

Maria de Paula Caldas

**ANÁLISE COMPUTADORIZADA DA IDADE ÓSSEA
VERTEBRAL EM RADIOGRAFIAS
CEFALOMÉTRICAS LATERAIS NA POPULAÇÃO
BRASILEIRA**

Tese apresentada à Faculdade
de Odontologia de Piracicaba, da
Universidade Estadual de
Campinas, para obtenção do
título de Doutor em Radiologia
Odontológica.

Orientador: Prof. Dr. Francisco Haiter Neto

Piracicaba
2009

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA**

Bibliotecária: Marilene Girello – CRB-8ª. / 6159

C126a Caldas, Maria de Paula.
Análise computadorizada da idade óssea vertebral em radiografias cefalométricas laterais na população brasileira. / Maria de Paula Caldas. -- Piracicaba, SP: [s.n.], 2009.

Orientador: Francisco Haiter Neto.
Tese (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Odontologia de Piracicaba.

1. Vértebras cervicais. 2. Ortodontia. 3. Radiografia. 4. Software. I. Haiter Neto, Francisco. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Odontologia de Piracicaba. III. Título.
(mg/fop)

Título em Inglês: Computer-assisted analysis of cervical vertebral bone age using cephalometric radiographs in Brazilian subjects

Palavras-chave em Inglês (Keywords): 1. Cervical vertebrae. 2. Orthodontics. 3. Radiography. 4. Software

Área de Concentração: Radiologia Odontológica

Titulação: Doutor em Radiologia Odontológica

Banca Examinadora: Francisco Haiter Neto, Ana Lúcia Alvares Capellozza, Julio Cezar de Melo Castilho, Frab Norberto Bóscolo, Gláucia Maria Bovi Ambrosano

Data da Defesa: 27-11-2009

Programa de Pós-Graduação em Radiologia Odontológica



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
Faculdade de Odontologia de Piracicaba



A Comissão Julgadora dos trabalhos de Defesa de Tese de Doutorado, em sessão pública realizada em 27 de Novembro de 2009, considerou a candidata MARIA DE PAULA CALDAS aprovada.

Prof. Dr. FRANCISCO HAÏTER NETO

Profa. Dra. ANA LÚCIA ÁLVARES CAPELOZZA

Prof. Dr. JULIO CEZAR DE MELO CASTILHO

Prof. Dr. FRAB NORBERTO BOSCOLO

Profa. Dra. GLAUCIA MARIA BOVI AMBROSANO

Dedico este trabalho

A Deus, luz serena e constante no meu caminho.

*Aos meus pais, Luciano e Sonía, minhas grandes admirações.
Por se doarem de forma tão saborosa à vida. Sinto-me
privilegiada de ser fruto desse amor.*

*Aos meus irmãos Pedro e Julia, meu espelho e minha pupila.
Amo vocês.*

AGRADECIMENTO ESPECIAL

Meu orientador, Professor Dr. Francisco Haíter Neto, pela admirável orientação e atenção nessa jornada. Alemão de origem e exigente por natureza, sempre foi muito atencioso em todos os momentos que precisei. Com você, aprendi que a vida é feita de várias escolhas. E que nem sempre uma escolha implica na inviabilidade de outra. Pelo contrário, são apenas novos caminhos.

Professora Dra. Solange Maria de Almeida, pela preocupação materna com os filhos da radiologia. Sempre compreensiva nos momentos da saudade de casa, dedicada no papel de professora e fundamental na minha formação.

Professor Dr. Frab Norberto Bóscolo, pela dedicação exemplar como professor e pessoa que és. É admirável a forma simples e humana como trata todas as pessoas ao seu redor. Obrigada por todos os ensinamentos e carinho.

Professora Dra. Gláucia Maria Bovi Ambrosano, pela contribuição imensurável com as análises estatísticas.

Díogo, por todo seu amor. Meu porto, minha reconquista, meu desejo.

AGRADECIMENTOS

À Faculdade de Odontologia de Piracicaba, na pessoa do ilustríssimo Diretor Prof. Dr. Francisco Haíter Neto.

A todos os funcionários da FOP-UNICAMP, especialmente à secretaria de Pós-Graduação e os funcionários da limpeza.

Aos colegas Fabrício Tují, Lúcio Kurita, Marco Frazão, Luciane Araújo, Élcio Carneiro, Melissa Damian, Flávio Viero e Ivonete Haagsma, pela preciosa ajuda na coleta de pacientes. Agradeço pela atenção e disponibilidade de todos vocês.

À empresa Rádio Memory, na pessoa do Gerente Bruno Valério de Castro, por tornar viável a realização de uma grande idéia.

Ao colega Aécio Fonseca Júnior, funcionário da Rádio Memory e executor da análise computadorizada desenvolvida nesta pesquisa. Obrigada por toda a paciência e dedicação.

Ao amigo e professor Ismar Nery, pelo enorme apoio, compreensão e torcida.

Às amigas Cacá e Ju Finotti, irmãs de coração. Pela cumplicidade de uma amizade tão verdadeira.

Às minhas “irmãs” Flavinha e Ellen. Pelas risadas, suspiros e lágrimas. Por todos os momentos de radiologia, bolo de rolo e tapioca. Pela simplicidade de uma história inesquecível, muito obrigada.

Aos amigos da FOP Alynne, Dani Pita, Letícia, Dani Frota, Luís, Matheus, Dani Brait, Ézio, Luciana, Deborah Queiroz, Juliana Bittar, Janaina, Márcia Casanova, Adriana Dibo, Andréa Kuroiva, Déa Pontual, Sérgio, Sandro, Rafael e Fábio Guedes.

À amiga conterrânea Carol Cintra, fiel companheira de estrada! Agradeço muito por todo o carinho.

Aos amigos e funcionários Roberta, Waldeck, Fernando e Giselda, pela parceria diária na radiologia. Por todos os momentos, sabores doces e salgados das culinárias do Wal, trilhas sonoras requintadas do Fê, divertidas fofocas no recanto da Roberta! Muito obrigada por tudo.

À secretária da Diretoria da FOP Luciane, meu braço direito!

Só aqueles que têm paciência para fazer coisas simples com perfeição é que irão adquirir habilidade para fazer coisas difíceis com facilidade.

Johann Christoph Von Schiller

RESUMO

O objetivo neste trabalho foi avaliar a aplicabilidade do método de análise da idade óssea vertebral, proposto por Caldas *et al.* (2007) nas diferentes regiões do país. Para isso, foram utilizadas radiografias cefalométricas laterais e radiografias carpais de 381 meninas e 336 meninos, com faixa etária variando entre 7 e 15.9 anos, pertencentes a arquivos digitais de seis clínicas de Radiologia Odontológica provenientes das cidades de Belém-PA, Fortaleza-CE, Recife-PE, Brasília-DF e Curitiba-PR. Nas radiografias cefalométricas laterais, os corpos das vértebras C3 e C4 foram medidos com o auxílio de uma análise computadorizada das vértebras cervicais inserida no programa de cefalometria digital Radiocef Studio 2 e as idades ósseas das vértebras cervicais foram automaticamente calculadas, utilizando as equações de regressão desenvolvidas por Caldas *et al.* (2007). Nas radiografias carpais, os eventos de ossificação da mão e do punho foram avaliados e as idades ósseas determinadas pelo método de Tanner e Whitehouse (TW3). Os dados foram encaminhados à análise estatística de variância e teste de Tukey ($p < 0,05$) para comparar idade óssea vertebral, idade óssea carpal e idade cronológica. Os resultados obtidos revelaram que, em todas as regiões estudadas, a idade óssea vertebral não apresentou diferença estatística significativa em relação à idade cronológica. Quando analisada a relação entre as idades ósseas, foi possível observar diferença estatística significativa entre idade óssea vertebral e idade óssea carpal nos sexos masculino e feminino das regiões Norte e Nordeste, assim como no sexo masculino da região Centro-Oeste. No entanto, as diferenças não foram maiores que 0,61, 0,31 e 0,45 anos para as regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, respectivamente. Com exceção do sexo masculino na região Norte e do sexo feminino na região Nordeste, não foi encontrada diferença estatística significativa entre idade óssea e idade cronológica. Para as regiões Norte e Nordeste, as diferenças encontradas foram de 0,44 e 0,26 anos para o sexo masculino e feminino, respectivamente. Baseados nestes resultados, pôde-se concluir que as fórmulas desenvolvidas por Caldas *et al.* (2007), para avaliação objetiva da idade óssea pelas vértebras cervicais, se mostraram confiáveis e podem ser utilizadas na população estudada.

Palavras-chave: Vértebras cervicais; Ortodontia; Software; Radiografia

ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the applicability of the formula developed by Caldas *et al.* (2007) in Brazilian subjects. The samples were taken from patient digital files of six Oral Radiological Clinics placed in Belém-PA, Fortaleza-CE, Recife-PE, Brasília-DF e Curitiba-PR. Lateral cephalometric and hand-wrist radiographs of 381 girls and 336 boys (aged 7.0 to 15.9 years) were selected. On the digital lateral cephalograms, the bodies C3 e C4 were measured using a cervical vertebral computerized analysis created in the software program of digital cephalometric analysis Radiocef Studio 2 and cervical vertebral bone age was calculated using the formulas developed by Caldas *et al.* (2007). Hand-wrist bone age was evaluated by the Tanner and Whitehouse method (TW3). An analysis of variance (ANOVA) and Tukey test were used to compare cervical vertebral bone age, hand-wrist bone age and chronological age ($P < 0.05$). No significant difference was found between cervical vertebral bone age and chronological age in all regions studied. When analyzing bone age, it was possible to observe a statistically significant difference between cervical vertebral bone age and hand-wrist bone age for female and male subjects in the North and Northeast regions, as well as for male subjects in the Central West region, which were no more than 0,61, 0,31 e 0,45 years in the North, Northeast and Central West regions, respectively. No significant difference was observed between bone age and chronological age in all regions except for the male subjects in the North and female subjects in the Northeast, which were 0,44 and 0,26 years, respectively. We concluded that the formulas developed by Caldas *et al.* (2007) to objectively evaluate skeletal maturation are reliable and can be applied to Brazilian subjects.

Key-words: Cervical vertebrae; Orthodontics; Software; Radiography

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	3
3. PROPOSIÇÃO	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
5. RESULTADOS	24
6. DISCUSSÃO	36
7. CONCLUSÃO	42
8. ARTIGO CIENTÍFICO	43
REFERÊNCIAS	57
ANEXO	65

1. INTRODUÇÃO

A Ortodontia contemporânea vem evoluindo muito com o passar dos anos, tornando-se cada vez mais eficiente em relação ao diagnóstico, tratamento, previsibilidade e estabilidade dos resultados (Santos *et al.*, 2005). Grande parte dos casos tratados ortodonticamente inclui tipos de más-oclusões, onde o crescimento e o desenvolvimento desempenham papel fundamental no êxito ou no fracasso da mecanoterapia (Mercadanti, 2001). O momento adequado para o início do tratamento é de suma importância para a obtenção de resultados satisfatórios, considerando-se o período de crescimento pré-pubertário a melhor época para iniciar o tratamento ortopédico de más-oclusões esqueléticas, pois durante esta fase ocorrem as alterações crânio-faciais, favorecendo uma coordenação destas com os procedimentos ortopédico-ortodônticos. Desta forma, as decisões relativas ao uso de aparelhos funcionais, tratamento ortodôntico com ou sem extrações e época da cirurgia ortognática são baseadas principalmente em ponderações relativas ao referido estágio de maturidade esquelética do indivíduo (Santos *et al.*, 2005).

Existem diversos meios de se determinar o estágio em que o indivíduo se encontra na curva de crescimento, sendo eles a idade cronológica, o desenvolvimento esquelético e dentário, a altura, o peso e o aparecimento das características sexuais secundárias. Devido às variações existentes na época, duração e velocidade do crescimento corporal geral, a avaliação do estágio de maturação e do potencial de crescimento durante a pré-adolescência e adolescência, constitui fator de grande importância no diagnóstico ortodôntico, uma vez que o crescimento que ocorre ou está para ocorrer neste período apresenta uma participação essencial no prognóstico dos casos (Fishman, 1982; Hägg e Pancherz, 1988).

Na adolescência, há um período em que o crescimento ocorre com velocidade máxima, chamado de surto de crescimento puberal. Caracteriza-se por ser um processo constante, mas varia quanto ao seu início, intensidade e duração

de indivíduo para indivíduo (Perry-Junior e Damico, 1972; Bergersen, 1972; Bowden, 1976). Assim, tratamentos ortodônticos realizados durante a fase de surto de crescimento puberal tornam-se mais efetivos, pois as estruturas faciais possuem máxima capacidade de responder aos estímulos oferecidos pela mecânica ortopédica e ortodôntica.

O pico de crescimento facial ocorre, normalmente, um pouco depois do surto de crescimento em estatura (Bambha, 1961). As meninas tendem a apresentar maturação esquelética dois anos antes que os meninos, os quais possuem maior crescimento tanto em estatura quanto nas estruturas do crânio. Em média, o surto de crescimento puberal inicia-se aos 10 anos nas meninas e aos 12 anos nos meninos. Em ambos os gêneros, o pico de crescimento ocorre por volta de dois anos após o início do surto, ou seja, aos 12 anos nas meninas e aos 14 anos nos meninos e o fim do surto de crescimento ocorre por volta de 15 anos nas meninas e 17 anos nos meninos (Hägg e Taranger, 1980). No entanto, devido à grande variação individual na época do surto de crescimento puberal, a idade cronológica torna-se pouco confiável para a avaliação do estágio de desenvolvimento da criança, visto que nem sempre esta se correlaciona adequadamente com sua idade esquelética, podendo essa última apresentar-se avançada ou atrasada em relação à primeira. Assim, torna-se importante utilizar a avaliação da idade esquelética na prática clínica, buscando-se, deste modo, a obtenção de resultados finais mais acurados e benéficos (Fishman, 1979).

Além da Ortodontia, a avaliação da idade óssea tem um papel importante na Pediatria, especialmente em problemas endócrinos e desordens de crescimento (Loder *et al.*, 1993). Também é útil na predição da estatura adulta e na estimativa da idade aproximada de uma criança com data de nascimento desconhecida, assim como na identificação de cadáveres (Haite-Neto e Tavano, 1997). Assume ainda papel importante na área da saúde coletiva, na comparação de populações distintas para determinar se existe algum fator ambiental que explique a diferença entre elas (Tanner *et al.*, 2001).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Estudo do crescimento por intermédio das radiografias de mão e punho

A idade esquelética, definida pela avaliação do estágio em que se encontram diferentes centros de ossificação, tem sido o indicador mais comumente usado nos estudos sobre crescimento e desenvolvimento e é considerada um verdadeiro registro da idade biológica. Sua determinação está baseada nas mudanças esqueléticas, que podem ser visualizadas em radiografias de áreas selecionadas do corpo durante todo o período de crescimento (Tavano, 1977).

O principal recurso utilizado atualmente para a determinação do estágio de maturação em que se encontra o paciente ortodôntico consiste na avaliação das radiografias de mão e punho, ou radiografias carpais (Santos e Almeida, 1999). É sabido que existe uma espécie de sincronismo no crescimento das diversas estruturas do corpo, podendo-se utilizar as informações obtidas a partir das estruturas da mão e do punho na avaliação do crescimento corpóreo geral, bem como o facial (Fishman, 1979; Fishman, 1982).

Os métodos usados para a avaliação da idade esquelética pelos eventos de maturação dos ossos da mão e do punho são comumente divididos em três tipos principais: o clássico, que consiste na comparação da radiografia obtida com as radiografias de um atlas, como o de Greulich e Pyle (1959); o método de escores, quando cada centro de ossificação recebe um número de pontos de acordo com uma escala de desenvolvimento, como no sistema de Tanner e Whitehouse (1959); e métodos que utilizam medidas dimensionais dos centros de ossificação na avaliação, como o de Eklöf e Ringertz (1967) (Moscatiello *et al.*, 2008).

O método de Greulich e Pyle (1959) é considerado inspecional, pois compara a radiografia em estudo com reproduções ou padrões de radiografias mostradas em um atlas. O método está baseado no nível de maturação encontrado em uma amostra constituída por 100 radiografias, para cada sexo e

idade estudada, de crianças norte-americanas de padrão sócio-econômico médio-alto. Assim, após a observação e comparação com o atlas de trinta centros de ossificação na radiografia carpal da criança, determina-se uma idade óssea igual àquela do padrão ao qual mais se assemelha.

O método de Tanner e Whitehouse foi apresentado pela primeira vez em 1959 e a partir da primeira versão, foram realizadas algumas simplificações. O método baseia-se na designação de escores a centros de ossificação da mão e do punho, assim como epífises distais do rádio e da ulna. Os escores são atribuídos, conforme estágios descritos, e somados para obter o índice de maturidade esquelética, que é transformada em idade óssea por meio de tabelas específicas. Cada estágio é descrito com vários critérios, um diagrama e duas radiografias, que auxiliam na avaliação do grau de desenvolvimento do centro de ossificação (Tanner *et al.*, 2001).

A grande utilização das radiografias carpais justifica-se no fato de que, na região da mão e do punho encontram-se disponíveis trinta centros de ossificação, sendo possível observar modificações distintas ao longo de seu desenvolvimento e que ocorrem em épocas diferentes, suficientes para fornecer informações a respeito de praticamente todo o período de maturação esquelética de um indivíduo (Blanco *et al.*, 1972).

O crescimento facial avaliado por medidas cefalométricas foi também comparado por Fishman (1979), com registros do desenvolvimento estatural e da maturação esquelética determinada pelas radiografias carpais. O autor observou que a idade cronológica de uma criança nem sempre está correlacionada com sua idade esquelética. Prosseguindo seus estudos, Fishman (1982) apresentou um sistema de avaliação da maturação esquelética contendo onze indicadores específicos, facilmente observados nos ossos da mão e do punho. Esses índices foram testados e positivamente correlacionados com o crescimento pubertário estatural e com as alterações de crescimento observadas na maxila e na mandíbula, durante esse período. O autor considerou esse sistema como um

parâmetro mais consistente do que a idade cronológica para a avaliação do estágio de desenvolvimento do indivíduo.

Com o objetivo de simplificar os meios de se determinar a idade esquelética do indivíduo na clínica ortodôntica, Leite *et al.* (1987) propuseram um método de inspeção, executado em apenas uma parte da mão, comparando-o com o método tradicional, que utiliza a região da mão e do punho como um todo. Foram averiguados o início da ossificação do osso sesamóide, na região do polegar e a fusão das epífises das falanges distais, mesiais e proximais dos primeiros, segundos e terceiros dedos da mão esquerda com suas diáfises, cobrindo-se as demais estruturas da mão durante o exame. Os resultados da pesquisa revelaram que este método simplificado mostrou-se eficiente nas informações sobre o estágio de crescimento e desenvolvimento do indivíduo, com a vantagem de eliminar a necessidade de se indicar uma radiografia adicional, uma vez que essa área, sendo limitada, poderia ser incluída na tomada da própria radiografia cefalométrica lateral.

O estudo das radiografias carpais pode auxiliar o ortodontista, de uma maneira simples e precisa, na determinação da idade esquelética individual. Além disso, é possível correlacionar os dados referentes à ossificação das estruturas da mão e do punho de cada indivíduo com o surto de crescimento puberal (Vellini-Ferreira, 2008).

2.2 Estudo do crescimento por intermédio das radiografias cefalométricas laterais

Uma grande preocupação reside, atualmente, na simplificação dos recursos de diagnóstico disponíveis e principalmente na redução das exposições radiográficas indicadas aos indivíduos. Com essa finalidade, esforços têm sido empregados no sentido de se utilizarem as radiografias que fazem parte da documentação ortodôntica de rotina, como é o caso das radiografias cefalométricas laterais, ou mesmo de se instituírem algumas modificações durante

a obtenção dessas radiografias, que venham de encontro às necessidades presentes (Fishman, 1979; Fishman, 1982).

A radiografia cefalométrica lateral foi introduzida na ortodontia na década de 30 (Broadbent, 1931). A partir de então, vários estudos cefalométricos foram realizados com o objetivo de se estudar o crescimento facial. Apesar da incontestável importância desses estudos para a análise do crescimento crânio-facial, vem crescendo a tendência de se utilizarem outras estruturas presentes nas próprias radiografias cefalométricas laterais, antes ignoradas, para a avaliação da maturação esquelética dos indivíduos, como por exemplo, a observação do crescimento e desenvolvimento das vértebras cervicais (Lamparsky, 1972; Hassel e Farman, 1995; García-Fernandes *et al.*, 1998). A vantagem da utilização dessas estruturas encontra-se no fato de que estas radiografias já fazem parte da documentação regular dos pacientes ortodônticos.

Anatomicamente, as sete primeiras vértebras da coluna cervical (C1 a C7) são chamadas de cervicais. Estas diferem das demais por apresentarem um forame transverso, um processo espinhoso bifurcado e um corpo vertebral menor (Wolf-Heidegger, 1974). Iniciam bem abaixo do crânio e terminam no topo da coluna torácica. A coluna cervical tem o formato de um “C” invertido (curva lordótica) e é muito mais móvel do que as regiões torácica e lombar. As duas primeiras vértebras cervicais possuem um formato atípico. O Atlas, a primeira delas, é chamado assim devido ao mítico Deus grego que suportou o mundo nos seus ombros, porque esse é o corpo vertebral que suporta o peso da cabeça. É constituído basicamente pelos arcos anterior e posterior, apresentando deficiência do corpo e do processo espinhoso. O processo articular superior do atlas articula-se com os côndilos do osso occipital, dando-lhe sustentação. O Axis, ou segunda vértebra cervical, possui o corpo vertebral reduzido à uma estrutura ascendente denominada dente do axis ou processo odontóide, que se projeta através do buraco do Atlas. O processo odontóide articula-se anteriormente com o arco anterior do Atlas e, posteriormente, com o ligamento transverso, permitindo o movimento entre o crânio e as vértebras cervicais (Agur, 1993).

O crescimento das vértebras ocorre principalmente no sentido vertical, sendo esse desenvolvimento bastante rápido durante a infância, mas diminuindo sua velocidade na adolescência. Observa-se ainda um maior aumento no tamanho do corpo da segunda à quinta vértebra cervical, devido à tendência da coluna cervical de aumentar em tamanho, do tórax em direção à região lombar. Completada a ossificação endocondral, o crescimento nos corpos vertebrais ocorre por aposição óssea, a partir do periósteo e esse crescimento ocorre apenas ventral e lateralmente (Knutsson, 1961). Tais informações mostram que as vértebras cervicais, apesar de muitas vezes ignoradas durante a avaliação das radiografias cefalométricas laterais, podem ser visualizadas numa idade bem precoce, o que viabiliza sua utilização em estudos de crescimento (Bench, 1963).

A ossificação vertebral inicia-se ao final do período embrionário, ao redor da sétima ou oitava semana de vida intra-uterina. A calcificação de cada vértebra da coluna ocorre a partir de três centros primários, localizados no centro ou corpo vertebral e nos dois arcos laterais. Desta forma, já ao redor dos dois anos de idade a anatomia ou morfologia característica dessas estruturas encontra-se estabelecida. Portanto, torna-se importante o conhecimento da anatomia ou das mudanças morfológicas que acompanham o desenvolvimento das vértebras cervicais, pois, se não utilizadas na predição do crescimento, podem, pelo menos, serem úteis na detecção precoce de algumas anomalias desta região do esqueleto. Assim, o ortodontista não precisa ser especialista na observação de anomalias das vértebras cervicais, basta apenas que saiba reconhecer a sua anatomia normal, uma vez que muitas das anomalias da coluna cervical manifestam-se sem sintomatologia, até que o indivíduo tenha chegado à adolescência ou à idade adulta, de tal forma que o profissional de ortodontia possui a oportunidade de detectar algumas dessas alterações antes do seu agravamento (Vastardis e Evans, 1996).

A despeito de alguns trabalhos abordarem apenas os aspectos de desenvolvimento das vértebras cervicais, presentes nas radiografias cefalométricas laterais, registrando suas alterações morfológicas mais notáveis e

frequentes, outros estudos utilizaram estes registros para verificar a possibilidade que ofereciam na determinação do estágio de maturação dos pacientes ortodônticos, comparando-os com a usual avaliação das radiografias carpais e com o crescimento estatural que ocorre na fase da puberdade.

Um importante estudo neste sentido foi o realizado por Lamparski, em 1972, que observou as mudanças no tamanho e forma das vértebras cervicais e as comparou com as modificações ósseas das estruturas da mão e do punho, avaliadas pelo método de Greulich e Pyle (1959). Após suas observações, o autor descreveu seis estágios de maturação baseados nas alterações morfológicas das vértebras, mas precisamente da segunda à sexta vértebra, que poderiam ser utilizadas para a avaliação da idade esquelética de um indivíduo. Os resultados da sua pesquisa mostraram que a avaliação da idade esquelética por esse meio mostrou-se estatisticamente válida e confiável, apresentando o mesmo valor clínico que a avaliação da região da mão e do punho. Os indicadores de maturação das vértebras cervicais constituem-se do início do desenvolvimento de concavidades nas bordas inferiores dos corpos vertebrais e de aumentos sucessivos na altura vertical total destes corpos, que passam de um formato de cunha, com declive de posterior para anterior na sua superfície superior, para um formato retangular e, posteriormente, quadrado, para, ao final do desenvolvimento, apresentarem uma altura maior que sua largura. A vantagem inerente ao método seria a eliminação da necessidade de uma radiografia adicional, além daquelas que fazem parte da documentação ortodôntica regular.

O'Reilly e Yaniello (1988) apresentaram os resultados de um estudo longitudinal envolvendo os estágios de maturação óssea das vértebras cervicais e o crescimento das diferentes partes da mandíbula. Os autores encontraram uma correlação entre os picos de crescimento das estruturas mandibulares e os estágios de maturação vertebrais, de tal modo que estes poderiam ser utilizados com confiança para a avaliação da época de ocorrência das mudanças mandibulares na adolescência.

Hellsing (1991) analisou as dimensões das vértebras cervicais (altura e largura) e comparou-as com o crescimento em estatura durante a puberdade. Os resultados revelaram que tanto a altura quanto a largura das vértebras cervicais poderiam ser utilizadas como indicadores de crescimento esquelético sem a necessidade do exame de mão e punho, evitando tomadas radiográficas adicionais, além das radiografias cefalométricas laterais.

A partir de uma amostra de caráter longitudinal, Hassel e Farman (1995) correlacionaram os indicadores de maturação esquelética vertebral com os eventos de ossificação da mão e do punho propostos por Fishman (1982). Em uma modificação do método proposto por Lamparsky (1972), apenas a segunda, a terceira e a quarta vértebras cervicais foram avaliadas, por estas serem visualizadas quando se utiliza um colete protetor de tireóide durante a tomada radiográfica. Os estágios de maturação foram divididos de acordo com as alterações morfológicas das vértebras e o potencial de crescimento do indivíduo. Definiram seis estágios de maturação: iniciação, aceleração, transição, desaceleração, maturação e finalização. Os autores confirmaram que as mudanças morfológicas das vértebras cervicais relatadas por Lamparsky poderiam denotar os diferentes estágios de crescimento de um indivíduo, confirmando a afirmação de que a avaliação individual de uma radiografia cefalométrica lateral permitiria estimar o período de crescimento em que o paciente se encontra, sendo de grande ajuda, uma vez que se pode ter uma idéia do remanescente de crescimento e antecipá-lo com o tratamento.

García-Fernandez *et al.* (1998) realizaram uma avaliação semelhante à executada por Hassel e Farman (1995) em uma amostra composta por jovens mexicanos, de ambos os sexos, para verificar a confiabilidade da utilização das vértebras cervicais, quando comparadas com os índices de maturação de Fishman (1982) para a região de mão e punho. Os resultados encontrados pelos autores validaram a hipótese de que não havia diferenças estatisticamente significantes entre os dois métodos de avaliação da idade esquelética e

mostraram que as vértebras cervicais poderiam ser igualmente utilizadas para determinar o estágio de crescimento do indivíduo na prática ortodôntica.

Segundo Kucukkeles *et al.* (1999), a utilização das vértebras cervicais para a determinação do surto de crescimento puberal é segura e confiável. Salientam que se trata de um procedimento de rotina os ortodontistas obterem um cefalograma lateral dos pacientes para analisar a morfologia esquelética e a direção do crescimento. Portanto, a avaliação da idade esquelética por meio da radiografia cefalométrica lateral diminui a exposição do indivíduo à radiação.

Em pesquisa realizada por Santos *et al.* (2005), os autores avaliaram a eficiência da reprodutibilidade do método de determinação da maturação esquelética por meio da visualização da imagem radiográfica das vértebras cervicais. Para isto, foram selecionadas 100 radiografias cefalométricas laterais de pacientes ortodônticos com idades entre 6 e 16 anos e a avaliação da maturação esquelética foi realizada por três examinadores, utilizando-se o método proposto por Hassel e Farman (1995). Os altos coeficientes de concordância indicaram a possibilidade de reprodução do método, tanto pelo mesmo examinador, quanto por diferentes examinadores. Ainda, valores mais altos de concordância intra-examinador foram encontrados, demonstrando confiabilidade do método na interpretação dos casos.

Santos e Almeida (1999) realizaram um estudo comparativo de dois métodos de avaliação da idade esquelética utilizando radiografias cefalométricas laterais e radiografias carpais. Os pesquisadores tiveram como finalidade averiguar a confiabilidade da utilização das alterações morfológicas das vértebras cervicais como um método de determinação do estágio de maturação esquelética, comparando-o com os eventos de ossificação que ocorrem na região da mão e do punho. Concluiu-se que nas duas técnicas foi possível observar uma correlação positiva e estatisticamente significativa e ainda que as alterações morfológicas das vértebras cervicais constituem um método adicional útil na determinação da idade esquelética de um indivíduo, podendo, circunstancialmente, substituir outros métodos de avaliação.

Armond *et al.* (2001) estimaram o crescimento e desenvolvimento esquelético observando radiograficamente as alterações morfológicas da primeira, segunda e terceira vértebras cervicais, de acordo com o método proposto por Hassel e Farman (1995), em indivíduos que se encontravam no surto de crescimento puberal. A inspeção radiográfica das vértebras cervicais foi realizada por meio de radiografias cefalométricas laterais e o surto de crescimento puberal foi identificado através dos eventos de ossificação da mão e do punho. A amostra constava de 110 brasileiros, leucodermas, de ambos os gêneros, entre 8 e 15 anos de idade. Os resultados revelaram que houve correlação estatisticamente significativa entre os indicadores de maturação das vértebras cervicais e aqueles indivíduos que se encontravam no surto de crescimento puberal. Os autores reforçaram também que, apesar dos indicadores de maturação das vértebras cervicais serem um método útil e aplicável, não devem ser utilizados de forma absoluta como parâmetro na determinação da idade esquelética.

Franchi *et al.* (2000) relacionaram a maturação das vértebras cervicais com o crescimento mandibular e a altura corporal a fim de analisarem a validade dos seis estágios de maturação das vértebras cervicais. O método detectou, em 95% dos indivíduos, um grande aumento mandibular e crescimento crânio-facial durante os intervalos III e IV, quando o pico em altura também ocorreu. Os autores concluíram que a precisão do método das vértebras cervicais na detecção do surto de crescimento puberal da mandíbula fornece indicadores úteis a respeito do momento ideal para o tratamento das deficiências mandibulares.

San Román *et al.* (2002), buscando determinar a validade das vértebras cervicais para predição da maturação esquelética, desenvolveram um novo método baseado na avaliação das modificações observadas na concavidade da borda inferior, altura e formato dos corpos das vértebras C2, C3 e C4. Constataram que o referido método foi tão preciso quanto o de Hassel e Farman (1995), podendo ser utilizado em substituição à interpretação das radiografias de mão e punho. Os resultados sugeriram ainda que a concavidade do bordo inferior do corpo é o parâmetro morfológico vertebral que melhor estima a maturação.

Em estudo realizado por Baccetti *et al.* (2002), os autores desenvolveram um novo método de avaliação da maturação das vértebras cervicais para determinação da época do pico de crescimento mandibular através da análise da segunda, terceira e quarta vértebras cervicais em radiografias cefalométricas laterais. O novo método proposto apresentou cinco estágios de maturação e o pico de crescimento mandibular ocorreu entre os estágios II e III. Desta forma, concluíram que o método desenvolvido é confiável na avaliação da maturidade esquelética em radiografias cefalométricas laterais.

Em ortodontia, a determinação da maturação óssea é um fator de grande importância no planejamento dos tratamentos, principalmente dos ortopédicos, porque estabelece a melhor época do seu início, aproveitando o próprio crescimento do indivíduo para as correções dos problemas transversos, verticais e, principalmente, ântero-posteriores, procurando a normalização do sistema mastigatório e, conseqüentemente, a harmonia facial (Faltin *et al.*, 2003).

Grippaudo *et al.* (2006) correlacionaram dois métodos de estimativa de maturação óssea. Foram utilizados os métodos de Grave e Brown (1976), que analisa a sequência de eventos de ossificação da mão e punho, e o método de Baccetti *et al.* (2002), que avalia a maturação óssea utilizando as variações morfológicas observadas nas vértebras cervicais. Os autores encontraram uma alta correlação entre os dois métodos e concluíram que a radiografia cefalométrica lateral é suficiente para a identificação, pelo ortodontista, do estágio em que o indivíduo se encontra na curva de crescimento.

Flores-Mir *et al.* (2006) avaliaram a correlação entre os métodos de estimativa de maturidade esquelética propostos por Fishman (1982), para avaliação da mão e punho, e Baccetti *et al.* (2002), para avaliação da maturação das vértebras cervicais. Os resultados mostraram coeficientes de correlação relativamente altos entre os estágios de maturação de ambos os métodos. Concluíram que ambos os métodos podem ser utilizados indistintamente em pesquisas.

Lai *et al.* (2008) investigaram a correlação entre os estágios de maturação da vértebras cervicais e dos ossos da mão e punho, utilizando-se de uma amostra de crianças de Taiwan. Para tanto, foram utilizados 709 indivíduos de ambos os sexos, com idades variando entre 8 e 18 anos e que possuíam radiografias carpais e cefalométricas laterais. A maturação esquelética da mão e do punho foi avaliada pelo índice de maturação desenvolvido pelo Hospital da Universidade Nacional de Taiwan, enquanto que a maturação esquelética das vértebras cervicais foi avaliada pelo método descrito por Baccetti *et al.* (2002). Os resultados demonstraram forte e significativa correlação entre os métodos e os autores concluíram que a avaliação das alterações morfológicas das vértebras cervicais pode substituir os índices de maturação da mão e punho em indivíduos taiwaneses.

Em estudo realizado por Alkhal *et al.* (2008), os autores investigaram a relação entre idade cronológica, maturação esquelética das vértebras cervicais e maturação esquelética da mão e punho em uma amostra composta por 400 radiografias carpais e cefalométricas laterais de crianças chinesas com idades variando entre 10 e 17 anos. Concluíram que a maturação das vértebras cervicais apresenta alta correlação com a maturação da mão e punho na população chinesa. No entanto, baixas correções foram encontradas entre idade cronológica e maturação das vértebras cervicais, assim como entre idade cronológica e maturação da mão e punho.

As alterações de desenvolvimento sofridas pelos ossos são influenciadas por fatores genéticos, étnicos, climáticos, sociais, econômicos, nutricionais, ambientais, hormonais e sexuais e, por isso, sofrem variações, não coincidindo na maioria das vezes com a idade cronológica (Bowden, 1976; Huggare, 1992; Haiter-Neto e Tavano, 1997; Moraes *et al.*, 1998). Em consequência do grande número de fatores que podem alterar o desenvolvimento e crescimento do indivíduo, o uso de métodos baseados em diferentes populações pode resultar em diferentes padrões de referência (Kimura, 1977; Buckler, 1983; Haiter-Neto e Tavano, 1997).

A utilização prática de um método de estimativa da maturação óssea só ocorre quando há plena confiança do profissional nos resultados obtidos por esse método. Para que ocorra essa confiança, deve existir uma grande correlação entre as avaliações realizadas por diferentes examinadores, para uma determinada radiografia, além da capacidade do mesmo avaliador de reproduzir esses mesmos resultados, várias vezes, em intervalos de tempo.

É sabido que é possível determinar o potencial de crescimento do indivíduo utilizando radiografias cefalométricas laterais. No entanto, grande parte dos estudos sobre maturação esquelética das vértebras cervicais, em radiografias cefalométricas laterais, utilizou o método de análise subjetivo desenvolvido por Lamparski (1972), ou aquele modificado por Hassel e Farman (1995). O uso destes métodos é conveniente, pois mudanças nos corpos das vértebras cervicais podem ser avaliadas e acompanhadas de acordo com o crescimento do indivíduo. No entanto, estes não podem ser utilizados para analisar maturação óssea de forma objetiva, uma vez que, sendo métodos subjetivos, resultados podem divergir entre avaliadores. Assim, buscando diminuir esta subjetividade, Mito *et al.* (2002) mediram os corpos da terceira e quarta vértebras cervicais e estabeleceram uma fórmula para avaliação objetiva da idade óssea pelas vértebras cervicais em crianças japonesas.

No entanto, as informações utilizadas em nosso meio, quando se estima a idade óssea, são as que constam em outros métodos. Desta forma, são dados obtidos em outros meios e em indivíduos com hereditariedade diferente da nossa e, portanto, não devem ser usados sem cuidados adicionais. Marcondes *et al.* (1965), Freitas (1975) e Moraes (1990) concordam com o fato de que a idade óssea estimada com a utilização dos dados de Greulich e Pyle (1959) é sempre atrasada com relação à idade cronológica em nosso meio. Marcondes *et al.* (1966) publicaram um trabalho onde afirmaram a necessidade de correções matemáticas para a aplicação em nosso meio de tabelas de desenvolvimento ósseo feitas em outros países, uma vez que os padrões estrangeiros de

desenvolvimento utilizados para a estimativa da idade esquelética muitas vezes não se ajustam às crianças brasileiras.

Baseando-se nestas informações, Caldas *et al.* (2007) avaliaram a aplicabilidade do método desenvolvido por Mito *et al.* (2002) em crianças japonesas na população brasileira e concluíram que este mostrou-se aplicável somente em pacientes brasileiros do sexo feminino. A partir destes resultados, Caldas *et al.*, em 2007, estabeleceram novas fórmulas para meninos e meninas brasileiros, no intuito de determinar de forma objetiva a maturação esquelética vertebral. Os autores concluíram que as novas fórmulas desenvolvidas se mostraram confiáveis e podem ser aplicadas na população em estudo. No entanto, para a realização desta pesquisa, foram utilizadas somente crianças da região Sudeste do país, provenientes da cidade de Piracicaba-SP.

A população brasileira é formada principalmente por descendentes de povos indígenas, colonos portugueses, escravos africanos e diversos grupos de imigrantes que se estabeleceram no Brasil. A maior parte dos imigrantes era de italianos e portugueses, mas houve significativa presença de alemães, espanhóis, japoneses e sírio-libaneses. Devido ao largo fluxo de imigrantes europeus no Sul do Brasil, a maior parte da população é branca. No Nordeste, em decorrência do grande número de africanos, o número de pardos e negros forma a maioria. No Norte, largamente coberto pela Floresta Amazônica, a maior parte das pessoas é de cor parda, devido ao importante componente indígena. No Sudeste e no Centro-Oeste há um maior equilíbrio dos diferentes grupos étnicos (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2009).

Deste modo, considerando-se a grande diversidade étnica, nutricional, genética, sócio-econômica, climática e ambiental entre as diferentes regiões brasileiras (Marcondes *et al.*, 1965; Bowden, 1976; Moraes *et al.*, 1998), surgiu a dúvida se as fórmulas desenvolvidas por Caldas *et al.* (2007) também poderiam ser aplicadas nas demais regiões do país.

3. PROPOSIÇÃO

O objetivo neste trabalho foi avaliar a aplicabilidade do método de análise da idade óssea pelas vértebras cervicais proposto por Caldas *et al.* (2007) nas regiões Norte, Nordeste , Centro-Oeste e Sul do país.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Para este estudo transversal foram utilizadas radiografias cefalométricas laterais e radiografias carpais de 381 meninas e 336 meninos, com faixa etária variando entre 7 e 15.9 anos e provenientes das regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sul do país.

A amostra foi selecionada de acordo com os seguintes critérios:

1. As radiografias cefalométricas laterais de cada paciente foram realizadas no mesmo dia das radiografias carpais.
2. As radiografias apresentavam qualidade, permitindo boa visualização das estruturas anatômicas, especialmente das vértebras cervicais C3 e C4.

As radiografias foram obtidas de arquivos digitais de seis clínicas de Radiologia Odontológica: CDI - Centro de Diagnose por Imagem Odontológica, localizada na cidade Belém-PA (região Norte); Dental Imagem, localizada na cidade de Fortaleza-CE (região Nordeste), Boris Berenstein e Radioface, localizadas na cidade de Recife-PE (região Nordeste); ROBRÁS Radiologia Odontológica, localizada na cidade Brasília-DF (região Centro-Oeste); e All Doc Radiologia e Documentação Radiológica, localizada na cidade de Curitiba-PR (região Sul). Assim, a amostra final constou de 84 indivíduos da região Norte, 446 indivíduos da região Nordeste, 97 indivíduos da região Centro-Oeste e 90 indivíduos da região Sul (Tabela 1). Foram selecionadas imagens de arquivo digital realizadas no período de janeiro de 2000 a abril de 2008.

Tabela 1 – Distribuição da amostra nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sul do país

Região	Sexo Masculino	Sexo Feminino
Norte	43	41
Nordeste	203	243
Centro-Oeste	56	41
Sul	34	56

Nas radiografias cefalométricas laterais, os corpos das vértebras C3 e C4 foram medidos com o auxílio de uma análise computadorizada das vértebras cervicais inserida no programa de cefalometria digital Radiocef Studio 2 e especialmente desenvolvida para este fim pela empresa Radio Memory® (Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil). Dez pontos anatômicos foram marcados em cada vértebra (Figura 1):

1. C3ai: Ponto mais anterior e inferior do corpo da terceira vértebra cervical.
2. C3pi: Ponto mais posterior e inferior do corpo da terceira vértebra cervical.
3. C3as: Ponto mais anterior e superior do corpo da terceira vértebra cervical.
4. C3ai': Ponto marcado na intersecção da linha base (C3ai-C3pi) com uma perpendicular passando pelo ponto C3as.
5. C3ps: Ponto mais posterior e superior do corpo da terceira vértebra cervical.
6. C3pi': Ponto marcado na intersecção da linha base (C3ai-C3pi) com uma perpendicular passando pelo ponto C3ps.
7. C3mi: Ponto médio da linha base (C3ai-C3pi).
8. C3ms: Ponto marcado na cortical superior da terceira vértebra. Intersecção da linha base (C3ai-C3pi) com uma perpendicular passando pelo ponto C3mi.
9. C3am: Ponto médio entre os pontos C3as-C3ai.
10. C3pm: Ponto marcado na cortical posterior da terceira vértebra. Intersecção da linha C3as-C3ai com uma perpendicular passando pelo ponto C3am.

Posteriormente, os mesmos dez pontos anatômicos foram marcados na vértebra C4.

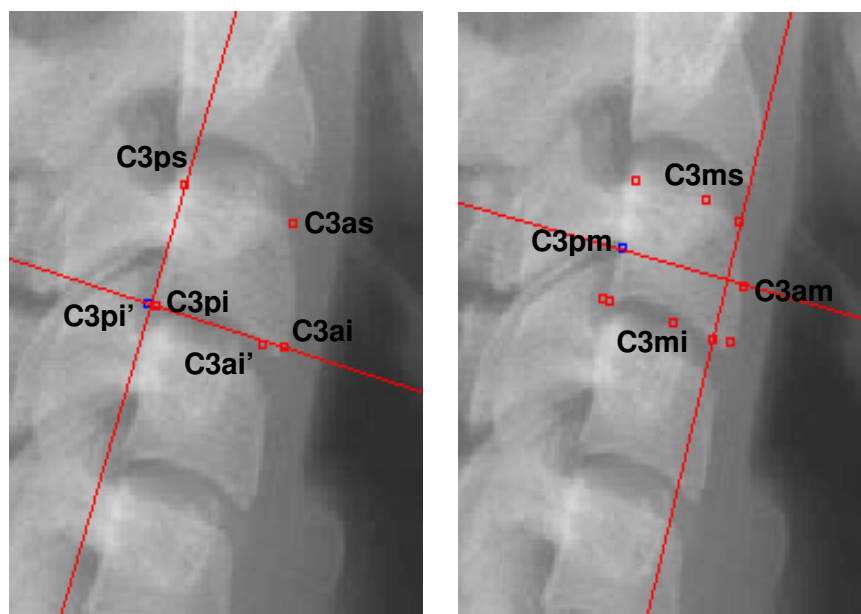


Figura 1 – Marcação dos pontos anatômicos na vértebra C3

Para facilitar a marcação dos pontos, o nome e a definição de cada ponto que estava sendo marcado, no momento, era indicado no painel. Ferramentas cefalométricas apareciam automaticamente sempre que um ponto necessitava de uma referência geométrica para ser marcado, como bissetrizes e perpendiculares. Recursos de melhoramento da imagem, como controle de brilho, contraste, negativo, pseudo-coloração e auto-relevo podiam ser usados para facilitar a localização dos pontos anatômicos. Após a marcação de todos os pontos, as medidas AH, PH, H e AP foram automaticamente obtidas (Figuras 2, 3, 4 e 5) :

- Altura anterior (AH): Distância entre os pontos C3as e C3ai'.
- Altura posterior (PH): Distância entre os pontos C3ps e C3pi'.
- Altura média (H): Distância entre os pontos C3mi e C3ms.
- Largura ântero-posterior (AP): Distância entre os pontos C3am e C3pm.

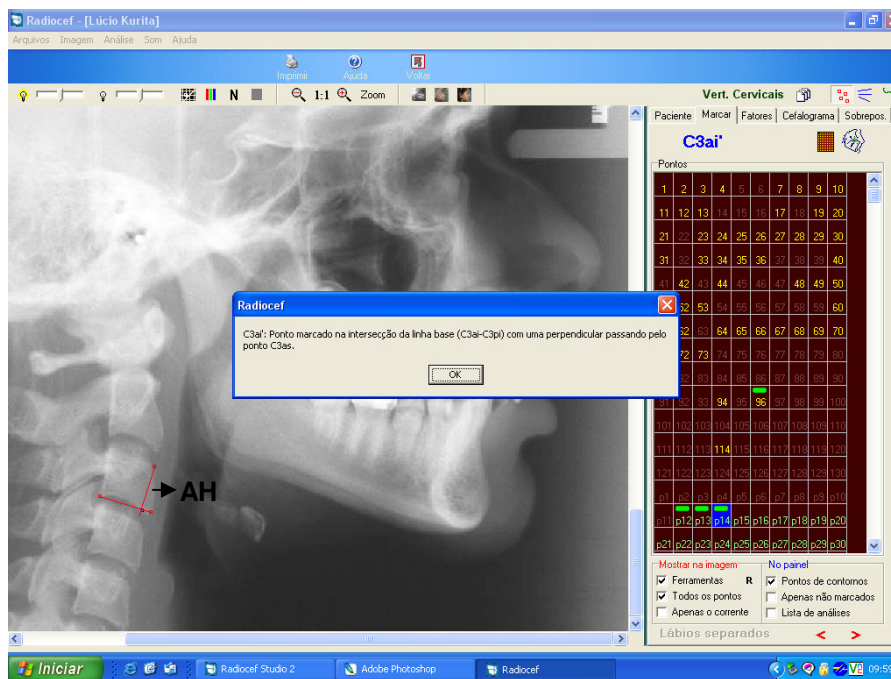


Figura 2 – Análise computadorizada das vértebras cervicais mostrando medida AH (altura anterior) da vértebra C3

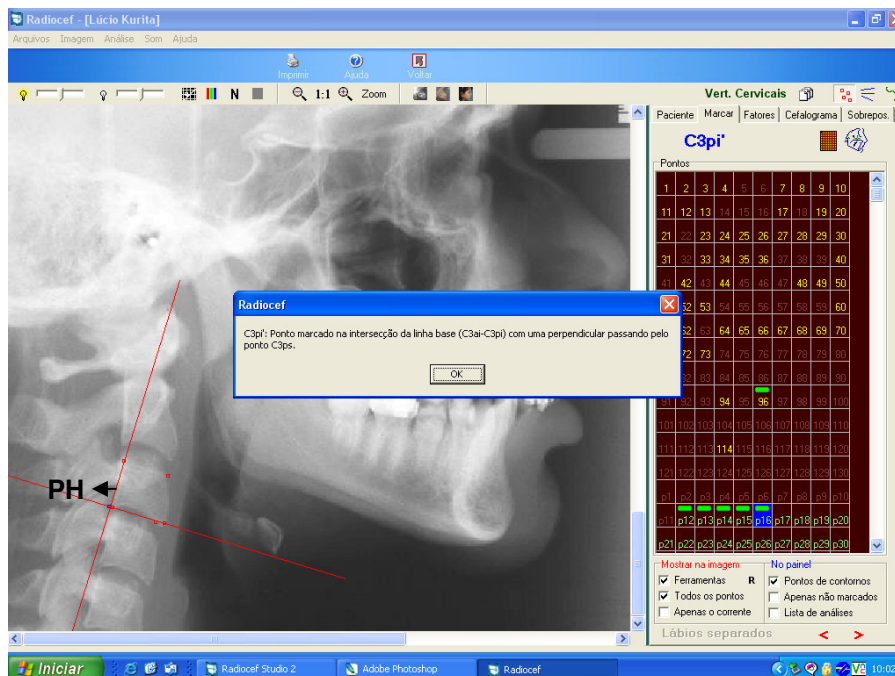


Figura 3 – Análise computadorizada das vértebras cervicais mostrando medida PH (altura posterior) da vértebra C3

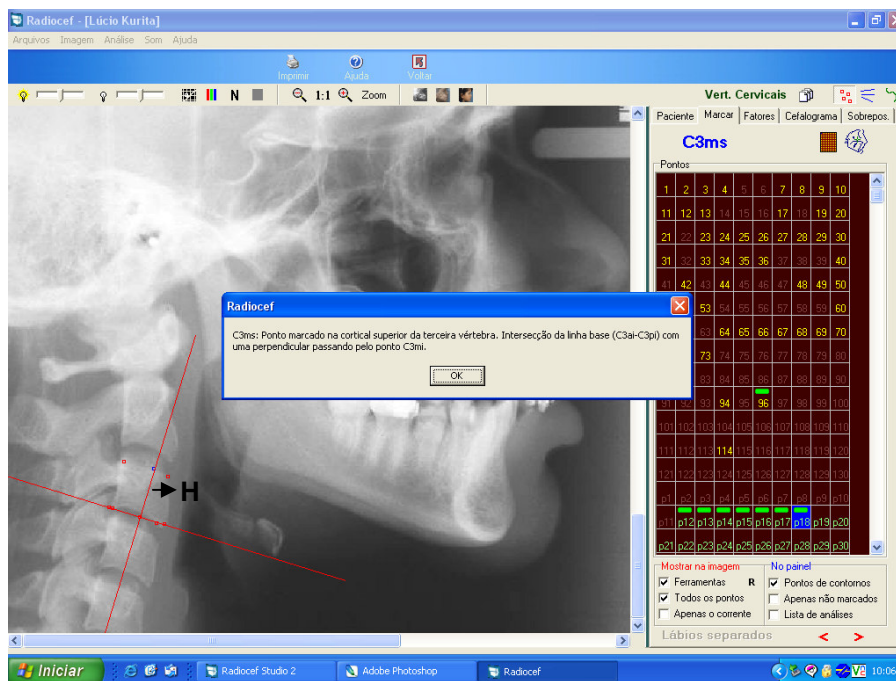


Figura 4 – Análise computadorizada das vértebras cervicais mostrando medida H (altura média) da vértebra C3

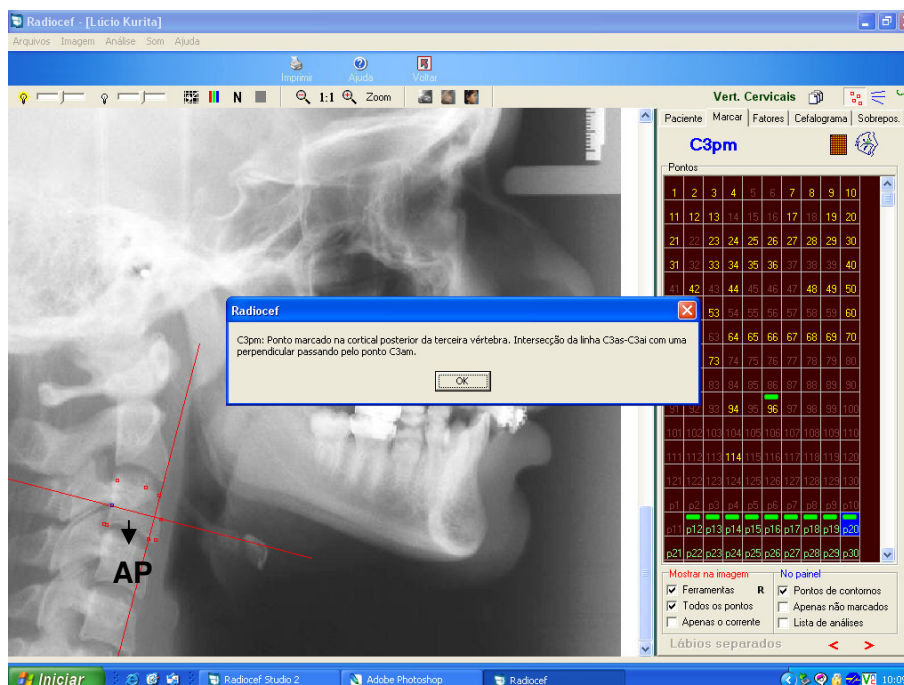


Figura 5 – Análise computadorizada das vértebras cervicais mostrando medida AP (largura ântero-posterior) da vértebra C3

As idades ósseas das vértebras cervicais dos indivíduos foram automaticamente determinadas, utilizando as equações de regressão desenvolvidas por Caldas *et al.* (2007):

- Idade óssea vertebral para o sexo feminino: $1,3523 + 6,7691 \times AH3/AP3 + 8,6408 \times AH4/AP4$
- Idade óssea vertebral para o sexo masculino: $1,4892 + 11,3736 \times AH3/AP3 + 4,8726 \times H4/AP4$

Nas radiografias carpais, os eventos de ossificação da mão e do punho foram avaliados e as idades ósseas determinadas utilizando-se o método de Tanner e Whitehouse (TW3) (2001). O método baseia-se na designação de escores a centros de ossificação da mão e do punho, assim como epífises distais do rádio e da ulna. Os escores são atribuídos conforme estágios descritos, designados com as letras A até H ou I. Para cada estágio existem até três critérios, que descrevem o grau de desenvolvimento do centro de ossificação. Se no texto houver um critério, esse deverá ser cumprido por completo para que seja designado. Se forem descritos dois critérios, necessariamente um dos dois deve ser atingido e, havendo três critérios descritos, pelo menos dois devem ser alcançados para que seja denominado. Há ainda um diagrama e duas radiografias, que auxiliam na determinação do estágio de desenvolvimento do centro de ossificação. Cada estágio ósseo corresponde a um escore, o qual é diferente para o sexo masculino e para o sexo feminino. Por fim, todos os escores são somados para se obter o índice de maturidade esquelética do indivíduo, o qual é transformado em idade óssea por meio de tabelas específicas (Figura 6).

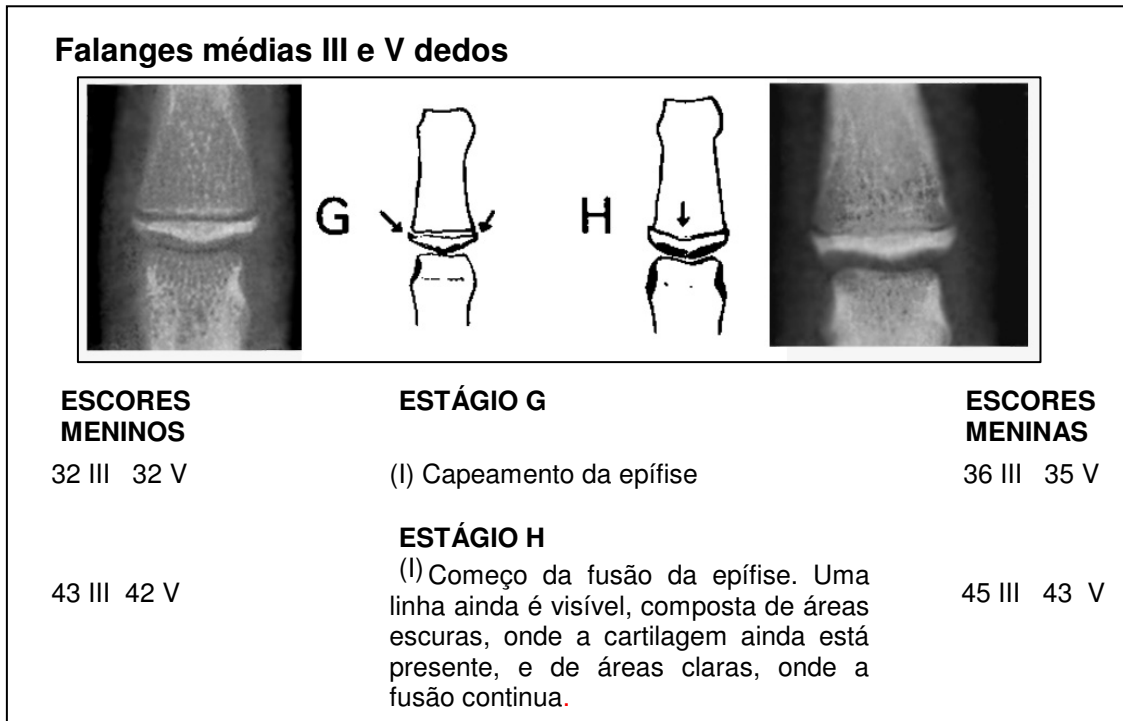


Figura 6 - Indicadores de maturação carpal pelo método de Tanner e Whitehouse 3 (2001)

Todas as radiografias foram avaliadas por um único pesquisador, sendo que em 10 radiografias cefalométricas laterais e 10 radiografias carpais a medição das vértebras e a avaliação dos ossos da mão e punho foram realizadas em dois momentos diferentes com intervalo de 10 dias e calculado o erro de Dahlberg (1940) para avaliação do erro de medição.

Após a coleta de todos os dados, estes foram encaminhados à análise estatística de variância (ANOVA) e teste de Tukey para comparar idade óssea vertebral, idade óssea da mão e punho e idade cronológica. Em todas as análises, o nível de significância adotado foi de 5%.

5. RESULTADOS

A análise do erro de medição através da fórmula de Dahlberg em radiografias cefalométricas laterais e radiografias carpais apresentou valores 0.02 e 0.04 anos para o sexo masculino e 0.05 e 0.03 anos para o sexo feminino, respectivamente, indicando suficiente acurácia das medidas realizadas.

5.1. Região Norte

Os resultados da Tabela 2 mostram que, para o sexo feminino, foi possível observar diferença estatística significativa entre idade óssea vertebral e idade óssea carpal. Porém, não foi observada diferença significativa entre idade cronológica e idade óssea vertebral, assim como entre idade cronológica e idade óssea carpal. Para o sexo masculino, houve diferença estatística significativa entre idade óssea vertebral e idade óssea carpal e entre idade cronológica e idade óssea carpal. Não foi encontrada diferença entre idade cronológica e idade óssea vertebral (Tabela 3).

5.2. Região Nordeste

Os resultados da Tabela 4 mostram que, para o sexo feminino, houve diferença estatística significativa entre idade óssea vertebral e idade óssea carpal e entre idade cronológica e idade óssea carpal. Não houve diferença entre idade cronológica e idade óssea vertebral. Para o sexo masculino, foi observada diferença significativa entre idade óssea vertebral e idade óssea carpal. Em contrapartida, não foi possível observar diferença estatística significativa entre idade cronológica e idade óssea vertebral, assim como entre idade cronológica e idade óssea carpal (Tabela 5).

5.3. Região Centro-Oeste

Os resultados da Tabela 6 mostram que, para o sexo feminino, não foi observada diferença estatística significativa entre idade óssea vertebral, idade óssea carpal e idade cronológica. Da mesma forma, para o sexo masculino, não

foi encontrada diferença entre idade cronológica e idade óssea vertebral, assim como entre idade cronológica e idade óssea carpal. No entanto, houve diferença estatística entre idade óssea vertebral e idade carpal (Tabela 7).

5.4. Região Sul

Os resultados das Tabelas 8 e 9 mostram que não foi possível observar diferença estatística significativa entre idade óssea vertebral, idade óssea carpal e idade cronológica, tanto para o sexo feminino quanto para o sexo masculino.

Tabela 2 – Região Norte: média e desvio padrão da idade óssea da vértebra cervical (IOVC), idade óssea carpal (IOC) e idade cronológica (IC) para o sexo feminino

Grupo	Média	Desvio padrão
IOVC	11.9088 b	1.9162
IOC	12.3078 a	2.3322
IC	12.1934 ab	2.1838

p=0.0199

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$)

Tabela 3 – Região Norte: média e desvio padrão da idade óssea da vértebra cervical (IOVC), idade óssea carpal (IOC) e idade cronológica (IC) para o sexo masculino

Grupo	Média	Desvio padrão
IOVC	13.2272 b	1.9133
IOC	13.8446 a	1.9618
IC	13.3995 b	1.8370

p<0.001

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$)

Tabela 4 – Região Nordeste: média e desvio padrão da idade óssea da vértebra cervical (IOVC), idade óssea carpal (IOC) e idade cronológica (IC) para o sexo feminino

Grupo	Média	Desvio padrão
IOVC	12.4083 b	2.0596
IOC	12.6495 a	2.4617
IC	12.3849 b	2.3326

$p < 0.001$

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$)

Tabela 5 – Região Nordeste: média e desvio padrão da idade óssea da vértebra cervical (IOVC), idade óssea carpal (IOC) e idade cronológica (IC) para o sexo masculino

Grupo	Média	Desvio padrão
IOVC	12.7582 b	2.2395
IOC	13.0756 a	2.5405
IC	12.7987 ab	2.3484

$p < 0.001$

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$)

Tabela 6 – Região Centro-Oeste: média e desvio padrão da idade óssea da vértebra cervical (IOVC), idade óssea carpal (IOC) e idade cronológica (IC) para o sexo feminino

Grupo	Média	Desvio padrão
IOVC	11.9239 a	2.0430
IOC	12.2836 a	2.5567
IC	12.0366 a	2.2363

$p = 0.1462$

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0.05$)

Tabela 7 – Região Centro-Oeste: média e desvio padrão da idade óssea da vértebra cervical (IOVC), idade óssea carpal (IOC) e idade cronológica (IC) para o sexo masculino

Grupo	Média	Desvio padrão
IOVC	12.4582 b	1.8105
IOC	12.9093 a	1.9336
IC	12.7030 ab	1.9911

p=0.0031

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0.05$)

Tabela 8 – Região Sul: média e desvio padrão da idade óssea da vértebra cervical (IOVC), idade óssea carpal (IOC) e idade cronológica (IC) para o sexo feminino

Grupo	Média	Desvio padrão
IOVC	11.3530 a	2.0549
IOC	11.5673 a	2.0646
IC	12.3252 a	2.1217

p=0.0817

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0.05$)

Tabela 9 – Região Sul: média e desvio padrão da idade óssea da vértebra cervical (IOVC), idade óssea carpal (IOC) e idade cronológica (IC) para o sexo masculino

Grupo	Média	Desvio padrão
IOVC	11.5912 a	1.3357
IOC	11.7382 a	1.5833
IC	11.5620 a	1.9293

p=0.4791

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p > 0.05$)

Os resultados apontados nas Figuras 7 a 22 mostram que, de uma maneira geral, houve uma relação positiva entre a idade cronológica e as medidas AH, PH, H e AP das vértebras C3 e C4 nas regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sul do país.

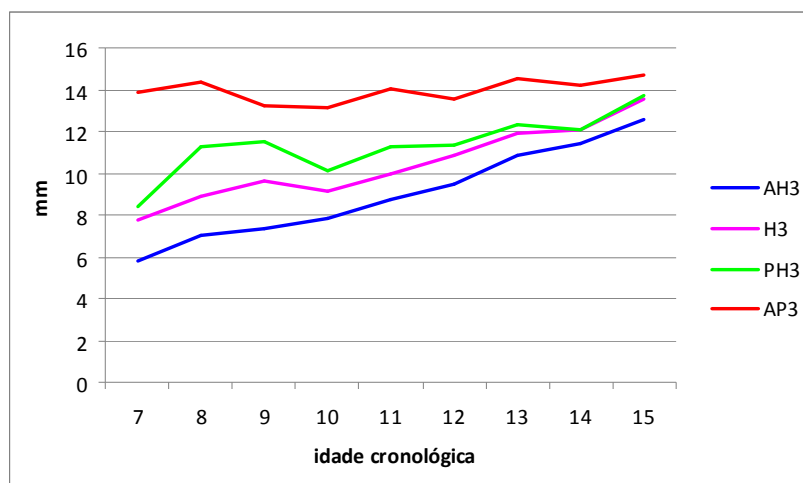


Figura 7 – Região Norte - Relação das medidas da terceira vértebra cervical X idade cronológica no sexo feminino

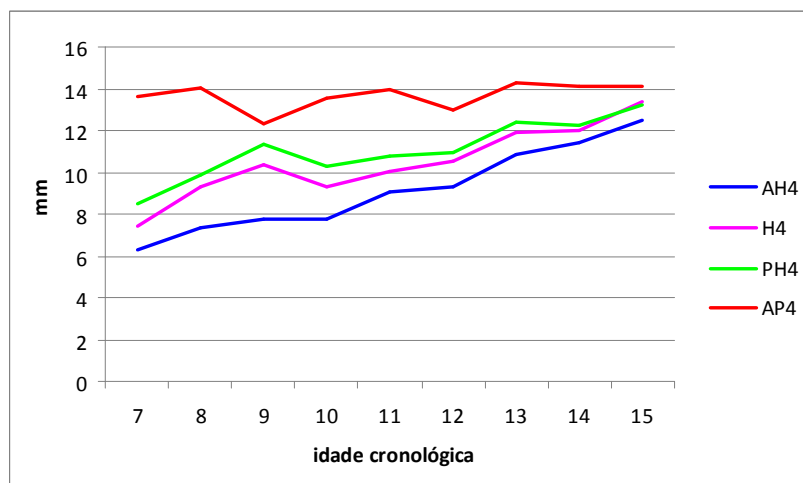


Figura 8 – Região Norte - Relação das medidas da quarta vértebra cervical X idade cronológica no sexo feminino

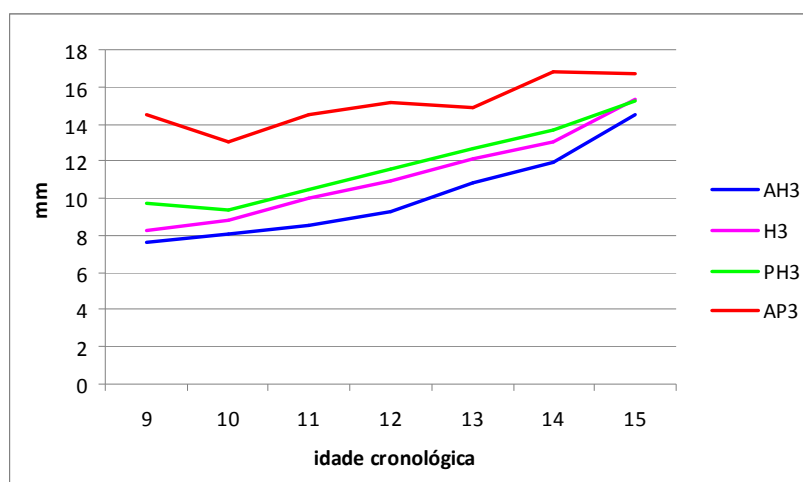


Figura 9 – Região Norte - Relação das medidas da terceira vértebra cervical X idade cronológica no sexo masculino

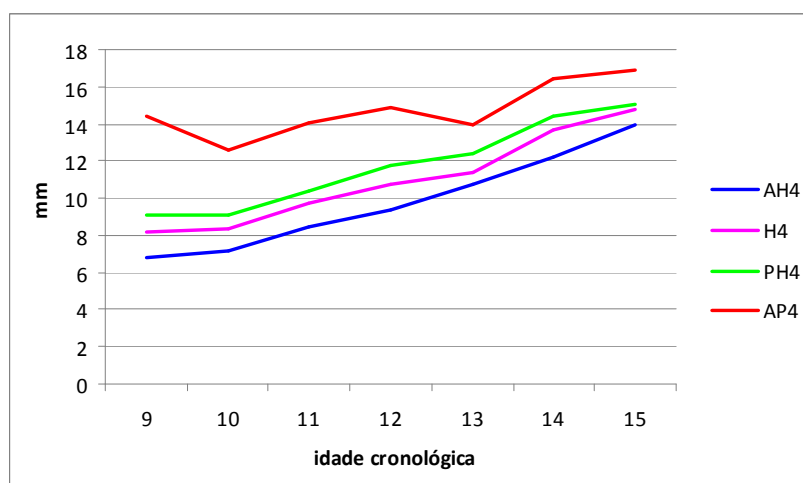


Figura 10 – Região Norte - Relação das medidas da quarta vértebra cervical X idade cronológica no sexo masculino

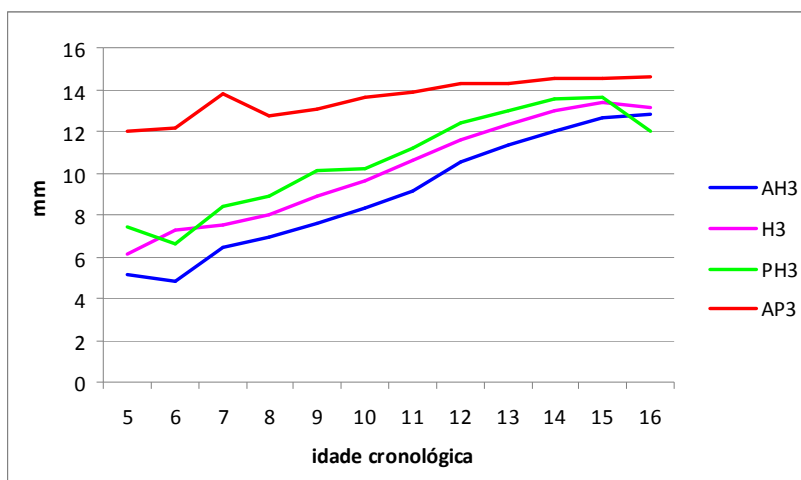


Figura 11 – Região Nordeste – Relação das medidas da terceira vértebra cervical X idade cronológica no sexo feminino

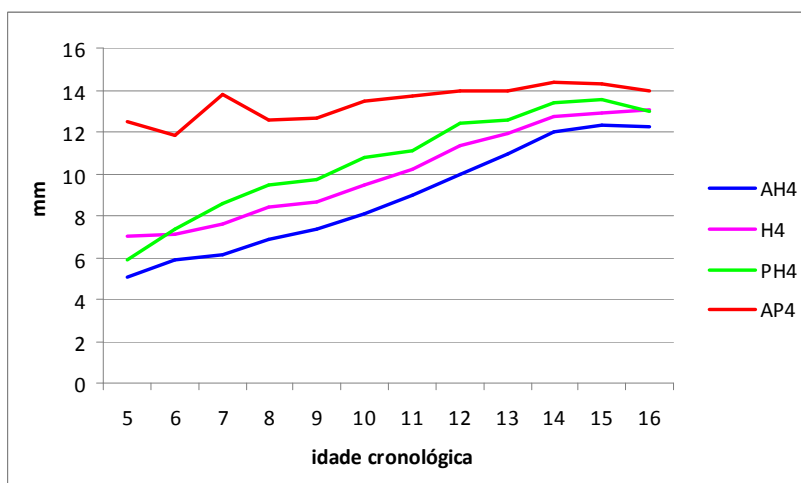


Figura 12 – Região Nordeste – Relação das medidas da quarta vértebra cervical X idade cronológica no sexo feminino

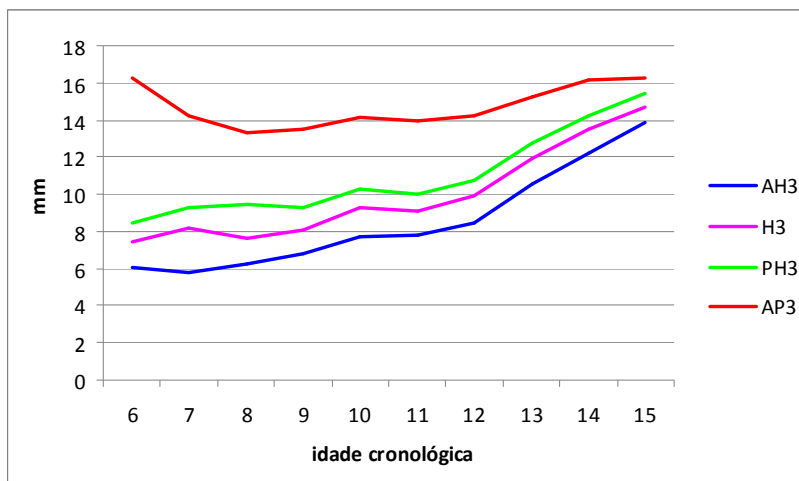


Figura 13 - Região Nordeste – Relação das medidas da terceira vértebra cervical X idade cronológica no sexo masculino

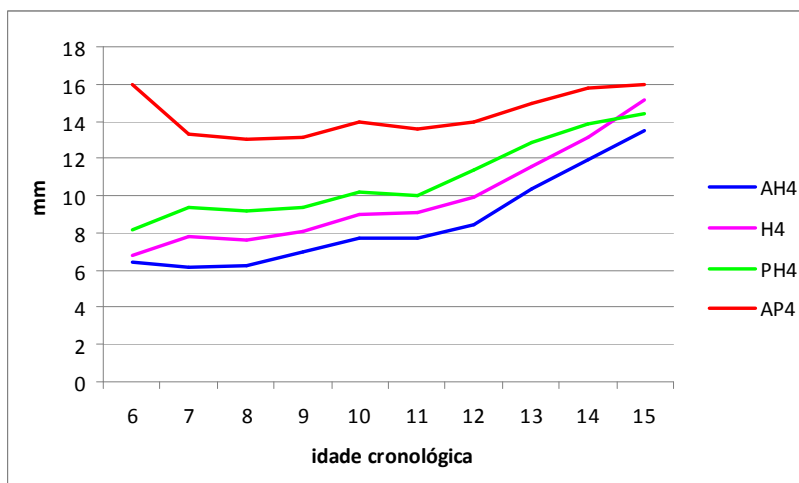


Figura 14 – Região Nordeste – Relação das medidas da quarta vértebra cervical X idade cronológica no sexo masculino

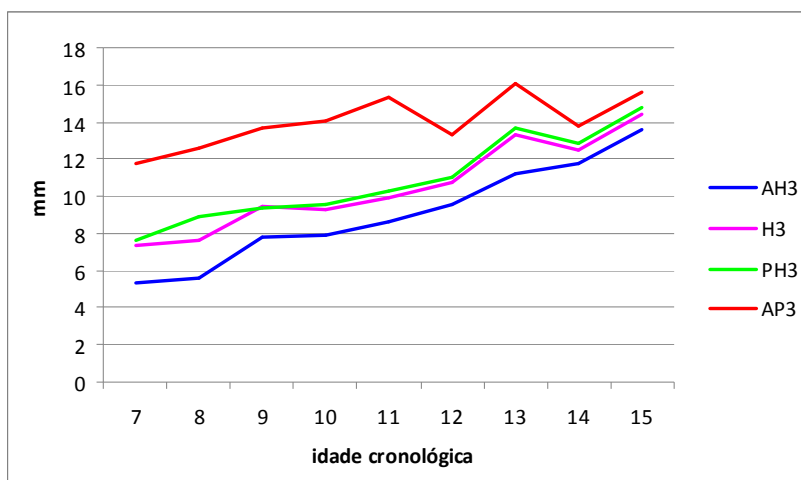


Figura 15 – Região Centro-Oeste – Relação das medidas da terceira vértebra cervical X idade cronológica no sexo feminino

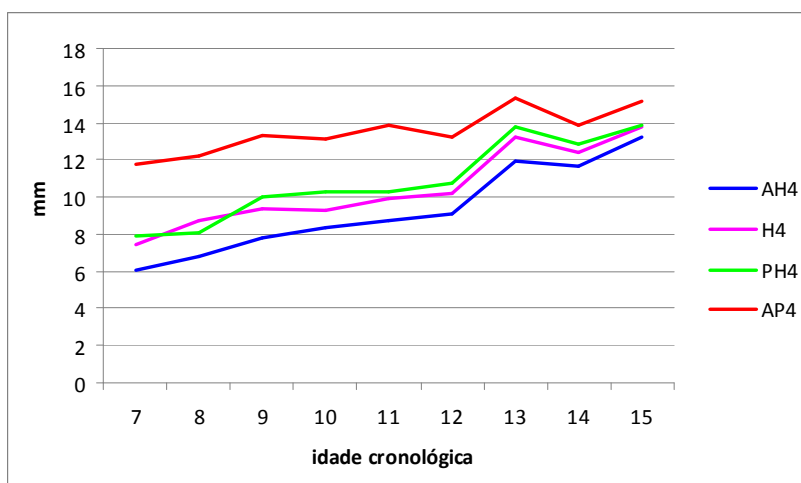


Figura 16 – Região Centro-Oeste – Relação das medidas da quarta vértebra cervical X idade cronológica no sexo feminino

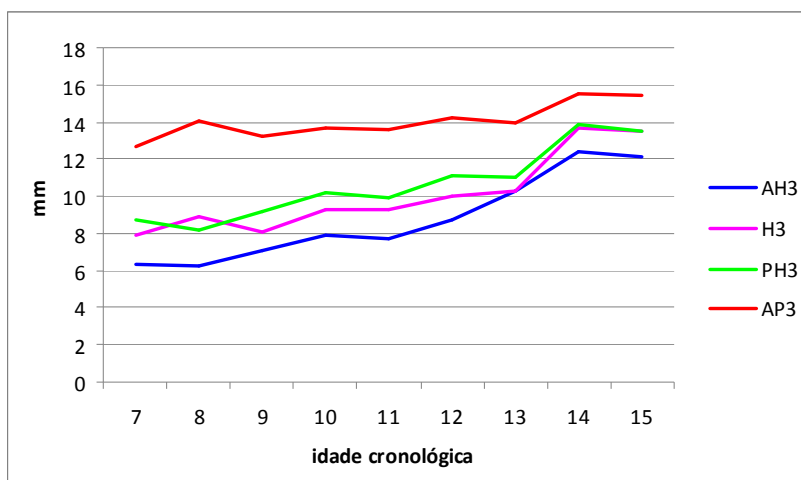


Figura 17 – Região Centro-Oeste – Relação das medidas da terceira vértebra cervical X idade cronológica no sexo masculino

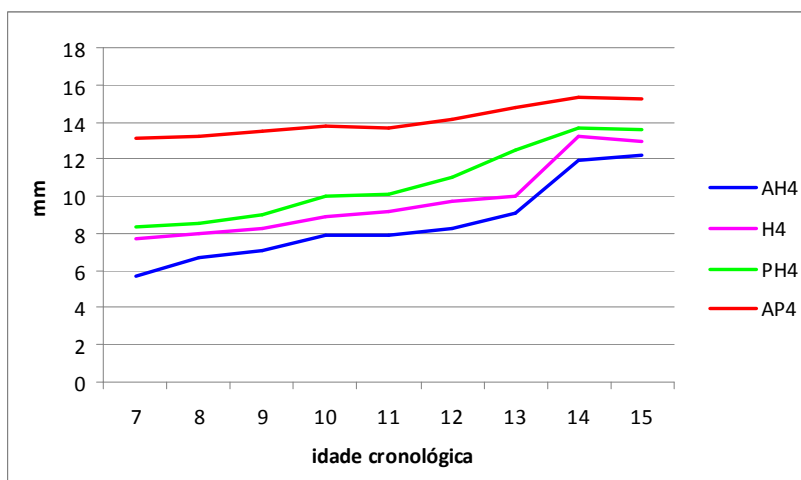


Figura 18 – Região Centro-Oeste – Relação das medidas da quarta vértebra cervical X idade cronológica no sexo masculino

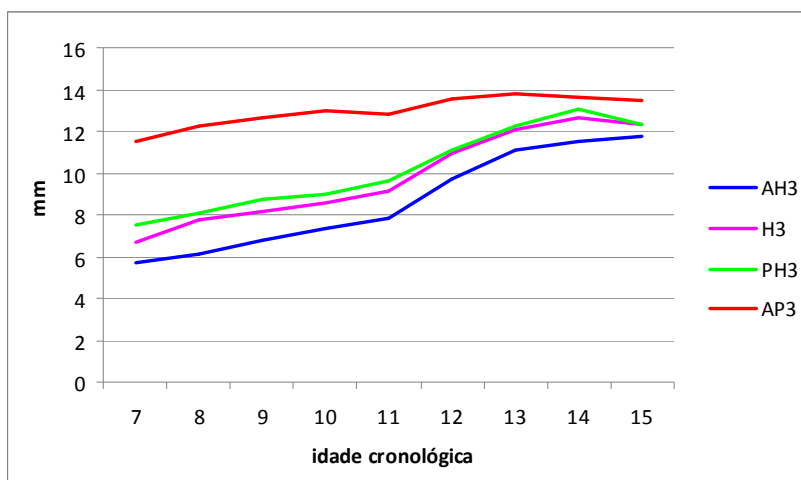


Figura 19 – Região Sul – Relação das medidas da terceira vértebra cervical X idade cronológica no sexo feminino

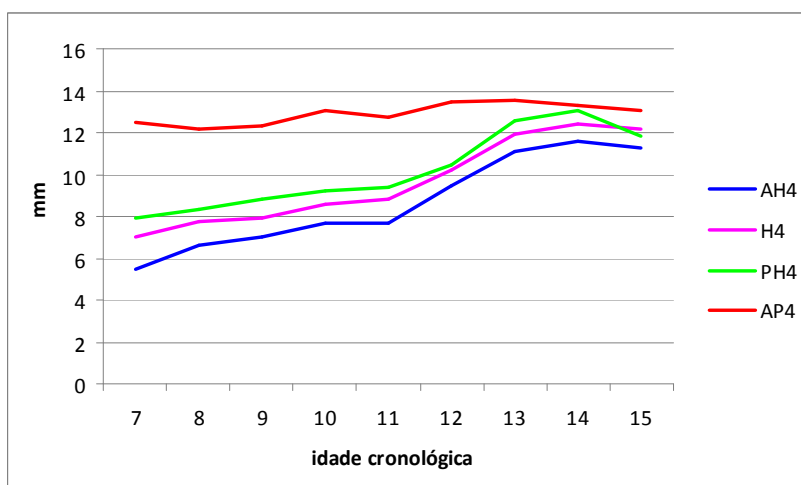


Figura 20 – Região Sul – Relação das medidas da quarta vértebra cervical X idade cronológica no sexo feminino

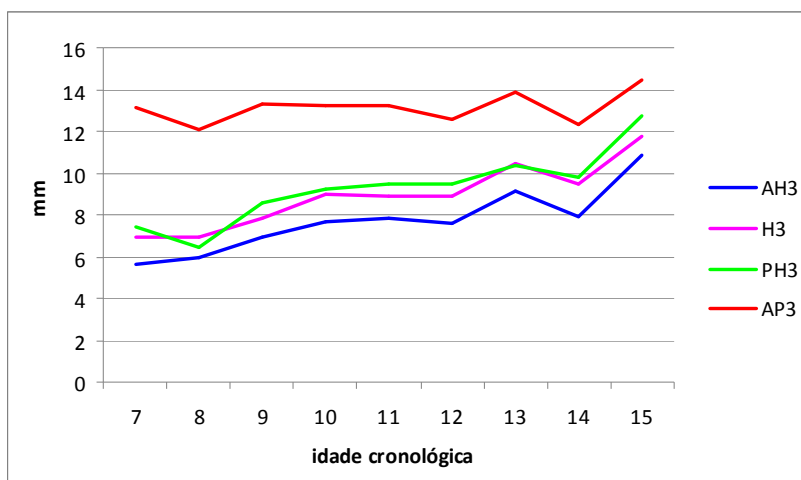


Figura 21 – Região Sul – Relação das medidas da terceira vértebra cervical X idade cronológica no sexo masculino

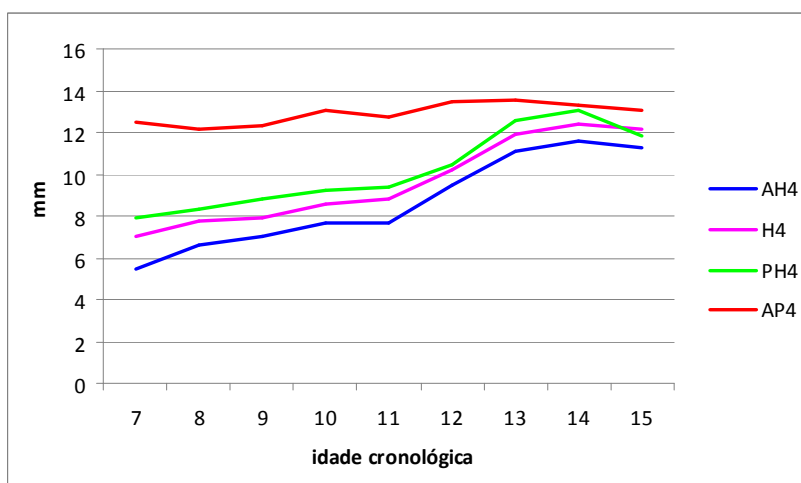


Figura 22 – Região Sul – Relação das medidas da quarta vértebra cervical X idade cronológica no sexo masculino

6. DISCUSSÃO

A necessidade de se estimar a época em que ocorrem as alterações no crescimento e desenvolvimento crânio-faciais tem sido descrita na literatura por diversos autores. Para eles, a fase do surto de crescimento puberal, quando ocorrem as grandes transformações corporais, em especial na cabeça e pescoço, é a melhor época para realizar um tratamento ortodôntico e/ou ortopédico funcional no adolescente que necessite de procedimentos onde o crescimento e desenvolvimento sejam fundamentais na obtenção de melhores resultados (Björk e Helm, 1967; García-Fernandes *et al.*, 1998; Hägg e Taranger, 1980).

Dentre os diferentes métodos utilizados para se determinar a idade óssea e as fases do crescimento puberal, a radiografia de mão e punho tem sido a mais utilizada de maneira geral, devido à facilidade da técnica e principalmente pela possibilidade de avaliação de uma grande quantidade de centros de ossificação em uma única radiografia (Eklöf e Ringertz, 1967; Fishman, 1979; Greulich e Pyle, 1959; Tavano *et al.*, 1982; Flores-Mir *et al.*, 2006). Este trabalho, em concordância com uma tendência dos últimos tempos, no sentido de melhorar a qualidade de vida do paciente reduzindo a exposição às radiações ionizantes, baseia-se na avaliação das vértebras C3 e C4. Estas estruturas podem ser visualizadas em radiografias cefalométricas laterais, que são indicação de rotina na prática ortodôntica.

Assim, a grande maioria dos estudos que pesquisam a idade biológica visando estabelecer o surto de crescimento puberal tem utilizado o método de maturação das vértebras cervicais proposto por Lamparsky (1972), modificado por Hassel e Farman (1995), buscando determinar sua relação com os eventos de maturação dos ossos da mão e do punho. Este método tem sido considerado um bom indicador biológico nos planejamentos ortodônticos, por ser direto e de observação simples. No entanto, por ser um método de análise subjetiva, resultados podem divergir entre diferentes avaliadores. Segundo Hassel e Farman (1995), em algumas situações, um estágio de maturação vertebral parece se misturar com o seu próximo nos casos considerados como limítrofes,

dificultando uma avaliação precisa. Desta forma, utilizamos neste trabalho o método de análise objetiva desenvolvido por Caldas *et al.* (2007), que mede os corpos da terceira e quarta vértebras cervicais, utilizando os seguintes parâmetros: altura anterior (AH), altura posterior (PH), altura média (H) e largura ântero-posterior (AP).

Freitas (1975), Marcondes (1965) e Tavano *et al.* (1982) afirmaram que a idade esquelética, quando observada em crianças brasileiras, pode apresentar diferenças sensíveis em relação a outros métodos estrangeiros. Diante desta afirmação, Caldas *et al.* (2007) resolveram testar a fórmula de Mito *et al.* (2002), visto que, segundo García-Fernandes *et al.* (1998), a utilização das vértebras cervicais para a avaliação da maturidade esquelética não mostra diferenças étnicas. Os autores concluíram que o método desenvolvido em crianças japonesas mostrou-se aplicável somente em indivíduos brasileiros do sexo feminino.

Vários trabalhos nacionais avaliaram a utilização das vértebras cervicais para a determinação da idade esquelética do indivíduo (Armond *et al.*, 2001; Schusterchitz *et al.*, 2002; Generoso, 2003; Moscatiello *et al.*, 2008). No entanto, grande parte das pesquisas sobre maturação óssea na população brasileira foi desenvolvida utilizando-se amostras de arquivos de Faculdades de Odontologia compostos por radiografias de crianças procedentes somente da cidade ou Estado em que a pesquisa foi realizada. Neste trabalho, utilizamos indivíduos provenientes das regiões Norte, Nordeste, Centro-Oeste e Sul do país, uma vez que a região Sudeste foi avaliada no trabalho desenvolvido por Caldas *et al.*, em 2007. A distribuição de indivíduos por região foi bastante desigual, devido à grande dificuldade de obtenção das imagens. Embora os arquivos digitais das clínicas de Radiologia Odontológica que se propuseram a nos ajudar tenham sido grandes, a quantidade de radiografias cefalométricas laterais e radiografias carpais realizadas em um mesmo dia eram bastante escassas.

Schusterchitz *et al.* (2002) compararam os estágios de maturação óssea por meio das vértebras cervicais, utilizando-se o método proposto por

Hassel e Farman (1995), com as alterações ocorridas na região do carpo, através do método de Grave e Brown (1976), utilizando-se uma amostra de crianças provenientes da cidade de Piracicaba-SP. Os autores concluíram que, de um modo geral, o surto de crescimento puberal ocorreu mais precocemente na população brasileira, quando comparado com os dados descritos na literatura mundial. Concordamos, portanto, com Beunen *et al.* (1990) e Lenthe *et al.* (1998), quanto à necessidade de correção dos métodos de estimativa da maturação óssea, para que sejam aplicadas em diferentes populações.

Soegiharto *et al.* (2008) compararam os estágios de maturação das vértebras cervicais e eventos de ossificação da mão e punho, de crianças indonésias e norte-americanas brancas e encontraram que, em média, a maturação esquelética das vértebras cervicais e ossos da mão e punho na população norte-americana branca, apresentou estágios de maturação 0,5 a 1 ano antes da população indonésia. Este resultado pode ser explicado, pois apesar de a Indonésia ter alcançado níveis altos de saúde pública nas últimas décadas, a desnutrição de crianças continua sendo um problema sério no país. Assim, concordamos com as afirmações de Marcondes *et al.* (1965), Bowden (1976) e Moraes *et al.* (1998) de que as alterações de desenvolvimento são influenciadas por diversos fatores, como etnia, predisposição genética, condições climáticas, sócio-econômicas e circunstâncias nutricionais, além de haver uma grande variação individual.

Para a metodologia aplicada nesta pesquisa, a omissão dos dados dos indivíduos foi fundamental para prevenir a determinação do estágio em que estes se encontravam na curva de crescimento, através do conhecimento da idade cronológica. A escolha de indivíduos com idades entre 7 e 15.9 anos foi feita com o intuito de abranger todos os estágios de maturação óssea da criança, num período onde há grande procura por tratamentos ortodônticos e com possibilidade de maior aproveitamento do crescimento crânio-facial.

Quando analisada a relação entre as idades ósseas, foi possível observar diferença estatística significativa entre idade óssea da vértebra cervical e

idade óssea carpal nos sexos masculino e feminino das regiões Norte e Nordeste, assim como no sexo masculino da região Centro-Oeste (Tabelas 2, 3, 4, 5 e 7). No entanto, as diferenças não foram maiores que 0,61, 0,31 e 0,45 anos nas regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste, respectivamente. Desta forma, acreditamos que, mesmo havendo diferença estatística significativa entre as idades ósseas, estas foram muito pequenas em ambos os sexos e insuficientes para determinar a escolha ou não de um método na análise da maturação óssea do indivíduo. Nossos resultados concordam com os de Soegiharto *et al.* (2008), que também encontraram diferenças pequenas, porém estatisticamente significativas, entre idade óssea vertebral e idade óssea da mão e punho. Concordamos com a afirmação destes autores de que cuidados devem ser tomados na interpretação dos resultados, uma vez que algumas limitações são inerentes aos estudos transversais na análise do crescimento puberal. Assim, o ideal seria realizar estudos longitudinais, porém, as dificuldades de obtenção de amostras maiores nesses tipos de estudo e o consequente aumento do número de exposições radiográficas tendem a impossibilitar o uso desta metodologia.

Vários trabalhos demonstram que é difícil e inexato avaliar, através da idade cronológica, o crescimento ou nível de maturação óssea do indivíduo (Bambha, 1961; Fishman, 1979). Isso porque a maturação esquelética nem sempre guarda estreita correlação com a idade cronológica. Nesta pesquisa, com exceção do sexo masculino na região Norte e do sexo feminino na região Nordeste, não foi encontrada diferença estatística significativa entre idade óssea e idade cronológica (Tabelas 2, 5, 6, 7, 8 e 9). Para as regiões Norte e Nordeste, as diferenças encontradas foram de 0,44 e 0,26 anos para o sexo masculino e feminino, respectivamente (Tabelas 3 e 4). Perry-Junior e Damico (1972) afirmaram que a idade esquelética encontra-se em desarmonia com a idade cronológica quando a diferença entre elas ultrapassar dose meses. Assim, apesar de ter sido encontrada diferença estatística significativa entre idade óssea e idade cronológica nessas duas regiões, esta ainda é considerada normal. Nossos resultados concordam com os trabalhos de Generoso (2003) e Moscatiello *et al.*

(2008), que mostraram uma relação direta entre o aumento da idade cronológica com o aumento do Índice de Maturação das Vértébras Cervicais.

Os resultados das Tabelas 6, 8 e 9 mostram que não foi observada diferença estatística significativa entre idade óssea da vértebra cervical, idade óssea carpal e idade cronológica para o sexo feminino na região Centro-Oeste, assim como para os sexos masculino e feminino na região Sul. Da mesma forma, Caldas *et al.*, em 2007, avaliaram a confiabilidade das fórmulas desenvolvidas na região Sudeste e também não encontraram diferenças estatísticas significantes entre idade óssea vertebral, idade óssea carpal e idade cronológica.

Os anos 90 marcaram a difusão generalizada da informática nos mais diversos ramos da atividade humana, determinando profunda mudança no comportamento das pessoas. Assim, todos os ramos da informática experimentaram importantes desenvolvimentos nos últimos anos, desde os componentes eletrônicos, que permitem integrar em um único chip um sistema altamente complexo, passando pelos computadores e alcançando as ferramentas de desenvolvimento de softwares. Dentre os avanços da tecnologia moderna na área odontológica, figuram os equipamentos utilizados em diagnóstico por imagens digitais.

Na área da ortodontia, a cefalometria radiográfica culminou com o desenvolvimento de análises cefalométricas computadorizadas, cujo propósito é estudar o processo de crescimento e desenvolvimento crânio-facial e as mudanças promovidas pela terapia ortodôntica. Os programas permitem a obtenção de análises cefalométricas através da marcação de pontos anatômicos sobre a imagem digital da radiografia na tela do computador.

No estudo da maturação esquelética pelas vértebras cervicais, todos os trabalhos que avaliaram as alterações morfológicas das vértebras utilizaram o método visual, ou ainda a confecção de traçados manuais do contorno anatômico das vértebras. Este trabalho teve como propósito possibilitar a avaliação das vértebras cervicais através de uma análise computadorizada inserida no programa de cefalometria digital Radiocef Studio 2 pela empresa Radio Memory® (Belo

Horizonte, Minas Gerais, Brasil). De acordo com Hing (1989), o método manual consome muito mais tempo do que a digitação dos dados para a análise cefalométrica computadorizada, cabendo ao operador, quase exclusivamente, marcar os pontos das vértebras e, depois, realizar a síntese das informações obtidas.

O advento da tomografia computadorizada de feixe cônico representa o desenvolvimento de um tomógrafo especialmente indicado para a região dentomaxilofacial. O desenvolvimento desta nova tecnologia provém à Odontologia a reprodução da imagem tridimensional, com mínima distorção e dose de radiação significativamente reduzida em comparação à tomografia computadorizada tradicional (Scarfe e Farman, 2008). Mais recentemente, Shi *et al.* (2007) apresentaram uma nova técnica de segmentação de imagens das vértebras cervicais reconstruídas em 3D por tomografia computadorizada de feixe cônico, baseada em análises algorítmicas computadorizadas. Os autores concluíram que as alterações observadas nas imagens segmentadas das vértebras coincidem com aquelas descritas por Hassel e Farman (1995) e podem ser utilizadas para uma análise mais precisa e detalhada das mesmas. Assim, acreditamos ser possível, num futuro próximo, o desenvolvimento de um programa que possibilite a aplicação das fórmulas por nós criadas em imagens tridimensionais das vértebras cervicais.

7. CONCLUSÃO

De acordo com os resultados obtidos, pôde-se observar que:

1. Em todas as regiões estudadas, a idade óssea da vértebra cervical não apresentou diferença estatística significativa em relação à idade cronológica.
2. Com exceção do sexo masculino na região Norte e do sexo feminino na região Nordeste, não foi encontrada diferença estatística significativa entre idade óssea e idade cronológica.

Assim, foi possível concluir que:

1. As fórmulas desenvolvidas por Caldas et al. (2007), para avaliação objetiva da idade óssea pelas vértebras cervicais, se mostraram confiáveis e podem ser utilizadas na população estudada.

8. ARTIGO CIENTÍFICO

Brazilian Oral Research (artigo submetido)

Computer-assisted analysis of cervical vertebral bone age using cephalometric radiographs in Brazilian subjects

Maria de Paula Caldas^a, DDS, MSc

Gláucia Maria Bovi Ambrosano^b, AGR ENG, PhD

Francisco Haiter Neto^c, DDS, PHD

^aResident, Division of Oral Diagnosis, Piracicaba Dental School/ University of Campinas, São Paulo, Brazil.

^bProfessor, Department of community Dentistry, Piracicaba Dental School/ University of Campinas, São Paulo, Brazil.

^cChairman, Division of Oral Diagnosis, Piracicaba Dental School/ University of Campinas, São Paulo, Brazil.

ABSTRACT

The aims of this study were to develop a computerized program for objectively evaluating skeletal maturation on cephalometric radiographs, and to apply the new method to Brazilian subjects. The samples were taken from patient digital files of Oral Radiological Clinics placed in the North, Northeast, Central West and South region of the country. A total of 717 subjects aged 7.0 to 15.9 years who had lateral cephalometric radiographs and hand-wrist radiographs were selected. A cervical vertebral computerized analysis was created in the software program of digital cephalometric analysis Radiocef Studio 2 and cervical vertebral bone age was calculated using the formulas developed by Caldas et al. Hand-wrist bone age was evaluated by the TW3 method. An analysis of variance (ANOVA) and Tukey test were used to compare cervical vertebral bone age, hand-wrist bone age and chronological age ($P < 0.05$). No significant difference was found between cervical vertebral bone age and chronological age in all regions studied. When analyzing bone age, it was possible to observe a statistically significant difference between cervical vertebral bone age and hand-wrist bone age for female and male subjects in the North and Northeast regions, as well as for male subjects in the Central West region. No significant difference was observed between bone age and chronological age in all regions except for the male subjects in the North and female subjects in the Northeast. Using cervical vertebral bone age, it might be possible to evaluate skeletal maturation in an objective manner using cephalometric radiographs.

Descriptors: Cervical vertebrae; Orthodontics; Software; Radiography.

INTRODUCTION

Timing is a fundamental part of treatment planning in orthodontics. Starting treatment in a growing patient at the right time has demonstrated significant favorable effects in the correction of disharmonies in the sagittal, transverse, and vertical planes.^{1,2}

The orthodontic movement, represented by the displacement of the tooth, can be performed independently of age, as long as the mechanotherapy respects the biology of the periodontium. However, the repositioning of the apical bases in the correction of the skeletal discrepancies with orthopedic appliances needs the support of the facial growth. Thus, the treatment with orthopedic objectives is best performed while the forces of the physiological growth are active.³ Prepubertal growth period is the best time to start orthopedic treatment of skeletal malocclusions, because it is a favorable phase for craniofacial alterations coordinating orthopedic-orthodontic procedures.⁴

Besides the chronological age, there are many biological parameters which can determine the stage the subject is in the growth curve, such as dental development, sexual maturation characteristics, body height, weight, and skeletal age.³⁻⁶

The skeletal age represents the most reliable means and the most utilized method at the moment.⁷ The standard method of evaluating skeletal maturity has been to use a hand-wrist x-ray to compare the bones of an individual's hand with those in published atlases.⁷⁻¹¹ However, to avoid taking an additional x-ray, the cervical vertebrae, as seen on routine lateral cephalograms, have been used to determine the skeletal maturity.¹²⁻¹⁴

It is well known that the lateral view of cervical vertebral bodies changes with growth. In recent years, evaluation of cervical vertebrae has been increasingly used to determine skeletal maturation. Many authors reported a high correlation between cervical vertebrae maturation and skeletal maturation of the hand-wrist.¹³⁻¹⁶ They found that cervical vertebrae could offer an alternative method of assessing maturity without the need of hand-wrist radiographs. However, cervical vertebrae

were used to evaluate growth in a subjective manner, because they used only a qualitative comparison between the patient images and the atlas ones.

Thus, Caldas et al. developed two new formulas for objectively evaluating skeletal maturation in female and male Brazilian subjects using cephalometric radiographs.¹⁷ However, the sample used to derive the formulas consisted of subjects from the state of São Paulo only, which is located in the Southeast region of the country.

Based on the formulas established, the purpose of this study was to develop a computerized program for objectively evaluating skeletal maturation on cephalometric radiographs and to apply the new method to Brazilian subjects from the North, Northeast, Central-West and South region of the country.

MATERIAL AND METHODS

This descriptive study was designed as a cross-sectional research project. The sample was taken from patient digital files of six Oral Radiological Clinics placed in the North, Northeast, Central West and South region of the country. A total of 717 subjects (381 girls and 336 boys) aged 7.0 to 15.9 years were selected (Table 1). Ethical approval was obtained from the Piracicaba Dental School Committee after the Ethical Principles in Research Program examination.

Table 1 - Patient distribution based on the regions

Region	Boys	Girls
North	43	41
Northeast	203	243
Central West	56	41
South	34	56

Patients were included if they fulfilled the following criteria: (1) Brazilian ethnic origin, (2) radiographs presenting high quality and showing good

visualization of anatomical structures, specifically the third and fourth cervical vertebral bodies, (3) all lateral cephalometric radiographs and hand-wrist radiographs taken at the same time.

A cervical vertebral computerized analysis was created in the software program of digital cephalometric analysis Radiocef Studio 2 (Belo Horizonte, Minas Gerais, Brazil). On the digital lateral cephalograms, anatomical landmarks were marked on the third and fourth cervical vertebrae (Figure 1):

- *C4ai*, *C4pi*: the most inferior points of the anterior and posterior borders of the body of C4.
- *C4as*, *C4ps*: the most superior points of the anterior and posterior borders of the body of C4.
- *C4ai'*: the intersection of the base line (*C4ai*-*C4pi*) with a perpendicular line passing through *C4as*.
- *C4pi'*: the intersection of the base line (*C4ai*-*C4pi*) with a perpendicular line passing through *C4ps*.
- *C4mi*: middle point of the base line (*C4ai*-*C4pi*).
- *C4ms*: the intersection of the base line (*C4ai*-*C4pi*) with a perpendicular line passing through *C4mi*. It is marked on the superior border of the body of C4.
- *C4am*: middle point of the *C4as*-*C4ai* line.
- *C4pm*: the intersection of the *C4as*-*C4ai* line with a perpendicular line passing through *C4am*. It is marked on the posterior border of the body of C4.

The name and definition of each landmark were indicated on screen. Image improvement resources such as brightness control, inversion, pseudo-coloring, and zoom could be used to make it easier to find each point. With the aid of these landmarks, the following measurements were automatically obtained:

- Anterior vertebral body height (AH): distance from *C4as* to *C4ai'*.
- Vertebral body height (H): distance from *C4mi* to *C4ms*.
- Posterior vertebral body height (PH): distance from *C4ps* to *C4pi'*.

- Anteroposterior vertebral body height (AP): distance from *C4am* to *C4pm*.

Cervical vertebral bone age was automatically calculated using the formulas developed by Caldas et al.¹⁹:

- Female cervical vertebral bone age = $1,3523 + 6,7691 \times AH3/AP3 + 8,6408 \times AH4/AP4$
- Male cervical vertebral bone age = $1,4892 + 11,3736 \times AH3/AP3 + 4,8726 \times H4/AP4$

Hand-wrist bone age was evaluated by the TW3 method, which assessed specific ossification centers of the hand and wrist (radius, ulna, and selected metacarpals and phalanges), leading to their classifications into one of several stages. Scores were derived from each bone stage and calculated to compute the skeletal age.

Intra-operator error was calculated according to Dahlberg's formula¹⁸ using 10 cephalometric radiographs selected randomly; these were measured with the software program, and the same radiographs were measured again 10 days later. The formula revealed values below 1.0, indicating sufficient accuracy of the measurements.

An analysis of variance (ANOVA) was used to compare cervical vertebral bone age, hand-wrist bone age and chronological age. Follow up Tuckey tests were used to identify specific differences. All analyses were performed with a significant level of 5%.

RESULTS

Statistical analysis showed no significant difference between cervical vertebral bone age and chronological age in all regions studied (Tables 2-9). When analyzing bone age, it was possible to observe a statistically significant difference between cervical vertebral bone age and hand-wrist bone age for female and male subjects in the North and Northeast region, as well as for male subjects in the Central West region. However, the differences encountered were no more than

0.61, 0.31 and 0.45 years in the North, Northeast and Central West regions, respectively (Tables 2, 3, 4, 5, 7).

No significant difference was observed between bone age and chronological age in all regions except for the male subjects in the North and female subjects in the Northeast, which were 0.44 and 0.26 years, respectively (Tables 3, 4).

Table 2 – North region: Mean and standard deviation of cervical vertebral bone age (CVBA), hand wrist bone age (HWBA) and chronological age (CA) for girl's sample

Group	Mean	SD
CVBA	11.9088 b	1.9162
HWBA	12.3078 a	2.3322
CA	12.1934 ab	2.1838

Means followed by different capital letters differ statistically among them, with significant p-value of 5%, by the Tukey-test.

Table 3 – North Region: Mean and standard deviation of cervical vertebral bone age (CVBA), hand wrist bone age (HWBA) and chronological age (CA) for boy's sample

Group	Mean	SD
CVBA	13.2272 b	1.9133
HWBA	13.8446 a	1.9618
CA	13.3995 b	1.8370

Table 4 – Northeast region: Mean and standard deviation of cervical vertebral bone age (CVBA), hand wrist bone age (HWBA) and chronological age (CA) for girl's sample

Group	Mean	SD
CVBA	12.4083 b	2.0596
HWBA	12.6495 a	2.4617
CA	12.3849 b	2.3326

Table 5 – Northeast region: Mean and standard deviation of cervical vertebral bone age (CVBA), hand wrist bone age (HWBA) and chronological age (CA) for boy's sample

Group	Mean	SD
CVBA	12.7582 b	2.2395
HWBA	13.0756 a	2.5405
CA	12.7987 ab	2.3484

Table 6 – Central West region: Mean and standard deviation of cervical vertebral bone age (CVBA), hand wrist bone age (HWBA) and chronological age (CA) for girl's sample

Group	Mean	SD
CVBA	11.9239 a	2.0430
HWBA	12.2836 a	2.5567
CA	12.0366 a	2.2363

Table 7 – Central West region: Mean and standard deviation of cervical vertebral bone age (CVBA), hand wrist bone age (HWBA) and chronological age (CA) for boy's sample

Group	Mean	SD
CVBA	12.4582 b	1.8105
HWBA	12.9093 a	1.9336
CA	12.7030 ab	1.9911

Table 8 – South region: Mean and standard deviation of cervical vertebral bone age (CVBA), hand wrist bone age (HWBA) and chronological age (CA) for girl's sample

Group	Mean	SD
CVBA	11.3530 a	2.0549
HWBA	11.5673 a	2.0646
CA	12.3252 a	2.1217

Table 9 – South region: Mean and standard deviation of cervical vertebral bone age (CVBA), hand wrist bone age (HWBA) and chronological age (CA) for boy's sample

Group	Mean	SD
CVBA	11.5912 a	1.3357
HWBA	11.7382 a	1.5833
CA	11.5620 a	1.9293

DISCUSSION

The hand-wrist radiograph has been used classically to determine the level of a child's maturation. To avoid taking additional x-rays, the cervical vertebrae investigation method has been more popular in recent years. Almost all authors found statistically significant correlations between hand-wrist and skeletal maturation of the cervical vertebrae.^{5,13,14,16} The present study found a statistically significant difference between cervical vertebral bone age and hand-wrist bone age for female and male subjects in the North and Northeast regions, as well as for male subjects in the Central West region. Even though the differences between cervical vertebral bone age and hand-wrist bone age were statistically significant, they were very low in both sex groups. Thus, the results question the necessity of taking hand-wrist radiographs when lateral cephalograms are routinely used for orthodontic documentation.

Similarly with this study, Soegiharto et al.¹⁹ compared the cervical vertebral maturation (CVM) index and the skeletal maturation index (SMI) in both Indonesians and white subjects and found a statistically significant difference between both the CVM index and the SMI. We agree that caution must be taken when interpreting the results because the study was based on cross-section data, which have limitations when analyzing growth. Ideally, studies of this type should be longitudinal, but the difficulties of obtaining large sample sizes and the associated increase in the number of radiographic exposures tend to exclude this methodology. Still, another factor to be considered in this study is that different

sample sizes were used in each region studied, although the overall sample size was satisfactory. Even though the patient files of the Oral Radiological Clinics were large, it was very difficult to find lateral cephalometric radiographs and hand-wrist radiographs taken on the same day.

It has long been recognized that an individual's chronologic age does not necessarily correlate well with his maturation age. Skeletally, one may be retarded or advanced in various degrees of deviation from actual chronological age.^{20,21} In this study, no significant difference was observed between bone age and chronological age in all regions except for the male subjects in the North and female subjects in the Northeast, which were 0.44 and 0.26 years, respectively. However, Hunter reported that the difference between bone age and chronological age is considered normal when it does not exceed one year.²²

For this research, the radiographs were selected from the patient files of six Oral Radiological Clinics, presenting good visualization of the cervical vertebrae. As to the methodology employed in this work, the hiding of the patient identification was a very relevant factor in preventing the determination of which stage the subject was placed in the growth curve. The randomized choice of radiographs pertaining to patients ranging from 7 to 15.9 years was intended to include all the maturation stages in the period people seek orthodontic treatment and with the possibility of utilization of the craniofacial growth.

Almost all previous evaluations with cervical vertebrae on cephalometric radiographs used the method reported by Lamparski¹³, and modified by Hassel e Farman¹⁵. This method takes into account morphological characteristics of the cervical vertebrae, as concavity of the lower border and height and shape of the vertebral bodies. However, cervical vertebrae were used to evaluate growth in a subjective manner. Özer et al.²³ reported that there are some situations where one maturational stage blends into the next, and it is difficult to classify in some borderline cases. For this reason, our study used the method of Caldas et al.¹⁷ instead of the classification of Lamparsky¹³, which is of great importance because it allows skeletal age to be calculated in an objective manner.

Many investigators have suggested that the size and shape of the cervical vertebrae change from birth to full maturity at each level of skeletal development.⁶ Baccetti et al.¹ showed that only the shape changes of C2, C3, and C4 were enough to show skeletal maturation. However, C2 is very difficult to measure and it shows little morphological change. In this study, we measured the third and fourth cervical vertebral bodies because the cervical vertebrae lower than C4 cannot be observed when a thyroid protective is worn during radiation exposure.

Brazil is the largest country in South America. It is divided into five geographic regions, each with its own distinct characteristics: the North, Northeast, Central West, Southeast, and South. Many studies have been performed on skeletal maturation and its capacity to predict the identification of the adolescence growth spurt. However, all of them were conducted in specific states of the country and, even though they were performed with Brazilian people, the obtained results present inherent limits of interpretation, as they do not represent the overall population of the country. In this study, we selected individuals from the North, Northeast, Central West, and South, since the Southeast region had been studied by Caldas et al.¹⁷

Cephalometric analysis is an important tool in orthodontic diagnosis, treatment planning, evaluation of treatment results, and prediction of growth. Rapid advances in computer science have led to its wide application in cephalometry, therefore in recent years digital cephalometric analysis has gained popularity in orthodontic practices. The use of modern cephalometric software requires import of digital cephalograms or digital capture of analogue data.²⁴ Based on the fact that no study has assessed cervical vertebral maturation using a software program of digital cephalometric analysis, in this research we developed a cervical vertebral computerized analysis for objectively evaluating skeletal maturation on cephalometric radiographs.

CONCLUSIONS

In determining the relationship among chronological age, cervical vertebrae and hand-wrist skeletal maturation, the results suggest that the method develop by Caldas et al.¹⁷ for objectively evaluating skeletal maturation on cephalometric radiographs can be used to determine bone age in Brazilian subjects.

The computerized analysis created to automatically calculate cervical vertebral bone age is reliable and can be used to increase objectivity. It is appropriate to use the software in daily orthodontic diagnostics when treating Brazilian patients.

REFERENCES

- 1 - Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *Angle Orthod.* 2002;72(4):316-23.
- 2 - Franchi L, Baccetti T, De Toffol L, Polimeni A, Cozza P. Phases of the dentition for the assessment of skeletal maturity: a diagnostic performance study. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;133(3):395-400.
- 3 - Santos EC, Bertoz FA, Arantes Fde M, Reis PM, de Bertoz AP. Skeletal maturation analysis by morphological evaluation of the cervical vertebrae. *J Clin Pediatr Dent.* 2006;30(3):265-70.
- 4 - Soegiharto BM, Cunningham SJ, Moles DR. Skeletal maturation in Indonesian and white children assessed with hand-wrist and cervical vertebrae methods. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2008;134(2):217-26.
- 5 - García-Fernandes P, Torre H, Flores L, Rea J. The cervical vertebrae as maturational indicators. *J Clin Orthod.* 1998;32(4):221-25.
- 6 - Kucukkeles N, Acar A, Biren S, Arun T. Comparisons between cervical vertebrae and hand-wrist maturation for the assessment of skeletal maturity. *J Clin Pediatr Dent.* 1999;24(1):47-52.

- 7 - Björk A, Helm S. Prediction of the age of maximum puberal growth in body height. *Angle Orthod.* 1967;37(2):134-43.
- 8 - Grave KC, Brown T. Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. *Am J Orthod.* 1976;69(6):611-19.
- 9 - Hägg U, Taranger J. Maturation indicators and the pubertal growth spurt. *Am J Orthod.* 1982;82(4): 299-309.
- 10 - Mitani H, Sato K. Comparison of mandibular growth with other variables during puberty. *Angle Orthod.* 1992;62(3):217-22.
- 11- Holderbaum RM, Veeck EB, Oliveira HW, Silva CL, Fernandes A. Comparison among dental, skeletal and chronological development in HIV-positive children: a radiographic study. *Braz Oral Res.* 2005; 10(3): 209-15.
- 12 - Flores-Mir C, Burgess CA, Champney M, Jensen RJ, Pitcher MR, Major PW. Correlation of skeletal maturation stages determined by cervical vertebrae and hand-wrist evaluations. *Angle Orthod.* 2006;76(1):1-5.
- 13 - Lamparski DG. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae [thesis]. Pittsburgh: University of Pittsburgh; 1972.
- 14 - O'Reilly M, Yanniello G. Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae - a longitudinal cephalometric study. *Angle Orthod.* 1988;58(2):179-84.
- 15 - Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995;107(1):58-66.
- 16 - Hellsing E. Cervical vertebral dimensions in 8-11, and 15-year-old children. *Acta Odontol Scand.* 1991;49(4):207-13.
- 17 - Caldas M de P, Ambrosano GM, Haiter Neto F. New formula to objectively evaluate skeletal maturation using lateral cephalometric radiographs. *Braz Oral Res.* 2007;21(4):330-35.
- 18 - Dahlberg G. Statistical methods for medical and biological students. London: George Allen and Unwin Ltd; 1940.

- 19 - Soegiharto BM, Moles DR, Cunningham SJ. Discriminatory ability of the skeletal maturation index and the cervical vertebrae maturation index in detecting peak pubertal growth in Indonesian and white subjects with receiver operating characteristics analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008;134(2):227-37.
- 20 - Bambha JK. Longitudinal cephalometric roentgenographic study of face and cranium in relation to body height. *J Am Dent Assoc*. 1961;63:776-99.
- 21 - Fishman LS. Chronological versus skeletal age, an evaluation of craniofacial growth. *Angle Orthod*. 1979;49(3):181-89.
- 22 - Hunter CJ. The correlation of facial growth with body height and skeletal maturation at adolescence. *Angle Orthod*. 1966;36(1):44-54.
- 23 - Özer T, Kama JD, Ozer SY. A practical method for determining pubertal growth spurt. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2006;130(2):131.
- 24 - Leonardi R, Giordano D, Maiorana F, Spampinato C. Automatic cephalometric analysis. *Angle Orthod*. 2008;78(1):145-51.

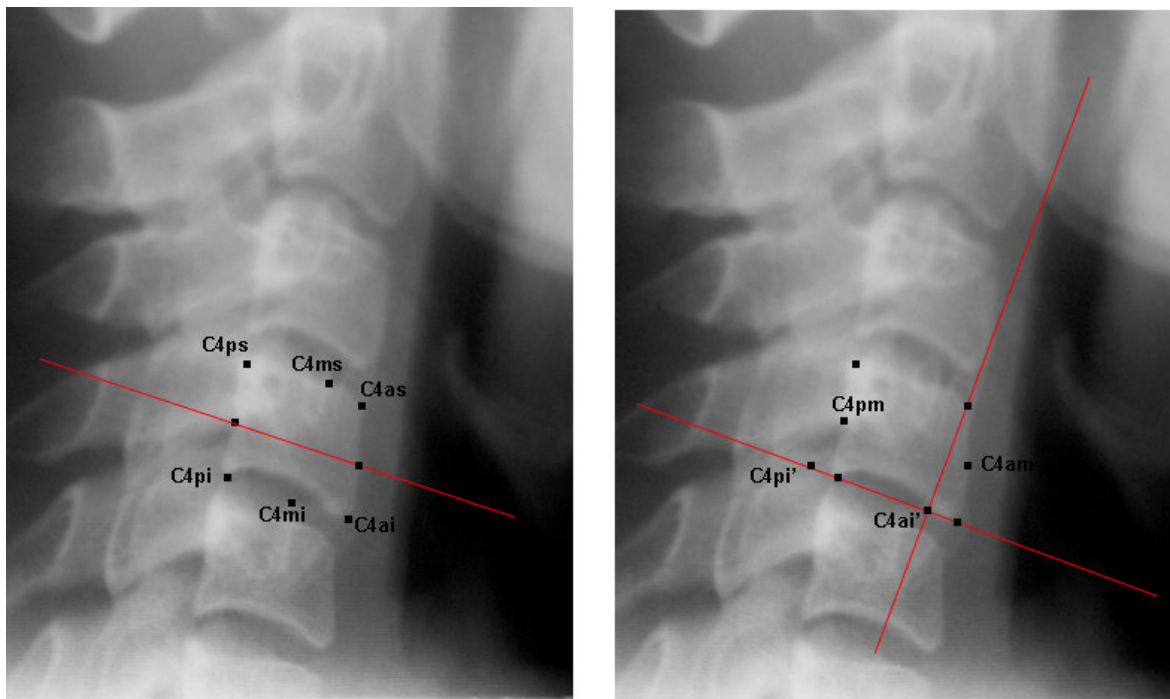


Figure 1 - Anatomical landmarks marked on the digital lateral cephalograms

REFERÊNCIAS*

Agur AMR. Grant, Atlas de Anatomia. 9. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1993.

Alkhal HA, Wong RW, Rabie AB. Correlation between chronological age, cervical vertebral maturation and Fishman's skeletal maturity indicators in southern Chinese. Angle Orthod. 2008; 78(4): 591-596.

Armond MC, Castilho JCM, Moraes LC. Estimativa do surto de crescimento puberal pela avaliação das vértebras cervicais em radiografias cefalométricas laterais. Ortodontia. 2001; 34(1): 51-60.

Baccetti T, Franchi L, McNamara JA Jr. An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. Angle Orthod. 2002; 72(4): 316-323.

Bambha JK. Longitudinal cephalometric roentgenographic study of face and cranium in relation to body height. J Am Dent Assoc. 1961; 63: 776-799.

Bench, RW. Growth of the cervical vertebrae as related to tongue, face and denture behavior. Am J Orthod. 1963; 49(3): 183-214.

Bergersen EO. The male adolescent facial growth spurt: its prediction and relation to skeletal maturation. Angle Orthod. 1972; 42(4): 319-338.

Beunen G, Lefevre J, Ostyn M, Renson R, Simons J, Van Gerven D. Skeletal maturity in Belgian youths assessed by the Tanner-Whitehouse method (TW2). Ann Hum Biol. 1990; 17(5): 355-376.

Björk A, Helm S. Prediction of the age of maximum puberal growth in body height. Angle Orthod. 1967; 37(2): 134-143.

Blanco RA, Acheson RM, Canosa C, Salomón JB. Retardation in appearance of ossification centers in deprived Guatemalan children. Hum Biol. 1972; 44(3): 525-535.

Bowden BD. Epiphysial changes in the hand/wrist area as indicators of adolescent stage. Aust Orthod J. 1976; 4(3): 87-104.

Broadbent BH. A new X-ray technique and its application to orthodontia. Angle Orthod. 1931; 1(2): 45-66.

Buckler JM. How to make the most of bone ages. Arch Dis Child. 1983; 58(10): 761-763.

Caldas MP, Ambrosano GM, Haiter Neto F. New formula to objectively evaluate skeletal maturation using lateral cephalometric radiographs. Braz Oral Res. 2007; 21(4): 330-335.

Dahlberg G. Statistical methods for medical and biological students. London: George Allen and Unwin Ltd; 1940.

Eklöf O, Ringertz H. A method for assessment of skeletal maturity. Ann Radiol. 1967;10(3): 330-336.

Faltin KJ, Faltin RM, Baccetti T, Franchi L, Ghiozzi B, McNamara JA Jr. Long-term effectiveness and treatment timing for Bionator therapy. Angle Orthod. 2003; 73(3): 221-230.

Fishman LS. Chronological versus skeletal age, an evaluation of craniofacial growth. *Angle Orthod.* 1979; 49(3): 181-189.

Fishman LS. Radiographic evaluation of skeletal maturation. A clinically oriented method based on hand-wrist films. *Angle Orthod.* 1982; 52(2): 88-112.

Flores-Mir C, Burgess CA, Champney M, Jensen RJ, Pitcher MR, Major PW. Correlation of skeletal maturation stages determined by cervical vertebrae and hand-wrist evaluations. *Angle Orthod.* 2006; 76(1): 1-5.

Franchi L, Baccetti T, McNamara JA Jr. Mandibular growth as related to cervical vertebral maturation and body height. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2000;118(3): 335-340.

Freitas JAS. Estudo Antropométrico Dentário e Ósseo de Brasileiros de 3 a 18 anos de idade, da região de Bauru [tese]. Bauru: USP/Faculdade de Odontologia de Bauru; 1975.

García-Fernandes P, Torre H, Flores L, Rea J. The cervical vertebrae as maturational indicators. *J Clin Orthod.* 1998; 32(4): 221-225.

Generoso R. Estudo da correlação entre a idade cronológica e a maturação das vértebras cervicais em pacientes em fase de crescimento puberal. *Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial.* 2003; 8(4): 19-36.

Grave KC, Brown T. Skeletal ossification and the adolescent growth spurt. *Am J Orthod.* 1976; 69(6): 611-619.

Greulich WW, Pyle JS. Radiographic atlas of the skeletal development of the hand and wrist. 2. ed. Stanford: Stanford University Press; 1959.

Grippaudo C, Garcovich D, Volpe G, Lajolo C. Comparative evaluation between cervical vertebral morphology and hand-wrist morphology for skeletal maturation assessment. *Minerva Stomatol.* 2006; 55(5): 271-280.

Hägg U, Pancherz H. Dentofacial orthopaedics in relation to chronological age, growth period and skeletal development. An analysis of 72 male patients with Class II division 1 malocclusion treated with Herbst appliance. *Eur J Orthod.* 1988; 10(3): 169-176.

Hägg U, Taranger J. Menarche and voice change as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand.* 1980; 38(3): 179-186.

Hägg U, Taranger J. Skeletal stages of the hand and wrist as indicators of the pubertal growth spurt. *Acta Odontol Scand.* 1980; 38(3): 187-200.

Haiter-Neto F, Tavano O. Análise comparativa da estimativa da idade óssea pelo índice de Eklöf e Ringertz com a idade cronológica pelos métodos manual e computadorizado. *Ortodontia.* 1997; 30(1): 31-38.

Hassel B, Farman AG. Skeletal maturation evaluation using cervical vertebrae. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1995; 107(1): 58-66.

Hellsing E. Cervical vertebral dimensions in 8-11, and 15-year-old children. *Acta Odontol Scand.* 1991; 49(4): 207-213.

Hing NR. The accuracy of computer generated prediction tracings. *Int J Oral Maxillofac Surg.* 1989; 18(3): 148-151.

Huggare J. Population differences in the morphology of the first cervical vertebra. *Am J Phys Anthropol.* 1992; 88(2): 197-201.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Indicadores Sociais Mínimos. [Acesso 2009 Abril 17]. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>.

Kimura K. Skeletal maturity of the hand and wrist in Japanese children in Sapporo by the TW2 method. *Ann Hum Biol.* 1977; 4(5): 449-453.

Knutsson F. Growth and differentiation of the postnatal vertebra. *Acta Radiol.* 1961; 55: 401-408.

Kucukkeles N, Acar A, Biren S, Arun T. Comparisons between cervical vertebrae and hand-wrist maturation for the assessment of skeletal maturity. *J Clin Pediatr Dent.* 1999; 24(1):47-52.

Lai EH, Liu JP, Chang JZ, Tsai SJ, Yao CC, Chen MH et al. Radiographic assessment of skeletal maturation stages for orthodontic patients: hand-wrist bones or cervical vertebrae? *J Formos Med Assoc.* 2008; 107(4): 316-325.

Lamparski DG. Skeletal age assessment utilizing cervical vertebrae [dissertação]. Pittsburgh: University of Pittsburgh; 1972.

Leite HR, O'Reilly MT, Close JM. Skeletal age assessment using the first, second, and third fingers of the hand. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1987; 92(6): 492-498.

van Lenthe FJ, Kemper HC, van Mechelen W. Skeletal maturation in adolescence: a comparison between the Tanner-Whitehouse II and the Fels method. *Eur J Pediatr.* 1998;157(10): 798-801.

Loder RT, Estle DT, Morrison K, Eggleston D, Fish DN, Greenfield ML et al. Applicability of the Greulich and Pyle skeletal age standards to black and white children of today. *Am J Dis Child*. 1993; 147 (12): 1329-1333.

Marcondes E, Chammas F. Median values and limits of normality of bone age in children aged 9 months to 12 years in São Paulo. *Rev Hosp Clin Fac Med Sao Paulo*. 1966; 21(5): 217-225.

Marcondes E, Rumel A, Schvartsman S. Determination of bone and tooth age by radiographic examination of children from a middle socio-economic class. *Rev Fac Odontol Sao Paulo*. 1965; 3(1):185-191.

Mercadanti MMN. Radiografia de mão e punho. In: Ferreira FV, editor. *Ortodontia: diagnóstico e planejamento clínico*. 4. ed. São Paulo: Artes Médicas; 2001. p. 187-223.

Mito T, Sato K, Mitani H. Cervical vertebral bone age in girls. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 2002; 122(4): 380-385.

Moraes LC. Estudo comparativo da fidelidade de alguns indicadores de desenvolvimento na estimativa da idade [tese]. São José dos Campos: UNESP/Faculdade de Odontologia de São José dos Campos; 1990.

Moraes MEL, Médici-Filho E, Moraes LC. Surto de crescimento puberal. Relação entre mineralização dentária, idade cronológica, idade dentária e idade óssea: método radiográfico. *Rev Odontol UNESP*. 1998; 27(1): 111-129.

Moscatiello VAM, Lederman H, Moscatiello RA, Faltin-Júnior K, Moscatiello RM. Maturação das vértebras cervicais e sua correlação com a idade óssea da mão e

punho como indicadores no tratamento ortodôntico. Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial. 2008; 13(4): 92-100.

O'Reilly MT, Yanniello GJ. Mandibular growth changes and maturation of cervical vertebrae - a longitudinal cephalometric study. Angle Orthod. 1988; 58(2): 179-184.

Perry-Junior HT, Damico F. Época de tratamento ortodôntico relacionada com o "spurt" de crescimento facial. Ortodontia. 1972; 5(3): 123-131.

San Román P, Palma JC, Oteo MD, Nevado E. Skeletal maturation determined by cervical vertebrae development. Eur J Orthod. 2002; 24(3): 303-311.

Santos SCBN, Almeida RR. Estudo comparativo de dois métodos de avaliação da idade esquelética utilizando telerradiografias em norma lateral e radiografias carpais. Ortodontia. 1999; 32(2): 33-45.

Santos ECA, Bertoz FA, Arantes FM, Reis PMP. Avaliação da reprodutibilidade do método de determinação da maturação esquelética por meio das vértebras cervicais. Rev Dent Press Ortodon Ortop Facial. 2005; 10(2): 62-68.

Scarfe WC, Farman AG. What is cone-beam CT and how does it work? Dent Clin North Am. 2008; 52(4): 707-730.

Schusterchitz T, Haiter-Neto F. Estudo comparativo entre a maturação das vértebras cervicais e a região carpal. Ortodontia. 2002; 35(3): 33-42.

Shi H, Scarfe WC, Farman AG. Three-dimensional reconstruction of individual cervical vertebrae from cone-beam computed-tomography images. Am J Orthod Dentofacial Orthop. 2007; 131(3): 426-432.

Soegiharto BM, Moles DR, Cunningham SJ. Discriminatory ability of the skeletal maturation index and the cervical vertebrae maturation index in detecting peak pubertal growth in Indonesian and white subjects with receiver operating characteristics analysis. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2008; 134(2): 227-237.

Tanner JM, Healy MJR, Goldstein H, Cameron N. Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW3 method). 3. ed. London: W.B. Saunders; 2001.

Tanner JM, Whitehouse RH. Standards for skeletal maturation. Paris: International Children's Center; 1959.

Tavano O. Estudo das principais tabelas de avaliação da idade biológica, através do desenvolvimento ósseo, visando a sua aplicação em brasileiros leucodermas da região de Bauru [tese]. Bauru: USP/ Faculdade de Odontologia de Bauru; 1977.

Tavano O, Freitas JAS, Lopes ES. Comparação entre duas tabelas de avaliação de idade biológica através do desenvolvimento ósseo. *Clin Pediatr*. 1982; 5(6): 7-21.

Vastardis H, Evans CA. Evaluation of cervical spine abnormalities on cephalometric radiographs. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 1996; 109(6): 581-588.

Vellini-Ferreira F. Ortodontia diagnóstico e planejamento clínico. 7. ed. São Paulo: Artes Médicas; 2008.

Wolf-Heidegger G. Atlas de Anatomia Humana. 2. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan; 1974.

ANEXO

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
FACULDADE DE ODONTOLOGIA DE PIRACICABA
UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS



CERTIFICADO

O Comitê de Ética em Pesquisa da FOP-UNICAMP certifica que o projeto de pesquisa "Análise computadorizada da idade óssea pelas vértebras cervicais em radiografias cefalométricas laterais na população brasileira", protocolo nº 053/2008, dos pesquisadores **MARIA DE PAULA CALDAS e FRANCISCO HAITER NETO**, satisfaz as exigências do Conselho Nacional de Saúde – Ministério da Saúde para as pesquisas em seres humanos e foi aprovado por este comitê em 06/08/2008.

The Ethics Committee in Research of the School of Dentistry of Piracicaba - State University of Campinas, certify that the project "Computed analysis of cervical vertebral bone age using cephalometric radiograph in brazilian population", register number 053/2008, of **MARIA DE PAULA CALDAS and FRANCISCO HAITER NETO**, comply with the recommendations of the National Health Council – Ministry of Health of Brazil for research in human subjects and therefore was approved by this committee at 06/08/2008.

Prof. Pablo Agustín Vargas
Secretário
CEP/FOP/UNICAMP

Prof. Jacks Jorge Júnior
Coordenador
CEP/FOP/UNICAMP

Nota: O título do protocolo aparece como fornecido pelos pesquisadores, sem qualquer edição.
Notice: The title of the project appears as provided by the authors, without editing.

ANEXO



Aos autores:

Maria de Paula Caldas

Gláucia Maria Bovi Ambrosano

Francisco Haiter Neto

Temos o prazer de informar que o artigo intitulado **"COMPUTER-ASSISTED ANALYSIS OF CERVICAL VERTEBRAL BONE AGE USING CEPHALOMETRIC RADIOGRAPHS IN BRAZILIAN SUBJECTS"**, protocolado sob o nº. **546**, foi **APROVADO** para publicação.

Gostaríamos de parabenizar o grupo e agradecê-los pela contribuição ao nosso periódico, tornando-o cada vez melhor e mais reconhecido na pesquisa odontológica mundial.

Consultem a *Brazilian Oral Research* no site da SciELO.

<http://www.scielo.br/revistas/bor>

Atenciosamente,

Comissão de Publicação da BOR.
Av. Prof. Lineu Prestes, 2227 - Cidade Universitária
CEP 05508-900 - São Paulo - SP
Fone: 55 11 3091-7810