

**UNIVERSIDADE DE SANTO AMARO**  
**MESTRADO EM CIÊNCIAS DA SAÚDE**

**ARIANE VERTTÚ SCHMIDT**

**AVALIAR A CONCORDÂNCIA ENTRE INCLINÔMETRO E  
RADIOGRAFIA PARA AVALIAR OS PARÂMETROS SAGITAIS  
DE ADOLESCENTES COM ESCOLIOSE IDIOPÁTICA NAS  
DIFERENTES FASES DO CRESCIMENTO**

**São Paulo**

**2020**

**ARIANE VERTTÚ SCHMIDT**

**AVALIAR A CONCORDÂNCIA ENTRE INCLINÔMETRO E  
RADIOGRAFIA PARA AVALIAR OS PARÂMETROS SAGITAIS  
DE ADOLESCENTES COM ESCOLIOSE IDIOPÁTICA NAS  
DIFERENTES FASES DO CRESCIMENTO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* da Universidade Santo Amaro – UNISA, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências da Saúde.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Ribeiro

Co-Orientador: Prof. Dr. Neil Ferreira Novo

**São Paulo**

**2020**

S374a Schmidt, Ariane Vertú

Avaliar a concordância entre inclinômetro e radiografia para avaliar os parâmetros sagitais de adolescentes com escoliose idiopática nas diferentes fases do crescimento / Ariane Vertú Schmidt. – São Paulo, 2020.

55 f.: il.

Dissertação (Mestrado em Ciências da Saúde) – Universidade Santo Amaro, 2020.

Orientador(a): Prof<sup>ª</sup>. Dra. Ana Paula Ribeiro

1. Escoliose. 2. Adolescentes. 3. Crescimento. 4. Raio X. 5. Inclinômetro.  
I. Ribeiro, Ana Paula, orient. II. Universidade Santo Amaro. III. Título.

## **Ariane Verttú Schmidt**

### **Avaliar a concordância entre inclinômetro e radiografia para avaliar os parâmetros sagitais de adolescentes com escoliose idiopática nas diferentes fases do crescimento**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu da Universidade Santo Amaro – UNISA, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências da Saúde.

Orientadora: Prof<sup>fa</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Ribeiro. Co-orientador: Prof<sup>fa</sup>. Dr<sup>a</sup>. Neil Ferreira Novo.

Data de Aprovação: \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_

### **Banca Examinadora**

---

Prof<sup>fa</sup>. Dr<sup>a</sup>. Ana Paula Ribeiro

---

Prof<sup>fa</sup>. Dr<sup>a</sup>. Carolina Nunes França

---

Prof<sup>fa</sup>. Dr<sup>a</sup>. Débora Driewer Wilbert

Conceito final: \_\_\_\_\_

*Dedico este trabalho ao meu filho e ao meu marido pelo apoio incondicional e constante incentivo. Aos meus pais, por nunca deixar desistir. A minha Orientadora Profa. Dra Ana Paula Ribeiro, pela confiança, paciência, incentivo, amizade e excelente orientação. Sem o apoio de todos vocês, este trabalho não teria sido realizado. A vocês, o meu muito, muito obrigado!*

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus e a toda espiritualidade por diariamente me inspirarem com fé, motivação e determinação.

Agradeço aos meus pais, Marielza Aparecida Verttú Schmidt e Vanderlei Schmidt e toda minha família, que me apoiaram em todos os momentos e contribuíram para o meu crescimento pessoal e profissional.

Ao meu querido esposo Rodrigo Mantelatto Andrade e meu filho Lorenzo Schmidt Andrade pelo apoio e compreensão em todos os momentos, e pela ajuda em todas as etapas deste trabalho.

Agradeço minha querida Professora Dr<sup>a</sup> Ana Paula Ribeiro, por toda orientação, pelo grande incentivo, excelente orientação, compreensão e por toda confiança no meu trabalho.

Agradeço o Prof. Dr. Neil Ferreira Novo, pela oportunidade, confiança e orientação.

Agradeço a toda a Equipe do Escoliose Brasil, em especial à Milene Eloise Callegari Ferreira por toda ajuda.

Aos professores e funcionários do curso de Pós Graduação em Ciências da Saúde da Universidade de Santo Amaro, pela oportunidade de convívio e pelos ensinamentos.

A todos os colegas da Pós Graduação em Ciências da Saúde, com quem passei bons momentos no decorrer do curso.

Muito obrigado.

## RESUMO

**Introdução:** A escoliose idiopática do adolescente (EIA) é a mais comum e grave deformidade da coluna que acomete crianças e adolescentes em fase de maturidade esquelética das curvaturas sagitais da coluna vertebral. A sua prevenção e controle do risco de progressão da curvatura escoliótica se faz por meio de instrumentos precisos e confiáveis. Porém, não se observa na literatura instrumentos livres de radiação que consideraram as diferentes fases de crescimento esquelético para um melhor diagnóstico preventivo da curvatura escoliótica. **Objetivo:** Avaliar a concordância (confiabilidade) inter e intra-examinador do inclinômetro e sua relação com o padrão-ouro realizado pelo exame do Raio-X sobre os parâmetros sagitais da coluna vertebral na fase inicial e tardia do crescimento de adolescentes com EIA. **Métodos:** Estudo analítico do tipo transversal. Um total de 39 adolescentes com EIA, entre 10-18 anos, foram avaliados e divididos em dois grupos: fase inicial de crescimento (Grupo 1=16, 10-13 anos) e fase tardia do crescimento (Grupo 2=23, 14-18 anos). Em todos os adolescentes foram mensurados os parâmetros sagitais da coluna vertebral, sendo eles os ângulos da cifose torácica e lordose lombar, por meio de dois instrumentos: o exame de imagem do Raio-X bidimensional (perfil sagital) e pelo Inclinômetro, instrumento livre de radiação. Para ambas as avaliações os adolescentes permaneceram em posição ortostática com suporte de peso corporal. **Análise Estatística:** Foram utilizados testes de Mann-Whitney e Wilcoxon, bem como o Índice de Concordância Intra-Classe (ICC) e o teste de correlação de Spearman entre os avaliadores e instrumentos, considerando um nível de significância de 5%. **Resultados:** Nas fases de crescimento inicial e tardia o ângulo da cifose torácica se mostrou sem diferença significantes entre os instrumentos, com excelente concordância inter e intra-examinador e forte associação com o padrão-ouro pelo exame de Raio-X. O ângulo da lordose lombar mostrou-se diferentes entre os instrumentos inclinômetro e o Raio-X ( $p < 0,001$ ), com moderada confiabilidade e pior correlação com o padrão-ouro da radiografia. **Conclusão:** As diferentes fases do crescimento, inicial e tardia, mostraram sem diferenças entre os instrumentos e com excelente concordância (confiabilidade) inter e intra-examinador do inclinômetro, instrumento livre de radiação, para o parâmetro sagital da cifose torácica. O ângulo da lordose lombar mensurado pelo inclinômetro mostrou-se diferente das medidas do Raio-X, mas com moderada confiabilidade inter e intra-examinador. Outro achado importante foi a fraca correlação do inclinômetro em relação ao Raio-X para o ângulo da lordose lombar, tanto para a fase inicial quanto tardia do crescimento, mostrando ser um instrumento de validade ineficiente para monitoramento curvatura escoliótica da coluna lombar de adolescentes com escoliose idiopática.

**Palavras-chave:** Escoliose. Crescimento. Raio-X. inclinômetro.

## ABSTRACT

**Background:** Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is the most common and severe spinal deformity affecting children and adolescents in the skeletal maturity phase of sagittal curvatures of the spine. Its prevention and control of the risk of progression of scoliotic curvature is done by means of precise and reliable instruments. However, there are no radiation-free instruments in the literature that considered the different stages of skeletal growth for a better preventive diagnosis of scoliotic curvature. **Objective:** To evaluate the inter and intra-examiner agreement (reliability) of the inclinometer and its relationship with the gold standard performed by the X-ray exam on the sagittal parameters of the spine in the early and late growth stage of adolescents with AIS. **Methods:** Analytical cross-sectional study. A total of 39 adolescents with AIS, aged 10-18 years, were evaluated and divided into two groups: initial growth phase (Group 1 = 16, 10-13 years) and late growth phase (Group 2 = 23, 14- 18 years). In all adolescents, the sagittal parameters of the spine were measured, namely the angles of thoracic kyphosis and lumbar lordosis, using two instruments: the two-dimensional X-ray image examination (sagittal profile) and the Inclinometer, an instrument free of radiation. For both evaluations, the adolescents remained in an orthostatic position with body weight support. **Statistical Analysis:** Tests were used: Mann-Whitney, Wilcoxon, Intra-Class Agreement Index (ICC) and Spearman correlation test between the evaluators and instruments, considering a significance of 5%. **Results:** In the initial and late growth phases, the angle of the thoracic kyphosis showed no significant difference between the instruments, with excellent inter and intra-examiner agreement and a strong association with the gold standard by X-ray examination. The angle of lumbar lordosis was different between the inclinometer and X-ray instruments ( $p < 0.001$ ), with moderate reliability and worse correlation with the gold standard of radiography. **Conclusion:** The different phases of growth, initial and late, showed no differences between the instruments and with excellent inter-intra and intra-examiner agreement of the inclinometer, a radiation-free instrument, for the sagittal parameter of thoracic kyphosis. The angle of lumbar lordosis measured by the inclinometer was different from the X-ray measurements, but with moderate inter- and intra-examiner reliability. Another important finding was the weak correlation of the inclinometer in relation to the X-ray for the angle of lumbar lordosis, both for the early and late growth stages, showing to be an inefficient instrument for monitoring scoliotic curvature of the lumbar spine of adolescents with scoliosis idiopathic.

**Key-words:** Scoliosis. Growth. X-ray. Inclinometer.

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Adolescentes com escoliose idiopática comparados entre a fase inicial (grupo 1) e tardia do crescimento (grupo 2), segundo os valores da massa corporal, altura, índice de massa corporal, ângulo de Cobb e sinal de Risser.....30
- Tabela 2** - Parâmetros sagitais da cifose torácica e lordose lombar medidos pelo Raio-X e Inclinômetro para cada avaliador em adolescentes com escoliose idiopática na fase inicial do crescimento.....31
- Tabela 3** - Parâmetros sagitais da cifose torácica e lordose lombar medidos pelo Raio-X e Inclinômetro para cada avaliador em adolescentes com escoliose idiopática na fase tardia do crescimento.....31
- Tabela 4** - Comparação dos parâmetros sagitais da cifose torácica e lordose lombar pelo exame de imagem do Raio-X (padrão-ouro) entre os avaliadores 1 e 2 de adolescentes com escoliose idiopática nas diferentes fases do crescimento: inicial e tardia.....32
- Tabela 5** - Comparação dos parâmetros sagitais da cifose torácica e lordose lombar pelo Inclinômetro entre os avaliadores 1 e 2 de adolescentes com escoliose idiopática nas diferentes fases do crescimento: inicial e tardia..... 33
- Tabela 6** - Confiabilidade intra e inter-examinador pela Índice de Concordância Intra-Classe (ICC) dos ângulos sagitais da cifose torácica e lordose lombar mensurados pelo inclinômetro e radiografia em adolescentes com escoliose Idiopática na fase inicial de crescimento (grupo 1).....34

**Tabela 7** - Confiabilidade intra e inter-examinador pela Índice de Concordância Intra Classe (ICC) dos ângulos sagitais da cifose torácica e lordose lombar mensurados pelo inclinômetro e radiografia em adolescentes com escoliose Idiopática na fase tardia do crescimento (grupo 2).....34

**Tabela 8** - Correlação entre os instrumentos: inclinômetro e Raio-X para os parâmetros sagitais da cifose torácica e lordose lombar para as diferentes fases do crescimento: inicial e tardia de adolescentes com Escoliose Idiopática).....35

## LISTA DE ABREVIATURAS

EIA	Escoliose Idiopática do Adolescente
EOS	Sistema de imagem inovador de raio x ultrasensível
Rad	Radiation Absorved Dose
Rem	Roentgen Equivalent Man
Gy	Gray
Sv	Seivert
CT	Cifose Torácica
LL	Lordose Lombar

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO .....	13
2. OBJETIVOS.....	17
3. REVISÃO DE LITERATURA.....	18
3.1 Prevalência, Definição e Fisiopatologia da Escoliose Idiopática do Adolescente.....	18
3.2 Parâmetros de Diagnóstico Clínico da EIA: Padrão Ouro-Exame Raio-X.....	20
3.3 Métodos livres de radiação para avaliação dos parâmetros sagitais da EIA.....	24
4. CASUÍSTICA E MÉTODOS .....	27
4.1 Tipo de estudo e Seleção da Amostra.....	27
4.2 Avaliação Inicial.....	28
4.3 Exame de Imagem do Raio-X e da Avaliação do Inclinômetro.....	28
4.4 Parâmetros de Avaliação dos Ângulos Sagitais: Cifose Torácica e Lordose Lombar.....	30
4.5 Análise de confiabilidade dos dados.....	31
4.6 Análise Estatística.....	32
5. REULTADOS.....	34
6. DISCUSSÃO.....	40
7. CONCLUSÃO.....	45
REFERÊNCIAS.....	44
ANEXOS .....	51

## 1. INTRODUÇÃO

Atualmente, a escoliose idiopática do adolescente (EIA) é a mais comum e grave deformidade da coluna, o qual acomete crianças e adolescentes em fase do desenvolvimento neuromotor e maturidade esquelética das curvaturas sagitais da coluna vertebral.<sup>1</sup> Ela é definida como uma deformidade tridimensional da coluna vertebral caracterizada pela inclinação lateral e rotação axial dos corpos vertebrais, com uma angulação igual ou maior que 10 graus, mensurados pelo método de Cobb.<sup>2,3</sup>

Mundialmente, ela acomete cerca de 2% da população, podendo mudar de acordo com a latitude do país ou região em que se habita.<sup>1,3-5</sup> No Brasil, a prevalência se assemelha as taxas mundiais, como verificado em estudo com 2.562 adolescentes no estado de São Paulo, no qual a prevalência de 1,5% apresentou escoliose. A prevalência permanece maior no sexo feminino,<sup>3</sup> correspondendo a faixas etária de maior acometimento entre os 13 e 14 anos de idade.<sup>7</sup>

De acordo com as evidências científicas, o desenvolvimento da Escoliose Idiopática, pode ocorrer na infância e se agravar no período da adolescência, tendo o seu grande momento de progressão associado ao estirão de crescimento, direcionado ao período da adolescência. A sua progressão está extremamente relacionada ao sexo, faixa etária de surgimento e o grau de angulação da coluna vertebral.<sup>3,8</sup> As consequências da progressão da curvatura escoliótica podem variar desde das dores constantes sobre a coluna a comprometimentos funcionais de impacto ao adolescentes, como a redução da coordenação motora, do equilíbrio corporal e na forma de andar, além de mudanças estéticas da coluna vertebral, que em conjunto com as mudanças físicos-funcionais, podem resultar em implicações sociais e psicológicas importantes para o adolescente.<sup>9,10</sup>

A prevenção e o melhor controle do risco de progressão da curvatura escoliótica se faz por meio de um prognóstico preciso e confiável dos adolescentes, bem como da sua capacidade de crescimento e maturidade esquelética.<sup>11-14</sup> Sabe-se que a EIA, progride nas fases de crescimento mais acelerado, ou seja, também denominado como estirão de crescimento,<sup>11</sup> fase de maior vulnerabilidade a progressão da curvatura escoliótica, atingindo percentuais de 20 a 90%, dependendo da medida do ângulo de Cobb, parâmetros radiográfico confiável e de grande aplicabilidade clínica para acompanhamento da progressão da escoliose.<sup>12-14</sup>

Décadas passadas e atuais, revelam que para mensurar o ângulo de Cobb, o exame da raio-X, considerado padrão-ouro, se faz por meio da radiografia bidimensional ou tridimensional (raio-X /2D ou 3D) retirada em perfis: sagital e ântero-posterior. O método de Cobb, considerado como o mais difundido na prática clínica e científica,<sup>14</sup> consiste basicamente em medir um ângulo entre a projeção de uma reta tangente ao topo da vértebra que inicia a curvatura da coluna e outra reta também tangente à base da reta que indica o final da curva. A partir dessas duas retas, traça-se uma reta perpendicular a cada uma delas e mede-se o ângulo agudo entre elas, esse valor é denominado de ângulo de Cobb. De acordo com Goldberg et al., (2006)<sup>15</sup> e Wills et al., (2007)<sup>16</sup>, o método de Cobb obtém acurácia e precisão em mensurações radiográficas na forma manual tradicional ou digital impressa, bem como somente digital utilizando software do computador.

Apesar de ser um método efetivo e de grande validade o exame de Raio-X ainda permanece de risco ao paciente com escoliose. De acordo com alguns autores, os pacientes escolióticos com monitoramento da infância até a adolescência, realizaram em média 25 exames de imagem do raio-X para acompanhamento do ângulo de Cobb, correspondendo a uma média de radiação ionizante em 10,8 cGy, aumentando o risco de câncer de mama e infertilidade nas adolescentes acometidas.<sup>17,18</sup>

Atualmente, exames tridimensionais (3D) foram inseridos na prática clínica e científica para melhor precisão de avaliação das curvaturas escolióticas (torácia e lombar), denominado EOS, sistema de imagem inovador de raios X ultrasensível, que permite realizar exames rápidos (20 segundos), com qualidade 3D.<sup>19-21</sup> A vantagem do método se sobrepõe em reduzir a dose de radiação em até 85% em comparação com a radiografia tradicional ou digital, que usa tecnologias-padrão de raios X bidimensional (2D).<sup>21,22</sup> Apesar de inovador e grandes benefícios de precisão nas curvaturas escolióticas torácica e lombar, o sistema EOS requer alto custo financeiro do paciente para sua realização, tornando muitas vezes, um exame de pouca acessibilidade ao paciente do sistema único de saúde, o qual ainda permanece sobre monitoramento da escoliose na forma do exame de raio-X tradicional.<sup>19</sup>

Diante desse contexto, grande tem sido os esforços de pesquisadores e clínicos sobre os possíveis recursos de medidas indiretas dos parâmetros sagitais da coluna vertebral como forma de monitoramento das curvaturas escolióticas, predispondo a menor exposição radioativa do raio-X, e, ao mesmo tempo mantendo a precisão e acurácia das medidas escolióticas das curvaturas torácicas e lombar no prognóstico de progressão da curvatura. Segundo Tabard-Fougère et al. (2019)<sup>24</sup>, ferramentas clínicas não-radioativas precisas de medição das curvaturas escolióticas são necessárias para monitorar a progressão dessa deformidade durante a fase de crescimento das adolescentes.

A literatura apresenta vários instrumentos livres de radiação para avaliar e monitorar a progressão dos ângulos de curvatura escoliótica na EIA. Os instrumentos apresentados são: o flexicurva,<sup>23</sup> o inclinômetro manual,<sup>24</sup> ou auxiliado por smartphone,<sup>25</sup> o ultrassom 3D,<sup>26</sup> o sistema de coluna ZEBRIS,<sup>27</sup> o rastereography,<sup>24,28</sup> o Scolioscan,<sup>29</sup> e o eletrogoniômetro.<sup>30</sup>

Dentre todos os instrumentos descritos na literatura o Inclinômetro destaca-se na prática clínica, visto a sua aplicabilidade nas formas: manual<sup>24</sup> e digital<sup>25</sup>, sendo um sistema simples, rápido e de baixo custo, que vem recebendo ampla atenção de muitos autores e médicos para a medição e o acompanhamento da progressão da curvatura escoliótica de pacientes com EIA.

A sua aplicabilidade se pauta pelos estudos que referenciam excelente confiabilidade (ICC > 0,90) quando comparado ao exame de imagem do Raio-X<sup>24,25,31</sup>. Porém, até o presente momento, não se compreende a confiabilidade e a validade do inclinômetro nas diferentes fases do crescimento, fato que justifica a grande relevância clínica desse estudo, uma vez que a redução das doses de radiação com o exame de Raio-X, durante a monitoramento da curvatura escoliótica na fase de crescimento, ainda é uma questão primordial e de grande desafio para a saúde e bem estar dos adolescentes acometido pela escoliose idiopática.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo Geral**

Avaliar a concordância (confiabilidade) inter e intra-examinador do inclinômetro e sua relação com o padrão-ouro realizado pelo exame do Raio-X sobre os parâmetros sagitais da coluna vertebral na fase inicial e tardia do crescimento de adolescentes com escoliose idiopática (EIA).

### **2.2 Objetivo Específico**

Comparar os parâmetros sagitais da coluna vertebral entre inclinômetro e o Raio-X na fase inicial e tardia do crescimento de adolescentes com escoliose idiopática (EIA).

Comparar os parâmetros sagitais da coluna vertebral entre os diferentes avaliadores para o inclinômetro e para o Raio-X na fase inicial e tardia do crescimento de adolescentes com escoliose idiopática (EIA).

### **3. REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 Prevalência, Definição e Fisiopatologia da Escoliose Idiopática do Adolescente**

As deformidades da coluna vertebral podem ser desenvolvidas em diferentes fases da vida, sendo a escoliose idiopática a mais comum e grave deformidade da coluna, o qual acomete crianças em fase do desenvolvimento neuromotor, os adolescentes em fase de crescimento e maturidade esquelética e os adultos em fase de estruturação e maturação osteomuscular das curvaturas sagitais da coluna vertebral.<sup>1</sup>

Dentre todas as fases de acometimento, a prevalência destaca-se para a Escoliose Idiopática no Adolescente (EIA), com uma variação entre 0,93 a 12% da população, sendo o percentual de maior destaque na literatura em torno dos 2%, podendo mudar de acordo com a latitude do país ou região em que se habita.<sup>1,4-6</sup> No Brasil, a prevalência se assemelha as taxas mundiais, como verificado em estudo com 2.562 adolescentes no estado de São Paulo, no qual a prevalência de 1,5% apresentou escoliose. Dentre os sexos masculino e feminino, a prevalência permanece maior no sexo feminino,<sup>3</sup> com faixas etárias correspondendo aos 13 e 14 anos de idade.<sup>7</sup>

A escoliose idiopática é definida como uma deformidade tridimensional da coluna vertebral caracterizada pela inclinação lateral e rotação axial dos corpos vertebrais, com uma angulação igual ou maior que 10 graus, mensurados pelo método de Cobb, e pela redução das curvaturas da coluna vertebral no plano sagital.<sup>2,3</sup> A sua classificação vem de acordo com o período da faixa etária em que surge, sendo elas: período infantil que corresponde até os três anos de idade; período juvenil entre quatro aos dez anos de idade (definido como início da puberdade); e período da adolescência, entre dos 11 aos 18 anos.<sup>32</sup> Este último, período da adolescência, é a faixa etária mais prevalente para o

surgimento da EIA quando comparada aos demais tipos de escoliose: congênitas e neuromusculares.<sup>33,34</sup>

Geralmente, o desenvolvimento da Escoliose Idiopática, pode ocorrer na infância e se agravar no período da adolescência, tendo o seu grande momento de progressão associado ao estirão de crescimento, direcionado ao período da adolescência. A sua progressão está extremamente relacionada ao sexo, faixa etária de surgimento e o grau de angulação da coluna vertebral.<sup>3,8</sup> Muitos são os fatores etiológicos envolvidos para o avanço e progressão da angulação da curvatura no adolescente, sendo os mais comuns: o desalinhamento postural, o maior componente adiposo nos segmentos corporais (característica endomorfo), a redução da força muscular, especialmente do lado convexo da curvatura<sup>35</sup> e a diminuição do equilíbrio corporal que oscila mais ântero-posteriormente.<sup>36,37</sup>

A influência destes fatores etiológicos na progressão da Escoliose Idiopática pode resultar em dores constantes sobre a coluna vertebral e comprometimentos funcionais importantes, tais como incapacidades funcionais em atividades que exijam maior coordenação motora, diminuição do nível de atividades físicas, redução do equilíbrio, mudanças do apoio dos pé e alterações da marcha, os quais em conjunto as mudanças da estética corporal da coluna, podem resultar em implicações sociais e psicológicas importantes para o adolescente.<sup>9,10</sup>

Para melhor prevenir e conter os possíveis fatores fisiopatológicos e complicações funcionais advindos do surgimento da EIA, muitos estudos enfatizam a importância do diagnóstico precoce e o monitoramento durante as diferentes fases da puberdade, ou seja, entre os 10 e 14 anos de idade.<sup>38-40</sup> Jovens com EIA têm imaturidade esquelética e aumento do risco de progressão e avanço da curva,<sup>41</sup> devendo ser prioridade clínica o monitoramento contínuo da curvatura escoliótica.

### 3.2. Parâmetros de Diagnóstico Clínico da EIA: Padrão Ouro-Exame Raio-X

A prevenção e o melhor controle do risco de progressão da curvatura escoliótica se faz por meio de um prognóstico preciso e confiável dos adolescentes, bem como da sua capacidade de crescimento e maturidade esquelética.<sup>11-14</sup> Sabe-se que a EIA, progride nas fases de crescimento mais acelerado, ou seja, também denominado como estirão de crescimento,<sup>11</sup> fase de maior vulnerabilidade a progressão da curvatura escoliótica, atingindo percentuais de 20 a 90%, dependendo da medida do ângulo de Cobb, parâmetros radiográfico confiável e de grande aplicabilidade clínica para acompanhamento da progressão da escoliose.<sup>12-14</sup>

Décadas passadas e atuais, revelam que para mensurar o ângulo de Cobb, o exame da raio-X, considerado padrão-ouro, se faz por meio da radiografia bidimensional ou tridimensional (raio-X /2D ou 3D) retirada em perfis: sagital e ântero-posterior. O método de Cobb, considerado como o mais difundido na prática clínica e científica<sup>14</sup>, como ilustrado na Figura 1, consiste basicamente em medir um ângulo entre a projeção de uma reta tangente ao topo da vértebra que inicia a curvatura da coluna e outra reta também tangente à base da reta que indica o final da curva. A partir dessas duas retas, traça-se uma reta perpendicular a cada uma delas e mede-se o ângulo agudo entre elas, esse valor é denominado de ângulo de Cobb. De acordo com Goldberg et al., (2006)<sup>15</sup> e Wills et al., (2007)<sup>16</sup>, o método de Cobb obtém acurácia e precisão em mensurações radiográficas na forma manual tradicional ou digital impressa, bem como somente digital utilizando software do computador.

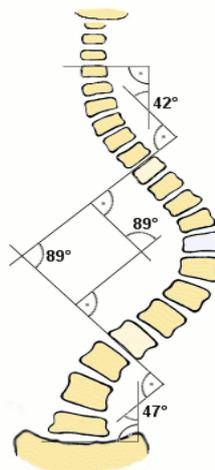


Figura 1 – Representação da mensuração do ângulo de Cobb, padrão ouro pelo exame de Raio-X.

Os raios-X são radiações eletromagnéticas ionizantes com propriedade de atravessar os corpos opacos e de serem absorvidos.<sup>43</sup> A quantidade ou dose de radiações ionizantes é definida pelo Roentgen (R), unidade de medida baseada no efeito ionizante que os raios-X têm sobre a área que atravessam. Outra unidade de medida é o Rad (Radiation Absorbed Dose), dose de radiação ionizante absorvida pelo corpo humano.<sup>44</sup> Em seguida tem-se o Rem (Roentgen Equivalent Man), unidade de radiação igual a Rad multiplicada por um fator que leva em consideração a qualidade e o perigo do tipo de radiação. A diferença numérica dos valores entre R-Rad-Rem, relativa às radiografias, é muito pequena, assim, essas três unidades são comumente usadas de modo cambiável. Portanto, 1R de exposição radioativa produz 1 Rad de dose absorvida e o equivalente a 1 dose Rem.<sup>44</sup> Com o fim de descrever grandes doses, são utilizados os termos gray (Gy) e seivert (Sv). Assim, 100 Rads equivale a 1 Gy e 100 Rems equivale a 1 Sv.<sup>44</sup> Assim, não é conveniente submeter um adolescente a exames radiográficos por mais de duas vezes ao ano, visto que as doses de radiação absorvidas são de 0,173 Rads (com 0,011 Rads nas gônadas masculinas e 0,104 nas femininas), valores que podem superar a radiação

ionizante solar anual, que é por volta de 0,5 Rem.<sup>45</sup> Para reduzir esse efeito, muitas das avaliações clínicas radiológicas da coluna vertebral são realizadas por segmentos: cervical, dorsal, lombar ou sacral. Porém, no caso das escolioses, a radiografia panorâmica de toda a coluna vertebral deve ser usada para medida do ângulo de Cobb, fato este que expõem o paciente a grande quantidade de radiação.<sup>15,16</sup>

Diante dos efeitos radioativos do exame de Raio-X, muitos estudos se direcionaram a avaliar os efeitos dessa radiação em pacientes com escoliose.<sup>17,18,24</sup> De acordo com alguns autores, os pacientes escolióticos com monitoramento da infância até a adolescência, realizaram em média 25 exames de imagem do raio-X para acompanhamento do ângulo de Cobb, correspondendo a uma média de radiação ionizante em 10,8 cGy, aumentando o risco de câncer de mama e infertilidade nas adolescentes acometidas.<sup>17,18</sup> Para maiores limiares de precaução, surgiram as radiografias bi-planares com menores doses de radiação, mas com a regra das radiografias serem realizadas com intervalos de seis meses durante o período de crescimento dos adolescentes.<sup>18,28</sup>

Atualmente, exames tridimensionais (3D) foram inseridos na prática clínica e científica para melhor precisão de avaliação das curvaturas escolióticas (torácia e lombar), denominado EOS, sistema de imagem inovador de raios X ultrasensível, que permite realizar exames rápidos (20 segundos), com qualidade 3D, em posição ortostática funcional.<sup>19-21</sup> A vantagem do método se sobrepõe em reduzir a dose de radiação em até 85% (micro-dosagem com radiações entre 5,9 a 27,0 vezes menor), em comparação com a radiografia tradicional ou digital, que usa tecnologias-padrão de raios X bidimensional (2D).<sup>21,22</sup> Apesar de inovador e grandes benefícios de precisão nas curvaturas escolióticas torácica e lombar, o sistema EOS requer alto custo financeiro do paciente para sua realização, tornando muitas vezes, um exame de pouca acessibilidade ao paciente do

sistema único de saúde, o qual ainda permanece sobre monitoramento da escoliose na forma do exame de raio-X tradicional.<sup>19</sup>

Para reduzir o risco de radiação do raio-X tradicional, apenas a área de interesse deve ser exposta e as radiografias de acompanhamento devem ser realizadas com o menor número possível de projeções,<sup>47</sup> especialmente em pacientes adolescentes em fase de crescimento do tecido ósseo.<sup>48</sup> As radiografias convencionais, determinam o prognóstico da curvatura escoliótica e definem a melhor estratégia terapêutica a ser realizada.<sup>48</sup>

Diante desse contexto, grande tem sido os esforços de pesquisadores e clínicos sobre os possíveis recursos de medidas indiretas dos parâmetros sagitais da coluna vertebral como forma de monitoramento das curvaturas escolióticas, predispondo a menor exposição radioativa do raio-X, e, ao mesmo tempo mantendo a precisão e acurácia das medidas escolióticas das curvaturas torácicas e lombar no prognóstico de progressão da curvatura. Segundo Tabard-Fougère et al. (2019)<sup>24</sup>, ferramentas clínicas não-radioativas precisas de medição das curvaturas escolióticas são necessárias para monitorar a progressão dessa deformidade durante a fase de crescimento das adolescentes.

### **3.3 Métodos livres de radiação para avaliação dos parâmetros sagitais da EIA**

A literatura apresenta vários instrumentos livres de radiação para avaliar e monitorar a progressão dos ângulos de curvatura escoliótica na EIA. Os instrumentos apresentados são: o flexicurva,<sup>23</sup> o inclinômetro manual<sup>24</sup> ou auxiliado por smartphone,<sup>25</sup> o ultrassom 3D,<sup>26</sup> o sistema de coluna ZEBRIS,<sup>27</sup> o rastereography,<sup>24,27</sup> o Scolioscan,<sup>29</sup> e o eletrogoniômetro.<sup>30</sup> Todos esses instrumentos apresentaram excelente confiabilidade

quando comparados ao exame de imagem do Raio-X bidimensional, com ICC variando de 80 a 95 de concordância.

O flexicurva é um dos instrumentos não-radiológico grandemente utilizado na prática clínica para mensuração das curvaturas da coluna vertebral, com confiabilidade aceitável.<sup>23</sup> Estudo avaliando a confiabilidade intra e inter-examinador e a validade dos ângulos da cifose torácica entre os instrumentos flexicurva e o cifômetro de Debrunner (goniômetro), verificaram uma alta confiabilidade das medidas entre os instrumentos com valores do Índice de Concordância Intra-classe (ICC) com alta concordância, sendo eles (0,96 e 0,98, respectivamente). Além disso, os autores verificaram a validade dos instrumentos comparando as mensurações da cifose torácica obtidas pelo flexicurva e cifômetro de Debrunner com a mensuração do ângulo de Cobb realizadas pelo raio-X tradicional e as correlações foram moderadas (0,62 e 0,69, respectivamente). A conclusão do estudo que instrumentos livres de radiação como o flexicurva e cifômetro apresentam baixo custo, fácil aplicabilidade e pouca variação para detectar as deformidades da coluna torácica de mulheres idosas, ou seja, durante a fase do envelhecimento.

Outro instrumento clínico livre de radiação que vem sendo descrito na literatura é o inclinômetro manual<sup>24</sup> e digital<sup>25</sup>. Estudo verificando a confiabilidade intra-examinador e a validade do raio-X tradicional com os instrumentos: inclinômetro manual e o método de rastereografia para mensuração dos ângulos sagitais da coluna vertebral de adolescentes com escoliose, observaram que ambos os instrumentos apresentaram boa confiabilidade com ICCs maiores que 0,75 para cifose torácica e lordose lombar quando ao ângulo de Cobb pela exame do raio-X tradicional. Outro achado importante observado pelos autores foi a moderada validade para o ângulo da cifose torácica e a baixa validade do ângulo da lordose lombar por meio do instrumento inclinômetro em relação ao raio-X e o método de rastereografia.<sup>24,27</sup>

Nesta linha de raciocínio outro estudo foi desenvolvido com o propósito de avaliar a confiabilidade do ângulo de Cobb mensurado pelo inclinômetro digital (smartphone) e o raio-X tradicional. Os resultados mostraram que excelente confiabilidade intra e inter-examinador ( $ICC > 0,80$ , respectivamente) para avaliação do ângulo de Cobb de adolescentes com escoliose idiopática quando comparado ao raio-X tradicional, com um menor erro de medida entre as avaliações, sugerindo a sua aplicabilidade clínica de forma efetiva.<sup>25</sup>

Os métodos não radionizantes utilizando o ultrassom para mensurações dos parâmetros lombo-pélvicos de adolescentes com escoliose<sup>26</sup> e o exame da coluna vertebral (ângulos da cifose torácica e lordose lombar) pelo método ZEBRIS em crianças com escoliose<sup>27</sup>, vem mostrando variações angulares importantes entre as medidas quando considerado o exame padrão-ouro do raio-X bidimensional, especialmente em relação a validade e confiabilidade das medidas obtido pelos instrumentos quando considerado a faixa etária avaliada entre os estudos. Porém, pouca compreensão se obtém dos instrumentos quando considerada a fase de crescimento de adolescentes com escoliose idiopática.

Estudo avaliando adolescentes e adulto jovens em uma mesma amostra, vem demonstrado a confiabilidade intra ( $ICC = 0,94$ ) e inter-examinador ( $0,87$ ) do ângulo de Cobb obtido pelo instrumento de Scolioscan em relação a medida pelo exame de imagem do raio-X bidimensional. Porém, os autores alertam que o ângulo de Cobb obtido pelo Scolioscan subestimou ligeiramente os valores angulares em relação a medida do raio-X, verificado pela equação de regressão geral  $y = 1,19797x$  ( $R^2 = 0,76$ ), fato este, que resultou na conclusão da baixa validade do instrumento Scolioscan para reprodução da medida do padrão-ouro (raio-X) da amostra avaliada. Talvez, a falta de validade do instrumento pode

ser devido a amostra não ter considerado as diferentes fases de crescimento, misturando adolescentes e adultos jovens.

Padronizando a fase de crescimento, estudo avaliou a confiabilidade e validade da flexibilidade das curvaturas sagitais da coluna vertebral de adolescentes com escoliose idiopática por meio de três instrumentos livres de radiação, sendo eles: o teste schober, inclinômetro e eletrogoniômetro (padrão-outro). Os resultados mostraram que o teste de schober e o inclinômetro não se concordam com as medidas de flexibilidade da escoliose torácica e escoliose lombar, mostrando baixos índices de ICC.<sup>30</sup>

Na prática clínica, grande tem sido a aplicabilidade do inclinômetro, um sistema simples, rápido e de baixo custo, que vem recebendo ampla atenção de muitos autores e médicos para a medição e o acompanhamento da progressão da curvatura escoliótica de pacientes com EIA. A sua aplicabilidade se pauta pelos estudos que referenciam excelente confiabilidade (ICC > 0,90) quando comparado ao exame de imagem do Raio-X.<sup>24,25,27,31</sup> Porém, até o presente momento, não se compreende a confiabilidade e a validade do inclinômetro nas diferentes fases do crescimento, fato que justifica a grande relevância clínica desse estudo, uma vez que a redução das doses de radiação com o exame de Raio-X, durante a monitoramento da curvatura escoliótica na fase de crescimento, ainda é uma questão primordial e de grande desafio para a saúde e bem estar dos adolescentes acometido pela escoliose idiopática.

## **4. CASUÍSTICA E MÉTODOS**

### **4.1 Tipo de estudo e Seleção da Amostra**

Este estudo teve um delineamento analítico do tipo observacional e transversal. A amostra foi composta por 39 adolescentes com EIA atendidos no Clínica Escoliose Brasil, do Município de Campinas, São Paulo/SP. Os adolescentes foram divididos em dois grupos: fase inicial de crescimento (Grupo 1=16, 10-13 anos) e fase tardia do crescimento (Grupo 2=23, 14-18 anos). Todos os adolescentes foram recrutados por meio de e-mail, através do sistema de agendamento da clínica ou por contato pessoal por encaminhados da equipe de profissionais de saúde multidisciplinar da referida clínica.

Para recrutamento e participação do estudo, os adolescentes deveriam apresentar o diagnóstico clínico confirmado da escoliose, por meio do exame de Raio-X bidimensional, considerado padrão-ouro para detecção da escoliose. Todos os adolescentes ou seus respectivos responsáveis legais assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, previamente aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Santo Amaro, sobre o número: 2.729.155.

Os critérios de inclusão dos adolescentes foram: idade entre 10 e 18 anos e diagnóstico de escoliose idiopática do adolescente com ângulo de Cobb entre 20-40°, mensurado sempre pelo clínico responsável pela realização do exame de radiografia. Os critérios de exclusão foram: índice de massa corporal (IMC)  $\geq 29$ , outras patologias neurológicas, reumáticas ou ortopédicas da coluna vertebral ou membros inferiores, presença de fraturas com menos de seis meses, distúrbios respiratórios ou cardíacos, doenças musculoesqueléticas sintomáticas em MMII, doenças sintomáticas do sistema nervoso central e periférico, diabetes Mellitus, cirurgia corretiva da curvatura da coluna vertebral, deformidades rígidas nos pés, infiltrações em pés e tornozelos nos últimos três

meses, incapacidade de ficar em pé e andar mais que 100 m, deficiência mental, presença de tatuagens ou cicatrizes nas costas.<sup>24</sup>

#### **4.2 Avaliação Inicial**

Assim que os adolescentes chegaram ao ambiente de coleta e após assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, foi aplicado um questionário previamente elaborado por meio de entrevista para caracterização da amostra e critérios de exclusão. Este questionário continha informações das características antropométricas e clínicas da Escoliose Idiopática do Adolescente -EIA.

#### **4.3 Exame de Imagem do Raio-X e da Avaliação do Inclinômetro**

Cada adolescentes foi recrutado para duas avaliações, o qual seguiu a seguinte ordem: radiografia biplanar e avaliação do inclinômetro. Vale ressaltar que as avaliações radiográficas foram realizadas em dias diferentes, visto o tempo considerado pelo paciente para agendamento da mesma. Na realização da radiografia biplanar, ou seja, bidimensional, todas as adolescentes realizaram a imagem do Raio-X,<sup>24</sup> no perfil sagital da coluna vertebral, como parte da solicitação médica para acompanhamento e confirmação do diagnóstico clínico da escoliose idiopática (Figura 1).

Para realização do exame de Raio-X, os adolescentes permaneceram em postura ortostática em pé parado com suporte de peso corporal. Os pés dos pacientes permaneceram no mesmo alinhamento no plano frontal, estando em uma distância de 7,5 cm entre os mesmos. Para diminuir os artefatos devido à projeção do úmero em sobreposição a coluna vertebral, na vista lateral, os adolescentes permaneceram com braços cruzados e os dedos apoiados sobre as clavículas. As imagens do Raio-X foram

digitalizadas e analisadas por um fisioterapeuta (1). Após quatro semanas, as imagens foram reavaliadas pelo mesmo fisioterapeuta (1) e por um segundo fisioterapeuta (2).



Figura 1 – Representação da realização do perfil frontal e sagital do exame de imagem do Raio-X.

Logo após a realização do exame do Raio-X, o adolescente era encaminhado para clínica de fisioterapia para avaliação das curvaturas sagitais: torácica e lombar pelo instrumento Inclinômetro (Tozz® base magnética). Nesta avaliação o adolescente foi posicionado em postura ortostática parada e com suporte do peso corporal estando os pés afastados com um etil vinil acetálico-EVA de 7,5 cm entre os mesmos.

Os adolescentes permaneceram em pé, estando a coluna vertebral lateralmente (plano sagital) aos dois fisioterapeutas que realizaram as mensurações dos ângulos sagitais da cifose torácica e lordose lombar. Para mensuração, ambos fisioterapeutas, mantiveram a base do Inclinômetro sobre os dois processos espinhosos direcionados diretamente na superfície das costas, e o ângulo calculado foi a diferença entre os dois valores mensurados. A padronização da base dos dois inclinômetros foi a uma distância de 2,5 cm para todos os adolescentes avaliados (Figura 2).



Figura 2 – Representação da mensuração dos ângulos sagitais pela Inclínômetro.

#### 4.4 Parâmetros de Avaliação dos Ângulos Sagitais: Cifose Torácica e Lordose Lombar

Para avaliação do exame de imagem digital do Raio-X (padrão-ouro) a mensuração do ângulo da cifose torácica (CT) foi entre a linha tangente às extremidades cranianas da quarta vértebra torácica (T4) e a extremidade caudal da 12<sup>a</sup> vértebra torácica (T12) e o ângulo da lordose lombar (LL) foi entre a tangente na extremidade craniana de L1 e sacral (S1), chamadas L1 – S1 (Figura 3).

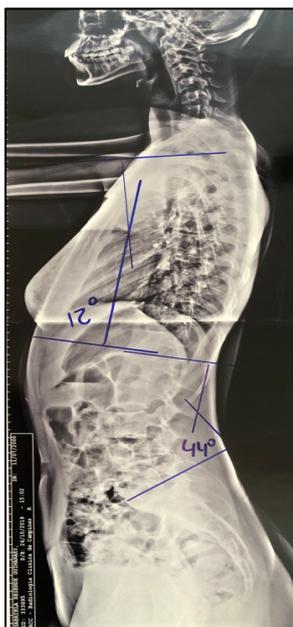


Figura 3 – Representação dos ângulos sagitais da cifose torácica e lordose lombar no exame de imagem do Raio-X dos adolescentes com escoliose idiopática.

Para o inclinômetro, o ângulo da cifose torácica (CT) foi mensurado colocando a base do instrumento sobre os processos espinhosos de T1-T2 e T12-L1, previamente localizados por palpação manual. O ângulo da lordose lombar (LL) foi medido colocando a base do inclinômetro sobre T12-L1 e L5-S1. No total foram realizadas três medidas repetidas pelo mesmo fisioterapeuta e a média dessas medidas foram usadas para análise dos dados.



Figura 4 – Representação dos ângulos sagitais da cifose torácica e lordose lombar no inclinômetro dos adolescentes com escoliose idiopática.

#### 4.5 Análise de Confiabilidade dos dados

Para verificar o grau de confiabilidade da análise intra-examinador entre os diferentes instrumentos: Raio-X e Inclinômetro, um único examinador (fisioterapeuta 1) analisou os ângulos sagitais respeitando um prazo de intervalo de uma semana entre a primeira avaliação do Raio-X e a segunda avaliação com o Inclinômetro, para que não houvesse memorização dos ângulos. Para avaliar a confiabilidade interexaminador (fisioterapeuta 1 e 2) dos ângulos sagitais, dois examinadores distintos avaliaram os ângulos sagitais com ambos os instrumentos: Raio-X e Inclinômetro, sobre o mesmo dia, mas em ambientes diferentes, para que assim não houvesse troca de informações sobre

as análises dos dados, o que poderia, eventualmente, interferir no resultado final das análises.<sup>24,25</sup>

#### **4.6 Análise Estatística**

A normalidade dos dados foi verificada pelo teste de Shapiro-Wilks e após confirmar a não normalidade dos dados foram realizados testes não paramétricos. O teste de Mann-Whitney foi utilizado com o objetivo de comparar os grupos 1 e 2 (estágios de crescimento inicial e tardio) para as variáveis antropométricas avaliadas. O teste de Wilcoxon foi utilizado com o objetivo de comparar os parâmetros sagitais dos ângulos da cifose torácica e lordose lombar das medidas realizadas pelo mesmo avaliador em cada instrumento (inclinômetro e raio-X) e grupo (1 e 2), separadamente. O mesmo teste foi aplicado para comparar às diferenças percentuais dos instrumentos: Raio-X e Inclinômetro (delta percentual de variação) para cada avaliador. O teste de Wann-Whitney foi aplicado para comparar as medidas entre os avaliadores 1 e 2 para os ângulos sagitais de cada instrumento (inclinômetro e raio-X) e grupo (1 e 2). Estas medidas foram realizadas para os parâmetros sagitais dos ângulos da cifose torácica e lordose lombar para o grupo 1 (fase inicial do crescimento) e 2 (fase tardia do crescimento) de adolescentes com EIA.

Para avaliar a confiabilidade intra e inter-examinador do inclinômetro em adolescentes com EIA em fase inicial e tardia do crescimento, foi utilizado o Coeficiente de Correlação Intra-Classe (ICC), calculado a equação do ICC tipo (1, 1) para análise intra-examinador, duas medidas repetidas realizadas com intervalo de uma semana pelo mesmo examinador e a equação do ICC tipo (3, 3) para a confiabilidade intrer-examinador, ou seja, entre os diferentes avaliadores (1 e 2). O ICC foi considerado

excelente se maior que 0,75, moderada entre 0,74 e 0,40 e ruim se menor que 0,39.<sup>49</sup> Para cálculo das diferenças do delta percentuais aplicou-se a fórmula:

$$\text{Delta \%} = \frac{\text{ângulo do Raio-X} - \text{ângulo do inclinômetro} \times 100}{\text{Ângulo do Raio-X}}$$

Ângulo do Raio-X

Para avaliar a validade entre o inclinômetro e a radiografia (padrão-ouro), foram calculados os coeficientes de correlação de Spearman. Além disso, foram comparados os deltas percentuais das diferenças entre os respectivos instrumentos: inclinômetros e radiografias (padrão ouro) para cada um dos ângulos de cifose torácica e lordose lombar dos diferentes grupos avaliados (1 e 2), e relatada a proporção de participantes com diferença maior que 5°. Para todas as análises foram consideradas diferenças significantes os valores de  $p < 0,05$ .

## 5. RESULTADOS

As adolescentes com EIA apresentaram características antropométricas similares entre os grupos das diferentes fases de crescimento. A diferenças observadas entre os grupos foram para a faixa etária e Sinal de Risser, mostrando as diferenças na maturidade de crescimento do sistema musculoesquelético, conforme observado na tabela 1.

Tabela 1 – Adolescentes com escoliose idiopática comparados entre a fase inicial (grupo 1) e tardia do crescimento (grupo 2), segundo os valores da massa corporal, altura, índice de massa corporal, ângulo de Cobb e sinal de Risser.

Variáveis	Grupo 1 - Fase inicial do crescimento (média/mediana)	Grupo 2 - Fase tardia do crescimento (média/mediana)	p
Idade (anos)	12,2 / 12,5	15,0 / 14,0	0,001*
Massa Corporal (kg)	49,4 / 48,0	50,6 / 48,0	0,463
Altura (m)	1,60 / 1,59	1,5 / 1,6	0,674
Índice Massa Corporal-IMC (kg/m <sup>2</sup> )	20,3 / 20,0	24,1 / 20,0	0,124
Ângulo Cobb Torácico (graus)	31,8 / 28,5	33,0 / 32,0	0,369
Ângulo Cobb Lombar (graus)	32,4 / 31,5	32,7 / 33,0	0,412
Sinal Risser (escore)	1,6 / 2,0	3,1 / 4,0	0,019*

\*Teste de Mann-Whitney, considerando diferenças significativas  $p < 0,05$ .

Na tabela 2 e 3 pode-se observar que o ângulo sagital da lordose lombar se mostrou significativo entre os instrumentos de Raio-X e Inclinômetro, considerando o mesmo avaliador, tanto para a fase inicial quanto tardia do crescimento. Já o ângulo da cifose torácica apresentou-se sem diferenças significantes entre os instrumentos (inclinômetro e Raio-X) quando considerada as avaliações pelo mesmo examinador. Com base nesses achados, pode-se inferir que o parâmetro sagital da coluna vertebral do ângulo da lordose lombar não é efetivo, portanto, deve-se ter cautela, quando avaliado pelo instrumento inclinômetro, visto suas diferenças significantes em relação aos ângulos mensurados pelo exame de imagem realizado pelo Raio-X (padrão-ouro) para cada uma das fases de crescimento (inicial e tardia).

Tabela 2 - Parâmetros sagitais da cifose torácica e lordose lombar medidos pelo Raio-X e Inclínômetro para cada avaliador em adolescentes com escoliose idiopática na fase inicial do crescimento.

<b>Grupo 1 - Fase Inicial do crescimento (10-13 anos)</b>						
<b>Ângulos Sagitais</b>	<b>Avaliador 1</b>		<b>Delta Variação</b>	<b>Avaliador 2</b>		<b>Delta Variação</b>
	<b>Raio-X</b>	<b>Inclinômetro</b>		<b>Raio-X</b>	<b>Inclinômetro</b>	
<b>Cifose torácica</b>	34,1	31,1		34,3	34,5	
Mediana	33,0	34,5	21,1	33,5	32,5	0,20
Mínimo/Máximo	18/58	20 / 55		18 / 60	18 / 59	
<b>Z e p</b>	Z=0,10 0,9176 (NS)			Z=0,13 0,8971 (NS)		
<b>Delta (%) AV1 x AV2</b>			Z=0,0517	0,9588		
<b>Lordose lombar</b>	33,6	44,3		35,0	40,3	
Mediana	32,5	47,0	25,0	35,5	41,0	55,0
Mínimo/Máximo	22/47	19/74		23/47	23/58	
<b>Z e p</b>	Z=2,79 0,0052* (Inclinômetro > Raio-X)			Z=1,80 0,0133* (Inclinômetro > Raio-X)		
<b>Delta (%) AV1 x AV2</b>			Z=0,108	0,0438		

\*Teste de Wilcoxon, considerando diferenças significativas  $p < 0,05$ .

Tabela 3 – Parâmetros sagitais da cifose torácica e lordose lombar medidos pelo Raio-X e Inclínômetro para cada avaliador em adolescentes com escoliose idiopática na fase tardia do crescimento.

<b>Grupo 2 - Fase Tardia do crescimento (14-18 anos)</b>						
<b>Ângulos Sagitais</b>	<b>Avaliador 1</b>		<b>Delta Variação</b>	<b>Avaliador 2</b>		<b>Delta Variação</b>
	<b>Raio-X</b>	<b>Inclinômetro</b>		<b>Raio-X</b>	<b>Inclinômetro</b>	
<b>Cifose torácica</b>	33,0	32,7		34,5	35,8	
Mediana	32,0	32,0	34,0	34,0	34,0	0,34
Mínimo/Máximo	18/52	18 / 56	38,0	18 / 60	18 / 59	0,33
<b>Z e p</b>	Z=0,34 0,7323 (NS)			Z=0,80 0,1620 (NS)		
<b>Delta (%) AV1 xAV2</b>			Z=0,76	0,4455 (NS)		
<b>Lordose lombar</b>	34,9	42,8		35,0	41,1	
Mediana	33,0	45,0	24,0	33,0	42,0	28,0
Mínimo/Máximo	28/52	30/60	30,0	22/50	24/56	32,0
<b>Z e p</b>	Z=3,91 <0,0001* (Inclinômetro > Raio-X)			Z=3,24 0,0012* (Inclinômetro > Raio-X)		
<b>Delta (%) AV1 xAV2</b>			Z=0,40	0,6894 (NS)		

\*Teste de Wilcoxon, considerando diferenças significativas  $p < 0,05$ .

Na tabela 4 pode-se observar que para o exame do Raio-X, considerado padrão-ouro, não houve diferença significativa entre os avaliadores (1 e 2) para mensuração dos ângulos sagitais da cifose torácica e lordose lombar para cada uma das fases do crescimento inicial (grupo 1) e tardia (grupo 2).

Tabela 4. Comparação dos parâmetros sagitais da cifose torácica e lordose lombar pelo exame de imagem do Raio-X (padrão-ouro) entre os avaliadores 1 e 2 de adolescentes com escoliose idiopática nas diferentes fases do crescimento: inicial e tardia.

<b>Raio-X</b>	<b>Grupo 1 - Fase Inicial do crescimento (10-13 anos)</b>		
<b>Ângulos Sagitais</b>	<b>Avaliador 1</b>	<b>Avaliador 2</b>	<b>p*</b>
<b>Cifose torácica (média/dp)</b>	34,12	33,5	0,7960 (NS)
Mediana (Mínimo/ Máximo)	33,0	34,3	z=0,26
<b>Lordose lombar (média/dp)</b>	33,8	35,1	0,6379 (NS)
Mediana (Mínimo/ Máximo)	32,5	35,5	z=0,47
<b>Raio-X</b>	<b>Grupo 2 - Fase tardia do crescimento (14-18 anos)</b>		
<b>Ângulos Sagitais</b>	<b>Avaliador 1</b>	<b>Avaliador 2</b>	<b>p*</b>
<b>Cifose torácica (média/dp)</b>	33,0	34,4	0,2330 (NS)
Mediana (Mínimo/ Máximo)	32,0	34,5	z=1,19
<b>Lordose lombar (média/dp)</b>	34,9	34,8	0,9750 (NS)
Mediana (Mínimo/ Máximo)	33,0	33,0	z=0,03

\*Teste de Mann-Whitney, considerando diferenças significativas  $p < 0,05$ .

Na tabela 5 pode-se observar que o instrumento do Inclinômetro se mostrou efetivo na comparação entre os avaliadores (1 e 2) para mensuração do ângulo da cifose torácica tanto para a fase inicial do crescimento (grupo 1) quanto para a fase tardia do crescimento (grupo 2). Já o parâmetro sagital do ângulo da lordose lombar entre os avaliadores (1 e 2), mostrou diferenças significantes para cada fase do crescimento (inicial ou tardia), revelando ser um instrumento de pouca aplicabilidade clínica para avaliar os adolescentes com EIA.

Tabela 5. Comparação dos parâmetros sagitais da cifose torácica e lordose lombar pelo Inclinômetro entre os avaliadores 1 e 2 de adolescentes com escoliose idiopática nas diferentes fases do crescimento: inicial e tardia.

<b>Inclinômetro</b>	<b>Grupo 1 - Fase Inicial do crescimento (10-13 anos)</b>		
<b>Ângulos Sagitais</b>	<b>Avaliador 1</b>	<b>Avaliador 2</b>	<b>p*</b>
<b>Cifose torácica (média/dp)</b>	33,2	32,5	0,7983
Mediana (Mínimo/ Máximo)	34,5	34,5	z=0,26
<b>Lordose lombar (média/dp)</b>	44,4	40,4	0,1627
Mediana (Mínimo/ Máximo)	47,0	41,0	z=1,40
<b>Inclinômetro</b>	<b>Grupo 2 - Fase Tardia do crescimento (14-18 anos)</b>		
<b>Ângulos Sagitais</b>	<b>Avaliador 1</b>	<b>Avaliador 2</b>	<b>p</b>
<b>Cifose torácica (média/dp)</b>	32,7	34,0	0,00691*
Mediana (Mínimo/ Máximo)	32,0	35,8	z=1,82
<b>Lordose lombar (média/dp)</b>	42,8	40,1	0,0012*
Mediana (Mínimo/ Máximo)	45,0	42,0	z=0,52

\*Teste de Mann-Whitney, considerando diferenças significativas  $p < 0,05$ .

Na tabela 6 e 7, considerando a fase de crescimento inicial (grupo 1) e tardia (grupo 2), pode-se observar uma moderada confiabilidade intra-examinador (ICC=0,62; ICC=65, respectivamente) e inter-examinador (ICC=0,64; ICC=0,48, respectivamente) para o ângulo sagital da lordose lombar quando mensurado pelo Inclinômetro. Apenas o parâmetro sagital do ângulo da cifose torácica mostrou excelente confiabilidade intra-examinador (ICC=0,88 grupo 1 e ICC=0,90 grupo 2) e inter-examinador (ICC=0,86 grupo 1 e ICC=0,85 grupo 2) quando mensurado pelo Inclinômetro. Fato este que mostra uma concordância moderada do ângulo sagital da lordose lombar mensurado pelo Inclinômetro, nas fases de crescimento inicial e tardia, para acompanhamento e monitoramento da curvatura escoliótica das adolescentes acometidas, vistos as excelentes confiabilidades dos parâmetros sagitais da cifose torácica e lordose lombar quando mensuradas pelo Raio-X.

Tabela 6 – Confiabilidade intra e inter-examinador pela Índice de Concordância Intra-Classe (ICC) dos ângulos sagitais da cifose torácica e lordose lombar mensurados pelo inclinômetro e radiografia em adolescentes com escoliose Idiopática na fase inicial de crescimento (grupo 1).

Grupo 1 (10-13 anos)		Inter-Examinador (Mesmo dia)			Intra-Examinador (Uma semana depois)		
Parâmetros Sagitais	Avaliador 1 Média(med)	Avaliador 2 Média(med)	ICC	P	Avaliador 1 Média(med)	ICC	p
<b>Cifose Torácica</b>							
Inclinômetro (°)	31,1 (34,5)	34,5 (32,5)	0,86	0,557	32,2 (32,0)	0,88	0,563
Radiografia (°)	34,1 (33,0)	34,3 (33,5)	0,93	0,721	33,6 (32,5)	0,92	0,721
<b>Lordose Lombar</b>							
Inclinômetro (°)	44,3 (47,0)	40,3 (41,0)	0,64	0,045*	48,6 (46,5)	0,62	0,038*
Radiografia (°)	33,6 (32,5)	35,0 (35,5)	0,91	0,492	34,2 (33,0)	0,96	0,675

\*Coeficiente de Correlação Intra-Classe (ICC), considerando diferenças significantes  $p < 0.05$ .

Tabela 7 – Confiabilidade intra e inter-examinador pela Índice de Concordância Intra-Classe (ICC) dos ângulos sagitais da cifose torácica e lordose lombar mensurados pelo inclinômetro e radiografia em adolescentes com escoliose Idiopática na fase tardia do crescimento (grupo 2).

Grupo 2 (14-18 anos)		Inter-Examinador (Mesmo dia)			Intra-Examinador (Uma semana depois)		
Parâmetros Sagitais	Avaliador 1 Média(med)	Avaliador 2 Média(med)	ICC	P	Avaliador 1 Média(med)	ICC	p
<b>Cifose Torácia</b>							
Inclinômetro (°)	32,7 (32,0)	35,8 (34,0)	0,85	0,130	33,4 (32,5)	0,90	0,652
Radiografia (°)	33,0 (32,0)	34,5 (34,0)	0,95	0,579	33,2 (32,1)	0,96	0,846
<b>Lordose Lombar</b>							
Inclinômetro (°)	42,8 (45,0)	41,1 (42,0)	0,48	0,009*	38,7 (36,5)	0,65	0,040*
Radiografia (°)	34,9 (33,0)	35,0 (33,0)	0,88	0,744	34,2 (33,0)	0,92	0,942

\*Coeficiente de Correlação Intra-Classe (ICC), considerando diferenças significantes  $p < 0.05$ .

Na tabela 8, pode-se observar que para o ângulo sagital da lordose lombar o inclinômetro mostrou-se com uma correlação baixa em relação ao padrão-ouro realizado pelo exame da radiografia em ambas as fases de crescimento: inicial e tardia, mostrando

ser um instrumento de validade ineficiente para acompanhamento deste parâmetro sagital da coluna vertebral em adolescentes com EIA.

Tabela 8 – Correlação entre os instrumentos: inclinômetro e Raio-X para os parâmetros sagitais da cifose torácica e lordose lombar para as diferentes fases do crescimento: inicial e tardia de adolescentes com Escoliose Idiopática.

<b>Instrumentos - Grupo 1</b>	<b>Cifose Torácica (°)</b>	<b>Lordose Lombar (°)</b>
Padrão-Ouro (radiografia)	T4-T12	L1-S1
Média (mediana)	34,1 (33,3)	33,6 (32,5)
Inclinômetro (fase inicial do crescimento)		
Média (mediana)	31,1 (34,5)	44,3 (47,0)
N (%) pacientes com diferenças > 5°	5/16	10/16
Correlação (r)	0,84	0,38
p	0,308	0,001*
<b>Instrumentos - Grupo 2</b>	<b>Cifose Torácica (°)</b>	<b>Lordose Lombar (°)</b>
Padrão-Ouro (radiografia)	T4-T12	L1-S1
Média (mediana)	33,0 (32,0)	34,9 (33,0)
Inclinômetro (fase tardia do crescimento)		
Média (mediana)	32,7 (32,0)	42,8 (45,0)
N (%) pacientes com diferenças > 5°	8/21	15/21
Correlação (r)	0,75	0,49
p	0,517	0,024*

\*Teste de Correlação de Spearman, considerando diferenças significativas  $p < 0.05$ .

## 6. DISCUSSÃO

Este estudo avaliou a concordância (confiabilidade) inter e intra-examinador do inclinômetro, instrumento livre de radiação, e sua relação com o padrão-ouro realizado pelo exame do Raio-X sobre os parâmetros sagitais da coluna vertebral na fase inicial e tardia do crescimento de adolescentes com escoliose idiopática (EIA). Os principais resultados mostraram que o ângulo sagital da lordose lombar se mostrou diferente entre os instrumentos de Raio-X e Inclinômetro, quando considerado o mesmo avaliador, tanto para a fase inicial quanto tardia do crescimento. Na comparação entre os avaliadores para cada fase do crescimento (inicial ou tardia), o Inclinômetro também se revelou diferente entre as medidas dos avaliadores para os ângulos da lordose lombar, sendo um instrumento de pouca aplicabilidade clínica para monitorar a curvatura escoliótica da lombar de adolescentes com EIA. Outro ponto importante foi que o Inclinômetro se mostrou com uma confiabilidade moderada intra-examinador e inter-examinador para o ângulo sagital da lordose lombar, enquanto que o ângulo da cifose torácica mostrou-se com excelente confiabilidade intra-examinador e inter-examinador nas diferentes fases de crescimento. Além disso, o ângulo sagital da lordose lombar mensurado pelo inclinômetro mostrou-se com uma baixa correlação em relação ao padrão-ouro realizado pelo exame do Raio-X nas fases inicial e tardia do crescimento, mostrando ser um instrumento de validade ineficiente para acompanhamento deste parâmetro sagital da coluna vertebral em adolescentes com EIA. Já o ângulo da cifose torácica se mostrou com alta correlação com o exame de Raio-X.

As diferentes fases de crescimento (inicial e tardia) dos adolescentes com EIA não influenciaram no parâmetro sagital da cifose torácica entre os instrumentos de Raio-X e Inclinômetro, mas sim no parâmetro sagital da lordose lombar. Estudo tem considerado

as variações para a mensuração do ângulo da cifose torácica (T4-T12 e T5-T12) e tem revelado ser um parâmetro sagital de grande importância para a prática clínica de monitoramento da progressão das curvaturas escolióticas por meio do exame de Raio-X.<sup>50</sup> Outros estudos revelam a necessidade de monitorar os parâmetros sagitais da coluna vertebral (cifose torácica e lordose lombar) de adolescentes com escoliose por meio de instrumentos livres de radiação, sendo eles o inclinômetro manual<sup>24</sup> ou digital<sup>25</sup>, mostrando boa reprodutibilidade para as mensurações dos ângulos sagitais. O diferencial deste estudo foi considerar as diferentes fases de crescimento, inicial e tardia, e mostrar que o parâmetro sagital da lordose lombar mensurada pelo Inclinômetro apresentou grandes diferenças entre os examinadores. Dessa forma, pode-se inferir que o profissional de saúde deverá ter muita cautela na aplicabilidade clínica do inclinômetro para monitorar a curvatura escoliótica da lombar de adolescentes com EIA.

A importância de considerar as diferentes fases de crescimento utilizando um instrumento livre de radiação como o inclinômetro, vem da pouca compreensão sobre essa temática e da necessidade de obter um instrumento capaz de determinar o prognóstico da curvatura escoliótica durante a maturidade do tecido ósseo, mas ao mesmo tempo mantendo a precisão e acurácia das medidas sagitais da coluna vertebral.<sup>47,48</sup> Neste estudo pode-se observar que o Inclinômetro se mostrou com uma confiabilidade moderada intra-examinador e inter-examinador para o ângulo sagital da lordose lombar, enquanto que o ângulo da cifose torácica mostrou-se com excelente confiabilidade intra-examinador e inter-examinador nas diferentes fases de crescimento: inicial e tardia. Estes resultados corroboram com o estudo realizado por Tabard-Fougère et al., (2019)<sup>24</sup> ao observarem que os ângulos da cifose torácica e lordose lombar mensurados pelo inclinômetro são confiáveis para adolescentes com EIA, mas com uma

baixa correlação para o ângulo da lordose lombar quando comparado ao exame da imagem do Raio-X.

A literatura vem ressaltando a boa correlação do ângulo da cifose torácica por meio de diversos instrumentos livres de radiação, sendo eles o flexicurva,<sup>1</sup> o ultrassom 3D,<sup>26</sup> o sistema ZEBRIS,<sup>27</sup> a rastereografia,<sup>24,27</sup> o Scolioscan<sup>29</sup> e o eletrogoniômetro<sup>30</sup> para avaliação de adolescentes com escoliose. Dentre todos esses instrumentos o Inclinômetro vem se destacando clínica e cientificamente, visto sua fácil aplicabilidade e baixo custo, com confiabilidade e validade para o ângulo de cifose torácica, porém com baixa correlação para o ângulo da lordose lombar,<sup>24,25,51</sup> como observado no presente estudo. Porém, outros estudos utilizando a topografia de superfície mostraram boa correlação do ângulo da lordose lombar com a medida do Raio-X em adolescentes com escoliose idiopática.<sup>52,53</sup>

A explicação para as diferenças observadas para o ângulo da lordose lombar e sua baixa correlação quando comparado ao padrão-ouro obtido pelo exame do Raio-X podem ser explicadas pelas variações no posicionamento anatômico do inclinômetro pelas repetidas avaliações intra-examinador e entre os avaliadores (inter-examinador), os quais reproduzem a baixa validade deste instrumento em adolescentes com escoliose idiopática. Outra ponto de explicação se dá pelos vários fatores podem afetar a curvatura da lordose lombar, incluindo a tensão nos ligamentos e entre os músculos paravertebrais, coxofemoral e abdominais, bem como a inclinação da pelve na posição ortostática e durante o surto de crescimento puberal, o qual contribui para o desalinhamento das vértebras lombossacra no plano sagital, especialmente nas deformidades da coluna vertebral como a escoliose.<sup>54</sup>

Na prática clínica, grande tem sido a aplicabilidade do inclinômetro, a qual recebeu uma ampla atenção científicas e clínica dos profissionais de saúde para a medição e o

acompanhamento da progressão da curvatura escoliótica de adolescentes com escoliose. Idiopática. A sua aplicabilidade se pauta pelos estudos que referenciam excelente confiabilidade ( $ICC > 0,90$ ) quando comparado ao exame de imagem do Raio-X.<sup>24,25,27,55</sup> A relevância clínica deste estudo foi mostrar a confiabilidade e a validade do inclinômetro nas diferentes fases do crescimento para o ângulo da cifose torácica, mas não para o ângulo da lordose lombar em relação ao padrão-ouro do Raio-X, uma vez que a redução das doses de radiação durante a monitoramento da curvatura escoliótica na fase de crescimento, ainda é uma questão primordial e de grande desafio para a saúde e bem estar dos adolescentes com escoliose.

A limitação deste estudo foi não ter considerado os exames de Raio-X pelo sistema EOS, o qual reproduz micro-dose de radiações de duas a três vezes menores em relação ao Raio-X tradicional para comparação com o Inclinômetro. Segunda a literatura apesar de ser um sistema com menor dosagem radioativa ainda é um sistema muito caro e geralmente não disponível ao sistema público de saúde, dificultando a sua realização pelo adolescente acometido.<sup>47,56</sup> Dessa forma, sugere-se futuros estudos com essa abordagem de medidas para melhor compreensão dos parâmetros sagitais da coluna vertebral nas diferentes fases do crescimento de adolescentes com escoliose idiopática.

## 7. CONCLUSÃO

As diferentes fases do crescimento, inicial e tardia, mostraram excelente concordância (confiabilidade) inter e intra-examinador do inclinômetro, instrumento livre de radiação, para o parâmetro sagital da cifose torácica, bem como uma moderada confiabilidade para o ângulo da lordose lombar. Outro achado importante foi a baixa correlação do inclinômetro em relação ao Raio-X para o ângulo da lordose lombar, tanto para a fase inicial quanto tardia do crescimento, mostrando ser um instrumento de validade ineficiente para monitoramento curvatura escoliótica da coluna lombar de adolescentes com escoliose idiopática.

## REFERÊNCIAS

1. Grivas TB, Vasiliadis E, Mouzakis V, Mihas C, Koufopoulos G. Association between adolescent idiopathic scoliosis prevalence and age at menarche in different geographic latitudes. *Scoliosis* 2006;1:1-9.
2. Smania N, Picelli A, Romano M, Negrini S. Neurophysiological basis of rehabilitation of adolescent idiopathic scoliosis. *Disabil Rehabil* 2008;30(10):763-71.
3. Pearsall DJ, Reid JG, Hedden DM. Comparison of three noninvasive methods for measuring scoliosis. *Phys Ther* 1992;72(9):648-57.
4. Dickson RA. Scoliosis in the community. *BMJ* 1983;286(6365):615-618.
5. Pin LH, Mo LY, Lin L, Hua LK, Changsa, Hui HP, Hui DS, Chang BD, Chang YY, Yuan L, Hunan. Early diagnosis of scoliosis based on school-screening. *JBS* 1985;67A:1202-1205.
6. Soucacos PN, Soucacos PK, Zacharis KC, Beris AE, Xenakis TA. School screening for scoliosis: a prospective epidemiological study in northwestern and central Greece. *JBS* 1997;79(10):1498-1503.
7. Penha PJ, Ramos NLJP, De carvalho BKG, Andrade RM, Schmitt ACB, Amado JSM. Prevalence of adolescent idiopathic scoliosis in the state of São Paulo, Brazil. *Spine (Phila Pa 1976)* 2018;43(24):1710-1718.
8. Lee CF, Fong DYT, Cheung KMC, Ng BK, W, Lam TP, Mak KH, Yip PSF, Luk KDK. Referral criteria for school scoliosis screening: assessment and recommendations based on a large longitudinally followed cohort. *Spine (Phila Pa 1976)* 2010;35(25):1492-1498.
9. Freidel K, Petermann F, Reichel D, Steiner A, Warschburger P. *Spine* 2002; 27(4): 87-91.
10. Williams MS. *Am J Med Genetic* 2003;120A(4):583-587.
11. Rose PS, Lenke LG. Classification of Operative Adolescent Idiopathic Scoliosis: Treatment Guidelines. *Orthop Clin North Am* 2007;38:521-529.
12. Dang NR, Moreau MJ, Hill DL, Mahood JK, Raso J. Intra-observer reproducibility and interobserver reliability of the radiographic parameters in the Spinal Deformity Study Group's AIS Radiographic Measurement Manual. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005;30(9):1064-1069.
13. Kuklo TR, Potter BK, Polly DWJ, O'Brien MF, Michael F, Schroeder TM, Lenke LG. Reliability analysis for manual adolescent idiopathic scoliosis measurements. *Spine (Phila Pa 1976)* 2005;30(4):444-454.

14. Wu W, Liang J, Du Y, Tan X, Xiang X, Wang W, Ru N, Le J. Reliability and reproducibility analysis of the COBB angle and assessing sagittal plane by computer- assisted and manual measurement tools. *BMC Musculoskelet Disord* 2014;15:33.
15. Goldberg CJ, Moore DP, Fogarty EE, Dowling FE. Handedness and spinal deformity. *Stud Health Technol Inform* 2006;123:442-448.
16. Wills BP, Auerbach JD, Zhu X, Caird MS, Horn BD, Flynn JM, Drummond DS, Dormans JP, Ecker ML. Comparison of Cobb angle measurement of scoliosis radiographs with preselected end vertebrae: traditional versus digital acquisition. *Spine (Phila Pa 1976)* 2007;32(1):98-105.
17. Doody MM, Lonstein JE, Stovall M, Hacker DG, Luckyanov N, Land CE. Breast cancer mortality after diagnostic radiography: findings from the U.S. Scoliosis Cohort Study. *Spine (Phila Pa 1976)*. 2000;25(16):2052-2063.
18. Pesenti S, Prost S, Blondel B, Pomeroy V, Severyns M, Roscigni L, Authier G, Viehweger E, Jouve JL. Correlations linking static quantitative gait analysis parameters to radiographic parameters in adolescent idiopathic scoliosis. *Orthop Traumatol Surg Res*. 2019;105(3):541-545.
19. Ilharreborde B, Ferrero E, Alison M, Mazda K. EOS microdose protocol for the radiological follow-up of adolescent idiopathic scoliosis. *Eur Spine J* 2016;25:526-531.
20. Hui SCN, Pialasse JP, Wong JYH, Lam TP, Ng BKW, Cheng JCY, Chu WCW. Radiation dose of digital radiography (DR) versus micro-dose x-ray (EOS) on patients with adolescent idiopathic scoliosis: 2016 SOSORT – IRSSD “John Sevastic Award” Winner in Imaging Research. *Scoliosis Spinal Disord* 2016;29:11-46.
21. Lau LCM, Hung AL, Chau WW, Kumar A, Lam TP, Chu WCW, Cheng JCY. Sequential spine-hand radiography for assessing skeletal maturity with low radiation EOS imaging system for bracing treatment recommendation in adolescent idiopathic scoliosis: a feasibility and validity study. *J Child Orthopaed* 2019;13(4):385-392.
22. Goussard P, Gie R, Andronikou S and Fourie. A correctable cause of lung collapse in an adolescent with severe scoliosis causing compression of the bronchial tree. *BMJ Case Rep*. 2013;2013:bcr2013202017.
23. Greendale GA, Nili NS, Huang MH, Seeger L and Karlamangla AS. The reliability and validity of three non-radiological measures of thoracic kyphosis and their relations to the standing radiological Cobb angle. *Osteoporos Int*. 2011;22(6):1897–1905.
24. Tabard-Fougère A, Bonnefoy-Mazure A, Dhouib A, Valaikaite R, Armand S, Dayer R. Radiation-free measurement tools to evaluate sagittal parameters in AIS patients: a reliability and validity study. *Eur Spine J*. 2019;28(3):536-543.

25. Qiao J, Liu Z, Xu L, Wu T, Zheng X, Zhu Z, Zhu F, Qian B, Qiu Y. Reliability analysis of a smartphone-aided measurement method for the Cobb angle of scoliosis. *J Spinal Disord Tech.* 2012;25(4):E88-92.
26. Vrtovec T, Janssen MMA, Likar B, Castelein RM, Viergever MA, Pernus F. A review of methods for evaluating the quantitative parameters of sagittal pelvic alignment. *Spine J.* 2012;12:433-446.
27. Takács M, Orlovits Z, Jáger B, Kiss RM. Comparison of spinal curvature parameters as determined by the ZEBRIS spine examination method and the Cobb method in children with scoliosis. *PLoS One* 2018;13(7):e0200-245.
28. Tabard-Fougère A, Bonnefoy-Mazure A, Hanquinet S, Lascombes P, Armand S, Dayer R. Validity and Reliability of Spine Rasterstereography in Patients With Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine* 2017,15;42(2):98-105.
29. Zheng YP, Lee TT, Lai KK, Yip BH, Zhou GQ, Jiang WW, Cheung JC, Wong MS, Ng BK, Cheng JC, Lam TP. A reliability and validity study for Scolioscan: a radiation-free scoliosis assessment system using 3D ultrasound imaging. *Scoliosis Spinal Disord* 2016;31;11:13.
30. Lewis- McCrea LM, Lall SP. Effects of phosphorus and vitamin C deficiency, vitamin A toxicity, and lipid peroxidation on skeletal abnormalities in Atlantic halibut (*Hippoglossus hippoglossus*). *Journal of Applied Ichthyology* 2010;26:334-343.
31. Nery LS, Halpern R, Nery PC, Nehme KP, Stein AT. Prevalence of scoliosis among school students in a town in southern Brazil. *São Paulo Med J* 2010;128:69-73.
32. Lezica AV. Detección precoz de deformidades de columna en escolares de 10 a 15 años. *Rev Asoc Arg Ortop Y Traumatol.* 1994;59:386-91.
33. Rocha EST, Pedreira ACS. Common orthopedic problems in adolescents. *J Pediatr (Rio J)* 2001; 77 (Supl. 2):S225-S233.
34. LeBlanc R, Labelle H, Poitras B, Rivard CH (1997) Relation between adolescent idiopathic scoliosis and morphologic somatotypes. *Spine* 22:2532–2536. doi:10.1097/00007632-19971101000013
35. Chen PQ, Wang JL, Tsuang YH, et al. The postural stability control and gait pattern of idiopathic scoliosis adolescents. *Clin Biomech.* 1998;13:S52–58.
36. Nault ML, Allard P, Hinse S, Le Blanc R, Caron O, Labelle H, Sadeghi H. Relations between stability and body posture parameters in adolescent idiopathic scoliosis 2002; 27(17): 1911-1917.
37. Arkin AM. The mechanism of the structural changes in scoliosis. *J Bone Joint Surg Am* 1949;31:519–528.

38. Asher MA, Burton DC. Adolescent idiopathic scoliosis: natural history and long term treatment effects. *Scoliosis* 2006;1:2.
39. Thomsen M, Abel R. Imaging in scoliosis from the orthopaedic surgeon's point of view. *Eur J Radiol* 2006;58:41–47.
40. Agabegi SS, Kazemi N, Sturm PF, Mehlman CT. Natural History of Adolescent Idiopathic Scoliosis in Skeletally Mature Patients: A Critical Review. *J Am Acad Orthop Surg*. 2015;23(12):714- 723.
41. Ricart PA, Andres TM, Apazidis A, Errico TJ, Trobisch PD. Validity of Cobb angle measurements using digitally photographed radiographs. *Spine J*. 2011;11(10):942-946.
42. Wolff S, Riouallon G. Scolioses à l'âge adulte: une évolution constante [Scoliosis in adulthood: a constant evolution]. *Rev Prat*. 2016;66(3):298-302.
43. Diard F, Chateil JF, Vital JM. Imagerie des scolioses [Imaging of scoliosis]. *Rev Prat*. 1993;43(11):1420-1431.
44. Cassar-Pullicino VN, Eisenstein SM. Imaging in scoliosis: what, why and how?. *Clin Radiol*. 2002;57(7):543-562.
45. Newton PO, Osborn EJ, Bastrom TP, Doan JD, Reighard FG. The 3D Sagittal Profile of Thoracic Versus Lumbar Major Curves in Adolescent Idiopathic Scoliosis. *Spine Deform*. 2019;7(1):60-65.
46. Ng SY, Bettany – Saltikov J. Imaging in the Diagnosis and monitoring of children with idiopathic scoliosis. *Open Orthop J* 2017;11:1500-1520.
47. Arely F, Hogg P, Twiste M, Johansen S, Tootell A. Scoliosis imaging: an analysis of radiation risk in the CT scan projection radiograph and a comparison with projection radiography and EOS. *Radiography* 2019;25(3): e68 –74.
48. Hresko MT, Mesiha MBA, Richards K PT, Zurakowski David. A Comparison of Methods for Measuring Spinal Motion in Female Patients With Adolescent Idiopathic Scoliosis. *J Pediatric Orthopaedics*. 2006;26(6):758-763.
49. Fleiss JL, Nee JCM, Landis JR. Large sample variance of Kappa in the case of different sets of rates. *Psychol Bull* 1979;86:974-977.
50. Ohrt – Nissen S, Cheung JPY, Hallager DW, Gehrchen M, Kwan K, Dahl B, Cheung KMC, Samartzis D. Reproducibility of thoracic kyphosis measurements in patients with adolescent idiopathic scoliosis. *Scoliosis and Spinal Disorders* 2017 12:4.
51. Fortin C, Feldman DE, Cheriet F, Labelle H. Validity of a quantitative clinical measurement tool of trunk posture in idiopathic scoliosis. *Spine* 2010;35(19):E988-994.

52. Knott P, Lonner B, Smith M, Frommeyer E, Ren Y. Measuring anterior trunk deformity in scoliosis development of asymmetry parameters using surface topography ( a pilot study). *Scoliosis Spinal Disord* 2016;11(2):32.
53. Frerich JM, Hertzler K, Knott P, Mardjetko S. Comparison of radiographic and surface topography measurements in adolescents with idiopathic scoliosis. *Open Orthop J* 2012;6:261-265.
54. Guo J, Liu Z, Lv F, Zhu Z, Qian B, Zhang X, Lin X, Sun X, Qiu Y. Pelvic tilt and trunk inclination: new predictive factors in curve progression during the Milwaukee bracing for adolescent idiopathic scoliosis. *Euro Spine J* 2012;21:2050-2058.
55. Blommestein ASV, Lewis JS, Morrissey MC, MacRae S. Reability of measure thoracic kyphosis angle, lumbar lordosis angle and straight leg raise with an inclinometer. *Open Spine J* 2012;4:10-15.
56. Branchini M, Del Vecchio A, Gigliotti CR, Loria A, Zerbi A, Calandrino R. Organ doses and lifetime attributable risk evaluations for scoliosis examinations of adolescent patient with the EOS imaging system. *Medical Physics* 2018;123:305-313.

## ANEXO A – Aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa – CEP/UNISA

UNIVERSIDADE DE SANTO  
AMARO - UNISA



### PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

#### DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

**Título da Pesquisa:** Avaliar a concordância entre inclinômetro e radiografia para avaliar parâmetros sagitais de adolescentes com escoliose idiopática nas diferentes fases do crescimento

**Pesquisador:** Ana Paula Ribeiro

**Área Temática:**

**Versão:** 1

**CAAE:** 36591920.2.0000.0081

**Instituição Proponente:** OBRAS SOCIAIS E EDUCACIONAIS DE LUZ

**Patrocinador Principal:** Financiamento Próprio

#### DADOS DO PARECER

**Número do Parecer:** 4.220.330

#### Apresentação do Projeto:

Verificar a confiabilidade inter e intra-examinador do inclinômetro em diferentes fases de crescimento e a sua validade em relação ao padrão-ouro do exame de Raio-X sobre os parâmetros sagitais da coluna vertebral em adolescentes com EIA. Métodos: Este estudo terá um delineamento analítico do tipo observacional e transversal. A amostra será composta por 37 adolescentes com EIA atendidos no Clínica Escoliose Brasil, do Município de Campinas, São Paulo/SP. Os adolescentes serão divididos em dois grupos: fase inicial de crescimento (GIC=16, 10-13 anos) e fase tardia do crescimento (GTC=21, 14-18 anos). O processo de avaliação será dividido da seguinte forma: etapa 1, avaliação radiográfica, onde será realizado o exame de raio-X das curvaturas sagitais da coluna vertebral e a etapa 2, onde serão avaliadas os ângulos sagitais de Cobb da cifose torácica e da lordose lombar. Análise Estatística: A normalidade dos dados será testada por meio do teste de Shapiro-Wilks. As comparações entre os grupos de adolescentes para por meio do test t-Student e a análise confiabilidade utilizando o Índice de Concordância Intra-Classe-ICC, considerando um nível de significância de 5%.

#### Objetivo da Pesquisa:

Verificar a confiabilidade inter e intra-examinador do inclinômetro em diferentes fases de crescimento e a sua validade em relação ao padrão-ouro do exame de Raio-X sobre os parâmetros sagitais da coluna vertebral em adolescentes com EIA

**Endereço:** Rua Profº Enéas de Siqueira Neto, 340

**Bairro:** Jardim das Imbuías

**CEP:** 02.450-000

**UF:** SP

**Município:** SAO PAULO

**Telefone:** (11)2141-8687

**E-mail:** pesquisaurisa@unisa.br

Continuação do Parecer: 4.220.330

**Avaliação dos Riscos e Benefícios:**

**Riscos:** O experimento poderá causar um risco mínimo à sua saúde física e mental, mas você poderá sentir um pequeno desconforto de dor ou sensação de cansaço físico ao permanecer em pé parado por 20 segundos para realizar três medidas consecutivas da sua coluna vertebral com o Raio-X e o Inclínometro. Caso isso aconteça, a avaliação será interrompida, respeitando os sintomas de dor ou cansaço físico do adolescente, e se necessitar de atendimento clínico, o mesmo será encaminhado para atendimento com especialista responsável pelo estudo. Não haverá qualquer interferência da equipe de pesquisadores na sua rotina de tratamento da Escoliose.

**Benefícios:** O benefício indireto da sua participação será adquirir conceitos e orientações sobre seu o melhor exame clínico para mensurar a progressão da curvatura da sua coluna vertebral, para assim melhorar o tratamento direcionado para Escoliose Idiopática dos adolescentes.

**Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:**

- Metodologia: Adequado;
- Projeto: Adequado;
- Cronograma: Adequado;
- Orçamento: Adequado.

**Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:**

- TCLE: Adequado
- Carta Co-participante: Adequado

**Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:**

Aprovado

**Considerações Finais a critério do CEP:**

**Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:**

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_1613677.pdf	16/08/2020 14:47:11		Aceito
Outros	DeclaracaoCoParticipanteJanainalgor.pdf	16/08/2020 14:46:49	Ana Paula Ribeiro	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento /	TCLEAriane2020.pdf	16/08/2020 14:46:21	Ana Paula Ribeiro	Aceito

Endereço: Rua Profª Enéas de Siqueira Neto, 340  
 Bairro: Jardim das Imbuías CEP: 02.450-000  
 UF: SP Município: SAO PAULO  
 Telefone: (11)2141-8687 E-mail: pesquisa@unisa.br

UNIVERSIDADE DE SANTO  
AMARO - UNISA



Continuação do Parecer: 4.220.330

Justificativa de Ausência	TCLEAriane2020.pdf	16/08/2020 14:46:21	Ana Paula Ribeiro	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoAriane2020CEP.pdf	16/08/2020 14:46:05	Ana Paula Ribeiro	Aceito
Folha de Rosto	FolhaRostoAriane.pdf	16/08/2020 14:45:37	Ana Paula Ribeiro	Aceito

**Situação do Parecer:**

Aprovado

**Necessita Apreciação da CONEP:**

Não

SAO PAULO, 18 de Agosto de 2020

Assinado por:

**Marlene Almeida de Ataíde**  
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Profº Enéas de Siqueira Neto, 340  
Bairro: Jardim das Imbuías CEP: 02.450-000  
UF: SP Município: SAO PAULO  
Telefone: (11)2141-8887 E-mail: pesquisaunisa@unisa.br

## ANEXO 2 – Tabelas de Dados

Tabela 1 - Parâmetros sagitais da cifose torácica e lordose lombar medidos pelo Raio-X e Inclinômetro para cada avaliador em adolescentes com escoliose idiopática na fase inicial do crescimento.

CRIUPO I - FASE INICIAL DO CRESCIMETNO	AVALIADOR 1			AVALIADOR 2		
	CIFOSE Raio X	CIFOSE Inclinometro	Delta % AV1	CIFOSE Raio X	CIFOSE Inclinometro	Delta % AV2
ANA PAULA DI	26	43	-65,4	27	28	-3,7
LAIS F BARROS	22	30	-36,4	44	37	15,9
MARIANA CRUZ	44	20	54,5	50	44	12,0
SARA MENEZES	50	35	30,0	38	50	-31,6
GIULIA FUJIYAMA	18	24	-33,3	23	18	21,7
JULIA STEFANI	23	23	0,0	33	23	30,3
LAURA RIZZA	23	27	-17,4	24	33	-37,5
MARIA LUIZA	33	47	-42,4	23	32	-39,1
ISABELLA B DE ARAUJO	42	34	19,0	27	32	-18,5
ISABELA SALINA	33	41	-24,2	30	23	23,3
KARINA S BOTTCHER	37	55	-48,6	46	27	41,3
LIVIA LUMI	30	20	33,3	60	45	25,0
RAISA RIBEIRO	46	35	23,9	35	46	-31,4
RANIELI OLIVEIRA	58	35	39,7	37	60	-62,2
REBECA COSTA SILVA	35	24	31,4	34	35	-2,9
SARAH BRANDÃO	27	38	-40,7	18	19	-5,6
<b>Mediana</b>	<b>33</b>	<b>34,5</b>	<b>-8,70</b>	<b>33,5</b>	<b>32,5</b>	<b>-3,32</b>
<b>Média</b>	<b>34,19</b>	<b>33,19</b>	<b>-4,79</b>	<b>34,31</b>	<b>34,50</b>	<b>-3,93</b>
<b>Teste Wilcoxon</b>	Z=2,79 0,0052* (Inclinômetro > Raio-X)			Z=1,80 0,0133* (Inclinômetro > Raio-X)		
<b>Delta % (Av1 x Av2)</b>	Z=0,108 0,0438					

Tabela 2 – Parâmetros sagitais da cifose torácica e lordose lombar medidos pelo Raio-X e Inclínômetro para cada avaliador em adolescentes com escoliose idiopática na fase tardia do crescimento.

CRIUPO I - FASE INICIAL DO CRESCIMETNO	AVALIADOR 1			AVALIADOR 2		
	LORDOSE Raio X	LORDOSE Inclinometro	Delta % AV1	LORDOSE Raio X	LORDOSE Inclinometro	Delta % AV2
ANA PAULA DI	38	53	-39,5	38	47	-23,7
LAIS F BARROS	32	46	-43,8	41	32	22,0
MARIANA CRUZ	41	53	-29,3	42	56	-33,3
SARA MENEZES	42	74	-76,2	29	42	-44,8
GIULIA FUJIYAMA	29	39	-34,5	40	29	27,5
JULIA STEFANI	40	28	30,0	33	40	-21,2
LAURA RIZZA	22	35	-59,1	44	33	25,0
MARIA LUIZA	33	48	-45,5	23	33	-43,5
ISABELLA B DE ARAUJO	44	54	-22,7	23	44	-91,3
ISABELA SALINA	23	35	-52,2	27	33	-22,2
KARINA S BOTTCHER	23	28	-21,7	42	23	45,2
LIVIA LUMI	24	32	-33,3	47	35	25,5
RAISA RIBEIRO	42	58	-38,1	42	57	-35,7
RANIELI OLIVEIRA	47	55	-17,0	30	57	-90,0
REBECA COSTA SILVA	30	19	36,7	30	43	-43,3
SARAH BRANDÃO	30	53	-76,7	30	42	-40,0
<b>Mediana</b>	<b>32,5</b>	<b>47</b>	<b>-36,29</b>	<b>35,5</b>	<b>41</b>	<b>-28,51</b>
<b>Média</b>	<b>33,75</b>	<b>44,38</b>	<b>-32,68</b>	<b>35,06</b>	<b>40,38</b>	<b>-21,49</b>
<b>Teste Wilcoxon</b>	Z=3,91 <0,0001* (Inclinômetro > Raio-X)			Z=3,24 0,0012* (Inclinômetro > Raio-X)		
<b>Delta % (Av1 x Av2)</b>	Z=0,40 0,6894 (NS)					