.

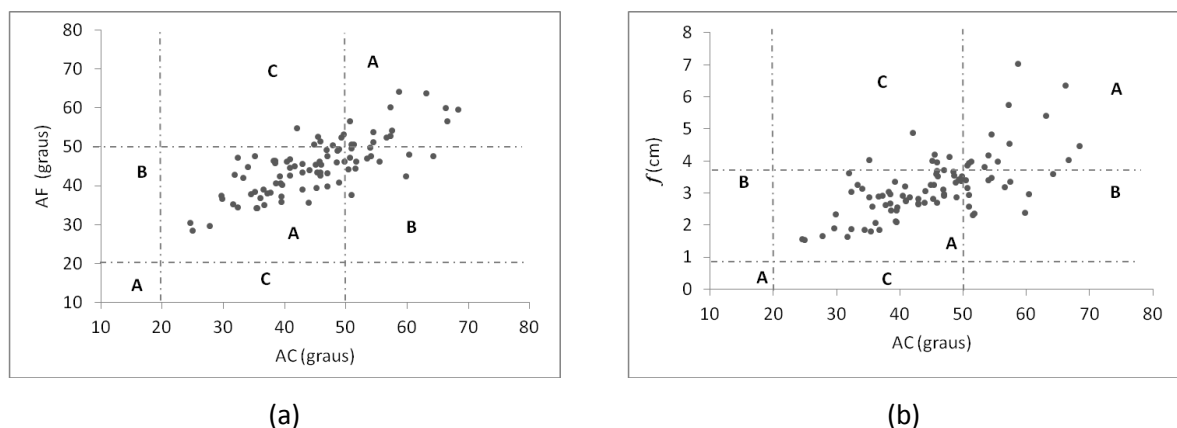
	Limite inferior	Limite superior
<b>Torácica</b>		
AC <sup>1</sup>	20°	50°
AF	20°	50°
$f$	0,97 cm	3,83 cm
<b>Lombar</b>		
AC <sup>2</sup>	30,8°	66,8°
AF	23,06°	53,60°
$f$	0,37 cm	3,81 cm

<sup>1</sup> limites propostos por Bernhardt; Bridwell (1989) e Goh *et al.* (2000).

<sup>2</sup> limites propostos por Lee *et al.* (2012).

Visando identificar a capacidade do AF ajustado em classificar corretamente os indivíduos (ou seja, se os mesmos estavam dentro dos limites de normalidade ou não), os valores de AF ajustado e AC, bem como de  $f$  e AC foram plotados em um diagrama de dispersão, para as regiões torácica (Figura 6) e lombar (Figura 7). Nestes diagramas foram demarcados os limites de normalidade (Tabela 4).

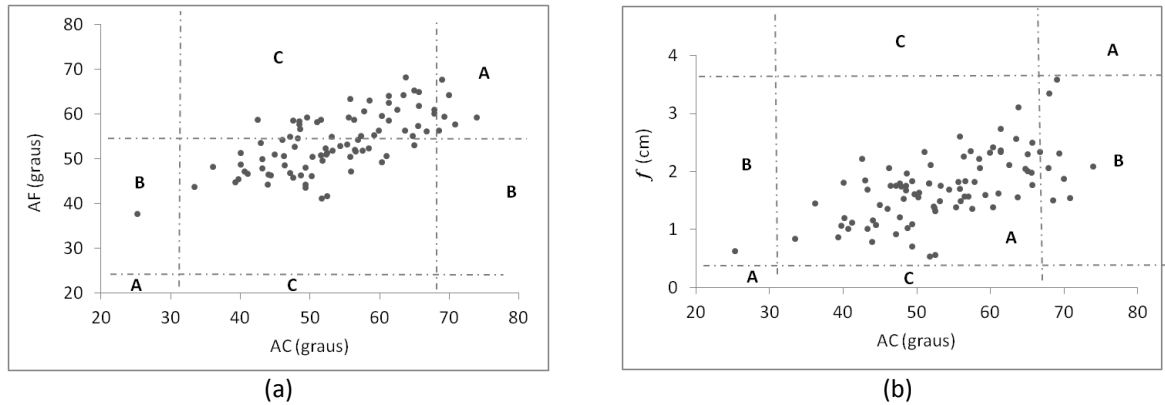
Observa-se na Figura 6, que na região torácica, tanto o AF ajustado quanto o  $f$  classificaram a maior parte dos indivíduos como normais e como hipercifóticos, tal como o padrão ouro (AC). Entretanto, 14,44% ( $n=13$ ) dos indivíduos da amostra foram classificados como normais pelo AF ajustado e 15,55% ( $n=14$ ) pela  $f$ , enquanto que o AC os classificou como hipercifóticos, sendo este um resultado falso negativo. Também houve 7 (7,77%) e 6 (6,66%) indivíduos com resultado falso positivo, em que o AC os classificou como normais, enquanto que o AF ajustado e a  $f$  os classificaram como hipercifóticos, respectivamente.



**Figura 6** - Correlação entre o ângulo Cobb (AC) e o ângulo da flecha (AF) ajustado (a) e a  $f$  (b) na região torácica com os limites de normalidade demarcados por linhas pontilhadas, onde a região “A” do gráfico representa o mesmo resultado obtido em ambas os métodos; “B” representa resultados falsos positivos; e “C” representa os falsos negativos.

Na coluna lombar (Figura 7), verificou-se que o AF ajustado e a  $f$  classificaram, respectivamente, 56,18% e 89,89% dos indivíduos como normais e como hiperlordóticos, da mesma maneira que o AC. Porém, o AF ajustado classificou um indivíduo como normal, enquanto que o AC indicou a presença de uma retificação da coluna lombar, correspondendo esse resultado a um falso negativo. Ainda, 42,69% ( $n=38$ ) dos indivíduos foram classificados como hiperlordóticos pelo AF ajustado apresentando um resultado falso positivo, pois o AC os classificou como normais. Em relação a  $f$ , 9 (10,11%) indivíduos foram

classificados como normais, ao mesmo tempo em que o AC os classificou como hiperlordóticos, correspondendo a um resultado falso negativo da medida.



**Figura 7** - Correlação entre o ângulo Cobb (AC) e o ângulo da flecha (AF) ajustado (a) e a  $f$  (b) na região lombar com os limites de normalidade demarcados por linhas pontilhadas, onde a região “A” do gráfico representa o mesmo resultado obtido em ambas os métodos; “B” representa resultados falso positivo; e “C” representa os falsos negativos.

### 2.3.3 Reprodutibilidade: ICC, SEM, MDC e MAD do AC, AF ajustado e da $f$

Os valores de ICC referentes ao AF e à  $f$  foram sempre maiores do que os encontrados para o padrão-ouro, tanto intra quanto interavaliadores na região torácica (Tabela 5).

**Tabela 5** - Reprodutibilidade intra e interavaliador do ângulo Cobb (AC), ângulo da flecha ajustado (AF) e do valor linear da flecha ( $f$ ) referente à região torácica (n=90).

	ICC (IC 95%)	
	Intra-avaliador	Interavaliador
<b>AC</b>	0,771* (0,671-0,843)	0,758* (0,686-0,820)
<b>AF</b>	0,880* (0,824-0,920)	0,854* (0,806-0,895)
<b><math>f</math></b>	0,910* (0,866-0,940)	0,877* (0,836-0,912)

\*p<0,001

Em relação à região lombar, os valores de ICC referentes ao AF ajustado e à  $f$  foram semelhantes aos encontrados para o padrão-ouro (Tabela 6).

**Tabela 6** - Reprodutibilidade intra e interavaliador do ângulo Cobb (AC), ângulo da flecha ajustado (AF) e do valor linear da flecha ( $f$ ) referente à região lombar (n=89).

	ICC (IC 95%)	
	Intra-avaliador	Interavaliador
<b>AC</b>	0,878* (0,764-0,891)	0,765* (0,695-0,827)
<b>AF</b>	0,828* (0,749-0,884)	0,747* (0,672-0,812)
<b><math>f</math></b>	0,804* (0,717-0,867)	0,732* (0,655-0,801)

\*p<0,001



A Tabela 7 mostra os valores de SEM e MDC para o AC, AF ajustado e a *f*. Nota-se que tanto o SEM, quanto o MDC do AF ajustado foram sempre menores do que do AC, tanto para a região torácica, quanto para a lombar.

**Tabela 7** - Valores de SEM e MDC para o ângulo Cobb (AC), ângulo da flecha (AF) e o valor linear da flecha (*f*) referente à região torácica (n=90) e lombar (n=89).

	AC		AF		<i>f</i>	
	SEM	MDC	SEM	MDC	SEM	MDC
<b>Região torácica</b>						
Intra-avaliador	4,77°	9,34°	2,52°	4,95°	0,30 cm	0,58 cm
Interavaliador	5,21°	10,20°	2,97°	5,81°	0,36 cm	0,71 cm
<b>Região lombar</b>						
Intra-avaliador	3,84°	7,52°	3,01°	5,91°	0,29 cm	0,56 cm
Interavaliador	4,34°	8,51°	3,60°	7,06°	0,34 cm	0,66 cm

A Tabela 8 apresenta os valores da média absoluta das diferenças (MAD) obtidas entre as avaliações utilizando AC e AF ajustado para região torácica e lombar referentes à reprodutibilidade intra e interavaliador, sendo os valores referentes ao AF ajustado, sempre menores do que os encontrados com o AC, demonstrando menor variabilidade do método proposto.

**Tabela 8** – Média absoluta das diferenças (MAD) entre as avaliações para reprodutibilidade intra e interavaliador de AC e AF ajustado para região torácica e lombar.

Aspecto avaliado	MAD±DP	≤5° n	6°a10° n	>10° n
<b>Região Torácica</b>				
<b>ÂC</b>				
Reprodutibilidade intra-avaliador	5,8°±4,2°	48	30	12
Reprodutibilidade interavaliador	5,6°±2,9°	42	43	5
<b>AF ajustado</b>				
Reprodutibilidade intra-avaliador	3°±2,4°	74	16	0
Reprodutibilidade interavaliador	3,1°±2,1°	76	14	0
<b>Região Lombar</b>				
<b>ÂC</b>				
Reprodutibilidade intra-avaliador	3,4°±3,6°	76	8	5
Reprodutibilidade interavaliador	4,3°±3,5°	62	22	5
<b>AF ajustado</b>				
Reprodutibilidade intra-avaliador	1,6°±1,5°	88	1	0
Reprodutibilidade interavaliador	3,7°±2,6°	68	21	0

## 2.4 DISCUSSÃO

Os resultados de validação da nova proposta de interpretação radiológica apontam que: existe significativa correlação entre AC e AF ajustado, sendo que o baixo Erro RMS determina boa acurácia do método proposto para a obtenção do

ângulo da cifose torácica e da lordose lombar; tanto o AF ajustado quanto a  $f$  classificaram a maior parte dos indivíduos como normais ou com aumento da curvatura, tal qual o padrão ouro; a reprodutibilidade intra e interavaliador do AF ajustado e da  $f$  foram excelentes; e os valores de SEM, MDC e MAD do AF ajustado foram menores em relação aos valores do AC, reportando menor erro e menor variabilidade de medidas do método proposto.

No que tange à validação de alternativas para interpretação radiológica da coluna vertebral no plano sagital, Briggs *et al.* (2007), Gardocki; Watkins; Williams (2002), Pinel-Giroux *et al.* (2006), Goh *et al.* (2000) e Mac Thiong *et al.* (2007) encontraram valores de correlação considerados fortes e muito fortes entre os métodos que propuseram e o ângulo Cobb. Embora os estudos de Briggs *et al.* (2007) e Goh *et al.* (2000) tenham baseado suas metodologias nos corpos vertebrais, a preocupação desses autores foi desenvolver uma nova metodologia de formação angular para reduzir os erros do método Cobb e minimizar as perdas, que segundo eles, variam de 30 a 40% de exames de Raios-X em função da má qualidade da imagem (Briggs *et al.*, 2007; Goh *et al.*, 2000), fato que foi confirmado no atual estudo, em que cerca de 15% dos exames de Raios-X não puderam ser examinados em função da baixa qualidade da imagem ao se avaliar o segmento T1.

A análise da concordância entre AC e AF ajustado (Figura 4a e 4b) demonstrou que a diferença média entre os dois métodos foi de  $0^\circ$ , com variabilidade de  $\pm 12,4^\circ$  na região torácica e  $\pm 13,9^\circ$  na região lombar (limite de concordância referente a  $\pm 2DP$ ) e que somente sete (6,3%) indivíduos na região torácica e dois (2,3%) na região lombar não foram enquadrados dentro desses limites. Esses resultados sinalizam que o AF ajustado é clinicamente válido para avaliação das curvaturas sagitais da coluna vertebral, já que, tradicionalmente, tem se considerado como valores clinicamente aceitáveis na análise de reprodutibilidade do padrão ouro, variabilidades de  $5^\circ$  a  $10^\circ$  (Carman; Browne; Birch, 1990; Gross; Gross; Kuschner, 1983; Andreasen *et al.*, 2007), valores aproximados aos do presente estudo, pois caso fosse considerado apenas um desvio padrão, a variabilidade do AF seria de  $6,2^\circ$  e  $6,9^\circ$  para a região torácica e lombar, respectivamente.

Corroborando com essa análise de concordância baseada no método gráfico de Bland e Altman (1986; 1995), o teste t demonstrou que não houve diferença entre

as medidas e o valor aceitável de Erro RMS encontrado atesta a acurácia do método proposto para avaliação da cifose torácica e da lordose lombar, mesmo que o Coeficiente de Morgan-Pitman tenha demonstrado a existência de variância entre os métodos na região torácica. Atribui-se a essa variância na região torácica às diferentes abordagens de cada método (enquanto o AC é proveniente do comportamento dos corpos vertebrais, o AF é proveniente dos processos espinhosos) e ao fato de que existe uma grande inclinação dos processos espinhosos em relação aos corpos vertebrais nessa região. Do mesmo modo, a menor variância encontrada na região lombar também pode ser creditada à menor inclinação dos processos espinhosos dessa região em relação aos corpos vertebrais (Gilad; Nissan, 1985), logo entende-se que essa morfologia, típica da região lombar, favorece uma relação mais estreita entre as duas abordagens (AC e AF ajustado). Mas, independente da variância, acredita-se que o conjunto de análises realizado pode assegurar a validade do método proposto para avaliação da região torácica e lombar da coluna vertebral de crianças.

Partindo dos valores do AC, foram determinados os parâmetros de referência para o AF ajustado e para a  $f$  para a curvatura torácica (Figura 6) e lombar (Figura 7). Na região torácica, o AF ajustado e a  $f$  classificaram 77,8% dos indivíduos como normais e como hipercifóticos, tal como o padrão ouro, enquanto que na região lombar o AF ajustado e a  $f$  classificaram 56,18% e 89,89% dos indivíduos corretamente, de acordo com a classificação do ângulo Cobb (Bernhardt; Bridwell, 1989; Goh *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2012). Entretanto, o AF ajustado e a  $f$  classificaram 7,77% e 6,66% dos indivíduos na região torácica, já na região lombar a  $f$  não demonstrou resultados falsos positivos, porém o AF ajustado apresentou 42,69% desse resultado na região referida. Ou seja, nesse caso o padrão ouro classificou os indivíduos como doentes, enquanto o método proposto os classificou como normais. Quanto aos resultados falsos negativos, a  $f$  classificou 15,5% dos indivíduos nesta categoria, e o AF ajustado classificou 14,4% dos indivíduos na região torácica, enquanto que, na região lombar, o AF ajustado e a  $f$  classificaram, respectivamente, 1,12% e 10,11% dos indivíduos dessa maneira. Por conseguinte, recomenda-se cautela ao utilizar o AF ajustado para classificar a postura da coluna lombar como alterada, já que o padrão ouro poderia classificá-la como normal.

Salienta-se que nos demais estudos que apresentaram métodos alternativos ao Cobb, nenhum apresentou resultados referentes a capacidade diagnóstica dos

métodos, ou seja, referente a sensibilidade e especificidade para comparação destes resultados.

Ainda, observando as Figuras 6 e 7 nota-se que a maioria dos indivíduos não apresentava qualquer alteração na coluna vertebral, ou seja, estavam dentro dos valores de referência para a normalidade. Entende-se essa como uma limitação do presente estudo, ou seja, o método proposto carece ainda de investigação em crianças com maiores alterações para mapear o comportamento do AF ajustado e da *f*. Não obstante, entende-se, que o método proposto (AF ajustado e *f*) gera informações robustas o suficiente para ser utilizado como ferramenta de avaliação clínica, salvo em indivíduos que apresentarem deformações aberrantes na coluna vertebral.

Em geral, cada um dos métodos validados apresentados na literatura, como o Centróide, Círculos Tangenciais, Cobb alternativo ou Raio da curvatura, também apresenta algum tipo de limitação e enumera as suas vantagens. Os métodos Centróide (Briggs *et al.*, 2007), Cobb alternativo ou Raio da curvatura (Goh *et al.*, 2000) são os mais indicados em pessoas com aumento de curvatura torácica ou em casos de osteoporose ou Doença de Scheuermann que apresentam deformações nos platôs. Hwang *et al.* (2010) indicam a utilização do método das Tangentes posteriores em casos de instabilidade espinhal, como em espondilolistes e o método dos Círculos Tangenciais é indicado no caso de radiografias de difícil visualização das estruturas ósseas envolvidas (Pinel-Giroux *et al.*, 2006).

De fato, a visualização dos segmentos na região torácica tem sido sistematicamente uma preocupação e, possivelmente por esse motivo, vários autores tem defendido a utilização de vértebras pré-determinadas como parâmetros superiores e inferiores para formação angular, como exemplo, entre T4-T9 (Goh *et al.*, 2000), T4-T12 (Goh *et al.*, 2000), T5-T12 (Propst-Proctor; Bleck, 1983) ou L1-L5 (Chen, 1999). Se, por um lado essa delimitação favorece a avaliação realizada nos exames de Raios-X por diferentes profissionais, por outro lado também tem sido questionada, uma vez que as curvaturas sagitais deveriam ser vistas de forma mais ampla e, segundo Pinel-Giroux *et al.* (2006) a determinação de vértebras fixas é uma grande limitação dessa avaliação. Ainda, na região lombar tem sido preconizado que a avaliação deveria considerar a lordose lombossacra, ou seja, utilizar os segmentos mais superiores e mais inferiores, como o sacro para formação angular (Gilad; Nissan, 1985), já que o segmento L5-S1 é responsável por 60% da curvatura

lordótica da região lombar (Damasceno *et al.*, 2006). Portanto, ao contemplar os dois lados desse problema, ou seja, assumir níveis vertebrais amplos e pré-determinados, o presente estudo optou por utilizar os níveis vertebrais de C7-L1 para região torácica e T11-S2 para região lombar, amparado por uma análise estatística que demonstrou quais os níveis apresentaram melhores resultados de reprodutibilidade e validade (Tabela 1, Apêndices 1 e 2).

Os resultados referentes à reprodutibilidade intra e interavaliador do AF ajustado e da *f* demonstraram excelentes valores de ICC (Tabela 5), inclusive melhores do que os encontrados para o AC, corroborando com os resultados de outros estudos (Briggs *et al.*, 2007; Chanplakorn *et al.*, 2011; Gardocki; Watkins; Williams, 2002; Harrison *et al.*, 2001; Harrison *et al.*, 2001; Hicks *et al.*, 2006; Hong *et al.*, 2010; Hwang *et al.*, 2010; Jackson *et al.*, 2000; Lee *et al.*, 2013; Mac Thiong *et al.*, 2007; Pinel-Giroux *et al.*, 2006; Polly *et al.*, 1996; Troyanovich *et al.*, 1998) que também encontraram superioridade de seus métodos em relação ao ângulo Cobb. Credita-se aos piores resultados de ICC na região torácica dos estudos supracitados, em relação ao atual estudo, o fato de que para formação do AC é necessário a visualização dos corpos vertebrais de T1, região que apresenta interposição de segmentos ósseos. Ou seja, nessa região é difícil a visualização para marcação dos pontos, o que pode explicar a menor correlação das medidas entre os avaliadores. Por outro lado, os processos espinhosos de C7, opção do atual estudo, são segmentos mais fáceis de visualizar nas imagens dos exames de Raios-X, o que pode ter refletido na melhor reprodutibilidade do AF ajustado e da *f*.

O ICC é um indicador importante de correlação de medidas entre diferentes e entre o mesmo avaliador. Porém, deve ser analisado em conjunto com o SEM e MDC, pois o método pode apresentar ICC excelente, mas associado a altos valores de SEM e MDC. No presente estudo foram encontrados baixos valores de SEM e MDC para o AF ajustado e a *f*. Ainda, tanto o SEM quanto o MDC foram menores em relação ao AC (Tabela 7). Resultado semelhante foi encontrado por Briggs *et al.* (2007), na região torácica, onde o padrão ouro também apresentou maiores valores de SEM do que o método proposto pelos autores. Na região lombar, Hwang *et al.* (2010), Hicks *et al.* (2006) e Troyanovich *et al.* (1995) analisaram o ângulo de Cobb entre L1-L5 e encontraram valores de SEM inferiores a 2° e atribuíram esse resultado à melhor visualização de L5 nos exames de Raios-X, pela inexistência de interposições ósseas, diferentemente do que ocorre na visualização de S1

(Andreasen *et al.*, 2007). Já quando o ângulo de Cobb entre T12-S1 foi analisado, Troyanovich *et al.* (1998) encontram maiores valores de SEM intra-avaliador, variando de 1,99° a 3,32° e interavaliador de 2,67° a 3,78°, valores semelhantes aos do atual estudo (Tabela 7).

A análise da variabilidade das medidas do AF ajustado pela MAD (Tabela 8) permitiu auxiliar no entendimento do quanto a medida das curvaturas sagitais da coluna vertebral pode ser clinicamente significativa ou deveria ser questionada. Na Tabela 8 observa-se que os valores do padrão ouro (AC) sempre apresentaram maior variabilidade do que os do AF ajustado em relação à região torácica, tal qual o resultado de estudos anteriores (Mac Thiong *et al.*, 2007 e Pinel-Giroux *et al.*, 2006). Além disso, no presente estudo, as MADs do AF ajustado também foram menores que os valores encontrados pelos métodos propostos na literatura (Mac Thiong *et al.*, 2007 e Pinel-Giroux *et al.*, 2006).

Em relação à região lombar, na Tabela 8 nota-se que as MADs do AC foram semelhantes aos valores encontrados por Chen (1999), onde a MAD foi de 2,2° e 4,8°; por Hong *et al.* (2010), de 3,07° e 4,14°; e por Lee *et al.* (2013) de 3,3° e 4,4°, para a reprodutibilidade intra e interavaliador do padrão ouro, respectivamente. No presente estudo, as MADs do AF ajustado apresentaram menor variabilidade em relação ao padrão ouro, o que sinaliza que o método proposto é robusto o suficiente para a avaliação da lordose lombar, sendo que a pequena variabilidade encontrada entre as medidas dos dois dias de avaliação ou dos três avaliadores encontra-se dentro da faixa descrita na literatura para o padrão ouro, podendo, portanto, ser utilizado sem restrição em reavaliações da coluna torácica e lombar de crianças.

Em suma, tanto o AF ajustado quanto a  $f$  apresentam concordância com o padrão ouro, além de melhores resultados de reprodutibilidade, menor erro e variabilidade das medidas. Esses resultados indicam que sua utilização é segura e confiável para avaliações e reavaliações da coluna vertebral, pelo mesmo ou por diferentes profissionais. Cabe ressaltar que o método foi testado em curvaturas variando de 25,6° à 68,3° Cobb para região torácica e 24,95° à 73,90° Cobb para região lombar, de modo que não se conhece como a metodologia se comportaria em curvaturas nos valores extremos, bem como em outras populações como adultos, idosos ou em indivíduos com patologias diversas.

## 2.5 CONCLUSÃO

A partir dos resultados expostos, concluímos que o AF ajustado e a  $f$  são válidos para avaliação da cifose torácica e da lordose lombar de crianças, sendo que a forte correlação com o ângulo de Cobb e o baixo erro RMS demonstram a acurácia do método proposto.

Ainda, ambos os AF e a  $f$  apresentam bons a excelentes valores de reprodutibilidade (intra e interavaliador), que associados aos baixos valores de SEM, MDC e MAD, indicam que o método proposto pode ser considerado uma ferramenta confiável para a obtenção dos ângulos da cifose torácica e lordose lombar, seja por um mesmo avaliador ou por avaliadores diferentes, bem como em diferentes momentos de avaliação. Entratanto ressalta-se que o método ainda não foi testado em curvaturas da coluna com valores extremos.

## REFERÊNCIAS

- <sup>1</sup> ANDREASEN, M. L. *et al.*. Reproduction of the lumbar lordosis: a comparison of standing radiographs versus supine magnetic resonance imaging obtained with straightened lower extremities. **J Manipulative Physiol Ther**, v. 30, n. 1, p. 26-30, Jan 2007. ISSN 0161-4754.
- <sup>2</sup> BERNHARDT, M.; BRIDWELL, K. H. Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction. **Spine**, v. 14, n. 7, p. 717-721, 1989.
- <sup>3</sup> BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement. **Lancet**, v.1, n.8476, p.307–10, 1986.
- <sup>4</sup> BLAND, J. M.; ALTMAN, D. G. Comparing methods of measurement: why plotting difference against standard method is misleading. **Lancet**, London, v.346, n. 8982, p.1085-1087, out. 1995.
- <sup>5</sup> BRIGGS, A. M.. *et al.*. Radiographic measures of thoracic kyphosis in osteoporosis: Cobb and vertebral centroid angles. **Skeletal Radiol**, v. 36, n. 8, p. 761-7, Aug 2007. ISSN 0364-2348 (Print) 0364-2348.
- <sup>6</sup> CHANPLAKORN, P.. *et al.*. Lumbopelvic alignment on standing lateral radiograph of adult volunteers and the classification in the sagittal alignment of lumbar spine. **European Spine Journal**, v. 20, n. 5, p. 706-712, 2011. Disponível em: <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-79956204350&partnerID=40&md5=0f8dd3115449aa5f7bade6547b1850e5> >.
- <sup>7</sup> CHEN, Y. L. Vertebral centroid measurement of lumbar lordosis

compared with the Cobb technique. **Spine**, v. 24, n. 17, p. 1786-1790, 1999. Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0033200381&partnerID=40&md5=139e8d2e73ee53872a2fed700b6d24cd> >.

<sup>8</sup> CARMAN, D. L.; BROWNE, R. H.; BIRCH, J. G. Measurement of scoliosis and kyphosis radiographs. Intraobserver and interobserver variation. **The Journal of Bone & Joint Surgery** 1990, 72(3):328-333.

<sup>9</sup> CALLEGARI-JACQUES, Sidia M. **Bioestatística: princípios e aplicações**. Artmed, 2007..

<sup>10</sup> DAMASCENO, L. H. F.. *et al.*. Lumbar Lordosis: a study of angle values and of vertebral bodies and intervertebral discs role. **Acta Ortop Bras**. V. 14, n. 4, 2006.

<sup>11</sup> DENEGAR, C. R.; DONALD, W. B. Assessing reliability and precision of measurement: na introduction to Intraclass and Standart Error of Measurement. **Journal of Sport Rehabilitation**, v.2, p.35-42, 1993.

<sup>12</sup> GARDOCKI, R. J.; WATKINS, R. G.; WILLIAMS, L. A. Measurements of lumbopelvic lordosis using the pelvic radius technique as it correlates with sagittal spinal balance and sacral translation. **Spine Journal**, v. 2, n. 6, p. 421-429, 2002. Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0642378501&partnerID=40&md5=990518a53ea6af3252666cc0d3cebd03> >.

<sup>13</sup> GILAD, I.; NISSAN, M. Sagittal evaluation of elemental geometrical dimensions of human vertebrae. **J. Anat.** v 143, P 115-120, 1985.

<sup>14</sup> GIOVANNI, J. R.; CATRUCCI, B. **A conquista da matemática, 8º ano**. Ed renovada – São Paulo: FTD, 2009.

<sup>15</sup> GOH, S.. *et al.*. A comparison of three methods for measuring thoracic kyphosis: implications for clinical studies. **Rheumatology (Oxford)**, v. 39, n. 3, p. 310-5, Mar 2000. ISSN 1462-0324 (Print) 1462-0324.

<sup>16</sup> GROSS, C.; GROSS, M.; KUSCHNER, S. Error analysis of scoliosis curvature measurement. **Bulletin of the Hospital for Joint Diseases Orthopaedics Institute** v. XLIII, p.171–7, 1983.

<sup>17</sup> HARRISON, D. E.. *et al.*. Radiographic analysis of lumbar lordosis: centroid, Cobb, TRALL, and Harrison posterior tangent methods. **Spine**, v. 26, n. 11, p. e235-e242, 2001.

<sup>18</sup> HARRISON, D. E.. *et al.*. Reliability of centroid, Cobb, and Harrison posterior tangent methods: which to choose for analysis of thoracic kyphosis. **Spine**, v. 26, n. 11, p. e227-e234, 2001.

<sup>19</sup> HICKS, G. E.. *et al.*. Measurement of lumbar lordosis: inter-rater reliability, minimum detectable change and longitudinal variation. **J Spinal Disord Tech**, v. 19, n. 7, p. 501-6, Oct 2006. ISSN 1536-0652 (Print) 1536-0652.



- <sup>20</sup> HONG, J. Y.. *et al.*. Reliability analysis for radiographic measures of lumbar lordosis in adult scoliosis: a case-control study comparing 6 methods. **Eur Spine J**, v. 19, n. 9, p. 1551-7, Sep 2010. ISSN 0940-6719.
- <sup>21</sup> HWANG, J. H.. *et al.*. Reliability of lumbar lordosis measurement in patients with spondylolisthesis: a case-control study comparing the Cobb, centroid, and posterior tangent methods. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 35, n. 18, p. 1691-700, Aug 15 2010. ISSN 0362-2436.
- <sup>22</sup> JACKSON, R. P. *et al.*. Lumbopelvic lordosis and pelvic balance on repeated standing lateral radiographs of adult volunteers and untreated patients with constant low back pain. **Spine (Phila Pa 1976)**, v. 25, n. 5, p. 575-86, Mar 1 2000. ISSN 0362-2436 (Print) 0362-2436.
- <sup>23</sup> LEE, C. S. *et al.*. Analysis of sagittal spinal alignment in 181 asymptomatic children. **J Spinal Disord**, v. 25, n. 8, p. E259-E263, 2012.
- <sup>24</sup> LEE, J. S. *et al.*. Radiographic measurement reliability of lumbar lordosis in ankylosing spondylitis. **Eur Spine J**, v. 22, n. 4, p. 813-8, Apr 2013. ISSN 0940-6719.
- <sup>25</sup> LEROUX, M. A. *et al.*. A noninvasive anthropometric technique for measuring kyphosis and lordosis. **Spine**, v. 25, n. 5, p. 1689-1694, 2000.
- <sup>26</sup> MAC THIONG, J. M. *et al.*. Comparison between constrained and non-constrained Cobb techniques for the assessment of thoracic kyphosis and lumbar lordosis. **European Spine Journal**, v. 16, n. 9, p. 1325-1331, 2007. Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-34548582179&partnerID=40&md5=16492b44432de22f54045d841426c2e8> >.
- <sup>27</sup> MELLO e CUNHA, G. N. **Curso de Desenho Geométrico e Elementar**. São Paulo: Livraria Francisco Alves, 1951, 460p.
- <sup>28</sup> OLIVEIRA, T. S. *et al.*. Validity and reproducibility of themeasurements obtained using the Flexicurve instrument to evaluate the angles of thoracic and lumbar curvatures of the spine in the sagittal plane. **Rehabilitation Research and Practice**. 2012
- <sup>29</sup> PINEL-GIROUX, F. M.. *et al.*. Computerized assessment of sagittal curvatures of the spine: Comparison between Cobb and tangent circles techniques. **Journal of Spinal Disorders and Techniques**, v. 19, n. 7, p. 507-512, 2006. Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-33749530208&partnerID=40&md5=385411a202a6b57e1795b7415b0a544f> >.
- <sup>30</sup> POLLY, D. W.. *et al.*. Measurement of lumbar lordosis. Evaluation of intraobserver, interobserver, and technique variability. **Spine**, v. 21, n. 13, p. 1530-1536, 1996. Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-8944250221&partnerID=40&md5=2970f520e21fe63ef13a713ea8d85e64> >.

- <sup>31</sup> PROPST-PROCTOR S. L.; BLECK E. E. Radiographic determination of lordosis and kyphosis in normal and scoliotic children. **J Pediatr Orthop**. V. 3, n. 3, p. 343-6, 1983.
- <sup>32</sup> SHROUT, P. E.; FLEISS, J. L. Intraclass correlations: uses in assessing rater reliability. **Psychological bulletin**, v. 86, n. 2, p. 420, 1979.
- <sup>33</sup> TAYYAB, N. A.. *et al.*. The reliability and diagnostic value of radiographic criteria in sagittal spine deformities. Comparison of the vertebral wedge ratio to the segmental Cobb angle. **Spine**, v. 32, n. 16, p. 451-9, 2007.
- <sup>34</sup> TROYANOVICH, S. J.. *et al.*. Further analysis of the reliability of the posterior tangent lateral lumbar radiographic mensuration procedure: Concurrent validity of computer- aided X-ray digitization. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**, v. 21, n. 7, p. 460-467, 1998. Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0031716663&partnerID=40&md5=1aef0113e2864336139c86e27b12c14e> >.
- <sup>35</sup> TROYANOVICH, S. J.. *et al.*. Intra- and interexaminer reliability of the chiropractic biophysics lateral lumbar radiographic mensuration procedure. **J Manipulative Physiol Ther**, v. 18, n. 8, p. 519-24, Oct 1995. ISSN 0161-4754 (Print) 0161-4754.
- <sup>36</sup> ROUSSOULY, P.; NNADI, C. "Sagittal plane deformity: an overview of interpretation and management. **Eur Spine J**, v. 19, n. 11, p. 1824-1836, 2010.

## 2.7 APÊNDICES

### 2.7.1 APÊNDICE 1 – Análise referente à região torácica

**Tabela 1** – Coeficiente de Pearson entre as combinações de níveis vertebrais de AF e AC da região torácica. Análise realizada com as médias de todos os avaliadores.

TORÁCICA (n=90)	AC T5-T12	AF C6-T11	AF C6-T12	AF C6-L1	AF C7-T11	AF C7-T12	AF C7-L1	AF T1-T11	AF T1-T12	AF T1-L1
AC T1-T12	0,733*	-0,738*	-0,779*	-0,792*	-0,715*	-0,749*	-0,763*	-0,680*	-0,709*	-0,714*
AC T5-T12	1*	-0,579*	-0,674*	-0,718*	-0,611*	-0,687*	-0,736*	-0,630*	-0,690*	-0,733*

\*p<0,001

**Tabela 2** – Coeficiente de Pearson entre as combinações de níveis vertebrais de AF e AC da região torácica. Análise realizada com a média dos valores do Avaliador 1.

TORÁCICA (n=90)	AC T5-T12	AF C6-T11	AF C6-T12	AF C6-L1	AF C7-T11	AF C7-T12	AF C7-L1	AF T1-T11	AF T1-T12	AF T1-L1
AC T1-T12	0,733*	-0,449*	-0,676*	-0,709*	-0,582*	-0,628*	-0,663*	-0,535*	-0,575*	-0,600*
AC T5-T12	1*	-0,380*	-0,624*	-0,688*	-0,557*	-0,632*	-0,697*	-0,563*	-0,633*	-0,689*

\*p<0,001

**Tabela 3** – Coeficiente de Pearson entre as combinações de níveis vertebrais de AF e AC da região torácica. Análise realizada com os valores do Avaliador 2.

TORÁCICA (n=90)	AC T5-T12	AF C6-T11	AF C6-T12	AF C6-L1	AF C7-T11	AF C7-T12	AF C7-L1	AF T1-T11	AF T1-T12	AF T1-L1
AC T1-T12	-0,646*	-0,640*	-0,696*	-0,698*	-0,663*	-0,693*	-0,692*	-0,619*	-0,654*	-0,647*
AC T5-T12	1*	-0,470*	-0,605*	-0,637*	-0,527*	-0,621*	-0,652*	-0,519*	-0,614*	-0,639*

\*p<0,001

**Tabela 4** – Coeficiente de Pearson entre as combinações de níveis vertebrais de AF e AC da região torácica. Análise realizada com os valores do Avaliador 3.

TORÁCICA (n=90)	AC T5-T12	AF C6-T11	AF C6-T12	AF C6-L1	AF C7-T11	AF C7-T12	AF C7-L1	AF T1-T11	AF T1-T12	AF T1-L1
AC T1-T12	0,622*	-0,654*	-0,617*	-0,700*	-0,636*	-0,668*	-0,679*	-0,594*	-0,629*	-0,637*
AC T5-T12	1*	-0,444*	-0,483*	-0,601*	-0,443*	-0,531*	-0,599*	-0,454*	-0,521*	-0,584*

\*p<0,001

**Tabela 5** – Coeficiente de Correlação Intraclasse (realizado com a 1ª e 2ª avaliações do Av 1) e inter avaliadores (realizado com as médias de todas as medidas de todos os avaliadores) entre todas as combinações de níveis vertebrais de AF e AC na região torácica.

<b>TORÁCICA (n=90)</b>	Reprodutibilidade intra avaliador ICC (IC 95%)	Reprodutibilidade inter avaliador ICC (IC 95%)
AC T1-T12	0,771* (0,671-0,843)	0,758* (0,686-0,820)
AC T5-T12	0,799* (0,709-0,863)	0,794* (0,731-0,849)
AF C6-T11	0,804* (0,717-0,866)	0,761* (0,690-0,823)
AF C6-T12	0,850* (0,781-0,899)	0,784* (0,718-0,841)
AF C6-L1	0,882* (0,827-0,921)	0,861* (0,815-0,899)
AF C7-T11	0,804* (0,717-0,867)	0,757* (0,685-0,820)
AF C7-T12	0,848* (0,778-0,897)	0,821* (0,764-0,869)
AF C7-L1	0,880* (0,824-0,920)	0,854* (0,806-0,895)
AF T1-T11	0,705* (0,583-0,795)	0,699* (0,616-0,773)
AF T1-T12	0,781* (0,685-0,850)	0,778* (0,711-0,836)
AF T1-L1	0,831* (0,754-0,886)	0,819* (0,761-0,868)

\*p<0,001

## 2.7.2 APÊNDICE 2 – Análise referente à região lombar

**Tabela 2** – Coeficiente de Pearson entre as combinações de níveis vertebrais de AF e AC da região lombar. Análise realizada com as médias de todos os avaliadores.

<b>LOMBAR (n=89)</b>	AC L1-S1	AF T11-L5	AF T11-S1	AF T11-S2	AF T12-L5	AF T12-S1	AF T12-S2	AF L1-L5	AF L1-S1	AF L1-S2
AC L1-L5	0,845*	-0,443*	-0,512*	-0,613*	-0,388*	-0,462*	-0,540*	-0,310*	-0,378*	-0,318
AC L1-S1	1*	-0,407*	-0,486*	-0,654*	-0,352	-0,438*	-0,590*	-0,283	-,0368*	-0,403*

\*p<0,001

**Tabela 2** – Coeficiente de Pearson entre as combinações de níveis vertebrais de AF e AC da região lombar. Análise realizada com a média dos valores do Avaliador 1.

<b>LOMBAR (n=89)</b>	AC L1-S1	AF T11-L5	AF T11-S1	AF T11-S2	AF T12-L5	AF T12-S1	AF T12-S2	AF L1-L5	AF L1-S1	AF L1-S2
AC L1-L5	0,772*	-0,443*	-0,512*	-0,613*	-0,388*	-0,462*	-0,540*	-0,309*	-0,377*	-0,415*
AC L1-S1	1*	-0,364*	-0,474*	-0,631*	-0,311	-0,432*	-0,572*	-0,239*	-0,363*	-0,438*

\*p<0,001

**Tabela 3** – Coeficiente de Pearson entre as combinações de níveis vertebrais de AF e AC da região lombar. Análise realizada com os valores do Avaliador 2.

<b>LOMBAR (n=89)</b>	AC L1-S1	AF T11-L5	AF T11-S1	AF T11-S2	AF T12-L5	AF T12-S1	AF T12-S2	AF L1-L5	AF L1-S1	AF L1-S2
AC L1-L5	0,736*	-0,378*	-0,401*	-0,516*	-0,348	-0,370*	-0,463*	-0,294	-0,317	-0,400*
AC L1-S1	1*	-0,404*	-0,392*	-0,540*	-0,369*	-0,360	-0,492*	-0,326	-0,305	-0,436*

\*p<0,001

**Tabela 4** – Coeficiente de Pearson entre as combinações de níveis vertebrais de AF e AC da região lombar. Análise realizada com os valores do Avaliador 3.

<b>LOMBAR (n=89)</b>	AC L1-S1	AF T11-L5	AF T11-S1	AF T11-S2	AF T12-L5	AF T12-S1	AF T12-S2	AF L1-L5	AF L1-S1	AF L1-S2
AC L1-L5	0,853*	-0,502*	-0,528*	-0,554*	-0,472*	-0,497*	-0,511*	-0,437*	-0,461*	-0,441*
AC L1-S1	1*	-0,479*	-0,583*	-0,640*	-0,452*	-0,559*	-0,604*	-0,412*	-0,528*	-0,546*

\*p<0,001

**Tabela 5** – Coeficiente de Correlação Intraclasse (realizado com a 1ª e 2ª avaliações do Av 1) e inter avaliadores (realizado com as médias de todas as medidas de todos os avaliadores) entre todas as combinações de níveis vertebrais de AF e AC na região lombar.

<b>LOMBAR (n=89)</b>	ICC intra (IC 95%)	ICC inter (IC 95%)
AC L1-L5	0,839* (0,764-0,891)	0,765* (0,695-0,827)
AC L1-S1	0,878* (0,820-0,918)	0,836* (0,782-0,881)
AFT11-L5	0,506* (0,333-0,645)	0,555* (0,454-0,654)
AF T11-S1	0,765* (0,663-0,839)	0,631* (0,537-0,719)
AF T11-S2	0,828* (0,749-0,884)	0,747* (0,672-0,812)
AF T12-L5	0,507* (0,335-0,646)	0,555* (0,453-0,654)
AF T12-S1	0,759* (0,655-0,835)	0,622* (0,527-0,711)
AF T12-S2	0,838* (0,763-0,890)	0,749* (0,675-0,814)
AF L1-L5	0,502 *(0,329-0,642)	0,517* (0,413-0,621)
AF L1-S1	0,726* (0,610-0,811)	0,582* (0,483-0,677)
AF L1-S2	0,444* (0,261-0,596)	0,497* (0,391-0,603)

\*p<0,001

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados do Capítulo 1, caracterizado como estudo de revisão sistemática, que tinha como objetivo investigar os métodos de avaliação das curvaturas sagitais da coluna vertebral em exames de Raios-X descritos em estudos observacionais, conclui-se que os métodos Centroide, Círculos Tangenciais, Cobb alternativo T4-T9, Raio da Curvatura, Cobb não constricto e PR-L1 apresentaram forte correlação com o padrão ouro, permitindo uma avaliação angular alternativa válida da coluna vertebral no plano sagital. Quanto aos aspectos de reprodutibilidade ou repetibilidade, os métodos Centroide, Tangente posterior e TRALL demonstraram iguais ou melhores valores de reprodutibilidade e menor variabilidade de medidas quando comparados ao ângulo Cobb. Com base nisso, sugere-se que a sua utilização se restrinja ao acompanhamento clínico, já que não possuem informações quanto a sua validação, não sendo indicados para o diagnóstico das medidas.

O Capítulo 2 apresenta o estudo de validação e reprodutibilidade de uma nova metodologia, cuja base de avaliação da coluna é os processos espinhosos ao invés dos corpos vertebrais, como os outros métodos descritos na literatura, dentre eles a metodologia do ângulo Cobb. Em função das críticas descritas em relação ao último, somada à necessidade de subsidiar a avaliação postural não invasiva no plano sagital que utiliza a superfície da pele, como a fotogrametria, por exemplo, cujos segmentos utilizados como referencia para a avaliação são os processos espinhosos, foi desenvolvido o presente estudo. Portanto, o método proposto nesse estudo propõe o cálculo dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar, no exame de Raios-X de crianças, tomando por base os processos espinhosos das vertebrae.

A partir dos resultados apresentados no Capítulo 2, conclui-se que a metodologia proposta, ou seja, o AF ajustado e a  $f$  podem ser utilizados tanto no diagnóstico, quanto no acompanhamento clínico das alterações posturais da coluna vertebral de crianças, pois apresentam concordância e forte correlação com o padrão ouro, bem como adequados índices de reprodutibilidade intra e interavaliador, que aliados ao baixo erro RMS e a pequena variabilidade das medidas indicam que o método possui acurácia e precisão.

## **LIMITAÇÕES E DIFICULDADES DO ESTUDO**

A principal limitação do presente estudo foi o pequeno espectro de alterações das curvaturas avaliadas, já que a grande maioria das crianças que compuseram a amostra apresentavam magnitudes dentro do padrão de normalidade da cifose torácica e lordose lombar, o que limitou a extrapolação dos resultados, além de limitar as análises estatísticas.

Ainda, a qualidade dos exames de Raios-X constituiu-se em um fator de dificuldade, já que além das perdas amostrais que ocorreram em função disto, nos exames incluídos no estudo, nem sempre foi possível visualizar claramente as estruturas envolvidas para a marcação dos pontos, o que pode ter gerado algum tipo de erro.



## PERSPECTIVAS

Após a finalização deste estudo, cumprido o objetivo de desenvolver uma metodologia alternativa válida e confiável para o cálculo do ângulo das curvaturas sagitais da coluna, baseada nos processos espinhosos das vértebras, a principal perspectiva está na utilização de AF ajustado e da  $f$  para subsidiar a fotogrametria computadorizada, em especial o software DIPA. Isso porque, o presente estudo evidenciou que é possível avaliar as curvaturas da coluna a partir dos processos espinhosos, que são as referencias utilizadas na fotogrametria.

Além disso, é necessária a divulgação do AF ajustado e da  $f$  no meio científico, seja por meio de publicações em periódicos, seja por meio de apresentações em congressos, para possibilitar a utilização dessa metodologia em futuros estudos científicos.

Por fim, tem-se a perspectiva de ainda avaliar essa metodologia alternativa de avaliação das curvaturas vertebrais (AF ajustado e  $f$ ) em populações distintas como adultos e idosos, além de testá-la em crianças com curvaturas classificadas nos extremos.

## REFERÊNCIAS DA INTRODUÇÃO

- <sup>1</sup> BERNHARDT, M.; BRIDWELL, K. H. Segmental analysis of the sagittal plane alignment of the normal thoracic and lumbar spines and thoracolumbar junction. **Spine**, v. 14, n. 7, p. 717-721, 1989.
- <sup>2</sup> BRIGGS, A. M.. *et al.*. Radiographic measures of thoracic kyphosis in osteoporosis: Cobb and vertebral centroid angles. **Skeletal Radiol**, v. 36, n. 8, p. 761-7, Aug 2007. ISSN 0364-2348 (Print) 0364-2348.
- <sup>3</sup> BRYAN, J. M.. *et al.*. Investigation of a flexible ruler as a noninvasive measure of lumbar lordosis in black and white adult female sample populations. **Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy**. v. 11, n. 1, p. 3-7, 1989.
- <sup>4</sup> CARMAN, D. L.; BROWNE R. H.; BIRCH J. G. Measurement of scoliosis and kyphosis radiographs. Intraobserver and interobserver variation. **J Bone Joint Surg**. v. 72, p. 328-33, 1990.
- <sup>5</sup> CHAISE, F. O.. *et al.*. Validation, repeatability and reproducibility of a noninvasive instrument for measuring thoracic and lumbar curvature of the spine in the sagittal plane. **Rev Bras Fisioter**. v. 15, n. 6, p. 511-7, 2011.
- <sup>6</sup> CHEN, Y. L. Vertebral centroid measurement of lumbar lordosis compared with the Cobb technique. **Spine**, v. 24, n. 17, p. 1786-1790, 1999. Disponível em: < <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0033200381&partnerID=40&md5=139e8d2e73ee53872a2fed700b6d24cd> >.
- <sup>7</sup> CHERNUKHA, K. V.; DAFFNER, R. H.; REIGEL, D. H. Lumbar lordosis measurement: a new method versus Cobb technique. **Spine**, v. 23, n. 1, p. 74-79, 1998.
- <sup>8</sup> Charrière, L.; Roy, J. **Kinésithérapie des déviations latérales du rachis**. 2 édition. Paris: Masson, 1973.
- <sup>9</sup> Charrière, L.; Roy, J. **Kinésithérapie des déviations antéro-postérieures du rachis et de l'épiphysite vertébrale**. Paris: Masson, 1975.
- <sup>10</sup> COTE, P.. *et al.*. Apophysial joint degeneration, disc degeneration, and sagittal curve of the cervical spine. **Spine**. v. 22, p. 859-64, 1997.
- <sup>11</sup> D'OSUALDO, F.; SCHIERANO, S.; CISOTTI, C. The evaluation of the spine through the surface: The role of surface measurements in the evaluation and treatment of spine diseases in Young patients. **Europa Medicophysica**. v. 38. n. 3, p. 147-152, 2002.
- <sup>12</sup> FORTIN, C.. *et al.*. Reliability of a quantitative clinical posture assessment tool among persons with idiopathic scoliosis. **Physiotherapy**. v. 98, p. 64-75, 2012.
- <sup>13</sup> FURLANETTO, T. S.. *et al.*. Fidedignidade de um protocolo de

avaliação postural. **R. da Educação Física/UEM Maringá**. v. 22, n. 3, p. 411-419, 2011.

<sup>14</sup> FURLANETTO, T. S.. *et al.*. Validating a postural evaluation method developed using a Digital Image-based Postural Assessment (DIPA) software. **Computer methods and programs in biomedicine**. v.108, p. 203-212, 2012.

<sup>15</sup> GOH, S.. *et al.*. A comparison of three methods for measuring thoracic kyphosis: implications for clinical studies. **Rheumatology (Oxford)**, v. 39, n. 3, p. 310-5, Mar 2000. ISSN 1462-0324 (Print) 1462-0324.

<sup>16</sup> GONÇALVES, G. B.; PEREIRA, J. S. Avaliação radiológica dos valores angulares das curvaturas lombo-lombar e lombosacra em adolescentes. **Acta Fisiátrica**. v. 15, n. 2, p.92-95, 2008.

<sup>17</sup> GROSS, C.; GROSS, M.; KUSCHNER, S. Error analysis of scoliosis curvature measurement. **Bulletin of the Hospital for Joint Diseases Orthopaedics Institute** v. XLIII, p.171–7, 1983.

<sup>18</sup> Harrison, D. E.. *et al.*. A normal spinal position: It's time to accept the evidence. **Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics**. v. 23, n. 9, p. 623-644, 2000.

<sup>19</sup> HARRISON, D. D. *et al.*. Elliptical modeling of the sagittal lumbar lordosis and segmental rotation angles as a method to discriminate between normal and low back pain subjects. **J Spinal Disord**, v. 11, n. 5, p. 430-9, Oct 1998. ISSN 0895-0385 (Print) 0895-0385.

<sup>20</sup> HINMAN, M. R. Interrater reliability of flexicurve postural measures among novice users. **Journal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation**. v. 17, p. 33-36, 2003/2004;

<sup>21</sup> KNOTT, P.. *et al.*. Electromagnetic topographical technique of curve evaluation for adolescent idiopathic scoliosis. **Spine**. v. 31, n. 24, p. 911-915, 2006.

<sup>22</sup> MAUROY, J. C.. *et al.*. **Desviaciones anteroposteriores del raquis**. **Encyclopédie Médico-Chirurgicale**. Paris: Elsevier, 2001.

<sup>23</sup> MEDINA, F. S.; CLEMENTE, A. P.; GARCÍA, L. S. Valoración radiográfica de las desalineaciones sagitales del raquis. **Selección**. v. 9, n. 4, p. 226-229, 2000.

<sup>24</sup> OLIVEIRA, T. S. *et al.*. Validity and reproducibility of the measurements obtained using the Flexicurve instrument to evaluate the angles of thoracic and lumbar curvatures of the spine in the sagittal plane. **Rehabilitation Research and Practice**. 2012

<sup>25</sup> POLLY, D. W.. *et al.*. Measurement of lumbar lordosis: evaluation of intraobserver, interobserver, and technique variability. **Spine** v. 21, p.1530–6, 1996.

- <sup>26</sup> POOLMAN, R. W.; BEEN, H. D.; UBAGS, L. H. Clinical outcome and radiographic results after operative treatment of Scheuermann's disease. **Eur Spine J.** v. 11, p. 561–569, 2002 DOI 10.1007/s00586-002-0418-6
- <sup>27</sup> PROPST-PROCTOR, S. L.; BLECK, E. E. Radiographic determination of lordosis and kyphosis in normal and scoliotic children. **J Pediatr Orthop.** v. 3, n. 3, p. 343-6, 1983.
- <sup>28</sup> RIBEIRO, A. P.. *et al.* Confiabilidade inter e intra-examinadores da fotopodometria e intra-examinador da fotoscopia. **Rev. bras. fisioter.** v. 10, n. 4, 2006.
- <sup>29</sup> SACCO, I. C. N.. *et al.* Confiabilidade da fotogrametria em relação a goniometria para avaliação de membros inferiores. **Rev. bras. fisioter.** v. 11, n. 5, 2007.
- <sup>30</sup> SINGH, D. K.; BAILEY, M.; LEE, R. Biplanar measurement of thoracolumbar curvature in older adults using an electromagnetic tracking device. **Arch Phys Med Rehabil.** v. 91, p. 137-142, 2010.
- <sup>31</sup> STAGNARA, P.. *et al.* A. Reciprocal angulation of vertebral bodies in a sagittal plane: approach to references for the evaluation of kyphosis and lordosis. **Spine.**v. 7, n. 4, p. 335-42, 1982.
- <sup>32</sup> TAYYAB, N. A.. *et al.* The reliability and diagnostic value of radiographic criteria in sagittal spine deformities. Comparison of the vertebral wedge ratio to the segmental Cobb angle. **Spine,** v. 32, n. 16, p. 451-9, 2007.
- <sup>33</sup> TURNER-SMITH, A. R.. *et al.* A method for analysis of back shape in scoliosis. **Journal of Biomechanics.** v. 21, n. 6, p. 497–509, 1988.
- <sup>34</sup> VISSCHER, C. M.. *et al.* Is there a relationship between head posture and craniomandibular pain? **Journal of Oral Rehabilitation.** v. 29, p. 1030-1036. doi: 10.1046/j.1365-2842.2002.00998.x por fotogrametria computadorizada. Revista Brasileira de Fisioterapia. 2002; 13(4) doi: 10.1590/S1413-35552009005000039
- <sup>35</sup> VOUTSINAS, S.; MACEWEN, G. Sagittal profiles of the spine. **Clin Orthop Relat Res.** v. 210, p. 235-242, 1986.
- <sup>36</sup> WENGER, D. R.. *et al.* **The Art and Practice of Children's Orthopaedics.** New York: Raven Press, Ltd., 1993.
- <sup>37</sup> ZAINA, F.. *et al.* How to measure kyphosis in everyday clinical practice: a reliability study on different methods. **Stud Health Technol Inform.** v. 176, p. 264-7, 2012.
- <sup>38</sup> ZUBOVIC, A.. *et al.* New Method of scoliosis deformity assessment: ISIS2 system. **Studies in Health Technology and Informatics.** v. 140, p. 157-60, 2008.

<sup>39</sup> ZABJEK, K. F.. *et al.*. Evaluation of segmental postural characteristics during quiet standing in control and idiopathic scoliosis patients. **Clin Biomech.** v. 20, p. 483–90, 2005.