

FERNANDO AMORIM MENDONÇA ALVES

Estudo retrospectivo de estimativa de idade óssea através da maturação cervical por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC)

São Paulo

2022

FERNANDO AMORIM MENDONÇA ALVES

Estudo retrospectivo de estimativa de idade óssea através da maturação cervical por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC)

Versão Corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo, pelo Programa de Pós-Graduação em Odontologia (Diagnóstico Bucal, Radiologia Odontológica e Imaginologia), para obter o título de Doutor em Ciências

Orientador: Prof. Dr. Cesar Angelo Lascala

São Paulo

2022

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo da Publicação
Serviço de Documentação Odontológica
Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo

Alves, Fernando Amorim Mendonça.

Estudo retrospectivo de estimativa de idade óssea através da maturação cervical por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) / Fernando Amorim Mendonça Alves; orientador Cesar Angelo Lascale -- São Paulo, 2022.

63 p. : fig., tab. ; 30 cm.

Tese (Doutorado) -- Programa de Pós-Graduação em Odontologia. Área de concentração: Diagnóstico bucal, Radiologia odontológica e Imaginologia. -- Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo.

Versão corrigida.

1. Tomografia computadorizada de feixe cônico. 2. Idade óssea. I. Lascale, Cesar Angelo. II. Título.

Alves FAM. Estudo retrospectivo de estimativa de idade óssea através da maturação cervical por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC). Tese apresentada à Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Aprovado em: 13/05/2022

Banca Examinadora

Prof. Dr. Luiz Eugênio Nigro Mazzilli

Instituição: FOUSP Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. Rodolfo Francisco Haltenhoff Melani

Instituição: FOUSP Julgamento: Aprovado

Prof. Dr. Leandro Stocco Baccharin

Instituição: Clínica de Odontologia Legal Julgamento: Aprovado

A toda minha família.

À minha mãe Anadil e ao meu irmão Vitor.

Aos meus primos e amigos.

Aos meus avôs e avós (*in memoriam*).

A todos os profissionais de saúde e cientistas.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento especial ao meu orientador Prof. Dr. Cesar Angelo Lascala, que me recebeu desde a iniciação científica com dedicação e bom humor, pelos ensinamentos e inspirações.

Agradecimento especial ao Prof. Dr. Luiz Eugênio Nigro Mazzilli, por todo o suporte estatístico e pela paciência, atenção e dedicação.

Agradecimento especial à aluna Daisy Moritsugi, aluna do Prof. Dr. Rodolfo Francisco Haltenhoff Melani do Departamento de Odontologia Social, pelo suporte com as documentações necessárias e com o software OsiriX.

Agradecimento especial à secretária da Disciplina de Radiologia, Maria Aparecida Pinto (Cidinha), madrinha de todos no departamento. Obrigado pela alegria e dedicação.

Agradecimento às responsáveis Cristina Tabata (CIMO) e Regina Zandonade (Serraro) pelos acervos cedidos para o projeto.

Agradecimento a Cristina, responsável da ISO Radiologia Vila Mariana, pelo suporte com os arquivos de tomografia fornecidos.

Agradecimento ao Samuel, da empresa Anne Solutions, pelo suporte com os arquivos de tomografia fornecidos durante o projeto piloto e o projeto final.

Agradecimento a Prof^a. Dr^a. Marcia Martins Marques, cujos ensinamentos auxiliaram na elaboração deste projeto e de futuros projetos.

Aos meus amigos e colegas da Pós-Graduação da Radiologia Jun Kim, Moses Park, Isabela Choi, Renan Berbel, Eduardo Aoki, Luciana Munhoz, Erika Santos, Jessica Zambrana, Natalie Zambrana, Daniela Richarte, Juliane Piragine, Denise Haddad, Eduardo Duailibi Neto, Reinaldo Abdalla, Teresa Cristina, Sergio Villagomez,

Christyan Iida, Gonzalo Montesinos, Renan Spigolon, Danielle Ayumi, Suelen Schumiski, Lucila Moreira, Ana Luiza Carneiro; da Estomatologia Giovanna Florezi e Thais Miniello; e da Dentística Ana Clara Pedroni. Obrigado pelo apoio.

Aos meus professores da Disciplina de Radiologia Dr. Claudio Costa, Dr. Jefferson Silva, Dr^a. Emiko Saito Arita, Dr. Claudio Freitas, Dr. Marcelo Cavalcanti, Dr^a. Marlene Fenyo Pereira, Dr. Israel Chilvarquer e Dr. Arthur Cortes. Obrigado pelos ensinamentos.

À instituição CNPq pelo suporte financeiro fornecido.

A todos os profissionais da saúde, cientistas e demais profissionais envolvidos direta e/ou indiretamente no combate à pandemia de COVID-19, que dedicaram seu tempo, dinheiro, corpo, mente e alma para amenizar todo o sofrimento neste período de desafios e desesperança.

"Liberdade é uma palavra que o sonho humano alimenta, não há ninguém que explique e ninguém que não entenda."

Cecília Meireles

RESUMO

Alves FAM. Estudo retrospectivo de estimativa de idade óssea através da maturação cervical por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) [tese]. São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2022. Versão corrigida.

Estimar idade óssea em pacientes é de suma importância para estabelecer um protocolo de tratamento adequado e ainda subsidiar outras análises e mesmo decisões de natureza administrativa, policial ou forense. A tomografia computadorizada por feixe cônico TCFC, dentre várias aplicações, pode ser um meio de obtenção de dados para estimativa de idade óssea em pacientes jovens. O objetivo do estudo foi, além de avaliar a acurácia do método de Baccetti et al. (2005) para obtenção do índice de maturação cervical (IMC) das vértebras cervicais C2, C3 e C4, obter por meio de medidas de área vertebral e intervertebral C2-C4 em plano sagital de tomografia computadorizada por feixe cônico (TCFC), uma fórmula de regressão que possa ser utilizada amplamente para a estimativa da idade entre 10 e 18 anos completos. Foram analisadas tomografias de 73 pacientes no intervalo etário de interesse, obtidas medidas de área em corpo de vértebra e espaços intervertebrais e estabelecidos índices IMC para cada um. Regressão linear simples foi realizada e duas fórmulas foram obtidas com poder explicativo de 59% da distribuição (R^2) considerado o erro padrão de 1,3 anos (NC 95%). Em pós-teste considerada a margem de erro de 1,5 anos verificou-se um índice de acerto de 74% na predição da idade cronológica. Os dados de IMC obtidos neste estudo não foram satisfatórios e não demonstraram boa correlação com a progressão etária entre 10 e 18 anos de idade. Observados os propósitos e os limites deste trabalho, concluímos que a TCFC pode e deve ser utilizada para estimativa de idade óssea em indivíduos em crescimento.

Palavras-chave: Tomografia computadorizada. Idade óssea.

ABSTRACT

Alves FAM. Retrospective study of bone age estimation through cervical maturation using cone-beam computed tomography (CBCT) [thesis] São Paulo: Universidade de São Paulo, Faculdade de Odontologia; 2022. Versão corrigida.

Bone age estimation in patients is of paramount importance to establish an adequate treatment protocol and also to support other analyzes and even decisions of an administrative, police or forensic nature. Cone-beam computed tomography (CBCT), among several applications, can be a means of obtaining data for estimating bone age in young patients. The aim of the study, in addition to evaluating the accuracy of the method by Baccetti et al. (2005) to obtain the cervical maturation index (CMI) of the C2, C3 and C4 cervical vertebrae, was to obtain, through measurements of the C2-C4 vertebral and intervertebral area in the sagittal plane of cone beam computed tomography (CBCT), a formula regression model that can be widely used to estimate age between 10 and 18 years old. CT scans of 73 patients in the age range of interest were analyzed, measurements of vertebral body area and intervertebral spaces were obtained, and CVMI indexes were established for each one. Simple linear regression was performed and two formulas were obtained with explanatory power of 59% of the distribution (R^2) considering the standard error of 1.3 years (NC 95%). In a post-test, considering the margin of error of 1.5 years, there was an accuracy rate of 74% in chronological age prediction. CVMI data obtained in this study was not satisfactory and did not show a good correlation with age progression between 10 and 18 years of age. Observing the purposes and limits of this work, we concluded that CBCT can and should be used to estimate bone age in individuals.

Keywords: Computerized tomography. Bone age.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 2.1 - Desenho esquemático dos estágios de maturação cervical..... 29
- Figura 4.1 - Fotografia ilustrativa do software OsiriX MD, demonstrando a orientação dos eixos sagital, axial e coronal..... 36
- Figura 4.2 - Fotografia ilustrativa da ferramenta *Closed Polygon* para obtenção de área do corpo das vértebras C2 (A), C3 (B), C4 (C), e dos espaços intervertebrais C2-3 (D) e C3-4 (E) 38
- Figura 4.3 - Imagem ilustrativa das medidas de área a serem obtidas. A área total corresponde a soma de todas as áreas descritas 38

LISTA DE TABELAS

Tabela 5.1 - População amostral.....	41
Tabela 5.2 - ICC intraobservador para medidas de área	41
Tabela 5.3 - ICC interobservador para medidas de área	42
Tabela 5.4 - Evolução de valores de área – valores médios em cm ²	43
Tabela 5.5 - Áreas e razões entre sexos do grupo de 10,1 a 12 anos	44
Tabela 5.6 - Áreas e razões entre sexos do grupo de 12,1 a 14 anos	45
Tabela 5.7 - Áreas e razões entre sexos do grupo de 14,1 a 16 anos	46
Tabela 5.8 - Áreas e razões entre sexos do grupo de 16,1 a 18 anos	47
Tabela 5.9 - Valores de R quadrado, R quadrado ajustado e erro padrão de estimativa	48
Tabela 5.10 - Pós teste com tolerância máxima de 1.5 anos	49
Tabela 5.11 - Percentual dos graus de maturação ICM presentes nas faixas etárias..	49

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ALARA	<i>As Low As Reasonably Achievable</i>
cm ²	centímetro quadrado
FOV	<i>field of view</i> / campo de visão
ICC	Coeficiente de Concordância Intraclasse
IMC	índice de maturação cervical
TCFC	Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico
WL	<i>window length</i> / brilho
WW	<i>window width</i> / contraste

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	25
2.1	Crescimento ósseo.....	25
2.2	Estimativa de idade óssea.....	26
2.3	Índice de maturação cervical óssea (IMC).....	28
2.4	Tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC).....	30
3	PROPOSIÇÃO.....	33
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	35
4.1	Delimitação da amostra.....	35
4.2	Análise das tomografias.....	36
4.3	IMC e medidas de área.....	37
4.4	Análise estatística.....	39
5	RESULTADOS.....	41
6	DISCUSSÃO.....	51
7	CONCLUSÃO.....	55
	REFERÊNCIAS.....	57
	APÊNDICE.....	61
	ANEXO.....	63

1 INTRODUÇÃO

O crescimento do ser humano é constante durante a infância, adolescência e início da fase adulta até o ponto de maior densidade óssea adquirida, denominado pico de massa óssea, que ocorre por volta dos 30 anos de idade. Até atingir esse pico, o crescimento está sujeito a interferências externas (ambiental, nutricional) e internas (hormonal, patológica, genética), que podem agir positiva ou negativamente, dentre diversos aspectos, na obtenção e maturação de massa óssea.

Dentre as várias vantagens obtidas através de exames de imagem radiográfica é a obtenção de dados ou informações muitas vezes inexistentes ou de difícil acesso por outros meios. Exames de imagem como radiografias panorâmicas, telerradiografias e radiografias de mão e carpo são amplamente requisitadas para obtenção de dados como, dentre diversos outros, a idade óssea, que pode diferir ou condizer com a idade cronológica. Esses exames apresentam vantagens por serem de fácil execução e interpretação pelo profissional, aumentando seu uso e demanda.

A obtenção da idade óssea possui um papel fundamental tanto na identificação de problemas observados os fins terapêuticos quanto como elemento complementar de orientação em âmbito administrativo, policial e forense (perícias para estimativa da idade). Cabe destacar, particularmente em pacientes em fase de crescimento que sua aplicação é usual e recorrente em medicina e em odontologia com vistas à identificação de fatores modificadores do processo de crescimento e a elaboração de um plano de tratamento adequado às necessidades individuais. Nas aplicações periciais a estimativa da idade fisiológica de uma pessoa e sua correspondência com a idade cronológica subsidia encaminhamentos e decisões administrativas, policiais e forenses nos casos de indivíduos, vivos ou não, que não apresentam documentação válida.

Vários autores propuseram métodos de estimativa de idade óssea em crianças e adolescentes com base em morfologia óssea, dados quantitativos e/ou elaborando categorizações de ordem qualitativa, sempre visando o incremento da acurácia. Contudo, muitos destes métodos são de difícil execução, alta subjetividade e/ou exigem preparo prévio por parte do profissional de saúde, portanto, diminuindo a reprodutibilidade e aceitação.

A tomografia computadorizada de feixe cônico é um método de imagem tridimensional que permite a observação de todo o terço médio da face, em todos os seus planos, e cuja demanda por parte do cirurgião dentista está em crescimento acelerado na prática odontológica. Essa demanda é devido à quantidade de informações que podem ser obtidas de todo o sistema estomatognático de um indivíduo em um único exame, variando desde qualidade e quantidade de estruturas ósseas periodontais para planejamento de implantes até extensão de patologias de origem sistêmica ou odontogênicas. Aos poucos, com a descoberta de dados e informações obtidas por esse exame, métodos de imagem bidimensionais como radiografia carpal (mão e punho) começam a entrar em um processo de desuso, ainda que mais vantajosas em sua execução e de menor custo.

Exames de tomografia são conhecidos pelo seu método de obtenção através de radiação ionizante, por feixes de raios X. A dose de radiação à qual o paciente é exposto neste exame é expressamente maior do que exames convencionais e é diretamente dependente do tipo de aparelho, área escaneada e configurações aplicadas (miliamperagem e quilovoltagem). Sendo assim, deve ser observada e avaliada a oportunidade e necessidade da obtenção deste exame para que os riscos de exposição à radiação não superem o benefício oferecido.

Em face das vantagens e desvantagens deste tipo de exame, autores propuseram métodos de obtenção de medidas e/ou índices por meio de imagens de tomografia computadorizada de feixe cônico, com o intuito de aumentar as informações obtidas em um único exame, reduzindo exposições adicionais e facilitando o processo de elaboração de um plano de tratamento eficaz.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Crescimento ósseo

A crescimento do ser humano está sujeito a determinados fatores, sendo divididos didaticamente em fatores internos (sistêmicos, genéticos, psicológicos) e fatores externos (nutricional, ambiental). Cada indivíduo desenvolve-se biologicamente de forma única, de forma que a idade cronológica pode condizer ou não com a idade óssea, levando à identificação de anormalidades no crescimento (Fishman, 1979).

Em média, as meninas iniciam a puberdade aos 11 anos, com pico de crescimento puberal aos 11-13 anos. Os meninos iniciam a puberdade aos 13 anos, com pico de crescimento aos 13-15 anos. Esse crescimento é caracterizado por um aumento drástico em estatura, mudança de proporções dos segmentos superior e inferior, mudança de morfologia geral e desenvolvimento de características sexuais (Dimeglio, 2001).

A puberdade possui papel fundamental no desenvolvimento ósseo, caracterizado por um aumento expressivo de biomarcadores de aposição e absorção óssea. Essas altas concentrações de marcadores alteram o *turnover* ósseo, caracterizado por um equilíbrio entre aposição e reabsorção, constante durante toda a vida adulta, para um predomínio de aposição até o pico de massa óssea, por volta de 30 anos de idade (Saggese et al., 2002; Bonjour et al., 1994).

Johnson et al. (2016) realizaram, em um estudo longitudinal, análises morfométricas de espinhas cervicais de crianças entre 1 e 18 anos por cortes sagitais de tomografia volumétrica e relataram um constante crescimento das vertebra C2 a C7, tanto em altura como largura. Porém, diferentemente das demais, a vértebra C2 apresenta um padrão típico de crescimento, sendo este ascendente até os 10 anos de idade e se estabilizando logo após. Em relação aos espaços intervertebrais, há um aumento significativo até os 10 anos de idade, seguido de estabilização.

Miller et al. (2019) também observaram diferenças e padrões de dimorfismo sexual ao analisar crescimento ósseo a partir de centros de ossificação. Analisando tomografias de 123 pacientes (50 mulheres e 73 homens) entre 6 meses e 19 anos,

observou-se diferenças significativas entre tamanhos de vértebras, especialmente após a puberdade, com destaque para um maior corpo vertebral em meninos e que as meninas completam o crescimento antes que os meninos (17-18 anos e 19-20 anos, respectivamente). Os autores também observaram um padrão heterogêneo de crescimento da vértebra C2, obtendo seu formato e tamanho adulto por volta dos 5 anos de idade, em contraste com o crescimento acelerado de C3 a C7 durante a puberdade.

2.2 Estimativa de idade óssea

A determinação de idade cronológica e idade óssea representa um importante destaque para o cirurgião-dentista, tanto como clínico geral quanto como odontopediatras, ortodontistas e odontologistas. Determinar as idades cronológica e óssea auxilia e orienta o profissional em relação ao correto diagnóstico de possíveis doenças ou anomalias influenciando o desenvolvimento e conduta terapêutica a ser aplicada, além de sua aplicação em âmbito legal e civil (Mazzilli et al., 2018; Schmeling et al., 2007).

Diversos autores relataram novas formas de estabelecer a estimativa de idade em pacientes através de técnicas radiográficas convencionais e baseado em métodos inspeccionais, aplicação de escores e medidas bidimensionais. O exame radiográfico de referência, considerado por muitos como padrão-ouro, é a radiografia bidimensional de mão e punho, um exame de fácil obtenção, execução e interpretação, com doses de exposição a radiação baixas (Patcas et al., 2013). Greulich e Pyle (1959) elaboraram um atlas prático de estimativa de idade baseado na observação de pontos de ossificação. Tanner et al. (1975), por sua vez, utilizaram escores, os quais são aplicados para 20 ossos da mão e punho. Eklöf e Ringertz (1967) criaram um índice obtido por medidas lineares do carpo e metacarpo e calculado por meio de cálculos matemáticos.

Cameriere et al. (2012) propuseram estimativa de idade óssea ao juntar os dados de análises de medidas lineares e de área por padrão dentário e ósseo. O método de avaliação do ápice da raiz, método da razão entre área dos ossos do carpo e epífises de ulna e carpo, e por fim, uma combinação de ambos. Os resultados demonstraram que os métodos dentários possuem maior precisão por serem menos dependentes de fatores étnicos e ambientais, mas possuem menor acurácia ao avaliar

pacientes jovens, devido as constantes mudanças na dentição. Em um estudo piloto (Cameriere e Ferrante, 2008) demonstraram uma subestimativa de idade em pacientes mais jovens e uma superestimativa nos mais velhos, possivelmente devido a um número amostral relativamente baixo. Vale ressaltar que os autores avaliaram imagens radiográficas de pacientes com indicação ortodôntica e que não apresentavam desordens de crescimento.

Os estudos apresentados anteriormente apresentam características em comum em relação a valores de acurácia, erro e desvio-padrão. Quando comparados, foi observada uma tendencia de resultados de acurácia em métodos isolados e valores ainda maiores quando associados a demais métodos. Autores recomendam associar métodos subjetivos (índices e scores) a métodos quantitativos, ainda que os anteriores possuam valores de concordância intraobservador e interobservador significativos. Quanto a erros e desvios-padrões, há necessidade crescente de métodos que apresentem menores valores possíveis, considerando que altas diferenças de idade interferem na correta implementação de medidas terapêuticas e aplicações civil e judicial cabíveis.

Azevedo et al. (2018), por sua vez, aplicaram o método dental em associação com medidas lineares de vértebras cervicais (C3 e C4) e o índice de maturação cervical em telerradiografias laterais, demonstrando que, assim como os estudos anteriores, a somatória dos dois métodos apresentou eficácia maior do que os métodos independentes. Comparando os dados de medidas lineares, os autores destacam que as equações de regressão obtidas com base em estruturas dentais apresentam valores mais confiáveis do que medidas de estruturas cervicais, sugerindo que a somatória de estruturas diminui a variabilidade e valor de estimativa de idade.

Gelbrich et al. (2017), por sua vez, realizaram análises quantitativas da variação geométrica de vertebrae em adultos e crianças e relataram uma grande variedade em geometria de vertebrae cervicais em adultos, levando a uma menor aceitação do método de forma isolada. Algumas vezes impossibilita a diferenciação entre adulto e criança em idade pré-puberal, reforçando a necessidade de combinar diferentes métodos.

2.3 Índice de maturação cervical óssea (IMC)

Outras modalidades de imagens radiográficas também foram adotadas para estimativa de idade óssea. Lamparski (1972) destacou-se por identificar idade óssea por telerradiografias laterais. Ao observar as vértebras cervicais, Lamparski propôs uma classificação de maturação óssea baseado nas alterações morfológicas das vértebras C2 à C6. Porém, métodos de predição por meio de radiografias bidimensionais estão sujeitos a falhas de metodologia e execução, como subjetividade e baixa correlação intraobservador e interobservador (Szermraj et al, 2018; Santiago et al., 2012; Gabriel et al., 2009).

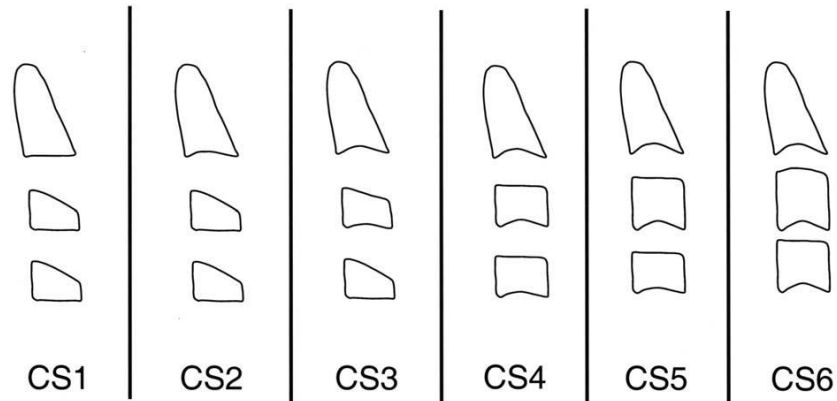
Uma das classificações de maturação cervical propostas e que serviu de base para este projeto é o método de Baccetti et al. (2005), modificado de Hassel e Farman (1995). Ao analisar telerradiografias de norma lateral, os autores dividiram de forma qualitativa os estágios de maturação cervical nomeados de 1 a 6, sendo aplicado para as vértebras C2, C3 e C4; permitindo associação à fase de crescimento e orientando o profissional.

De uma forma geral, as vértebras apresentam mudanças como alteração de um formato trapezoidal para um formato “retangular-vertical”; aparecimento de uma concavidade em sua superfície inferior; e encurtamento do espaço intervertebral, conforme descrito a seguir e esquematizado na figura 2.1:

- CS1: Iniciação - C2, C3 e C4 com borda inferior plana e borda superior inclinada de posterior para anterior, vértebras com formato trapezoidal;
- CS2: Aceleração - C2 e C3 apresentam borda inferior com discreta concavidade, C4 ainda plana, corpo de C3 e C4 com formato próximo ao retangular;
- CS3: Transição - C2 e C3 apresentam borda inferior com concavidade e C4 com discreta concavidade, corpo de C3 e C4 com formato retangular, sendo a largura maior do que a altura);
- CS4: Desaceleração - C2, C3 e C4 apresentam borda inferior com concavidade, corpo de C3 e C4 com formato próximo ao quadrangular
- CS5: Maturação - C2, C3 e C4 apresentam borda inferior com concavidade acentuada, corpo de C3 e C4 com formato quadrangular;

- CS6: Finalização - C2, C3 e C4 apresentam borda inferior com concavidade acentuada, corpo de C3 e C4 com formato retangular (maior em altura do que em largura).

Figura 2.1 - Desenho esquemático dos estágios de maturação cervical.



Fonte: Baccetti et al. (2005)

Em contraste com os estudos anteriormente apresentados, outros sugerem que o método não apresente resultados apropriados. Predko-Engel et al. (2015) obtiveram o IMC a partir de 50 telerradiografias laterais de crianças em idade puberal, avaliado por um grupo de ortodontistas experientes e outro de ortodontistas pouco experientes. Observou-se uma baixa concordância intraobservador ($\kappa=0,44$) e interobservador ($\kappa=0,28$) com baixas porcentagens entre as duas avaliações (55.2% e 42%), citando como “questionável” a reprodutibilidade do método. Os autores justificam os resultados com a falta de treinamento prévio e a faixa etária reduzida. Assim como defendido por outros autores, o índice apresenta falhas e não deve ser aplicado em todas as situações na detecção de fases de crescimento ósseo, especialmente ao tentar associar com crescimento mandibular (Moca et al., 2021; Gray et al., 2016).

2.4 Tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC)

A tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC) é o método de imagem tridimensional mais utilizado pelo cirurgião-dentista, por permitir observação e análise de todo o terço inferior da face e parte da região cervical, observação de estruturas ósseas e dentais e detalhes anatômicos em três dimensões. Uma das características dos diversos equipamentos de tomografia disponíveis no mercado é a obtenção de imagens em diferentes campos de visão (FOV), que determinam a área de aquisição da imagem, sendo que o tamanho do FOV e a qualidade da imagem são inversamente proporcionais. A TCFC apresenta vantagens em relação às técnicas radiográficas bidimensionais, o que permite assimilação de uma maior quantidade de informações pertinentes ao profissional. Podemos destacar a ausência de sobreposição de imagens e obtenção de reconstruções multiplanares (axial, sagital e coronal) (Beaini et al., 2021; Dillenseger et al., 2017; Pauwels et al., 2015).

Diversos métodos de avaliação de idade óssea através de TCFC foram propostos e tiveram validade comprovada. Rhee et al. (2015) propôs utilizar imagens de tomografia computadorizada por feixe cônico em análises quantitativas de tamanho e forma das 2ª, 3ª e 4ª vértebra cervical, correlacionado com idade óssea. Os autores destacaram a importância da aplicação da técnica, com destaque para a fusão do processo odontóide e a 2ª vértebra (sincondrose apicodental). Choi et al. (2016), por sua vez, realizou regressão múltipla em imagens de TCFC associado a radiografia de mão e punho, destacando o crescimento irregular das vértebras C2, C3 e C4, sendo que a C2 apresenta um padrão de crescimento heterogêneo.

A maioria dos métodos citados anteriormente utilizam o plano sagital das reconstruções multiplanares em TCFC como referência para obtenção de medidas (Byun et al., 2015a). Outros autores como Shin et al. (2015) utilizaram imagens axiais para correlacionar o formato do corpo vertebral e idade óssea. Bonfim et al. (2016), por sua vez, compararam a estimativa de idade pelo plano sagital e reconstrução 3D com índice de concordância quase perfeito, sugerindo que a reconstrução tridimensional também pode ser aplicada.

Um estudo de destaque é o estudo de Joshi et al. (2012) que correlacionou valores de maturação cervical obtidos por radiografia de mão e punho, telerradiografias laterais e o plano sagital de tomografia TCFC e obteve resultados de

correlação excelentes, com valores baixos e altos aumentando e diminuindo linearmente, validando o uso do plano sagital na obtenção de dados de IMC, anteriormente utilizados apenas em telerradiografias laterais.

Estudos sugerem uma vantagem diagnóstica de imagens tridimensionais de TCFC, em comparação com técnicas bidimensionais, com ênfase nas mudanças do crescimento tridimensional do esqueleto humano, especialmente na fase puberal. A partir desses dados, observamos uma demanda crescente de imagens tomográficas como principal método de diagnóstico e auxiliar de conduta terapêutica no consultório odontológico, visto a quantidade de informações que esta técnica de imagem pode fornecer, sem a necessidade de técnicas radiográficas bidimensionais, como radiografias panorâmicas e telerradiografias, reduzindo a dose de exposição do paciente a radiação ionizante (Yeung et al., 2019; Choi et al., 2016; Byun et al., 2015b; Kapila e Nervina, 2015). Informações adicionais, como obtenção de medidas lineares, qualidade de estrutura óssea ou análises volumétricas, podem e devem ser aproveitadas de imagens tomográficas.

Embora muitos destes trabalhos sejam reprodutíveis e apresentem resultados positivos na estimativa de idade óssea, as metodologias utilizadas são heterogêneas entre si, sem que haja uma padronização que possa ser aplicada em todos os casos de forma ágil, simples e acessível.

3 PROPOSIÇÃO

Estabelecer uma relação entre a classificação de fase de maturação IMC e mensuração de áreas da 2^a, 3^a e 4^a vértebras cervicais por imagens de tomografia computadorizada por feixe cônico previamente adquiridas, e, por meio de regressão linear simples, propor uma fórmula matemática que possa ser aplicada em grupos populacionais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Esse projeto foi submetido à apreciação e foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo com número CAAE: 40627320.2.0000.0075 (Anexo A).

Os arquivos das imagens tomográficas foram disponibilizados por três empresas de radiologia odontológica terceirizadas (ISO Radiologia, Serraro e CIMO).

4.1 Delimitação da amostra

Arquivos de tomografia computadorizada de crianças e adolescentes realizados em tomógrafo i-CAT (Imaging Sciences International, Hatfield, Pensilvânia, Estados Unidos) foram selecionados, seguindo os seguintes critérios de inclusão:

- Paciente entre 10 e 18 anos de idade em relação a data de realização do exame;
- Área de aquisição grande para facilitar a observação das vértebras C2, C3 e C4;

Os critérios de exclusão adotados foram:

- Posicionamento incorreto do paciente;
- Corte de imagem que impossibilite a correta observação das vértebras;
- Artefatos de imagem por objetos metálicos ou movimento.

Após a seleção, os arquivos foram divididos em grupos etários:

- 10 a 12 anos
- 12 a 14 anos
- 14 a 16 anos
- 16 a 18 anos

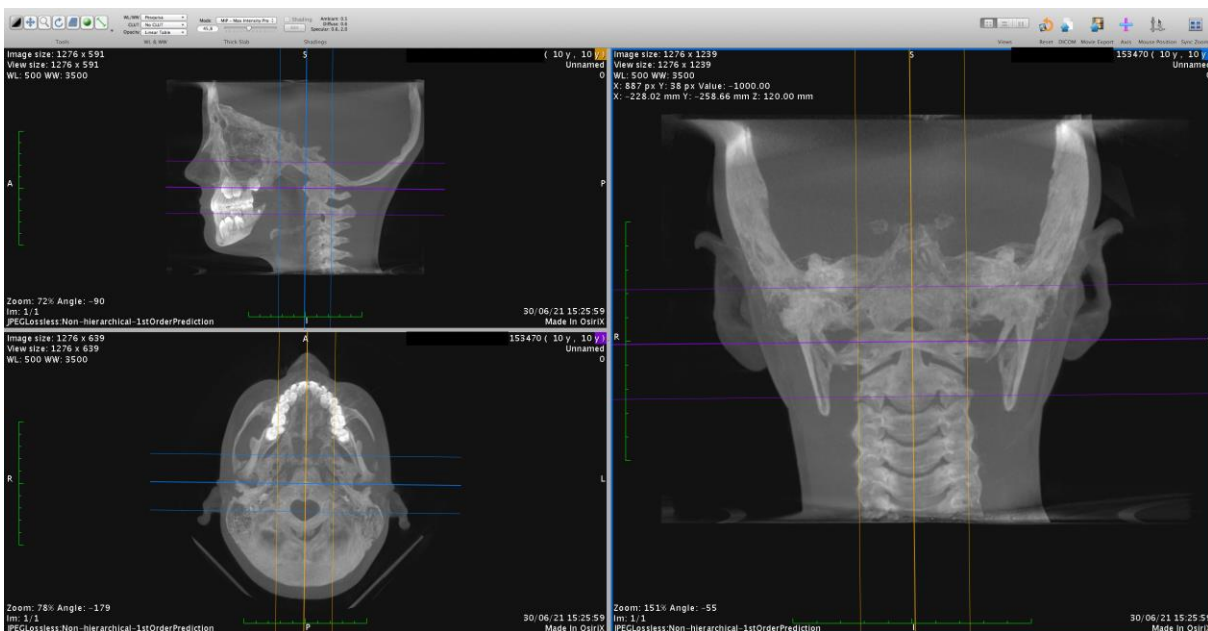
4.2 Análise das tomografias

As imagens foram interpretadas através do *software OsiriX MD* (Pixmeo SARL, Bernex, Suíça). Todas as precauções foram tomadas no que diz respeito a não divulgação de dados pessoais dos pacientes envolvidos nesta pesquisa. Os únicos dados extraídos necessários para a análise estatística foram gênero, idade cronológica e data do exame.

Seguindo como base o estudo de Beaini et al. (2021), realizamos a padronização de brilho e contraste com valores 500 e 3500 para WL (*window length*) e WW (*window width*) respectivamente, seguida da orientação dos eixos sagital, axial e coronal da seguinte forma: o plano sagital coincidindo com a linha média (sutura intermaxilar como referência) e o plano axial paralelo ao plano de Frankfurt (borda inferior da órbita tangenciando o meato acústico interno).

Quando aplicada corretamente, a orientação dos planos permite que o plano sagital coincida com a porção central do corpo das vértebras e reduzindo risco de vies nas análises seguintes.

Figura 4.1 - Fotografia ilustrativa do software OsiriX MD, demonstrando a orientação dos eixos sagital, axial e coronal



Fonte: O autor.

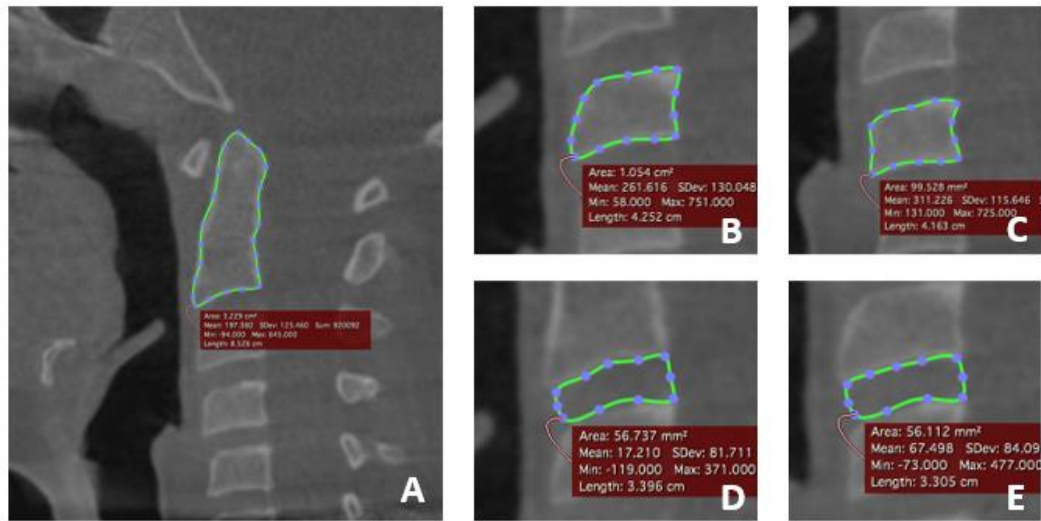
4.3 IMC e medidas de área

A análise das imagens teve como base os métodos descritos por Baccetti et al. (2005) e Cameriere et al. (2012) com modificações. Após a reorientação dos planos, realizamos a calibração de um radiologista experiente que serviu como padrão-ouro para obtenção dos dados de concordância interobservador.

Iniciamos com a identificação dos pacientes em um dos estágios de maturação cervical (CS1 a CS6), anteriormente descritos. Para a obtenção das medidas de área, utilizamos a ferramenta *Closed Polygon*, que permite a criação de um polígono fechado delimitando a área do corpo da vértebra. O polígono deve abranger o corpo em toda sua extensão, incluindo a cortical externa. O programa logo em seguida fornece uma tabela com dados de área em cm². Iniciando pela vértebra C2, prosseguimos com C3, C4, espaço intervertebral entre C2 e C3 e espaço vertebral C3 e C4. Somamos os valores obtidos e obtivemos valor de área total. Em seguida, obtivemos as razões entre a área das vértebras e a área total. Os valores estão sumarizados a seguir:

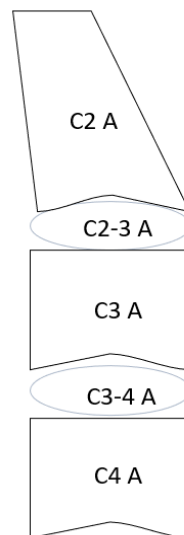
- $C2_R = \text{área vértebra C2} / \text{área total}$
- $C3_R = \text{área vértebra C3} / \text{área total}$
- $C4_R = \text{área vértebra C4} / \text{área total}$
- $C2-C4_R = \text{área vértebra C2} + \text{área vértebra C3} + \text{área vértebra C4} / \text{área total}$
- $\text{intervertebral} = \text{área intervertebral C2-C3} + \text{área intervertebral C3-C4}$

Figura 4.2 - Fotografia ilustrativa da ferramenta *Closed Polygon* para obtenção de área do corpo das vértebras C2 (A), C3 (B), C4 (C) e dos espaços intervertebrais C2-3 (D) e C3-4 (E).



Fonte: O autor.

Figura 4.3 - Imagem ilustrativa das medidas de área a serem obtidas. A área total corresponde a soma de todas as áreas descritas



Fonte: O autor.

4.4 Análise estatística

Foram realizados os seguintes testes estatísticos: teste de normalidade de Shapiro-Wilk para determinar se o conjunto dos dados obtidos apresentou distribuição normal ou não em relação aos sexos, índice de concordância intraclasse (ICC) para correlação interobservador e intraobservador das medidas de área, índice kappa interobservador e intraobsevedor para índice IMC e regressão linear simples para obtenção de fórmula matemática. Para todas as análises estatísticas, o nível de significância adotado foi de 5 % ($p \leq 0,05$).

5 RESULTADOS

Os dados obtidos referentes à população amostral estão apresentados na tabela 5.1, com os valores de idade calculados em base 10. Um total de 73 arquivos foram selecionados com base nos critérios de inclusão e exclusão.

Tabela 5.1 – População amostral

		Sexo		Total
		F	M	
Faixa etária	de 10,1 a 12a	7	3	10
	de 12,1 a 14a	10	6	16
	de 14,1 a 16a	17	11	28
	de 16,1 a 18a	8	11	19
Total		42	31	73

Fonte: O autor.

Os valores de concordâncias intraobservador e interobservador foram obtidos pelos índices ICC e apresentados nas tabelas 5.2 e 5.3, respectivamente. Para as medidas de área, foram observados valores acima dos 90%, considerados como excelentes, para ambas as concordâncias.

Tabela 5.2 - ICC intraobservador para medidas de área

Observador	Tipo	ICC	95% Intervalo	
			Valor mínimo	Valor máximo
Intra_area C2	Valores médios	0,98	0,95	0,99
Intra_area C3	Valores médios	0,99	0,98	1,00
Intra_area C4	Valores médios	0,99	0,98	1,00
Intra_interv C2-C3	Valores médios	0,92	0,76	0,97
Intra_Interv C3-C4	Valores médios	0,93	0,81	0,98

Fonte: O autor.

Tabela 5.3 - ICC interobservador para medidas de área

Observador	Tipo	ICC	95% Intervalo	
			Valor mínimo	Valor máximo
Inter área C2	Valores médios	0,96	0,87	0,99
Inter área C3	Valores médios	0,98	0,93	0,99
Inter área C4	Valores médios	0,98	0,95	0,99
Inter Interv C2-C3	Valores médios	0,92	0,66	0,98
Inter Interv C3-C4	Valores médios	0,90	0,70	0,97

Fonte: O autor.

Em relação aos dados de IMC, o índice kappa foi obtido com base na análise de 16 amostras e com valores de 0,62 para interobservador e 0,67 para intraobservador, valores considerados satisfatórios.

Os dados de área e a razão das áreas com a área total são apresentados na Tabela 5.4. Observou-se uma evolução das áreas C2, C3, C4 e área total em todas as faixas etárias, tanto para meninas como para meninos, com destaque para C2 em meninas, que se mantém em crescimento até os 12 anos de idade e estabilidade após os 12 anos. Em relação aos valores de C2_R, diferentemente de C3_R e C4_R que apresentaram evolução em todas as faixas, houve leve decréscimo. E por fim, as áreas intervertebrais mantiveram-se estáveis em todas as faixas.

Tabela 5.4 - Evolução de valores de área – valores médios em cm²

		10,1 a 12 anos	12,1 a 14 anos	14,1 a 16 anos	16,1 a 18 anos
área C2	F	2,77	3,36	3,34	3,57
	M	3,04	3,17	3,96	4,06
área C3	F	0,93	1,33	1,46	1,47
	M	1,01	1,20	1,60	1,85
área C4	F	0,92	1,20	1,38	1,44
	M	0,98	1,11	1,53	1,80
área total	F	5,62	6,90	7,17	7,50
	M	6,01	6,55	8,24	8,92
C2-C4 _R	F	0,82	0,85	0,86	0,87
	M	0,84	0,83	0,86	0,86
C2 _R	F	0,49	0,49	0,47	0,48
	M	0,50	0,49	0,48	0,46
C3 _R	F	0,17	0,19	0,20	0,20
	M	0,17	0,18	0,19	0,21
C4 _R	F	0,16	0,17	0,19	0,19
	M	0,16	0,17	0,19	0,20
intervertebral C2 e C3	F	0,47	0,49	0,49	0,48
	M	0,48	0,55	0,57	0,55
intervertebral C3 e C4	F	0,53	0,52	0,51	0,53
	M	0,50	0,52	0,59	0,66
Intervertebral	F	1,01	1,01	0,99	1,01
	M	0,98	1,08	1,16	1,21

Fonte: O autor.

Para verificar a ocorrência de diferenças significativas entre sexos, foi preliminarmente realizado o teste de normalidade de Shapiro-Wilk. O teste demonstrou distribuições próximas à normalidade e, portanto, autorizam a comparação pela média em análise paramétrica (Apêndice A).

Os dados referentes às diferenças entre sexos estão apresentados nas tabelas 5.5 até a tabela 5.8 e demonstram não existir diferenças significativas de medidas de área vertebral nos grupos 10.1 a 12 anos e 12.1 a 14 anos. A partir do grupo de 14.1 a 16 anos, começam a aparecer diferenças significativas entre meninos e meninas, com destaque para área da vértebra C2 e área total que se apresentam significativamente maiores em meninos.

Tabela 5.5 - Áreas e razões entre sexos do grupo de 10,1 a 12 anos

		N	Média	sig. (p)	Desvio padrão	95% Intervalo	
						Valor mínimo	Valor máximo
área C2	F	7	2,77	0,35	0,27	2,51	3,02
	M	3*	3,04				
	Total	10	2,85				
área C3	F	7	0,93	0,33	0,11	0,83	1,03
	M	3*	1,01				
	Total	10	0,96				
área C4	F	7	0,92	0,36	0,08	0,84	0,99
	M	3*	0,98				
	Total	10	0,94				
área total	F	7	5,62	0,46	0,59	5,07	6,17
	M	3*	6,01				
	Total	10	5,74				
C2-C4 _R	F	7	0,82	0,28	0,02	0,80	0,84
	M	3*	0,84				
	Total	10	0,83				
C2 _R	F	7	0,49	0,46	0,02	0,47	0,51
	M	3*	0,50				
	Total	10	0,50				
C3 _R	F	7	0,17	0,61	0,01	0,16	0,18
	M	3*	0,17				
	Total	10	0,17				
C4 _R	F	7	0,16	0,98	0,01	0,15	0,18
	M	3*	0,16				
	Total	10	0,16				
intervertebral C2 e C3	F	7	0,47	0,88	0,11	0,37	0,57
	M	3*	0,48				
	Total	10	0,47				
intervertebral C3 e C4	F	7	0,53	0,63	0,12	0,43	0,64
	M	3*	0,50				
	Total	10	0,52				
intervertebral (total)	F	7	1,01	0,86	0,21	0,81	1,20
	M	3*	0,98				
	Total	10	1,00				

Fonte: O autor.

Figura 5.6 - Áreas e razões entre sexos do grupo de 12,1 a 14 anos

		N	Média	sig. (p)	Desvio padrão	95% Intervalo	
						Valor mínimo	Valor máximo
área C2	F	10	3,36	0,33	0,32	3,13	3,59
	M	6	3,17		0,46	2,68	3,65
	Total	16	3,29		0,38	3,09	3,49
área C3	F	10	1,33	0,35	0,13	1,23	1,42
	M	6	1,20		0,39	0,80	1,60
	Total	16	1,28		0,25	1,15	1,41
área C4	F	10	1,20	0,41	0,13	1,10	1,29
	M	6	1,11		0,28	0,82	1,41
	Total	16	1,17		0,20	1,06	1,27
área total	F	10	6,90	0,43	0,56	6,50	7,30
	M	6	6,55		1,15	5,35	7,76
	Total	16	6,77		0,81	6,34	7,20
C2-C4 _R	F	10	0,85	0,02	0,01	0,85	0,86
	M	6	0,83		0,02	0,81	0,85
	Total	16	0,85		0,02	0,84	0,86
C2 _R	F	10	0,49	0,87	0,02	0,47	0,50
	M	6	0,49		0,03	0,46	0,51
	Total	16	0,49		0,02	0,47	0,50
C3 _R	F	10	0,19	0,20	0,01	0,18	0,20
	M	6	0,18		0,03	0,15	0,21
	Total	16	0,19		0,02	0,18	0,20
C4 _R	F	10	0,17	0,34	0,01	0,17	0,18
	M	6	0,17		0,01	0,15	0,18
	Total	16	0,17		0,01	0,17	0,18
intervertebral C2 e C3	F	10	0,49	0,03	0,05	0,46	0,53
	M	6	0,55		0,05	0,50	0,60
	Total	16	0,51		0,06	0,48	0,54
intervertebral C3 e C4	F	10	0,52	0,84	0,07	0,47	0,57
	M	6	0,52		0,08	0,45	0,60
	Total	16	0,52		0,07	0,48	0,56
intervertebral	F	10	1,01	0,22	0,10	0,94	1,08
	M	6	1,08		0,11	0,96	1,19
	Total	16	1,03		0,10	0,98	1,09

Fonte: O autor.

Tabela 5.7 - Áreas e razões entre sexos do grupo de 14,1 a 16 anos

		N	Média	sig. (p)	Desvio Padrão	95% Intervalo	
						Valor mínimo	Valor máximo
área C2	F	17	3,34	0,00	0,45	3,11	3,57
	M	11	3,96		0,38	3,70	4,22
	Total	28	3,58		0,52	3,38	3,78
área C3	F	17	1,46	0,12	0,24	1,34	1,58
	M	11	1,60		0,18	1,48	1,72
	Total	28	1,51		0,23	1,43	1,60
área C4	F	17	1,38	0,08	0,22	1,26	1,49
	M	11	1,53		0,21	1,39	1,67
	Total	28	1,44		0,23	1,35	1,53
área total	F	17	7,17	0,00	0,95	6,68	7,66
	M	11	8,24		0,80	7,70	8,78
	Total	28	7,59		1,03	7,19	7,99
C2-C4 _R	F	17	0,86	0,91	0,02	0,85	0,87
	M	11	0,86		0,02	0,85	0,87
	Total	28	0,86		0,02	0,85	0,87
C2 _R	F	17	0,47	0,06	0,02	0,46	0,47
	M	11	0,48		0,02	0,47	0,50
	Total	28	0,47		0,02	0,46	0,48
C3 _R	F	17	0,20	0,06	0,01	0,20	0,21
	M	11	0,19		0,01	0,19	0,20
	Total	28	0,20		0,01	0,19	0,20
C4 _R	F	17	0,19	0,27	0,01	0,18	0,20
	M	11	0,19		0,01	0,18	0,20
	Total	28	0,19		0,01	0,18	0,19
intervertebral C2 e C3	F	17	0,49	0,03	0,10	0,44	0,53
	M	11	0,57		0,08	0,51	0,62
	Total	28	0,52		0,10	0,48	0,56
intervertebral C3 e C4	F	17	0,51	0,05	0,08	0,46	0,55
	M	11	0,59		0,13	0,50	0,67
	Total	28	0,54		0,11	0,50	0,58
intervertebral	F	17	0,99	0,03	0,17	0,91	1,08
	M	11	1,16		0,20	1,02	1,29
	Total	28	1,06		0,20	0,98	1,13

Fonte: O autor.

Tabela 5.8 - Áreas e razões entre sexos do grupo de 16,1 a 18 anos

		N	Média	sig. (p)	Desvio Padrão	95% Intervalo	
						Valor mínimo	Valor máximo
área C2	F	8	3,57	0,03	0,42	3,22	3,92
	M	11	4,06		0,44	3,76	4,35
	Total	19	3,85		0,48	3,62	4,09
área C3	F	8	1,47	0,00	0,15	1,35	1,60
	M	11	1,85		0,22	1,70	2,00
	Total	19	1,69		0,27	1,56	1,82
área C4	F	8	1,44	0,00	0,16	1,31	1,58
	M	11	1,80		0,23	1,65	1,96
	Total	19	1,65		0,27	1,52	1,78
área total	F	8	7,50	0,00	0,73	6,88	8,11
	M	11	8,92		0,94	8,29	9,55
	Total	19	8,32		1,10	7,79	8,85
C2-C4 _R	F	8	0,87	0,88	0,01	0,85	0,88
	M	11	0,86		0,01	0,86	0,87
	Total	19	0,86		0,01	0,86	0,87
C2 _R	F	8	0,48	0,08	0,02	0,46	0,50
	M	11	0,46		0,02	0,44	0,47
	Total	19	0,46		0,03	0,45	0,48
C3 _R	F	8	0,20	0,06	0,01	0,19	0,20
	M	11	0,21		0,01	0,20	0,22
	Total	19	0,20		0,01	0,20	0,21
C4 _R	F	8	0,19	0,18	0,01	0,18	0,21
	M	11	0,20		0,01	0,19	0,21
	Total	19	0,20		0,01	0,19	0,20
intervertebral C2 e C3	F	8	0,48	0,08	0,09	0,40	0,55
	M	11	0,55		0,09	0,49	0,61
	Total	19	0,52		0,09	0,48	0,57
intervertebral C3 e C4	F	8	0,53	0,01	0,07	0,47	0,59
	M	11	0,66		0,11	0,59	0,73
	Total	19	0,60		0,11	0,55	0,66
intervertebral	F	8	1,01	0,02	0,14	0,89	1,12
	M	11	1,21		0,18	1,09	1,34
	Total	19	1,13		0,19	1,03	1,22

Fonte: O autor.

Através das análises de regressão linear simples, foram obtidas 2 fórmulas matemáticas apresentadas na tabela 5.9, sendo que a Fórmula 2 leva em consideração o sexo do paciente analisado. As fórmulas apresentaram acurácia similar (Tabela 5.9).

- Fórmula 1

$$\text{Idade} = -31.5 + (\text{C2}_R * 39.5) + (\text{C3}_R * 44.3) + (\text{C4}_R * 78.2) + (\text{intervertebral} * 4.1)$$

- Fórmula 2

$$\text{Idade} = -32.8 + (\text{C2}_R * 41.0) + (\text{C3}_R * 44.4) + (\text{C4}_R * 80.1) + (\text{intervertebral} * 4.4) - (\text{Sexo} * 0.2)$$

- Legenda:

sexo F= 0; M= 1

C2R = área vértebra cervical 2 / área total

C3R = área vértebra cervical 3 / área total

C4R = área vértebra cervical 4 / área total

C2-C4R = área área vertebra cervical 2+ área vertebra cervical 3+ área vertebra cervical4 / área total

intervertebral = área intervertebral C2-C3 + área intervertebral C3-C4

Tabela 5.9 - Valores de R quadrado, R quadrado ajustado e erro padrão de estimativa

Fórmula	R Quadrado	R quadrado ajustado	Erro padrão de estimativa
Fórmula 1	0,592	0,568	1,278
Fórmula 2	0,594	0,564	1,284

Fonte: O autor.

O pós-teste foi realizado para comprovar a acurácia das fórmulas obtidas, com tolerância máxima adotada de 1,5 anos, com porcentagens de acerto também similares (74%), apresentadas na tabela 5.11.

Figura 5.10 - Pós teste com tolerância máxima adotada de 1.5 anos

Pós teste	Fórmula 1	Fórmula 2
Erros	19 (26%)	19 (26%)
Acertos	54 (74%)	54 (74%)
Total	100 (100%)	100 (100%)

Fonte: O autor.

Em relação aos valores de IMC obtidos, não houve uma característica definidora do grau de maturação CS segundo as faixas etárias estudadas, conforme Tabela 5.12, com destaque para o índice CS4 que predominou nas faixas etárias de 12 a 18 anos; e para a faixa etária de 10 a 12 anos, na qual a maior prevalência observada foi da maturação CS3 (40%), seguida da maturação CS1 (30%) e CS4 (20%).

Figura 5.11 - Percentual dos graus de maturação IMC presentes nas faixas etárias

Faixa etária		Grau de Maturação CS						Total
		CS1	CS2	CS3	CS4	CS5	CS6	
10.1 a 12 anos		30%	10%	40%	20%	0%	0%	100%
12.1 a 14 anos		0%	0%	25%	63%	0%	13%	100%
14.1 a 16 anos		0%	0%	4%	61%	11%	25%	100%
16.1 a 18 anos		0%	0%	0%	68%	32%	0%	100%

Fonte: O autor.

6 DISCUSSÃO

Estimar idade óssea de pacientes em fase de crescimento está intimamente ligado a identificação de desordens, elaboração de um plano de tratamento apropriado e, conseqüentemente, do prognóstico final de cada um; e deve ser inclusive associado a identificação de demais parâmetros, como velocidade de crescimento, maturação de características sexuais e desenvolvimento dental, não dependendo única e exclusivamente de idade cronológica. Além disso, quanto mais precisos os métodos de estimativa, é possível estabelecer a fase exata de crescimento e definir se o indivíduo ainda está neste processo ou com o crescimento completo (Fishman, 1979).

Além da aplicabilidade na prática médica, há também a aplicabilidade da estimativa de idade para fins periciais e civil. Em situações nas quais a idade cronológica não pode ser obtida ou a informação não é confiável, o método pode ser aplicado com o intuito de esclarecer possíveis crimes e auxiliar autoridades responsáveis ao adotar medidas penais, como, por exemplo, identificar se determinado indivíduo já atingiu a maioridade penal ao praticar um crime, ou identificar a idade que determinado indivíduo possuía ao morrer; e por fim, obter a real idade para emissão de documentos. Sendo assim, há a necessidade de métodos com altos níveis de acurácia e baixos níveis de erro para obtenção de dados mais precisos e que permitam adoção de medidas adequadas (Schmeling et al., 2007).

Os dados quantitativos de área vertebral apresentados comprovam a acurácia do método do presente estudo no que refere a fórmulas para a estimativa de idade óssea. Os resultados obtidos foram similares com os dados de Cameriere et al. (2012) que obtiveram valores excelentes, com uma população de 288 crianças e adolescentes entre 5 e 15 anos. Os autores calcularam a diferença entre idade estimada e idade cronológica real e obtiveram valores baixos para os métodos dentais (0.62 meninas e 0.71 meninos), para as medidas de área em rádio e ulna (1.00 meninas e 0.92 meninos) e valores ainda menores com os métodos combinados entre si (0.41 meninas e 0.54 meninos). Sendo assim, a somatória das técnicas diminuiu a variabilidade e possibilitam resultados mais precisos.

O presente estudo condiz com dados de estudos anteriores que comprovaram um padrão de crescimento crescente e homogêneo das vértebras C3 e C4 e um padrão heterogêneo da vértebra C2. Os valores de C2 (área individual e razão C2_R) condizem com os estudos de Miller et al. (2019) e Johnson et al. (2016), nos quais foi

observado que a vértebra C2 obtêm sua morfologia adulta aos 5 anos de idade, crescimento acelerado até os 10 anos e estabilização logo em seguida. Nesse estudo, foi observado que C2 mantém seu crescimento acelerado, estabilizando-se aos 12 anos. Conseqüentemente a razão $C2_R$ se apresenta decrescente durante todo o período, em contraste com C3 e C4 apresentando razão de crescimento em aceleração. O mesmo padrão heterogêneo é notado no estudo de Choi et al. (2016), que realizaram regressões associando níveis de maturação esquelética com reconstruções volumétricas (3D) de TCFC e demonstraram um processo de remodelação ativo de C2 e de aposição óssea de C3 e C4.

Os dados referentes a diferenças entre sexos não demonstraram diferenças significativas nas faixas etárias estudadas, exceto pela faixa de 14.1 a 16 anos, na qual as meninas, em sua maioria, já atingiram o pico de crescimento puberal, e os meninos estão na fase de pico. Ainda, os meninos nessa faixa etária apresentaram áreas vertebrais e espaços intervertebrais significativamente maiores, devido a estabilização do crescimento nas meninas e uma prolongada e duradoura fase de crescimento em meninos dessa faixa (Miller et al., 2019; Dimeglio, 2001).

O método qualitativo de avaliação da maturação óssea ICM através de telerradiografias laterais foi extensivamente avaliado por diversos autores, alguns apresentando resultados excelentes, tanto de concordâncias como de acurácia de correlação entre os índices e idade óssea estimada (Baccetti et al., 2005; Hassel; Farman, 1995; Lamparski, 1972); outros demonstraram resultados insatisfatórios e desaconselhavam a utilização como parâmetro único de avaliação (Szermraj et al., 2018; Predko-Engel et al., 2015; Santiago et al., 2012; Gabriel et al., 2009).

Em contraste com as medidas quantitativas de área obtidas neste estudo, os dados referentes aos índices IMC não apresentaram um padrão que pudesse ser associado às faixas etárias estudadas. Embora com índices de concordância Kappa intraobservador e mesmo interobservador satisfatórios, os dados obtidos foram muito heterogêneos entre si, impossibilitando inclusive uma associação com o método quantitativo.

Na literatura, não há muitos estudos que utilizaram a técnica, originalmente aplicada a telerradiografias laterais, em plano sagital de tomografia computadorizada. Um estudo que aplicou o método foi estudo de Joshi et al. (2012), que obtiveram correlação excelente entre índices de ICM por meio de telerradiografia lateral e plano sagital de TCFC, com predomínio do índice CS1 em pacientes mais jovens; e maior

presença dos índices CS2, seguido de CS3 e CS4 entre 11 e 16 anos. No presente estudo, contudo, foi observada maior porcentagem do índice CS4 em todas as faixas estudadas, até mesmo na faixa de 10.1 e 12 anos, na qual era esperada porcentagem de CS1 maior.

Vale destacar que tanto o método do índice de maturação cervical quanto o método quantitativo de áreas cervicais foram utilizados em radiografias bidimensionais (telerradiografia de norma lateral e radiografia carpal, respectivamente), modificações pouco exploradas por autores, sendo este o primeiro estudo a aplicar o método de Cameriere et al. (2012) e um dos primeiros a utilizar o índice IMC de Bacetti et al. (2005) em cortes sagitais de reconstruções multiplanares de tomografia computadorizadas. Portanto, dados prévios são pequenos e insuficientes para comparação de resultados.

Com base nos resultados, podemos afirmar que a tomografia computadorizada de feixe cônico pode e deve ser utilizada também com o objetivo de estimativa de idade, reduzindo assim a necessidade de exames complementares e, conseqüentemente, reduzindo a dose de radiação ionizante. A radiografia carpal (mão e punho) ainda é a mais recomendada e utilizada na prática odontológica com essa finalidade, por sua fácil execução e baixa exposição. Porém, aos poucos, essa modalidade de exame está em processo de desuso e deve ser substituída especialmente pela TCFC, devido à quantidade de informações e dados obtidos. Vale lembrar que os arquivos analisados são de pacientes de clínicas radiológicas terceirizadas, que se apresentaram ao serviço com uma queixa ou indicação prévia. Portanto, seguindo os princípios de ALARA (*As Low As Reasonably Achievable*), a tomografia pode ser usada quando previamente adquirida para outros fins ou quando não há meios auxiliares de obtenção desses dados (Yeung et al., 2019; Patcas et al., 2013).

Por se tratar de um estudo retrospectivo, o estudo apresentou um reduzido número amostral pela escassez de tomografias computadorizadas que atendam os critérios de inclusão e exclusão, especialmente em grupos etários mais jovens. Além disso, foram analisados exames de imagem, provenientes de clínicas radiológicas terceirizadas de diferentes regiões do Brasil (ISO Radiologia de São Paulo, São Paulo; Serraro de Rondonópolis, Mato Grosso; e CIMO de Campo Grande, Mato Grosso do Sul), de pacientes cujas condições de saúde (desordens sistêmicas ou locais que interfiram no crescimento ósseo) e características ambientais (culturais,

socioeconômicas e étnicas) são desconhecidas. Sendo assim, o presente estudo apresentou resultados vantajosos e promissores com o objetivo de estimar idade óssea. Contudo, novas análises em grupos populacionais distintos são necessárias no que se refere a avaliação de variações loco regionais (Mazzilli et al., 2018; Byun et al., 2015a; Byun et al., 2015b).

7 CONCLUSÃO

Com base nos dados apresentados, é possível afirmar que a tomografia computadorizada de feixe cônico pode ser utilizada com o objetivo de estimar idade óssea em pacientes, reduzindo assim indicação de exames de imagem complementares e exposições a radiação desnecessárias. Quando passível de observação, as fórmulas obtidas são uma ferramenta útil e precisa para obtenção desse dado.

REFERÊNCIAS¹

Azevedo ACS, Michel-Crosato E, Biazevic MGH. Radiographic evaluation of dental and cervical vertebral development for age estimation in a young Brazilian population. *J Forensic Odontostomatol*. 2018 Dec 1;36(2):31-39.

Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. The Cervical Vertebral Maturation (CVM) method for the assessment of optimal treatment timing in dentofacial orthopedics. *Seminars in Orthodontics*, 2005, 11(3): 119-29. doi: <https://doi.org/10.1053/j.sodo.2005.04.005>.

Beaini TL, Miamoto P, Duailibi-Neto EF, Tedeschi-Oliveira SV, Chilvarquer I, Melani RFH. Facial soft tissue depth measurements in cone-beam computed tomography: A study of a Brazilian sample. *Leg Med (Tokyo)*. 2021 May;50:101866. doi: 10.1016/j.legalmed.2021.101866.

Bonfim MAE, Costa ALF, Fuziy A, Ximenez MEL, Cotrim-Ferreira FA, Ferreira-Santos RI. Cervical vertebrae maturation index estimates on cone beam CT: 3D reconstructions vs sagittal sections. *Dentomaxillofac Radiol* 2016; 45: 20150162. doi: 10.1259/dmfr.20150162.

Bonjour JP, Theintz G, Law F, Slosman D, Rizzoli R. Peak bone mass. *Osteoporos Int*. 1994;4 Suppl 1:7-13. doi: 10.1007/BF01623429.

Byun BR, Kim YI, Yamaguchi T, Maki K, Ko CC, Hwang DS, Park SB, Son WS. Quantitative skeletal maturation estimation using cone-beam computed tomography-generated cervical vertebral images: a pilot study in 5- to 18-year-old Japanese children. *Clin Oral Investig*. 2015a Nov;19(8):2133-40. doi: 10.1007/s00784-015-1415-6.

Byun BR, Kim YI, Yamaguchi T, Maki K, Son WS. Quantitative assessment of cervical vertebral maturation using cone beam computed tomography in Korean girls. *Comput Math Methods Med*. 2015b;2015:405912. doi: 10.1155/2015/405912.

Cameriere R, De Luca S, Biagi R, Cingolani M, Farronato G, Ferrante L. Accuracy of three age estimation methods in children by measurements of developing teeth and carpals and epiphyses of the ulna and radius. *J Forensic Sci*. 2012 Sep;57(5):1263-70. doi: 10.1111/j.1556-4029.2012.02120.x.

¹De acordo com estilo Vancouver.

Cameriere R, Ferrante L. Age estimation in children by measurement of carpals and epiphyses of radius and ulna and open apices in teeth: a pilot study. *Forensic Sci Int.* 2008 Jan 15;174(1):60-3. doi: 10.1016/j.forsciint.2007.03.013.

Choi YK, Kim J, Yamaguchi T, Maki K, Ko CC, Kim YI. Cervical Vertebral Body's Volume as a New Parameter for Predicting the Skeletal Maturation Stages. *Biomed Res Int.* 2016;2016:8696735. doi: 10.1155/2016/8696735.

Dillenseger JP, Gros CI, Sayeh A, Rasamimanana J, Lawniczak F, Leminor JM, et al. Image quality evaluation of small FOV and large FOV CBCT devices for oral and maxillofacial radiology. *Dentomaxillofac Radiol.* 2017 Jan;46(1):20160285. doi: 10.1259/dmfr.20160285.

Dimeglio A. Growth in pediatric orthopaedics. *J Pediatr Orthop.* 2001 Jul-Aug;21(4):549-55

Eklöf O, Ringertz H. A method for assessment of skeletal maturity. *Ann Radiol (Paris).* 1967;10(3):330-6

Fishman LS. Chronological versus skeletal age, an evaluation of craniofacial growth. *Angle Orthod.* 1979 Jul;49(3):181-9. doi: 10.1043/0003-3219(1979)049<0181:CVSAAE>2.0.CO;2.

Gabriel DB, Southard KA, Qian F, Marshall SD, Franciscus RG, Southard TE. Cervical vertebrae maturation method: poor reproducibility. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2009 Oct;136(4):478.e1-7; discussion 478-80. doi: 10.1016/j.ajodo.2007.08.028.

Gelbrich B, Fischer M, Stellzig-Eisenhauer A, Gelbrich G. Are cervical vertebrae suitable for age estimation? *J Forensic Odontostomatol.* 2017 Dec 1;35(2):66-78

Gray S, Bennani H, Kieser JA, Farella M. Morphometric analysis of cervical vertebrae in relation to mandibular growth. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2016 Jan;149(1):92-8. doi: 10.1016/j.ajodo.2015.06.028.

Greulich W, Pyle S. Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist. 2nd ed. California: Stanford University, 1959

Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1995 Jan;107(1):58-66. Erratum in: *Am J Orthod Dentofacial Orthop* 1995 Jun;107(6):19. doi: 10.1016/s0889-5406(95)70157-5.

Johnson KT, Al-Holou WN, Anderson RC, Wilson TJ, Karnati T, Ibrahim M, Garton HJ, Maher CO. Morphometric analysis of the developing pediatric cervical spine. *J Neurosurg Pediatr*. 2016 Sep;18(3):377-89. doi: 10.3171/2016.3.PEDS1612.

Joshi V, Yamaguchi T, Matsuda Y, Kaneko N, Maki K, Okano T. Skeletal maturity assessment with the use of cone-beam computerized tomography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol*. 2012 Jun;113(6):841-9. doi: 10.1016/j.oooo.2011.11.018.

Kapila SD, Nervina JM. CBCT in orthodontics: assessment of treatment outcomes and indications for its use. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015;44(1):20140282. doi: 10.1259/dmfr.20140282.

Lamparski DC. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae. 1972. Thesis (Master of Dental Science)-University of Pittsburgh, Pittsburgh, 1972.

Mazzilli LEN, Melani RFH, Lascala CA, Palacio LAV, Cameriere R. Age estimation: Cameriere's open apices methodology accuracy on a southeast Brazilian sample. *J Forensic Leg Med*. 2018 Aug;58:164-68. doi: 10.1016/j.jflm.2018.06.006.

Moca AE, Vaida LL, Moca RT, Țuțuianu AV, Bochiș CF, Bochiș SA, et al. Chronological Age in Different Bone Development Stages: A Retrospective Comparative Study. *Children (Basel)*. 2021 Feb 13;8(2):142. doi: 10.3390/children8020142.

Miller CA, Hwang SJ, Cotter MM, Vorperian HK. Cervical vertebral body growth and emergence of sexual dimorphism: a developmental study using computed tomography. *J Anat*. 2019 Jun;234(6):764-77. doi: 10.1111/joa.12976.

Patcas R, Signorelli L, Peltomäki T, Schätzle M. Is the use of the cervical vertebrae maturation method justified to determine skeletal age? A comparison of radiation dose of two strategies for skeletal age estimation. *Eur J Orthod*. 2013 Oct;35(5):604-9. doi: 10.1093/ejo/cjs043.

Pauwels R, Araki K, Siewerdsen JH, Thongvigitmanee SS. Technical aspects of dental CBCT: state of the art. *Dentomaxillofac Radiol*. 2015;44(1):20140224. doi: 10.1259/dmfr.20140224.

Predko-Engel A, Kaminek M, Langova K, Kowalski P, Fudalej PS. Reliability of the cervical vertebrae maturation (CVM) method. *Bratisl Lek Listy*. 2015;116(4):222-6. doi: 10.4149/bll_2015_043.

Rhee CH, Shin SM, Choi YS, Yamaguchi T, Maki K, Kim YI, et al. Application of statistical shape analysis for the estimation of bone and forensic age using the shapes of the 2nd, 3rd, and 4th cervical vertebrae in a young Japanese population. *Forensic Sci Int*. 2015 Dec;257:513.e1-513.e9. doi: 10.1016/j.forsciint.2015.08.018.

Saggese G, Baroncelli GI, Bertelloni S. Puberty and bone development. *Best Pract Res Clin Endocrinol Metab*. 2002 Mar;16(1):53-64. doi: 10.1053/beem.2001.0180.

Santiago RC, de Miranda Costa LF, Vitral RW, Fraga MR, Bolognese AM, Maia LC. Cervical vertebral maturation as a biologic indicator of skeletal maturity. *Angle Orthod*. 2012 Nov;82(6):1123-31. doi: 10.2319/103111-673.1.

Schmeling A, Geserick G, Reisinger W, Olze A. Age estimation. *Forensic Sci Int*. 2007 Jan 17;165(2-3):178-81. doi: 10.1016/j.forsciint.2006.05.016.

Shin SM, Kim Y-I, Choi Y-S, Yamaguchi T, Maki K, Cho B-H, et al. The skeletal maturation status estimated by statistical shape analysis: axial images of Japanese cervical vertebra. *Dentomaxillofac Radiol* 2015; 44: 20140323. doi: 10.1259/dmfr.20140323.

Szemraj A, Wojtaszek-Słomińska A, Racka-Pilszak B. Is the cervical vertebral maturation (CVM) method effective enough to replace the hand-wrist maturation (HWM) method in determining skeletal maturation? A systematic review. *Eur J Radiol*. 2018 May;102:125-8. doi: 10.1016/j.ejrad.2018.03.012.

Tanner JM, Whitehouse RH, Cameron N, Marshall A, Healy MJR, Goldstein H. *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW-2 Method)*. 2nd ed. London, New York: Academic Press; 1975.








Yeung AWK, Jacobs R, Bornstein MM. Novel low-dose protocols using cone beam computed tomography in dental medicine: a review focusing on indications, limitations, and future possibilities. *Clin Oral Investig*. 2019 Jun;23(6):2573-81. doi: 10.1007/s00784-019-02907-y.

APÊNDICE A - Tabelas de estatística

Tabela A – Testes de Normalidade

	Sexo	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
		Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
área C2	F	,079	42	.200*	,976	42	0,51
	M	,090	31	.200*	,982	31	0,86
área C3	F	,107	42	.200*	,972	42	0,37
	M	,113	31	.200*	,972	31	0,57
área C4	F	,065	42	.200*	,983	42	0,76
	M	,133	31	,177	,970	31	0,51
C2-C4 _R	F	,111	42	.200*	,946	42	0,06
	M	,110	31	.200*	,961	31	0,31
C2 _R	F	,104	42	.200*	,968	42	0,28
	M	,128	31	.200*	,941	31	0,09
C3 _R	F	,156	42	,012	,948	42	0,06
	M	,067	31	.200*	,977	31	0,74
C4 _R	F	,071	42	.200*	,986	42	0,89
	M	,106	31	.200*	,956	31	0,23
intervertebral C2 e C3	F	,093	42	.200*	,983	42	0,76
	M	,073	31	.200*	,987	31	0,96
intervertebral C3 e C4	F	,060	42	.200*	,993	42	0,99
	M	,147	31	,085	,926	31	0,03
intervertebral (total)	F	,068	42	.200*	,985	42	0,83
	M	,136	31	,152	,948	31	0,14

ANEXO A – Plataforma Brasil – Dados do Projeto

DETALHAR PROJETO DE PESQUISA																	
- DADOS DA VERSÃO DO PROJETO DE PESQUISA																	
<p>Título da Pesquisa: Estudo retrospectivo de estimativa de idade óssea através da maturação cervical por meio de tomografia computadorizada de feixe cônico Pesquisador Responsável: Fernando Amorim Mendonça Alves Área Temática: Versão: 5 CAAE: 40627320.2.0000.0075 Submetido em: 23/11/2021 Instituição Proponente: Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo Situação da Versão do Projeto: Aprovado Localização atual da Versão do Projeto: Pesquisador Responsável Patrocinador Principal: Financiamento Próprio</p>																	
Comprovante de Recepção:  PB_COMPROVANTE_RECEPCAO_1848345																	
- DOCUMENTOS DO PROJETO DE PESQUISA																	
<ul style="list-style-type: none"> Versão Atual Aprovada (E1) - Versão 5 <ul style="list-style-type: none"> Pendência de Parecer (E1) - Versão 5 <ul style="list-style-type: none"> Currículo dos Assistentes Documentos do Projeto <ul style="list-style-type: none"> Comprovante de Recepção - Submissã Folha de Rosto - Submissão 2 Informações Básicas do Projeto - Subm Outros - Submissão 2 Projeto Detalhado / Brochura Investigac Apreciação 2 - USP - Faculdade de Odont Projeto Completo 		<table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de Documento</th> <th>Situação</th> <th>Arquivo</th> <th>Postagem</th> <th>Ações</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="5" style="height: 100px;"></td> </tr> </tbody> </table>						Tipo de Documento	Situação	Arquivo	Postagem	Ações					
Tipo de Documento	Situação	Arquivo	Postagem	Ações													
- LISTA DE APRECIÇÕES DO PROJETO																	
Apreciação *	Pesquisador Responsável *	Versão *	Submissão *	Modificação *	Situação *	Exclusiva do Centro Coord. *	Ações										
E1	Fernando Amorim Mendonça Alves	5	23/11/2021	07/12/2021	Aprovado	Sim	   										
PO	Fernando Amorim Mendonça Alves	3	03/02/2021	02/03/2021	Aprovado	Não											
- HISTÓRICO DE TRÂMITES																	
Apreciação	Data/Hora	Tipo Trâmite	Versão	Perfil	Origem	Destino	Informações										
E1	07/12/2021 11:07:39	Parecer liberado	5	Coordenador	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP	PESQUISADOR											
E1	07/12/2021 08:08:08	Parecer do colegiado emitido	5	Coordenador	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP											
E1	06/12/2021 23:01:33	Parecer do relator emitido	5	Membro do CEP	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP											
E1	06/12/2021 14:43:05	Aceitação de Elaboração de Relatoria	5	Membro do CEP	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP											
E1	26/11/2021 13:41:57	Confirmação de Indicação de Relatoria	5	Coordenador	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP											
E1	23/11/2021 14:39:48	Indicação de Relatoria	5	Secretária	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP											
E1	23/11/2021 14:39:10	Aceitação do PP	5	Secretária	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP											
E1	23/11/2021 14:15:22	Submetido para avaliação do CEP	5	Pesquisador Principal	PESQUISADOR	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP											
E1	08/11/2021 18:40:44	Parecer liberado	4	Coordenador	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP	PESQUISADOR											
E1	08/11/2021 15:24:20	Parecer do colegiado emitido	4	Coordenador	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP	USP - Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo - FOU SP											