

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

DETERMINAÇÃO DA MAIORIDADE DE MIGRANTES INDOCUMENTADOS ATRAVÉS DO CBCT

Trabalho submetido por
Inês Fernandes Paixão Lopes
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

junho de 2025

INSTITUTO UNIVERSITÁRIO EGAS MONIZ

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA DENTÁRIA

DETERMINAÇÃO DA MAIORIDADE DE MIGRANTES INDOCUMENTADOS ATRAVÉS DO CBCT

Trabalho submetido por
Inês Fernandes Paixão Lopes
para a obtenção do grau de Mestre em Medicina Dentária

Trabalho orientado por
Prof. Doutor Pedro Abecasis

junho de 2025

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, Prof. Doutor Pedro Abecasis pelo seu apoio e disponibilidade na orientação deste projeto.

À Egas Moniz e aos seus professores pelo tanto que me ensinaram ao longo destes anos.

Às minhas colegas da Clínica Médica que rapidamente se tornaram minhas confidentes e amigas que espero levar para a vida: Carla, Maria e a minha eterna médica dentista favorita, Sara, que foi um auxílio constante. Obrigada pelas vossas palavras de apoio e motivação, por acreditarem por mim e por me lembrarem da minha força todos os dias.

À Catarina pela amizade e por todas sessões de psicologia e de *coaching* motivacional não remuneradas.

Aos amigos mais antigos: Inês, João e Miguel. Agradeço-vos pela amizade, por me verem crescer ao longo destes 12 anos e por nunca fraquejarem na vossa presença.

À Jenni, a minha melhor amiga, que ao longo de 15 anos viu o meu melhor e o meu pior e sempre permaneceu comigo. A extensão do carinho que nutro por ti não é passível de ser posta em palavras.

À minha avó Flor e à minha avó Arminda por encherem a minha vida de amor e por desejarem o meu sucesso.

Ao Daniel, que estive ao meu lado nestes últimos dois anos, tranquilizando-me e fazendo-me ver o que realmente importa. Obrigada pela paciência e pelo cuidado.

Por fim, àqueles a quem devo tudo, os meus pais. O vosso apoio foi inabalável, as vossas palavras firmes e encorajadoras e a vossa ajuda em todos os momentos imprescindível. A ti, mãe, pela positividade, por estares sempre ao meu lado e por teres sempre um ombro amigo disponível. A ti, pai, por seres o meu parceiro de estudos, o meu revisor e a minha maior inspiração em tudo o que faço. Um obrigada nunca será o suficiente.

Espero fazer-vos orgulhosos.

RESUMO

A determinação da idade tem assumido um papel essencial no contexto do aumento global da migração, nomeadamente em situações que envolvem menores não acompanhados e indocumentados. A idade estabelece-se como direito fundamental e a sua determinação é fundamental para assegurar a integração e o bem-estar dos menores, salvaguardando os seus direitos e protegendo-os de situações de risco.

Tradicionalmente, o raio-X da mão e do punho e a ortopantomografia têm sido os métodos mais utilizados. A ortopantomografia, em especial, tem enfrentado críticas pelas distorções e ampliações inerentes à técnica, e por avaliar estruturas tridimensionais em apenas duas dimensões, o que compromete a sua fiabilidade.

O presente trabalho apresenta uma revisão das recomendações europeias e dos métodos esqueléticos e dentários mais aplicados na estimativa da idade no limiar dos 18 anos, avaliando a utilização do CBCT como alternativa aos métodos tradicionais até agora utilizados.

São abordados diversos métodos de análise dentária aplicáveis através do CBCT. Destacam-se o método de estadiamento de Willems et al., a medição da abertura dos ápices dos terceiros molares pelo método de Cameriere, e a análise de proporções pulpares com base na relação entre a dentina depositada na cavidade pulpar e a idade.

A avaliação do processo de corticalização do côndilo mandibular e do encerramento da sutura esfeno-occipital revelam-se métodos auxiliares promissores. Contudo, são necessários mais estudos para padronizar a relação entre a idade e os diferentes estádios de desenvolvimento destas estruturas.

O CBCT emerge como uma ferramenta mais precisa para a estimativa da idade, permitindo uma análise mais pormenorizada das estruturas da cabeça e pescoço. A tecnologia atual possibilita a redução da dose de radiação associada ao CBCT, tornando aquela que era vista como a sua principal limitação, em relação à ortopantomografia, menos significativa, o que é especialmente relevante no caso de crianças e jovens menores.

Palavras-chave: Determinação da idade; determinação da maioridade legal; tomografia computadorizada de feixe cónico (CBCT); terceiros molares.

ABSTRACT

In the context of increasing global migration, age estimation has become essential, particularly in cases involving unaccompanied and undocumented migrants. Age is a fundamental right, and its accurate assessment is crucial to ensure the integration and well-being of minors, safeguarding their rights and protecting them from situations of risk.

Hand and wrist X-rays, as well as orthopantomography, have traditionally been the most commonly used methods. Orthopantomography, in particular, has faced strong criticism due to distortions and magnifications inherent to the technique, as well as for evaluating three-dimensional structures in two dimensions, which compromises its reliability.

This study provides a review of the current European recommendations and the most widely used skeletal and dental methods for age estimation around the legal threshold of 18 years. Additionally, it assesses the use of CBCT as a potential alternative to traditional methods.

Several dental analysis methods applicable through CBCT are explored. Notable among these are Willems' et al. method for assessing dental maturation, Cameriere's technique based on measuring the open apices of third molars, and pulp/tooth ratio analysis, which relies on the correlation between chronological age and secondary dentin apposition within the pulp cavity.

The analysis of mandibular condyle cortication and the closure of the spheno-occipital suture are also emerging as promising auxiliary methods in age estimation. However, further studies are needed to standardise the correlation between age and the developmental stages of these structures.

CBCT emerges as a more precise approach to age estimation, allowing for a detailed and comprehensive analysis of craniofacial structures. Technological advances have significantly reduced the radiation dose associated with CBCT, mitigating what was previously considered its main limitation compared to orthopantomography, an aspect that is particularly relevant in the case of minors.

Keywords: Age estimation; estimation of legal age; cone beam computed tomography (CBCT); third molars.

ÍNDICE

I. INTRODUÇÃO.....	13
II. DESENVOLVIMENTO.....	15
O contexto migratório e as recomendações europeias.....	15
1. O fluxo migratório e a problemática dos migrantes indocumentados.....	15
2. A idade como direito humano e a proteção especial de menores.....	17
3. As recomendações europeias e a realidade do processo de determinação da idade na Europa	20
Meios de determinação da idade e a sua classificação	23
1. Metodologias não médicas	24
2. Metodologias médicas.....	25
O CBCT e a determinação da idade	37
1. O CBCT e as suas possibilidades.....	37
2. Funcionamento do CBCT.....	38
3. Parâmetros do CBCT e qualidade de imagem	39
4. Vantagens e limitações do CBCT	40
5. A problemática da radiação.....	42
6. O CBCT como alternativa à OPG nos métodos de determinação da idade .	44
Determinação da idade através de radiografias dentárias.....	47
1. Métodos com base em estádios dentários de desenvolvimento e maturação	47
1.1. Método de Nolla (1960)	47
1.2. Método de Moorrees et al. (1963).....	49
1.3. Método de Demirjian et al. (1973)	50
1.4. Estudos com CBCT.....	54
2. Métodos baseados na cronologia e na sequência da erupção dentária	56
2.1. “London Atlas” de AlQahtani et al. (2010).....	56
3. Métodos baseados na análise dos terceiros molares.....	58
3.1. Método de Demirjian et al. (1973) adaptado para os terceiros molares.....	59

3.2. Método de Cameriere (2008)	61
3.3. Método de Kullman et al. (1992)	65
3.4. Método de Olze et al. (2010): visibilidade radiográfica da polpa radicular. 67	
4. Métodos baseados nas alterações da cavidade pulpar	69
4.1. Método de Kvaal et al. (1995) e de Cameriere et al. (2004)	70
4.2. Método do Índice coronal pulpar	73
4.3. Estudos com o uso de CBCT	74
A corticalização do côndilo mandibular como biomarcador na determinação da idade	77
1. A maturação do côndilo mandibular	77
2. Estudos com CBCT	77
A fusão da sincondrose eseno-occipital no processo de determinação da idade	83
Perspetivas futuras: a inteligência artificial e a determinação da idade	88
III. CONCLUSÃO	93
IV. REFERÊNCIAS	95
V. ANEXOS	107
Anexo A – Métodos de estimação da idade usados por cada país da UE	107
Anexo B – Tabelas de Nolla (1960)	108
Anexo C – Tabelas de Demirjian et al. (1973)	110
Anexo D – Atlas de Schour e Massler (1941)	112

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Evolução do número de menores requerentes de asilo pela primeira vez durante o período 2013-2023 nos países da UE	16
Figura 2. Principais características dos menores requerentes de asilo pela primeira vez em 2023	17
Figura 3. Fases de ossificação da clavícula de acordo com Schmeling et al. (2016)...	33
Figura 4. Os subestádios da ossificação da clavícula introduzidos por Kellinghaus et al. (2010)	34
Figura 5. Princípio básico de funcionamento do CBCT	38
Figura 6. Diferentes tipos de equipamentos de CBCT de acordo com a posição do paciente	39
Figura 7. Ilustração original dos estádios de desenvolvimento e de maturação dentária de acordo com Nolla (1960)	49
Figura 8. Esquema visual das diferentes fases de desenvolvimento e maturação dentárias descritas por Moorrees et al. (1963).....	50
Figura 9. Ilustrações e radiografias correspondentes aos estádios de desenvolvimento e de maturação dentária de Demirjian et al. (1973)	51
Figura 10. Atlas do desenvolvimento e erupção dentária de AlQahtani et al. (2010)..	57
Figura 11. Imagem apresentada por Cameriere et al. (2006) para ilustrar as medições realizadas para aplicação do seu método.	62
Figura 12. Os vários estádios de desenvolvimento radicular dos terceiros molares mandibulares propostos por Kullman et al. (1992)	65
Figura 13. Estádios de visibilidade da polpa radicular de Olze et al. (2010)	68
Figura 14. Esquema demonstrativo das medidas realizadas em cada dente por Kvaal et al. (1995).....	71
Figura 15. Imagem das medições de Ikeda et al. (1985) e de Drusini et al. (1997) para cálculo do índice coronal pulpar.....	73
Figura 16. Imagem de CBCT indicando a ausência de osso cortical em torno do côndilo mandibular	79
Figura 17. Imagem de CBCT indicando a formação parcial de osso cortical em torno do côndilo mandibular	79
Figura 18. Imagem de CBCT indicando a formação completa do osso cortical em torno do côndilo mandibular	80

Figura 19. Os vários estádios de desenvolvimento do osso cortical na periferia do côndilo mandibular.....	81
Figura 20. Representação radiológica (TC) dos estádios de fusão da SEO de Bassed et al. (2010).....	84
Figura 21. Representação radiográfica do sistema de 4 estádios de fusão da SEO adaptado de Franklin e Flavel (2013) por Sinanoglu et al. (2016).....	85
Figura 22. Número de publicações relacionadas com o uso de inteligência artificial em estudos de estimação da idade dentária, de acordo com Zainuddin et al. (2025).....	89
Figura 23. Distribuição percentual das metodologias identificadas nos estudos analisados por Chulamane e Panyarak (2023).....	90

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Tabela comparativa das fases de maturação óssea da epífise mesial da clavícula, contrastando a fase 4 considerada por Kreitner et al. (1998) com as fases 4 e 5 de Schmeling et al. (2016).....	33
Tabela 2. Tabela comparativa das fases 2 e 3 de Schmeling et al. (2016) e das subdivisões apresentadas por Kellinghaus et al. (2010).....	34
Tabela 3. Tabela de correspondência entre método radiológico, dose de radiação a que um indivíduo está sujeito durante cada exame e a comparação dessa dose com a dose de exposição à radiação natural.....	43
Tabela 4. Descrição dos estádios de desenvolvimento e de maturação dentária de acordo com Nolla (1960).....	48
Tabela 5. Descrição dos estádios de desenvolvimento e de maturação dentária de acordo com Demirjian et al. (1973).....	51
Tabela 6. Idades médias de término da fusão da SEO no sexo masculino e feminino em vários estudos sobre este processo	87

LISTA DE ABREVIATURAS

ACNUR/UNHCR – Agência da ONU para os Refugiados/*United Nations High Commissioner for Refugees*

AIMA – Agência para a Integração, Migrações e Asilo

ATM – Articulação temporo-mandibular

CBCT – Tomografia Computorizada de Feixe Cônico/*Cone Beam Computed Tomography*

CDC – Convenção sobre os Direitos da Criança

CNN – Rede neuronal convolucional/*convolutional neural network*

EUAA (antigo Gabinete Europeu de Apoio em matéria de Asilo/*European Asylum Support Office*, EASO) – Agência Europeia de Apoio ao Asilo/*European Union Agency for Asylum*

FOV – Dimensões do campo de visão/*field of view*

IA – Inteligência artificial

ICRP – Comissão Internacional de Proteção Radiológica/*International Commission on Radiological Protection*

INE – Instituto Nacional de Estatística

JAC – Junção amelo-cementária

OPG – Ortopantomografia

RM – Ressonância Magnética

ROI – Região de interesse/*Region of interest*

RPV – Visualização radiográfica da polpa radicular/*radiographic visibility of the root pulp*

SEF – Serviço de Estrangeiros e Fronteiras

SEO – Sincondrose esfeno-occipital

SMS – Valor de maturidade esquelética/*Skeletal maturity score*

TC – Tomografia Computorizada

I. INTRODUÇÃO

Desde o final do século XX, e com maior relevo no início do presente século, têm-se verificado um aumento considerável dos fenómenos migratórios.

De acordo com os últimos dados do Eurostat¹ (2024), na Europa o número de pedidos de asilo aumentou mais de 20% em apenas um ano (2022-2023).

O número crescente de conflitos em diversas regiões do mundo devido à instabilidade política e económica e a problemas de carácter religioso, bem como ao agravamento da crise climática, com eventos meteorológicos extremos a acontecerem cada vez com mais frequência, têm sido os principais fatores impulsionadores dos movimentos de migração.

Em resposta ao crescente fluxo de migração, os vários Estados-Membros da União Europeia (UE) têm desenvolvido e reformado as suas políticas de receção de migrantes, procurando garantir o respeito às convenções dos direitos humanos e do direito internacional. Neste sentido, tem havido uma especial preocupação dos organismos da UE para com a problemática dos menores desacompanhados, cujo número segue a crescente tendência migratória observada nos últimos anos. Estas crianças ou jovens são indivíduos especialmente vulneráveis à exploração, abuso e negligência, e a sua correta identificação é fundamental para que se reconheça o seu estatuto de menor e para que, consequentemente, fiquem ao abrigo da Convenção sobre os Direitos da Criança (CDC) e gozem dos benefícios especiais que são seus por direito (Ferrara et al., 2016).

É de notar que em situações de migração forçada se verifica, frequentemente, a ausência da posse de documentos de identificação oficiais e a impossibilidade de os obter por parte dos requerentes de proteção internacional, o que poderá motivar o processo de avaliação de idade, caso uma verificação documental cruzada se mostre infrutífera.

Porém, não existe qualquer lei europeia que regularize o processo de determinação da idade de crianças ou jovens de uma forma transversal, estando cada Estado-Membro livre de adotar os métodos que entendam como os mais fiáveis e adequados. No entanto, têm sido emitidas pela UE recomendações por forma a uniformizar estes processos.

¹ O Eurostat é o Serviço de Estatísticas da União Europeia, sendo responsável pela produção estatística europeia.

Atualmente não existe nenhum método de estimação de idade que seja exato e o uso de exames médicos tem suscitado críticas éticas, relacionadas com o uso de radiação ionizante, e científicas, relacionadas com as suas margens de erro significativas (De Sanctis et al., 2016). Contudo, tem sido sugerida a utilização combinada de métodos médicos e não médicos para chegar a estimativas mais consolidadas e reduzir as margens de erro.

É neste contexto que surge a discussão sobre a inclusão de metodologias como a tomografia computadorizada de feixe cónico (CBCT - *Cone Beam Computed Tomography*) no processo de determinação da maioridade.

O CBCT tem ganho popularidade nas últimas duas décadas na Medicina Dentária, colmatando algumas falhas das radiografias 2D, produzindo imagens de maior qualidade e em vários planos das estruturas dento-maxilo-faciais (Kaasalainen et al., 2021). No âmbito da determinação da idade de crianças e jovens, o CBCT pode revelar-se útil ao fornecer informações mais precisas, com maior pormenor e menor sobreposição de estruturas da cavidade oral.

Esta revisão de literatura tem por objetivo explorar a heterogeneidade dos métodos atuais de determinação da idade de um indivíduo, analisando se o CBCT, com os vários desenvolvimentos tecnológicos a si associados, se constitui como um método radiográfico superior às radiografias 2D e aferir de que forma a integração desta técnica pode contribuir para o processo de avaliação da idade de crianças e jovens indocumentados.

II. DESENVOLVIMENTO

O contexto migratório e as recomendações europeias

1. O fluxo migratório e a problemática dos migrantes indocumentados

O fluxo crescente de migrantes e de refugiados é, indiscutivelmente, um dos grandes e mais delicados problemas do século XXI. A instabilidade política em vários países, o agravamento da crise climática e económica, juntamente com o surgimento de várias guerras e conflitos violentos, tem motivado o aumento da migração, verificando-se um, cada vez mais elevado, movimento migratório para o continente europeu, impulsionado pela procura de asilo, de melhores perspetivas de vida e de oportunidades económicas.

A Agência da ONU para os Refugiados (ACNUR/UNHCR)² estima que a meio do ano de 2024, existiam cerca de 37,9 milhões de refugiados por todo o mundo e cerca de 122,6 milhões de indivíduos deslocados das suas casas devido à perseguição, conflitos violentos, violações dos direitos humanos ou outros acontecimentos de distúrbio da ordem pública (UNHCR, 2024). A UNHCR estima que, no passado ano, cerca de 65% do número total de refugiados provinha de apenas quatro países, são eles: a Síria, a Venezuela, a Ucrânia e o Afeganistão.

Esta vaga migratória traz vários desafios às sociedades de acolhimento, uma vez que, se por um lado, o acolhimento de migrantes se constitui como uma ajuda humanitária necessária e como uma celebração do multiculturalismo promovido pelo Ocidente, por outro lado, revela-se um fator desestabilizador em termos políticos, económicos e sociais, procurando-se um equilíbrio e uma gestão das políticas de migração que é cada vez mais difícil de atingir.

Os países da UE encontram-se em destaque por, nos últimos anos, terem acolhido muitos refugiados de guerra. De acordo com o *site* oficial da Comissão Europeia, no final de 2022, assistiu-se a um aumento de mais de 20% de refugiados residentes na UE, valor que atribuem, essencialmente, ao despoletar da guerra na Ucrânia. No final de 2023, quase 1/7 do número total dos requerentes de asilo nos países da UE (40 400 indivíduos), correspondiam a indivíduos menores não acompanhados de qualquer

² A ACNUR/UNHCR é uma agência intergovernamental das Nações Unidas, dedicada à proteção e auxílio de refugiados, pessoas apátridas e deslocadas.

adulto, sendo a sua maioria proveniente de países como a Síria, o Afeganistão e a Somália (Comissão Europeia, 2023).

Os menores desacompanhados são vistos como indivíduos especialmente vulneráveis. Segundo o Artigo 2º (I) da Diretiva 2011/95/EU da UE, um menor não acompanhado é definido como:

"'Menor não acompanhado'», o menor que entra no território dos Estados-Membros não acompanhado por um adulto que, por força da lei ou da prática do Estado-Membro em causa, por ele seja responsável e enquanto não for efectivamente tomado a cargo por essa pessoa; estão incluídos os menores que ficam desacompanhados após a entrada no território dos Estados-Membros."

Na Figura 1, podemos observar a evolução crescente do número de indivíduos menores de idade, isto é, com uma idade inferior a 18 anos, requerentes de asilo na UE no período correspondente a 2013-2023.

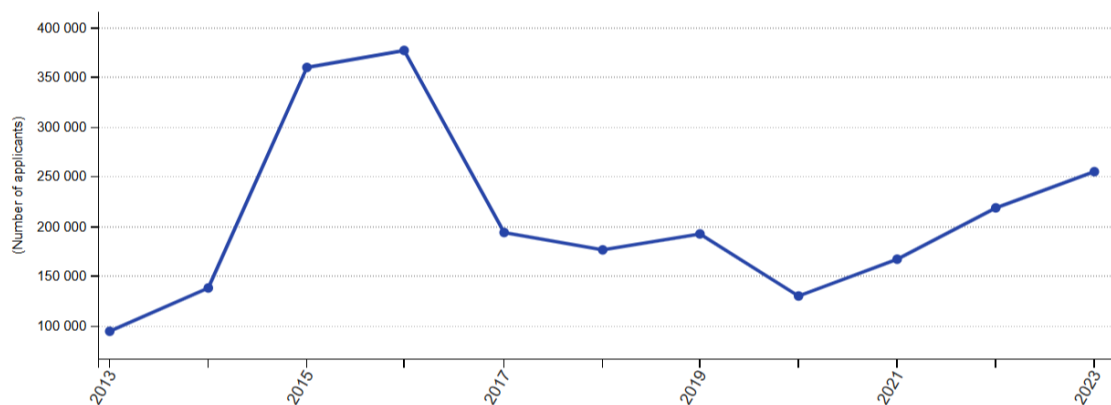


Figura 1. Gráfico de linhas retirado do *site* da Comissão Europeia (Eurostat) mostrando a evolução do número de menores requerentes de asilo pela primeira vez durante o período 2013-2023 nos países da UE. Conteúdo licenciado ao abrigo da *Creative Commons Attribution 4.0 International* (CC BY 4.0).

O gráfico da Figura 2, por sua vez, discrimina o número de menores requerentes de proteção internacional pela primeira vez, em 2023, pela sua idade e sexo, mostrando também que uma esmagadora percentagem de 17% dos menores que requereram asilo, pela primeira vez, eram menores não acompanhados.

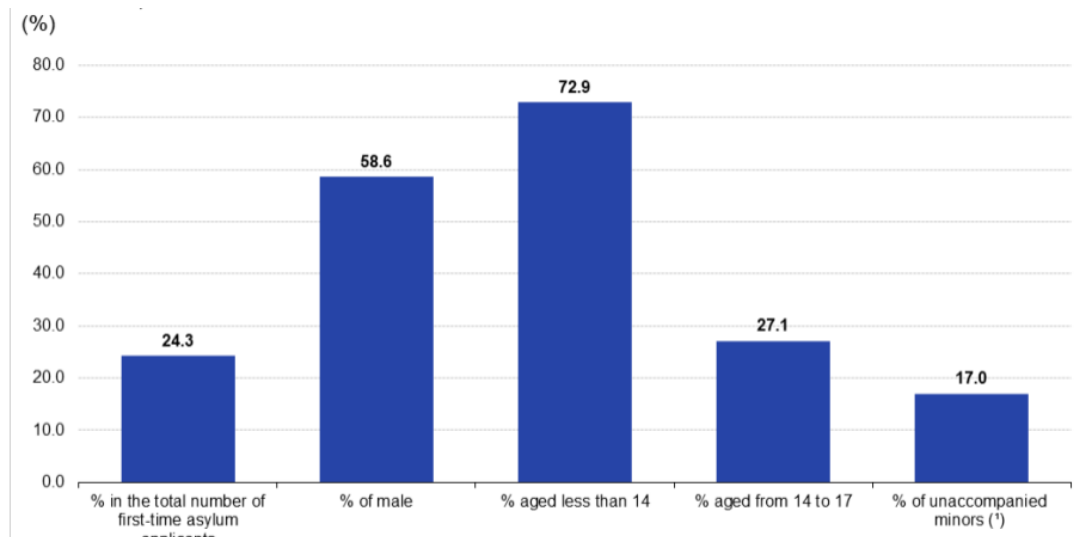


Figura 2. Gráfico de barras retirado do *site* da Comissão Europeia (Eurostat) representando as principais características dos menores requerentes de asilo pela primeira vez no ano de 2023. Conteúdo licenciado ao abrigo da *Creative Commons Attribution 4.0 International* (CC BY 4.0).

À semelhança do que se tem verificado noutros países da UE, também em Portugal se observa um aumento consistente dos fluxos migratórios. Segundo os dados divulgados pelo Instituto Nacional de Estatística (INE) no relatório “Estatísticas Demográficas 2023”, Portugal registou, em 2023 e pelo sétimo ano consecutivo, um saldo migratório positivo. Estima-se que em 2023 tenham entrado no país cerca de 189 367 pessoas com intenção de aí residirem durante, pelo menos, um ano, o que corresponde a um aumento de 13,3% face ao número verificado em 2022. Assim, torna-se evidente a relevância e maior urgência em avaliar, com rigor, a idade dos indivíduos que entram no território nacional sem documentação.

2. A idade como direito humano e a proteção especial de menores

A idade de um indivíduo é um fator determinante na sua integração, tratamento e realização dos seus direitos em sociedade. Este facto é reconhecido no ponto I do Artigo 7º da CDC que declara que:

“A criança é registada imediatamente após o nascimento e tem desde o nascimento o direito a um nome, o direito a adquirir uma nacionalidade e, sempre que possível, o direito de conhecer os seus pais e de ser educada por eles.”

Outro fator a ter em conta é o facto de todos os anos se verificarem nascimentos por registar. De facto, a UNICEF estima que existam 150 milhões de crianças com menos

de 5 anos de idade não registadas e que entre as crianças cujo nascimento está registado, mais de 50 milhões não possuem certificado de nascimento, documento que se constitui como prova essencial de registo e como meio de garantir a proteção, nacionalidade, acesso à saúde e à educação de qualquer indivíduo. A percentagem de crianças não registadas continua a ter maior peso na África subsariana, embora ao longo dos últimos anos se tenha verificado uma tendência crescente no que respeita aos registos de nascimento, nomeadamente em países como o Botswana e a Costa do Marfim (UNICEF, 2024). Além disso, períodos de instabilidade e de conflito proporcionam a perda definitiva ou a impossibilidade de obter este tipo de documentos, muitas vezes sem que a sua recuperação seja uma possibilidade (EASO, 2018; Sauer, et al., 2016).

Todos os indivíduos menores têm os seus direitos abrangidos pela legislação da UE e dos seus Estados-Membros e pela CDC, que assegura a sua proteção contra qualquer forma de violência e o seu direito à educação, saúde e asilo, independentemente do seu *status* migratório. Neste sentido, na UE, todos os indivíduos classificados como menores de idade têm garantidos um conjunto de direitos e de proteções que priorizam os seus melhores interesses:

- Os menores nunca deverão ser privados do direito a serviços e cuidados de saúde essenciais, e, adicionalmente, deverão ser tomadas todas as medidas adequadas de modo a garantir a recuperação física e o acesso dos menores a serviços de apoio psicológico, para sua posterior reinserção em sociedade (Artigo 24º e 39º da CDC);
- O direito à educação e ao desenvolvimento deverá ser garantido com base na igualdade de oportunidades e devendo o interesse superior da criança ser a preocupação fulcral (Artigo 28º da CDC);
- A proteção dos menores contra a exploração económica (Artigo 32º da CDC), a violência e o tráfico sexual são missões com as quais os Estados-Membros da UE se comprometem (Artigo 34º e 35º da CDC);
- Os menores nunca deverão ser privados do acesso à assistência jurídica, devendo todas as decisões relativas a crianças ter o interesse superior da criança em conta.

O asilo é um direito fundamental e uma obrigação internacional que os Estados-Membros da UE se comprometem a assegurar de forma digna e igualitária (UE, 2024). Como consta no Artigo 22º da CDC, qualquer criança requerente de proteção internacional deve ser alvo de especial atenção, de forma a assegurar todos os seus

direitos, conforme constam na CDC e noutros tratados internacionais. A Diretiva 2013/33/EU define normas para a receção de requerentes de asilo, incluindo menores acompanhados e desacompanhados, e o direito ao asilo e à reunificação familiar, caso os migrantes tenham família noutro Estado-Membro, é assegurado pelo Regulamento de Dublin III (Regulamento UE n.º 604/2013). Similarmente, a proteção de refugiados contra a deportação para locais onde possam sofrer perseguição ou tratamento desumano é abrangida tanto pela Convenção de Genebra sobre Refugiados de 1951 como pela Carta dos Direitos Fundamentais da União Europeia (Artigo 19º).

Crianças ou jovens erroneamente classificadas como adultos podem ver o seu direito a abrigo e à educação ignorados e arriscam ser deportadas, recusando-se a sua permanência no país como legal. Estas situações podem acartar consequências na saúde dos menores, tanto físicas como mentais.

Por outro lado, o combate a estratégias que visam enganar o sistema de migração, como sejam casos de adultos que tentam fazer-se passar por menores para obter um acesso facilitado a serviços e ao estatuto de legalidade, é fundamental (Schmeling et al., 2006).

É importante realçar que as crianças indocumentadas são indivíduos especialmente vulneráveis à exploração e ao tráfico (Human Trafficking Institute, 2024). Nestas situações, as crianças são frequentemente coagidas a mentir sobre a sua idade, apresentando documentos fraudulentos e fazendo-se passar por adultos perante as autoridades (Europol, 2018). O atraso na correta identificação das crianças como menores, durante o processo de asilo, poderá resultar na sua maior exposição a crimes de exploração e de tráfico humano e, adicionalmente, na falta de apoio adequado às suas necessidades e na sua detenção e deportação que poderá ocorrer caso sejam consideradas migrantes irregulares (EUAA, 2023). Assim, compreendemos que a correta determinação da idade se apresenta também como um critério fundamental para a correta identificação das vítimas destes crimes.

É, então, evidente a importância de um sistema de determinação da idade minucioso, para garantir um tratamento igual e justo de todos os indivíduos indocumentados.

Para além da sua importância no contexto migratório, é de notar que a estimativa da idade se revela igualmente relevante noutros domínios, nomeadamente na justiça penal, onde pode ser determinante para estabelecer se um indivíduo deve ser julgado como menor ou adulto, com todas as implicações legais que tal distinção implica. Também no desporto o recurso a métodos de verificação da idade é essencial para garantir uma distribuição justa por faixas etárias e prevenir eventuais situações de vantagem.

3. As recomendações europeias e a realidade do processo de determinação da idade na Europa

Segundo o guia de apoio à determinação da idade do Gabinete Europeu de Apoio em matéria de Asilo/*European Asylum Support Office* (EASO) de 2018, atualmente Agência Europeia de Apoio ao Asilo/*European Union Agency for Asylum* (EUAA), a determinação da maioridade de um indivíduo é um processo através do qual se procura estabelecer a idade cronológica de um indivíduo, de modo a comprovar se este é menor de idade ou adulto.

Atualmente, não existe legislação europeia para a determinação da idade, somente recomendações e diretivas para assegurar procedimentos de receção de requerentes de asilo ou de proteção subsidiária mais uniformes entre os países europeus. Deste modo, cada Estado-Membro está livre de definir o seu protocolo dentro dos seus sistemas de migração e serviços de fronteiras com base nestas recomendações.

A título de exemplo, em 2018, a radiografia da mão e do punho era utilizada por 23 países da UE, enquanto a radiografia dentária era utilizada por 19 países e a radiografia à clavícula por apenas 12 países (EASO, 2018). A observação da maturação sexual continuava a ser um critério de estimativa da idade de crianças e jovens em 7 países. No Anexo A, é possível observar, com maior pormenor, os métodos utilizados pelos países da UE estudados pelo EASO em 2018.

A EUAA reforça que o processo de determinação da idade não deverá ser rotineiro, mas somente ativado caso haja dúvidas substanciadas quanto à idade do indivíduo. Estas dúvidas podem surgir em várias situações, como sejam: quando um indivíduo alega ser menor, quando um indivíduo alega ser adulto, ou quando há evidências contraditórias quanto à idade de um indivíduo.

Durante o processo de confirmação da idade deverá sempre ser tido em conta o interesse superior da criança ou jovem em questão, e até à obtenção de resultados conclusivos, deverá ser aplicado o princípio do benefício da dúvida, presumindo-se a menoridade dos indivíduos até que este seja ou não considerado adulto (*in dubio pro minore*). Todas as crianças ou jovens deverão ter um guardião, ou representante que será responsável pela sua participação no processo de determinação da idade, auxiliando o examinando de modo a que todos os procedimentos sejam do seu total entendimento (EASO, 2018). A EUAA acrescenta que caso o processo de determinação da idade não seja considerado fundamental e útil conforme os resultados esperados, não deve ser efetuado. Ademais, durante o processo de determinação da idade, se um dos métodos ou exames aplicados

indicar que o indivíduo é menor, o processo deverá dar-se por terminado e deverá ser considerada a menor idade do intervalo obtido como válida. Por outro lado, se no final do processo de determinação de idade os resultados forem inconclusivos, deverá ser também considerada válida a menor idade do intervalo obtido.

A EUAA salienta a importância de o processo de determinação da idade assumir uma abordagem multidisciplinar e holística. Na abordagem multidisciplinar são analisados vários fatores de natureza tanto física, como também psicológica, ambiental e cultural para estimar a idade de um indivíduo. Numa abordagem holística, durante a determinação da idade cronológica, são tidas em conta as necessidades das crianças e dos jovens em contexto migratório de modo individualizado (EUAA, 2023). Uma vez que não existe um método único capaz de identificar a idade cronológica exata de um indivíduo, deverão ser utilizadas combinações dos vários métodos de determinação de idade disponíveis (EASO, 2018).

Os métodos e exames utilizados durante o processo de determinação da idade deverão ser o menos intrusivos possível, sendo sempre aplicados ou realizados sob o consentimento informado do examinando. Simultaneamente deverão ser selecionados os métodos que permitem uma determinação de uma faixa de idades o mais estreita possível, isto é, deverá optar-se pelos métodos que oferecem maior exatidão de resultados. A sua margem de erro deverá ser analisada para que se proceda com a seleção dos exames a realizar (EASO, 2018).

A EASO (2018) considera que os métodos não médicos como a análise documental e a entrevista deverão ser realizados em primeira instância e que, somente depois, caso se revele necessário, deverá recorrer-se a métodos médicos. Entre os métodos médicos, deverá optar-se primeiramente por aqueles que não envolvem a submissão do indivíduo a radiação ionizante e que, posteriormente, apenas quando se considere relevante no caso em questão, deverão ser utilizados os métodos radiológicos.

A partir da análise das fases de desenvolvimento e maturação esquelética e dentária, é possível determinar a chamada “idade esquelética” ou “idade dentária”, que correspondem a indicadores do desenvolvimento biológico de um indivíduo. Em contraste, o termo “idade cronológica” refere-se à idade real, contada desde o nascimento. Na estimativa da idade, recorrem-se a diversos métodos e biomarcadores como formas de aproximação à idade cronológica. No entanto, os valores obtidos, por refletirem o desenvolvimento individual e fisiológico de cada pessoa, nem sempre coincidem com a idade cronológica. Esta discrepância tem motivado a investigação

continua de diferentes métodos e técnicas que visam reduzir ao máximo o erro estimativo (Pereira et al., 2015).

É de notar que a intrusividade de um exame parece ser um parâmetro de difícil acordo, uma vez que o conceito do que é “intrusivo” pode ser variado e específico a cada caso. Conforme exemplificado no guia prático para a determinação da idade da EASO (2018), um indivíduo ao qual seja pedido que recorde eventos traumatizantes poderá entender uma entrevista com vista a uma avaliação psicossocial como mais intrusiva do que um exame radiológico. Neste sentido, cada caso deverá ser avaliado individualmente.

Existindo um vazio legal na UE no que concerne à regulamentação para a determinação da idade, os métodos científicos ou exames médicos destacam-se como complementos essenciais à avaliação psicossocial, permitindo obter uma estimativa de idade mais precisa. Uma vez que não existe nenhum método que permita determinar a exata idade de um indivíduo, revela-se necessário a utilização de métodos que permitam uma obtenção de um intervalo de idades mínimo, o mais aproximado possível da idade cronológica do indivíduo (EASO, 2018). Para efeitos de brevidade do trabalho em questão, de entre os métodos utilizados para a determinação da idade de um indivíduo, apenas os métodos médicos serão mais aprofundados.

Meios de determinação da idade e a sua classificação

Entre os métodos expeditos viáveis para a determinação da idade, destacam-se a observação dentária, a ressonância magnética (RM) e a observação do desenvolvimento físico do indivíduo como os métodos médicos que não recorrem a radiação ionizante. Entre os métodos médicos com recurso à radiação ionizante, evidenciam-se o raio-X da mão e do punho pelo atlas de Greulich-Pyle, o raio-X às clavículas e os raios-X dentários, nos quais se destacam as ortopantomografias (OPGs), até à atualidade as mais amplamente utilizadas, e o CBCT.

Relativamente aos métodos médicos com recurso à radiação ionizante, estes têm enfrentado críticas ao longo dos anos e sido classificados como pouco éticos e imprecisos. De facto, atualmente não existe nenhum método singular capaz de determinar o valor absoluto da idade de um indivíduo, isto é, apenas é possível estimar a idade do mesmo e obter resultados que surgem sob a forma de um intervalo de idades possíveis. Para além da preocupação com a radiação inerente aos raios-X e com a exposição precoce das crianças à radiação no caso dos exames radiológicos (Sauer, et al., 2016), o processo de determinação da idade de menores levanta questões por poder ser considerado intrusivo e ser realizado na ausência de um motivo terapêutico ou de diagnóstico.

Adicionalmente, e apesar das recomendações europeias, em alguns países da UE a recusa de participação nos exames de determinação de idade pode incorrer em consequências como a consideração da criança ou jovem como adulto (Malmqvist et al., 2018). Deve considerar-se que, nestes casos, os exames são realizados de forma voluntária?

Não obstante as recomendações da EUAA que sugerem que os métodos médicos sejam um recurso secundário em casos de dúvida real e substanciada, estes métodos continuam a ser utilizados com regularidade pela maioria dos países da UE (EASO, 2021).

Em Portugal, a entidade responsável pela gestão das políticas de integração de migrantes, requerentes de asilo e refugiados é a Agência para a Integração, Migrações e Asilo (AIMA). A AIMA, I.P., criada em 2023, veio assumir as funções administrativas em assunto de migrações e asilo previamente exercidas pelo Serviço de Estrangeiros e Fronteiras (SEF) (Decreto-Lei n.º 41/2023). O Decreto de Lei n.º 41/2023 de 2 de junho estabelece que a AIMA poderá recorrer a exames médicos por forma a confirmar a

idade de um indivíduo não acompanhado. Em casos de dúvida, a lei portuguesa assume a menoridade do mesmo:

“Para determinar a idade do menor não acompanhado, a AIMA, I. P., pode recorrer a perícia médica, através de exame pericial não invasivo, presumindo-se que o requerente é menor se subsistirem fundadas dúvidas.”

(Diário da República, 2023)

1. Metodologias não médicas

Como frisado anteriormente, a UE recomenda uma série de metodologias iniciais que deverão preceder os procedimentos médicos utilizados para avaliar a idade de uma criança ou jovem. Entre estes destacam-se a verificação cruzada de provas documentais e as entrevistas.

1.1. Análise documental

Os documentos mais requeridos pelos países da UE são: o passaporte, o documento de identificação pessoal, o título de residência, documentos de viagem providenciados pela UNHCR e os certificados de nascimento ou de casamento dos aplicantes com referência à sua idade. Os documentos originais ou cópias legalizadas destes são preferidos (EASO, 2021). A falta destes documentos pode suscitar dúvidas quanto à idade de um indivíduo, no entanto, se a idade declarada pelo indivíduo puder ser confirmada por informações de outras bases de dados, como a Eurodac (sistema biométrico centralizado da UE), declarações de familiares ou dos responsáveis pelo indivíduo ou por registos escolares ou médicos como o boletim de vacinas, é considerado que não existe causa suficiente para proceder ao exame de determinação da idade. Nos casos em que as evidências encontradas são contraditórias, considera-se que as dúvidas quanto à idade do indivíduo são substanciadas e não sendo colmatadas por outras abordagens não médicas, deverá dar-se início ao processo de estimativa da idade recorrendo a exames médicos.

1.2. Entrevista

As entrevistas deverão ocorrer sempre sob o consentimento do examinando e sob o uso de técnicas de entrevista adequadas às crianças.

Nas entrevistas pessoais procura-se recolher o máximo de informação possível sobre a vida do indivíduo, questionando-o quanto a eventos significativos da sua vida e quanto ao seu histórico familiar, educacional e profissional, de modo a tentar construir uma cronologia da vida da criança ou jovem em análise e reconstituir a sua idade. Este tipo de entrevista, por norma, recai sobre as autoridades responsáveis pelas políticas de asilo e de migração (EASO, 2018).

Existem também as entrevistas psicossociais que pretendem observar o comportamento, linguagem e modo de interação da criança ou jovem com aqueles ao seu redor e com o meio que o circunda, de modo a estimar a faixa etária a que pertence. Esta avaliação deverá ser realizada por psicólogos, assistentes sociais ou por profissionais com um vasto conhecimento sobre o desenvolvimento das crianças e jovens adultos.

Embora este método se destaque pela sua não invasividade, admite-se que possa existir algum grau de subjetividade nos resultados e uma margem de erro considerável, pelo que a EASO (2018) recomenda que este método seja conjugado com outros.

2. Metodologias médicas

Conforme acima descrito, os métodos médicos são um conjunto de exames e técnicas utilizadas para estimar a idade de uma criança ou jovem quando os resultados dos métodos não médicos se revelaram insuficientes.

Dentro dos exames médicos podemos distinguir dois tipos: os exames que fazem recurso à radiação ionizante (radiográficos) e os que não o fazem (não radiográficos).

2.1. Métodos não radiográficos

Entre os métodos não radiográficos mais comumente utilizados, podemos referir os seguintes: o exame físico, a observação dentária, a RM e os ultrassons.

2.1.1. Exame físico

O exame físico deverá ser realizado por um profissional médico e avaliar características antropométricas do indivíduo como sejam a sua altura, peso, índice de massa corporal

(BMI), espessura das dobras cutâneas e sinais de maturação sexual (De Sanctis et al., 2016).

Os exames que possam envolver nudez e exposição de genitais ou partes íntimas, não deverão ser efetuados em quaisquer circunstâncias pelo seu elevado grau de intrusividade (EASO, 2018). Isto é particularmente relevante em casos de crianças ou jovens que possam ter sido vítimas de abuso.

É de ressaltar que as medidas antropométricas parecem não refletir as variações interpopulacionais raciais, étnicas, nutricionais e de realidades socioeconómicas distintas (De Sanctis et al., 2016), reforçando a visão deste exame como incerto e, assim, inviável.

2.1.2. Observação dentária

A utilização da observação visual da erupção dentária para avaliar a idade de um indivíduo não é uma metodologia moderna. Em 1837, no contexto da Inglaterra da Revolução Industrial, o cirurgião-dentista Edwin Saunders propôs ao parlamento inglês a utilização da análise da erupção dentária como método para avaliar a idade das crianças que trabalhavam em fábricas, cuja idade mínima deveria ser 9 anos. No panfleto denominado “The Teeth as a Test of Age considered in reference to the Factory Children. Addressed to the Members of both Houses of Parliament”, Saunders propõe uma tabela que confronta a visualização clínica de peças dentárias com a idade de um indivíduo (Ugalde Barahona et al., 2019).

No âmbito do processo de determinação da idade de uma criança ou jovem, os médicos dentistas integram o diverso corpo clínico interveniente, contribuindo com o seu conhecimento e experiência na observação e análise das peças dentárias presentes na cavidade oral da criança ou jovem. Assim, o médico dentista compara os seus achados durante o exame clínico com a cronologia e padrão eruptivo normais dos dentes decíduos e permanentes.

No entanto, convém destacar que estas observações clínicas permitem simplesmente avaliar se o desenvolvimento do indivíduo se encontra dentro dos padrões normais. Os únicos dentes que podem ser utilizados como indicadores de maioridade são os terceiros molares, pelo simples facto de serem os únicos dentes ainda em desenvolvimento no final da adolescência até à idade adulta (Björk & Kvaal, 2018).

Este exame poderá ser complementado por exames radiográficos, e, neste sentido, foram desenvolvidos vários estudos, como os de Nolla (1960) e de Demirjian et al. (1973) que analisam os estádios de desenvolvimento e maturação dentária. Estes estudos irão ser abordados mais adiante.

2.1.3. Ressonância magnética (RM)

Uma das modalidades que tem sido alvo de investigação quanto à possibilidade de ser utilizada para a estimar a idade de um indivíduo é a RM, que se estabelece como uma solução não invasiva e não ionizante alternativa aos exames radiográficos. Este exame procura determinar a idade de uma criança ou jovem avaliando a maturação e desenvolvimento esquelético de áreas como a mão e o punho, e o joelho.

Os princípios de funcionamento da RM são o magnetismo e a ressonância. De uma forma genérica, no funcionamento da RM, é gerado um campo magnético intenso ao qual o corpo do examinando é sujeito na máquina de exame. Em seguida, a máquina emite um impulso de ondas rádio que, quando cessa, origina uma libertação de energia nos átomos de hidrogénio do corpo, que é captada por uma bobina recetor, permitindo, assim, gerar imagens, em alta resolução, do corpo do examinando.

A determinação da idade óssea avalia momentos-chave do processo de maturação óssea, desde a ossificação endocondral na diáfise, ao estabelecimento de centros de ossificação nas epífises, à formação, adelgação e desaparecimento da placa cartilaginosa de crescimento, terminando com a fusão das epífises (Khan et al., 2009). Assim, a determinação da idade através da avaliação da maturação esquelética do joelho baseia-se na observação do disco epifisário, tecido cartilaginoso entre o tecido ósseo da diáfise e das epífises dos ossos longos. À medida que progride o processo de maturação esquelética, o tecido cartilaginoso torna-se cada vez mais delgado até que desaparece por completo, marcando o fim da ossificação (Junqueira & Carneiro, 2013; Ording Muller et al., 2023).

Ademais, a adaptação dos métodos comparativos de Greulich e Pyle e Tanner-Whitehouse (TW2) às imagens da mão e punho, obtidas por RM, parece ser uma possibilidade de contornar a determinação da idade com recurso a radiação ionizante (Urschler et al., 2016).

Os estudos têm apontado para a necessidade de mais dados para validar plenamente e padronizar o uso da RM para estimar a idade de um indivíduo. Em especial, são

sugeridos mais estudos que considerem amostras maiores e mais diversas em termos étnicos, e estudos que combinem dados de vários locais anatômicos no mesmo indivíduo de modo a melhorar a precisão da estimativa de idade, uma vez que esta análise, de diversos locais anatômicos num mesmo indivíduo, tem revelado melhores resultados para a estimativa da idade do que a análise de dados de um só local anatômico do indivíduo (De Tobel et al., 2020).

No mesmo sentido, uma revisão sistemática de 2023 (Ording Muller et al., 2023) que avaliou a RM do joelho como método estimativo da idade cronológica, conclui que atualmente não existe evidência científica suficiente para recomendar o uso da RM do joelho como método de determinação da maioridade, recomendando uma maior uniformização dos protocolos de RM, de modo a garantir a consistência e reprodutibilidade uniformizada dos resultados obtidos, e dos sistemas de classificação da maturação óssea, facilitando, assim, a interpretação dos resultados e a comparação destes com referências consideradas padrão.

Importa mencionar que têm surgido estudos onde a utilização da RM é testada para avaliar a idade de um indivíduo através da identificação dos diferentes estádios de mineralização e erupção dentária. É o caso do estudo de Baumann et al. (2015), no qual se comparou o uso da OPG com a RM na avaliação dos diferentes estádios de mineralização e erupção dos molares, tendo por base os estádios de desenvolvimento de Demirjian et al. (1973) e os estádios de erupção dos molares de Olze et al. (2005). Segundo os autores deste estudo, ambas as técnicas permitiram identificar os estádios dentários com precisão, embora a RM tenda a atribuir estádios inferiores em comparação com a OPG e necessite de protocolos de aquisição de imagem que otimizem o contraste entre tecidos.

É ainda de salientar que a RM pode não ser indicada em casos de indivíduos com *pacemakers*, tatuagens ou implantes metálicos, ou, pelo menos, estes indivíduos poderão necessitar de medidas adicionais de precaução devido à sua exposição a um campo magnético durante o exame. Neste sentido, e no contexto da migração em massa de zonas de guerra e de conflito, a existência de fragmentos metálicos não detetados no corpo, como limalhas e estilhaços, pode também apresentar-se como um entrave à realização da RM (EASO, 2018).

Além disso, este tipo de exame, pela sua duração e tipo de equipamento, poderá não ser apropriado para pacientes com claustrofobia ou ansiedade. Em alternativa, poderão ser

usados *scanners* de RM abertos, os quais são uma variação mais espaçosa e com um ambiente menos restritivo dos aparelhos tradicionais de RM.

2.1.4. Ultrassons

A ultrassonografia é, a par da RM, uma das metodologias sem recurso à radiação ionizante mencionadas no manual da EASO de 2018.

Esta modalidade recorre a ondas sonoras de alta frequência emitidas em pulso por um aparelho chamado transdutor. As ondas sonoras atravessam os tecidos e retornam como ecos, sendo posteriormente detetados e transformados em imagens que traduzem as estruturas internas do corpo do examinando. Para fins de estimação da idade de um indivíduo, a ultrassonografia tem sido testada em áreas como a mão e o punho, a clavícula e a crista ilíaca.

Embora a ultrassonografia se ofereça como uma opção não invasiva e sem exposição à radiação ionizante, os estudos recentes concluem que não deverá ser ainda considerada uma modalidade válida para a substituição dos métodos convencionais (raios-X à mão e punho e à clavícula) para determinação da idade óssea, carecendo ainda de estudos (Aynsley-Green et al., 2012; Khan et al., 2009).

2.2. Métodos radiográficos

Apesar das reservas europeias quanto ao uso de radiação ionizante, têm sido vários os países a reformarem as suas políticas de estimação de idade, incluindo entre elas os métodos radiográficos. De facto, em fevereiro de 2021, 22 países da UE usavam pelo menos um método radiográfico para complementar o seu processo de avaliação da idade (Comissão Europeia, 2021).

O raio-X, descoberto em 1895 por Wilhelm Röntgen, é um método que utiliza radiação eletromagnética para obter imagens do interior do corpo. Os raios-X emitidos através do corpo humano irão ser absorvidos e refletidos, de modo diferenciado, pelos vários tecidos e estruturas internas do corpo. A radiação remanescente é detetada e transformada numa imagem que, para efeitos do processo de avaliação da idade, nos permite aferir quanto à idade de um indivíduo pela estimativa da sua idade esquelética, determinada pela fase de desenvolvimento dos ossos. Os estádios de desenvolvimento

esquelético são determinados a partir da análise do processo de fusão ou de maturação óssea.

O estudo da maturação esquelética estabelece-se como um estudo comparativo e, neste sentido, está dependente do uso de imagens referência. A estas imagens correspondem estádios bem documentados da maturação óssea, associados a uma idade e sexo.

Os métodos mais utilizados são o raio-X da mão e punho, da clavícula e os raios-X dentários.

Relembrando que o uso de raios-X para a avaliação da idade de crianças e jovens que não possui um objetivo terapêutico especificado deve, segundo as recomendações europeias, ser utilizado meramente em casos de dúvida substantiada, é importante assegurar que é utilizada a menor radiação possível (princípio ALARA, as *low as possible*), procurando o equilíbrio entre os benefícios e os malefícios do uso de radiação ionizante (Aynsley-Green et al., 2012).

2.2.1. Raio-X da mão e do punho

O raio-X da mão e do punho estabelece-se como um dos exames radiográficos mais populares no processo de avaliação da idade de uma criança ou jovem.

Como referido anteriormente, a determinação da idade óssea de um indivíduo através de métodos radiográficos, baseia-se no processo de maturação dos ossos longos.

Durante o desenvolvimento esquelético, os ossos da mão e do punho sofrem alterações morfológicas e fundem-se num padrão registado e padronizado. Os vários centros de ossificação da mão e do punho foram estudados quanto às suas alterações em tamanho e forma e quanto ao processo de ossificação das epífises, relacionando essas alterações com a idade cronológica dos indivíduos. Aquando da fusão epifisária, considera-se um osso como maturo (Aynsley-Green et al., 2012). O desenvolvimento esquelético da mão e do punho termina aos 17 anos nas mulheres e aos 18 anos nos homens (Schmeling et al., 2006).

Assim, as radiografias realizadas são contrastadas com as imagens de estudos que documentam os momentos-chave do processo de ossificação, por forma a determinar a idade óssea do requerente. Um dos estudos mais utilizados para esse fim é o atlas de referência de Greulich e Pyle (1959).

No entanto, é de salientar que o atlas de Greulich e Pyle foi realizado tendo por base achados radiográficos das mãos e punhos esquerdos de crianças caucasianas americanas de classe socioeconómica média do século XX (1930s), o que tem suscitado dúvidas quanto à sua aplicabilidade em populações com características marcadamente distintas ou mais modernas. Sauer et al. (2016) questionam a universalidade do atlas de Greulich e Pyle, afirmando que para efeitos da determinação da idade de crianças e jovens migrantes não existem estudos suficientes com dados de referência adequados. Locais como a África subsariana, por exemplo, de onde provém um grande número de refugiados, e onde a má nutrição e as pobres condições socioeconómicas reinam, não têm sido alvo deste tipo de estudos. Assim, os autores salientam que este tipo de exame falha em não considerar que a má nutrição e as condições socioeconómicas desfavorecidas podem atrasar o desenvolvimento esquelético.

Um outro método utilizado é o de Tanner-Whitehouse (1962), TW1, com versões mais recentes TW2 (1975) e TW3 (2001), que se foca em 20 ossos específicos da mão e do punho, atribuindo pontuações a cada um deles conforme o seu estágio de desenvolvimento. No final, essas pontuações são somadas, obtendo-se o valor de maturidade esquelética (*skeletal maturity score*, SMS) que é comparado com tabelas de referência para estimar a idade esquelética (Ortega et al., 2006). Em TW3 é incluído um método alternativo do cálculo da SMS que tem apenas em conta 13 regiões de interesse, como o rádio, a ulna e alguns metacarpos e falanges (Martín Pérez et al., 2025).

É de notar que os valores de referência de TW1 têm por base uma população infantil britânica dos anos 50 e 60 e que TW2 acrescenta dados de populações norte-americanas.

Martín Pérez et al. (2023) elaboraram um estudo para determinar a precisão dos métodos de determinação da idade pela maturação esquelética, reforçando que, embora tanto o método de Greulich-Pyle como o método TW3 sejam ferramentas válidas para este fim, a sua precisão pode sofrer quando aplicada a crianças de diferentes etnias. No mesmo sentido, Schmidt et al. (2008) procuraram estabelecer a aplicabilidade clínica na determinação da idade óssea utilizando os métodos de Tanner-Whitehouse, afirmando que, no seu estudo e para indivíduos entre os 14-16 anos, a diferença média entre a idade esquelética e a idade cronológica foi de -0,1 a +1,4 anos com TW2 e de -0,4 a +0,2 anos com TW3. Concluem declarando a aplicação do método TW3 como mais fiável do que TW2, pelo risco acrescido de sobrestimação de idade deste último método.

Contudo, mais uma vez, é importante ter em consideração que, pelos motivos anteriormente mencionados, a recomendação deste método a jovens de países subdesenvolvidos poderá ser posta em causa.

2.2.2. Raio-X da clavícula

A avaliação da ossificação do osso da clavícula é particularmente relevante para estimar a idade de indivíduos que se julga terem mais de 18 anos, uma vez que outros sistemas de avaliação da maturação esquelética avaliam ossos cujo desenvolvimento já está completo nesta idade – é o caso da mão e do punho (Schmeling et al., 2016).

A título de exemplo, o *Study Group on Forensic Age Diagnostics (Arbeitsgemeinschaft für Forensische Altersdiagnostik, AGFAD)*³, fundado em 2000 e constituído por membros de mais de 10 países, recomenda, em conformidade com as recomendações europeias, a realização de um exame físico, complementado por um método radiológico esquelético, como a radiografia da mão e do punho, bem como por uma radiografia dentária e, adicionalmente, caso se observe a ossificação completa da mão e do punho, a realização de um raio-X da clavícula (Schmeling et al., 2008).

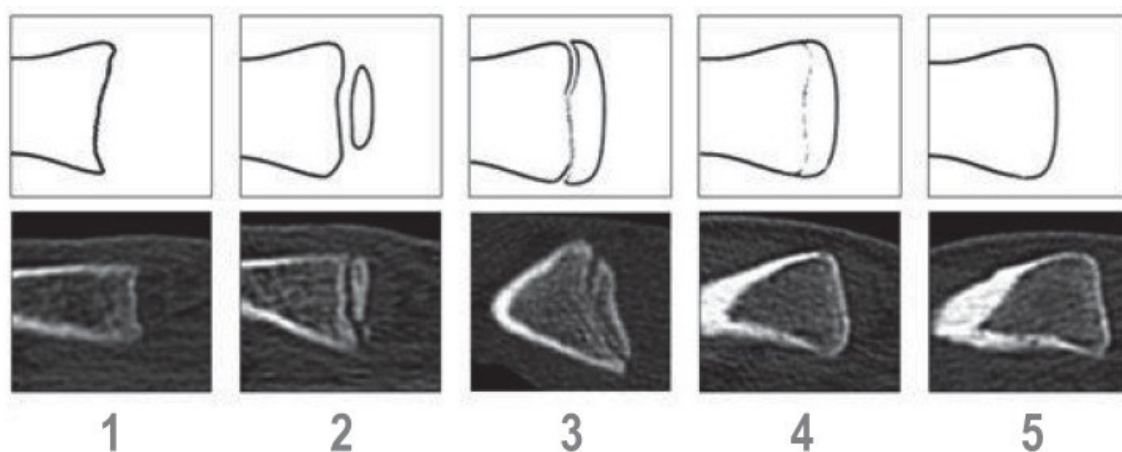
A avaliação da clavícula pode ser efetuada por radiografias convencionais ou com recurso à Tomografia Computorizada (TC), embora modalidades como a RM e os ultrassons tenham sido também estudadas para visualizar os estádios de maturação óssea da clavícula (Shedge et al., 2021).

As fases de maturação da clavícula podem seguir várias classificações. Segundo Kreitner et al. (1998) pode distinguir-se quatro fases de ossificação da clavícula. Schmeling et al. (2016), no entanto, subdividem a última fase de fusão completa do disco epifisário em duas, com base na presença ou não da cicatriz epifisária. A Tabela 1 evidencia as semelhanças e diferenças entre estas duas classificações, descrevendo, brevemente, que observações são esperadas. A Figura 3 ilustra os estádios de Schmeling et al. (2016).

³ O *Study Group on Forensic Age Diagnostics* é um grupo independente especializado no desenvolvimento de diretrizes e orientações para a estimativa da idade em contextos forenses.

Tabela 1. Tabela comparativa das fases de maturação óssea da epífise mesial da clavícula, contrastando a fase 4 considerada por Kreitner et al. (1998) com as fases 4 e 5 de Schmeling et al. (2016).

Fases de ossificação de Kreitner et al. (1998)	Fases de ossificação da clavícula de Schmeling et al. (2016)
Fase 1 - o centro de ossificação não está ossificado	
Fase 2 – o centro de ossificação já apresenta ossificação, mas não é ainda observada ossificação do disco epifisário	
Fase 3 – o disco epifisário está parcialmente ossificado (fusão parcial entre a epífise e a metáfise)	
Fase 4 – o disco epifisário desaparece, estando totalmente ossificado (fusão completa entre a epífise e metáfise)	Fase 4 – o disco epifisário está totalmente ossificado, havendo presença de cicatriz epifisária (fusão completa com cicatriz epifisária)
	Fase 5 - o disco epifisário está totalmente ossificado, não se observando a presença de cicatriz epifisária (fusão completa sem cicatriz epifisária)

**Figura 3.** Fases de ossificação da clavícula de acordo com Schmeling et al. (2016). Os números 1, 2, 3, 4 e 5 correspondem, respetivamente às fases 1, 2, 3, 4 e 5 descritas na Tabela 1. Retirado de Schmeling et al. (2016) e reproduzido com autorização da editora (Deutsches Ärzteblatt International).

A observação de uma cicatriz epifisária na fusão completa sugere que a idade mínima de um indivíduo é de 20 anos no sexo feminino e de 21 anos no sexo masculino. Schmeling et al. (2016) acrescentam que a fusão epifisária completa com ausência de cicatriz epifisária foi observada, pela primeira vez, a partir dos 26 anos em ambos os sexos.

Em 2010, Kellinghaus et al. propuseram a subdivisão das fases 2 e 3 de Schmeling et al. (2016) de modo a aumentar a precisão do exame e da estimativa de idade que este possibilita. Na Tabela 2 apresentam-se as subdivisões propostas pelos autores,

comparando-as com as fases 2 e 3 de Schmeling et al. (2016). A Figura 4 ilustra os subestádios introduzidos por Kellinghaus et. al (2010).

Os autores afirmam que o estágio 3c não ocorre antes dos 19 anos em ambos os sexos. Assim, as suas subdivisões vêm complementar o exame radiológico da clavícula, possibilitando considerar um indivíduo como tendo 18 anos mesmo que a fusão epífise/metáfise não esteja completa. Seguindo a classificação de Schmeling et al. (2016), a idade mínima passível de ser estimada era de 20 anos no sexo feminino e de 21 anos no sexo masculino, aquando da observação da fase 4.

Tabela 2. Tabela comparativa das fases 2 e 3 de Schmeling et al. (2016) e das subdivisões apresentadas por Kellinghaus et al. (2010).

Schmeling et al. (2016)	Kellinghaus et al. (2010)
Fase 2 – o centro de ossificação já apresenta ossificação, mas não é ainda observada ossificação do disco epifisário	Estádio 2a - O comprimento da epífise corresponde a um terço ou menos da largura da metáfise
	Estádio 2b - O comprimento da epífise situa-se entre mais de um terço e até dois terços da largura da metáfise
	Estádio 2c - O comprimento da epífise é superior a dois terços da largura da metáfise
Fase 3 – o disco epifisário está parcialmente ossificado (fusão parcial entre a epífise e a metáfise)	Estádio 3a – Há fusão da epífise e da metáfise em um terço ou menos do espaço previamente existente entre as duas
	Estádio 3b - Há fusão da epífise e da metáfise entre um terço a dois terços do espaço previamente existente entre as duas
	Estádio 3c - Há fusão da epífise e da metáfise em mais de dois terços do espaço previamente existente entre as duas

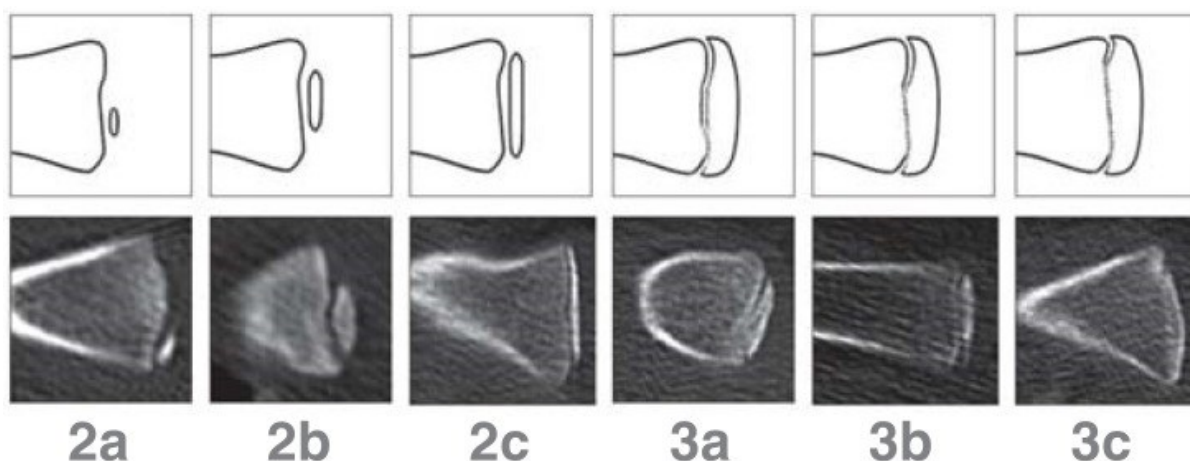


Figura 4. Os subestádios da ossificação da clavícula introduzidos por Kellinghaus et al. (2010). Os números 2a, 2b, 2c, 3a, 3b e 3c correspondem, respetivamente às fases 2a, 2b, 2c, 3a, 3b e 3c descritas na Tabela 2. Retirado de Schmeling et al. (2016) e reproduzido com autorização da editora (Deutsches Ärzteblatt International).

Contudo, este método deverá, também, ter em conta que fatores socioeconómicos e a nutrição podem afetar diretamente o desenvolvimento e a maturação óssea, pelo que a sua aplicação em indivíduos jovens provenientes de países em desenvolvimento poderá não ser indicada (Re et al., 2019).

2.2.3. Ortopantomografia (OPG)

A OPG, também chamada de radiografia panorâmica, é um tipo de radiografia bidimensional que permite uma visualização completa da maxila, mandíbula e das peças dentárias existentes.

A OPG é dos métodos radiográficos dentários mais utilizados para a determinação da idade cronológica, uma vez que possibilita visualizar o estado de formação das coroas e raízes dos dentes e o seu estado eruptivo, desde a formação e desenvolvimento intraósseo ao alcance de uma posição funcional oclusal na cavidade oral (Sauer et al., 2016).

Pereira et al. (2015) referem que, entre 2009 e 2013, o SEF iniciou o processo de estimativa da idade em 82 crianças não acompanhadas e que foram utilizadas OPGs para avaliar o desenvolvimento dentário. De acordo com dados do Instituto Nacional de Medicina Legal e Ciências Forenses, entre os métodos utilizados estavam o de Kullman et al. (1992), Mincer et al. (1993) e de Haavikko (1970). Quando todos os dentes permanentes se encontravam erupcionados, foi aplicado o método proposto por Kvaal et al. (1995).

Os vários métodos de determinação da idade utilizados com recurso à OPG são descritos mais adiante.

2.2.4. CBCT

Uma vez que não existe nenhum método que permita determinar a idade exata de um indivíduo, revela-se necessário a utilização de métodos que permitam uma obtenção de um intervalo de idades mínimo, o mais aproximado possível. Neste sentido, e pelo facto de a análise dentária ser eficaz na determinação da idade cronológica, têm sido utilizados exames 2D como a OPG como exames complementares na avaliação da idade em casos de migrantes indocumentados. As radiografias 2D, contudo, têm as suas limitações pelo facto de representarem, em apenas um plano, imagens de estruturas que

existem tridimensionalmente, o que origina distorções e introduz erros de precisão na interpretação das imagens. Uma alternativa promissora é o CBCT, que oferece uma visualização das estruturas dento-maxilo-faciais precisa e em três dimensões, tendo sido estudada a possibilidade de aplicar esta metodologia radiográfica na estimação da idade de crianças e jovens.

O CBCT e a determinação da idade

1. O CBCT e as suas possibilidades

O CBCT é uma tecnologia de obtenção de imagens de alta resolução em três dimensões que permite tempos de exame curtos, com uma exposição a doses de radiação menores do que as correspondentes às TC convencionais. O CBCT tem ganho popularidade nas últimas duas décadas na Medicina Dentária, colmatando as falhas das radiografias 2D ao produzir imagens de qualidade e em vários planos das estruturas dento-maxilo-faciais (Kaasalainen et al. 2021).

Scarfe e Farman (2008) referem a ampliação limitada e a distorção, sobreposição e representação incorreta da forma real de estruturas anatómicas como as principais limitações das radiografias bidimensionais, referindo o CBCT como uma técnica que veio revolucionar a Medicina Dentária.

Esta modalidade radiográfica surge como uma alternativa à TC convencional, introduzida pelo britânico Godfrey Hounsfield em 1971, sob a forma de protótipo, procurando-se uma diminuição da radiação e da duração do exame (Lechuga & Weidlich, 2016).

O desenvolvimento de equipamentos de CBCT para uso na Medicina Dentária teve início na segunda metade dos anos 90, tendo-se assistido ao seu crescimento em número e à sua asserção na Medicina Dentária até aos dias de hoje (Pauwels et al., 2015). O primeiro equipamento de CBCT foi o NewTom-9000, introduzido em 1998 em Verona, em Itália (Venkatesh & Venkatesh Elluru, 2017).

A lista de possibilidades de aplicação do CBCT em Medicina Dentária é extensa. Esta tecnologia é especialmente útil em áreas como a endodontia, na visualização e avaliação da anatomia canalar, para o diagnóstico de fraturas e avaliação de dor; na cirurgia oral, no estudo da localização de estruturas como os seios maxilares, o canal do nervo alveolar inferior, de dentes impactados e supranumerários e das suas relações com estruturas anatómicas adjacentes; na ortodontia, durante a avaliação de casos clínicos e na elaboração de planos de tratamento; na patologia oral, na observação e análise da extensão e forma de tumores, quistos e infeções, bem como no estudo da sua relação com as estruturas adjacentes; na implantologia, tanto nas fases pré como pós operatória e na elaboração de guias e modelos que não só facilitam a cirurgia como permitem a diminuição do tempo de consulta (Baccher et al., 2024).

Assim, o uso do CBCT permite ao clínico ter não só uma maior confiança no seu diagnóstico, como também planejar tratamentos ou procedimentos mais complexos com uma maior precisão.

2. Funcionamento do CBCT

O equipamento de CBCT possui uma plataforma giratória na qual estão incorporados uma fonte e um detetor de raios-X. Aquando do exame, o equipamento gira em torno do fulcro da região de interesse (*region of interest*, ROI), expondo o indivíduo a um feixe de raios-X sob a forma cônica, que pode ser contínuo ou em impulsos, e que irá ser detetado no lado oposto. Durante a rotação são adquiridas cerca de 180 a 1024 projeções 2D sequenciais que, após deteção, sofrem um processamento e reconstrução em *software* que permite obter uma imagem digital tridimensional (Venkatesh & Venkatesh Elluru, 2017). Na Figura 5 é ilustrado o processo de aquisição de imagem pelo CBCT.

A duração do exame é comparável à duração de uma OPG (Scarfe & Farman, 2008), tendo uma duração de cerca de 10-70 segundos (Nota et al., 2020). O seu processamento, contudo, tende a ser um pouco mais moroso, demorando entre 1 a 20 minutos (Scarfe & Farman, 2008).

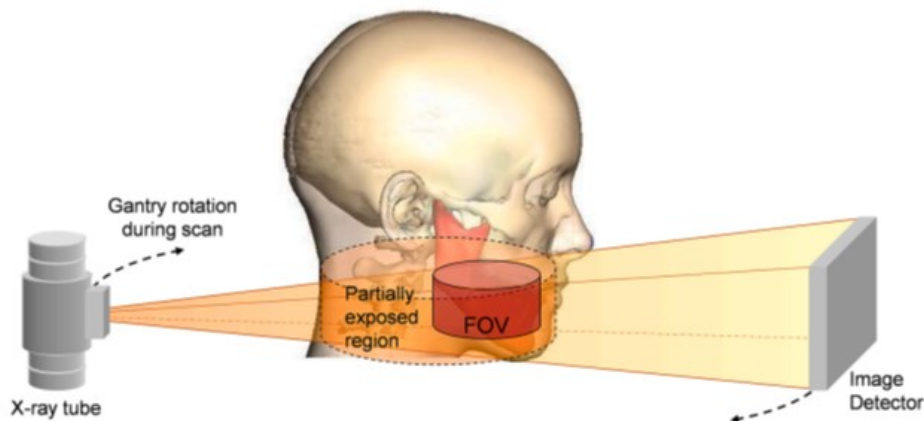


Figura 5. Princípio básico de funcionamento do CBCT. O equipamento possui uma fonte de raios-X que expõe a ROI do examinando a um feixe cônico de raios-X. À medida que o equipamento gira em torno do examinando, os raios-X são detetados por detetor de raios-X incorporado no equipamento. Retirado de Kaasalainen et al. (2021) e reproduzido com autorização dos autores.

Relativamente ao posicionamento do paciente durante o exame, podemos distinguir três tipos de equipamentos de CBCT: os CBCT com paciente deitado (em posição supina), os CBCT com paciente sentado, e os CBCT com o paciente em pé. Enquanto os CBCT

com o paciente deitado ocupam mais espaço, os CBCT com o paciente em pé, por norma, permitem a adaptação a cadeiras de rodas e ocupam o espaço equivalente a um equipamento de radiografia panorâmica tradicional (Pauwels et al., 2015). Os vários tipos de equipamento de CBCT de acordo com a posição adotada pelo examinando são ilustrados na Figura 6.



Figura 6. Diferentes tipos de equipamentos de CBCT de acordo com a posição do paciente. Da esquerda para a direita: CBCT com paciente sentado, CBCT com o paciente em pé e, por último, CBCT com o paciente em posição supina. Retirado de Pauwels et al. (2015) e reproduzido com autorização dos autores e da editora (Oxford University Press).

3. Parâmetros do CBCT e qualidade de imagem

As dimensões do campo de visão ou *field of view* (FOV), isto é, da área que irá ser exposta aos raios-X e capturada tridimensionalmente, dependem do tamanho e da forma do detetor e da geometria da projeção dos raios-X, bem como da capacidade de colimar o feixe de raios-X para uma área específica (Scarfe & Farman, 2008).

De acordo com Pauwels et al. (2015), a maioria dos equipamentos de CBCT tem já vários tamanhos de FOV pré-definidos, fazendo uso de colimadores com aberturas adequadas a esses tamanhos. Existem, contudo, alguns equipamentos que permitem o ajuste livre da colimação ao longo do eixo vertical (z) e, assim, a modificação do FOV.

Os sistemas de CBCT podem ser classificados consoante o tamanho do FOV. Neste sentido, podemos distinguir sistemas pequenos ($\text{FOV} \leq 10 \text{ cm}$), médios (FOV entre 10-15 cm) e grandes ($\text{FOV} > 15 \text{ cm}$) (Ludlow et al., 2015).

A unidade de medida volumétrica da imagem 3D gerada tem o nome de voxel. As unidades de CBCT permitem resoluções de voxel que são isotrópicas, isto é, iguais nas três dimensões do espaço: axial, sagital e coronal.

As dimensões do voxel variam de equipamento para equipamento, sendo que um voxel mais pequeno irá permitir uma maior resolução da imagem 3D e que um voxel de maior dimensão produzirá imagens com menor resolução. De um modo geral, as dimensões de um voxel variam entre 0,076 e 0,4mm. Contudo, um voxel menor poderá exigir mais tempo de processamento e envolver uma maior exposição do indivíduo à radiação (Scarfe & Farman, 2008).

O tamanho do FOV utilizado determina a extensão anatómica abrangida pelo feixe de raios-X. De um modo geral, um FOV maior implica um aumento da radiação durante o exame e um aumento da quantidade de radiação dispersa, o que pode reduzir a resolução da imagem final. Assim, um FOV maior relaciona-se com uma maior dose de radiação, com uma maior presença de ruído e um menor contraste. Em oposição, um FOV menor minimiza a dose de exposição do examinando e determina uma imagem com menos ruído. Para além disso, quanto menor for o voxel do equipamento, maior será a resolução espacial da imagem, implicando, contudo, uma maior dose de radiação para o efeito (Kaasalainen et al. 2021).

Assim, recomenda-se que o FOV procure apenas abranger a ROI, sendo esta o menor possível (Pauwels et al., 2015).

4. Vantagens e limitações do CBCT

De facto, a radiação num exame por CBCT é consideravelmente menor do que num exame de TC. Isto ocorre porque, contrariamente ao que acontece numa TC convencional na qual os raios-X são emitidos em leque (*fan beam*) cobrindo finas fatias do corpo (secções axiais) em várias rotações sequenciais, as máquinas de CBCT emitem radiação sob a forma de cone que abrange uma área maior numa única rotação. Ou seja, enquanto a TC convencional necessita de um maior tempo de exposição para capturar a informação necessária, o CBCT requer menos tempo de varredura para captar a mesma área de exame, o que, por sua vez, diminui a quantidade de radiação a que o examinando está exposto (Scarfe & Farman, 2008).

Para além da exposição a uma menor dose acumulada de radiação, podemos distinguir outras vantagens do CBCT em relação ao TC tradicional, como seja a sua melhor resolução (Lechuga & Weidlich, 2016), a diminuição do número de artefactos gerados pelo movimento do examinando (Scarfe & Farman, 2008) e o facto de os seus equipamentos produzirem uma menor sensação de claustrofobia, permitindo uma maior aceitação por parte dos examinandos.

Contudo, como a limitação principal do CBCT, Scarfe e Farman (2008) referem a menor qualidade das imagens com um FOV maior, associando esta diminuição da qualidade ao ruído e à fraca resolução de contraste que resultam da detecção de grandes quantidades de radiação dispersa, ou seja, um maior volume de tecidos irradiados durante o exame pode resultar numa maior quantidade de radiação dispersa que, por sua vez, resulta numa imagem com mais ruído e menos resolução (Venkatesh & Venkatesh Elluru, 2017).

Chamamos artefacto a distorções ou erros na imagem que não correspondem à anatomia real do examinando e que podem comprometer a interpretação correta e a qualidade da imagem. Os principais artefactos encontrados no CBCT podem ocorrer por: endurecimento do feixe de raios-X (*beam darkening*), originando bandas escuras estriadas ou efeito de *cupping* que distorce a imagem; movimentos realizados pelo examinando durante o exame, afetando sobretudo a nitidez da imagem final; problemas do próprio equipamento; e problemas que advêm do uso de um feixe de raios-X sob a forma cónica (subamostragem, artefactos de volume parcial e deformações nas extremidades do FOV) (Venkatesh & Venkatesh Elluru, 2017).

Assim, o ruído, o fraco contraste dos tecidos moles e a presença de artefactos constituem as maiores limitações deste tipo de exame.

O uso de inteligência artificial (IA) na reconstrução de imagens tem sido explorado para otimizar o CBCT e procurar ultrapassar as suas limitações. Neste sentido, Scarfe e Farman (2008) referem a criação de algoritmos de correção que atuam na fase de reconstrução no sentido de reduzirem as distorções que advêm de elementos metálicos e de corrigir movimentos realizados pelo examinando durante a captação de imagens. Este último ponto poderá ser muito útil no caso de crianças e adolescentes que tendem a ter um posicionamento mais instável durante o exame.

Também Kaasalainen et al. (2021) mencionam inovações neste sentido, referindo a incorporação de detetores de contagem de fótons que permitem uma redução da radiação dispersa e o aumento do contraste; o uso de IA na reconstrução de imagem para otimizar a nitidez e o uso de algoritmos para minimizar os artefactos gerados pelos movimentos dos examinandos.

5. A problemática da radiação

A Comissão Internacional de Proteção Radiológica (*International Commission on Radiological Protection – ICRP*)⁴ recomenda o cálculo da dose efetiva como o método preferencial para avaliar o risco biológico associado à exposição a radiação ionizante. Para este cálculo considera-se não só a quantidade total de radiação absorvida pelo corpo, mas também a radiosensibilidade dos diferentes tecidos e órgãos, atribuindo-lhes um fator de ponderação fracionado, consoante a sua sensibilidade. A dose efetiva é expressa em sieverts (Sv). Este cálculo é especialmente útil para comparar o risco da exposição à radiação entre várias modalidades imagiológicas.

Existe uma preocupação efetivamente maior quando os examinandos são crianças ou jovens, devendo-se ao facto de serem mais radiosensíveis e, consequentemente, terem um risco acrescido aos efeitos adversos resultantes da exposição à radiação ionizante (Ludlow et al., 2015).

Importa referir que na nossa vida quotidiana estamos expostos, de uma forma natural, à radiação cósmica, que engloba diversos tipos de radiação nocivas. Esta exposição varia consoante o local onde vivemos, em particular com o nível de altitude em que nos encontramos.

A Tabela 3 apresenta uma comparação das doses de radiação média consoante o método radiográfico utilizado (OPG, CBCT, TC convencional e o raio-X da mão e do punho), o tempo de exposição e o FOV. Para além disso, é apresentado também, em termos comparativos, a radiação a que estamos sujeitos de forma natural.

Os valores da dose de exposição à radiação durante os exames radiológicos podem variar com o tamanho do paciente e com o tipo de tecnologia utilizada (Radiological Society of North America & American College of Radiology, 2025). A dose de radiação durante um exame com o CBCT varia consoante o equipamento, as suas configurações e parâmetros, como sejam: a tecnologia do recetor de imagem do equipamento, o FOV, parâmetros de exposição como o tempo de exposição, a corrente do tubo de raios-X (em mA), a tensão máxima aplicada ao tubo de raios-X determinada pela energia dos fotões (em kVp), a filtragem do feixe de raios-X e a resolução da imagem (Ludlow et al., 2015).

⁴ A Comissão Internacional de Proteção Radiológica é uma organização internacional, independente e não-governamental, fundada em 1928, que fornece recomendações sobre a proteção contra a radiação ionizante.

Tabela 3. Tabela de correspondência entre método radiológico, dose de radiação a que um indivíduo está sujeito durante cada exame e a comparação dessa dose com a dose de exposição à radiação natural. Adaptado de Eliasova et al. (2021) e de Radiological Society of North America e American College of Radiology (2025).

Método radiológico	Dose de radiação	Comparação com exposição à radiação natural (Radiological Society of North America e American College of Radiology, 2025)
Ortopantomografia	2.9–11 μ Sv (Eliasova et al., 2021)	3 dias para uma dose de radiação de 25 μ Sv
CBCT	Entre 25 and 35 μ Sv com um FOV limitado (Ludlow & Ivanovic, 2008). 68 μ Sv num <i>scan</i> de 20 segundos (Eliasova et al., 2021) até 1073 μ Sv num scan integral da cabeça e pescoço (Ludlow & Ivanovic, 2008).	22 dias para uma dose de radiação de 180 μ Sv
TC tradicional	TC maxilar 1400 μ Sv TC mandibular 1320 μ Sv TC bimaxillar 2100 μ Sv (Eliasova et al., 2021)	5 meses para uma dose de 1200 μ Sv
Radiografia da mão e do punho	Menos de 1 μ Sv (Radiological Society of North America e American College of Radiology, 2025).	Menos de 3 horas

Ludlow et al. (2015) afirmam que, em média, as doses efetivas do CBCT variam entre 212 mSv a 84 mSv em adultos e entre 175 mSv e 103 mSv em crianças, consoante o tamanho do FOV. Já Scarfe e Farman (2008) reportam doses efetivas entre os 29 e os 477 mSv, que diferem de equipamento para equipamento e que são maiores quanto maior for o FOV utilizado. Os mesmos autores, descrevem que a dose efetiva de um exame CBCT corresponde a 5 a 74 vezes a dose de uma OPG e a 3 a 48 dias de exposição à radiação natural, valores que vão ao encontro aos valores estimados por Eliasova et al. (2021), conforme consta na Tabela 3.

O uso de dispositivos de proteção radiológica durante os exames radiológicos tem sido uma das medidas tradicionalmente implementadas para reduzir a exposição de órgãos radiosensíveis, como a tiroide, e assegurar a proteção dos examinandos. Contudo, têm surgido estudos que sugerem que o seu uso pode afetar substancialmente a qualidade

das imagens e não ser tão benéfico para a proteção dos pacientes como se pensava. Estes estudos sugerem a descontinuação do uso destes dispositivos (Kaasalainen et al., 2021; Samara et al., 2022).

6. O CBCT como alternativa à OPG nos métodos de determinação da idade

O avanço das tecnologias de imagem e o surgimento do CBCT tem vindo a colmatar as falhas inerentes às radiografias 2D e tem emergido como uma alternativa promissora aos métodos tradicionais que fazem usualmente uso da OPG, conforme descrito no capítulo anterior. Não podemos negar a natureza tridimensional das estruturas da cabeça e pescoço que pretendemos estudar para estimar a idade de um indivíduo, e o facto de os dados obtidos através das radiografias tridimensionais permitirem extrair dados quantitativos volumétricos, em adição aos dados lineares obtidos pelas radiografias bidimensionais (Maret et al., 2011). As imagens obtidas por CBCT são vantajosas uma vez que permitem uma análise mais pormenorizada da morfologia das estruturas da cavidade oral, eliminando distorções e sobreposições comuns nas imagens 2D (Tyagi et al., 2024).

Para além disso, o CBCT é versátil no sentido em que também permite gerar imagens bidimensionais como a OPG e as telerradiografias. Neste âmbito, o estudo "Comparison of 2D OPG image versus orthopantomogram from 3D CBCT from the forensic point of view" teve como objetivo comparar imagens panorâmicas obtidas tradicionalmente com aquelas geradas a partir de CBCT, avaliando a sua precisão para fins de identificação forense. Os autores observaram uma discrepância média de 6,1% entre as duas técnicas, referindo que, apesar de se registarem algumas distorções na conversão CBCT para OPG, as imagens derivadas do CBCT mostraram uma forte correlação com as OPGs tradicionais, o que valida a sua utilização na prática forense, juntamente com as OPGs convencionais (Eliasova et al., 2021).

Dalessandri et al. (2020) realizaram uma revisão sistemática que procurou avaliar a evidência disponível acerca da precisão e fiabilidade do uso do CBCT como método de determinação de idade, em comparação com o uso tradicional da OPG. Relativamente à exposição à radiação, é sabido que o CBCT envolve uma dose de radiação superior à da OPG. Contudo, os autores referem que os avanços tecnológicos permitiram aprimorar a tecnologia do CBCT e que a definição de um FOV reduzido, adequado à ROI requerida, com protocolos otimizados para utilizar a dose mais baixa possível tendo em conta a resolução, torna a diferença de dose de radiação menos significativa. Para além disso, o

CBCT permite estudar a proporção volumétrica polpa/dente e avaliar estruturas e processos como a sutura esfeno-occipital e a corticalização do côndilo pelo facto de produzir imagens tridimensionais. Os dois últimos casos (sutura esfeno-occipital e côndilo mandibular) tendem a ser, contudo, associados a FOVs mais abrangentes e, portanto, a doses de radiação superiores. Assim, o uso de CBCT deverá ser justificado.

Merdietio Boedi et al. (2022) investigaram a reprodutibilidade dos métodos de estimação de idade a partir de imagens obtidas por CBCT e sua correlação com a idade cronológica, concluindo que existe uma forte evidência de fiabilidade e reprodutibilidade dos métodos de estimativa de idade com recurso a CBCT, ressaltando a mais-valia do CBCT nomeadamente em estudos que utilizaram métodos quantitativos e volumétricos em oposição aos de estadiamento. Estes autores atentam, contudo, para a falta de métodos standardizados nos vários estudos observacionais que analisaram, afirmando que a uniformização dos protocolos de estudos observacionais é necessária para a sua reprodutibilidade. Para além disso, esta uniformização irá facilitar a comparação entre estudos e a validação dos resultados.

No próximo capítulo irão ser discutidos os métodos que fazem uso de radiografias dentárias para a determinação da idade. Serão apresentados vários estudos que demonstram a aplicação tanto da OPG como do CBCT para este fim, sendo exploradas as diferenças, vantagens e resultados do uso de ambas as técnicas radiográficas. Além disso, serão exploradas outras abordagens que têm emergido com o avanço das tecnologias tridimensionais e nas quais o CBCT pode ter utilidade.

Determinação da idade através de radiografias dentárias

1. Métodos com base em estádios dentários de desenvolvimento e maturação

Durante aproximadamente os primeiros 20 anos de vida de um indivíduo, podem ser observadas várias fases eruptivas da dentição decídua e da dentição permanente. Uma vez que está bem documentada a relação entre as várias fases de formação e erupção de uma peça dentária e a idade de um indivíduo, a cronologia de erupção da dentição decídua e da dentição permanente é essencial para a estimativa da idade.

Existem vários métodos para determinar a idade dentária⁵ a partir da análise do desenvolvimento dentário através da OPG. Entre os métodos tabelados mais representativos destacam-se o de Nolla, de Demirjian et al., de Moorrees et al. e o de Willems et al.

Convém mencionar que as alterações estruturais dentárias descritas como seja a presença de atrição, erosão, abrasão e a recessão periodontal não foram tidas em conta no âmbito deste trabalho uma vez que ocorrem progressivamente com o envelhecimento de um indivíduo e que o foco deste trabalho está na determinação da idade de indivíduos jovens.

1.1. Método de Nolla (1960)

O método de Nolla (1960) estabelece 10 estádios do desenvolvimento e maturação dentária, que vão de 1 a 10. A soma das pontuações de todos os dentes, valores correspondentes aos estádios em que os dentes se encontram, é confrontada com as tabelas elaboradas por Nolla para cada sexo (ver anexo B), correspondendo-lhe um valor que equivale à idade estimada do indivíduo em causa.

Quando o dente se encontra entre dois estádios, as pontuações a atribuir poderão ser mais 0,2, 0,5 ou 0,7. Por exemplo, a um dente cujo desenvolvimento se posicione entre o estágio 7 e o estágio 8, será dada uma pontuação de 7,5. Se, por outro lado, o desenvolvimento do dente indica um posicionamento ligeiramente acima do estágio 7, mas abaixo de 7,5, será atribuída uma pontuação de 7,2. Por último, se o

⁵ A idade dentária é uma idade aproximada à idade cronológica de um indivíduo que é estimada a partir da maturação e erupção dentária, tendo por base tabelas de referência já estabelecidas.

desenvolvimento do dente indica um posicionamento acima de 7,5, mas inferior ao estágio 8, a pontuação atribuída é de 7,7.

Para a aplicação deste método pode ser selecionado um quadrante da maxila ou da mandíbula, com ou sem a presença do terceiro molar, ou toda a arcada dentária, existindo tabelas específicas para o sexo feminino e para o sexo masculino que têm, ou não, em conta a presença dos terceiros molares. Na Tabela 4 está presente a descrição dos estádios de acordo com Nolla, que poderão ser observados na Figura 7.

A análise estatística dos dados recolhidos na investigação de Nolla permitiu estabelecer médias de desenvolvimento dentário para diferentes idades, facilitando a sua aplicabilidade clínica na aferição quanto à variabilidade individual.

Tabela 4. Descrição dos estádios de desenvolvimento e de maturação dentária de acordo com Nolla (1960)

Estádio	Descrição dos achados radiográficos
Estádio 0	Ausência de cripta (estrutura radiotransparente circular que envolve o gérmen dentário dentro do osso alveolar)
Estádio 1	Presença de cripta
Estádio 2	Calcificação inicial da coroa (aparecimento de pequenos pontos radiopacos triangulares junto ao bordo coronal interior da cripta)
Estádio 3	1/3 coroa formada
Estádio 4	2/3 da coroa formada
Estádio 5	Coroa quase totalmente formada
Estádio 6	Formação completa da coroa
Estádio 7	1/3 da formação radicular completa
Estádio 8	2/3 da formação radicular completa
Estádio 9	Formação radicular quase totalmente completa, mas com ápice aberto
Estádio 10	Formação radicular completa com ápice encerrado

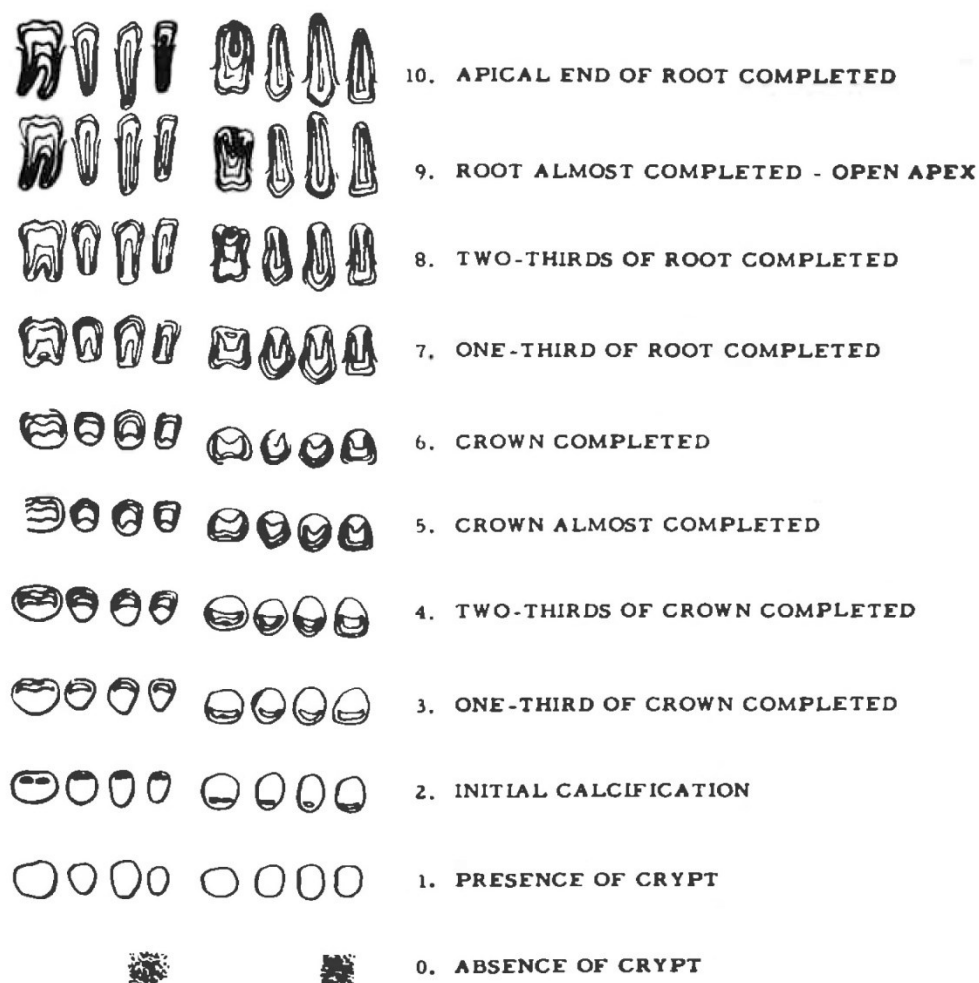


Figura 7. Ilustração original dos estádios de desenvolvimento e de maturação dentária de Nolla (1960). Retirado de Nolla (1960) e reproduzido com autorização da editora (The American Society of Dentistry for Children - American Academy of Pediatric Dentistry).

1.2. Método de Moorrees et al. (1963)

Em 1963, Moorrees et al. propõem também vários estádios de desenvolvimento e maturação dentária, focando-se na dentição permanente e utilizando radiografias de crianças caucasianas de nacionalidade americana. Os autores avaliaram 10 dentes permanentes de uma hemiarcada (incisivo central e lateral maxilares e todos os dentes mandibulares) como uma seleção representativa dos arcos maxilares e mandibulares, identificando 14 estádios distintos do desenvolvimento dentário permanente. Este método, à semelhança do método de Haavikko (1970) que não será explorado neste trabalho, associa diretamente cada estágio de um dente específico a uma idade média estimada, sem recurso à soma de pontuações.

Na Figura 8 estão representados graficamente e descritos os estádios de Moorrees et al.



Figura 8. Esquema visual das diferentes fases de desenvolvimento e maturação dentárias descritas por Moorrees et al. (1963). Adaptado de Moorrees, et al. (1963) e reproduzido com autorização da editora (Sage Publications).

1.3. Método de Demirjian et al. (1973)

Em 1973, Demirjian et al. estabelecem 8 estádios do desenvolvimento da coroa e das raízes dentárias que vão de A a H, conferindo a cada um desses estádios um valor numérico. A soma dos valores dos estádios dos dentes da hemi-arcada esquerda inferior (ou dos dentes contralaterais, caso haja ausências - considerando-se que o desenvolvimento dentário é simétrico na maioria dos casos) é então convertida num valor correspondente à idade dentária estimada do indivíduo, através de uma tabela elaborada pelos autores (ver anexo C). A Figura 9 mostra as ilustrações apresentadas originalmente por Demirjian et al. (1973), sendo complementada pela Tabela 5 que descreve os vários estádios apresentados no seu estudo.

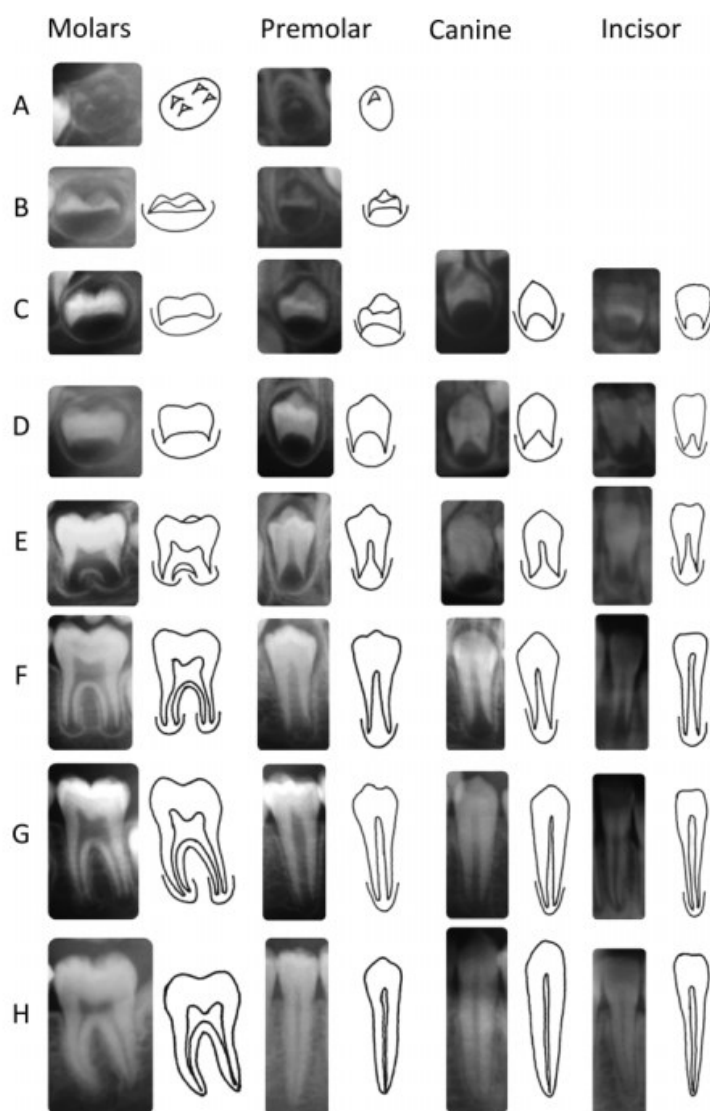


Figura 9. Ilustrações e radiografias correspondentes aos estádios de desenvolvimento e de maturação dentária de Demirjian et al. (1973). Retirado de Liversidge (2012) e reproduzido com autorização da editora (Informa UK Limited - Taylor & Francis Group).

Embora este método tenha sido originalmente criado para a população franco-canadiana, tem sido aplicado globalmente em várias populações, verificando-se, no entanto, flutuações na sua precisão quando aplicado em populações não caucasianas. Não obstante, é um dos métodos de determinação da idade por observação radiográfica dentária mais aceites, tendo surgido adaptações desenvolvidas para um melhor ajuste a populações de diferentes grupos étnicos (Miravé & Abecasis, 2025).

Tabela 5. Descrição dos estádios de desenvolvimento e de maturação dentária de acordo com Demirjian et al. (1973).

Estádios	Descrição dos achados
Estádio 0	Se não houver indícios de calcificação a classificação dada é de 0. Não é tida em conta a formação da cripta
Estádio A	É visível o início do processo de calcificação na parte superior da cripta na forma de pequenos cones ou cones invertidos. Não há fusão dos pontos de calcificação
Estádio B	Verifica-se a fusão de pontos de calcificação, formando uma ou várias cúspides que dão contorno à superfície oclusal
Estádio C	Fase A) A formação de esmalte na superfície oclusal está completa, estendendo-se para a região cervical do dente Fase B) Começa a ser depositada dentina Fase C) O contorno da câmara pulpar é curvo relativamente ao bordo oclusal
Estádio D	Fase A) A formação da coroa do dente está completa até ao nível da junção amelo-cementária (JAC) Fase B) Nos dentes monorradiculares, o bordo superior da câmara pulpar assume o seu contorno côncavo definitivo, com uma depressão em direção à região cervical do dente. Podem ser visíveis os cornos pulpares. Nos molares, a câmara pulpar assume uma forma trapezoidal Fase C) O início da formação radicular é visível como uma espícula
Estádio E	Nos dentes monorradiculares: Fase A) As paredes da câmara pulpar formam linhas retas descontinuas pela presença do corno pulpar que assume uma dimensão maior em relação ao estágio anterior Fase B) O comprimento da raiz é menor que a altura da coroa do dente Nos molares: Fase A) É visível um ponto de calcificação ou uma forma semilunar que correspondem à formação inicial da bifurcação radicular Fase B) O comprimento da raiz é menor que a altura da coroa do dente
Estádio F	Nos dentes monorradiculares: Fase A) As paredes da câmara pulpar assumem a forma de um triângulo e o ápice termina numa forma afunilada Fase B) O comprimento da raiz é igual ou maior do que a altura da coroa do dente Nos molares: Fase A) A zona calcificada da bifurcação radicular cresce e desenvolve-se adotando uma forma afunilada nas terminações Fase B) O comprimento da raiz é igual ou maior do que a altura da coroa do dente
Estádio G	As paredes do canal radicular são paralelas e o ápice continua parcialmente aberto no caso da raiz distal dos molares
Estádio H	Fase A) O ápice da raiz distal dos molares encontra-se fechado Fase B) A membrana periodontal apresenta uma espessura uniforme em torno da raiz e do ápice do dente

A literatura sugere que o método de Demirjian et al. (1973) tende a sobrestimar a idade cronológica em várias populações, sendo esta uma crítica apontada ao método. Em 2021, Hostiuc et al. conduziram uma meta-análise para aferir acerca da precisão do método de Demirjian et al. (1973) para a determinação da idade em crianças, concluindo que há uma tendência de sobrestimação da idade em ambos os sexos, em média, de cerca de seis meses. À luz da preocupação com esta discrepância com a idade cronológica, Willems et al. propuseram, já em 2001, alterações nas pontuações e novas tabelas para aplicação deste método em populações europeias, com base em dados de uma população caucasiana belga.

Os três métodos apresentados anteriormente abordam o desenvolvimento e a maturação dentária como meio de estimativa da idade. É de salientar que apenas o método Moorrees, et al. inclui os terceiros molares, sendo que o método de Nolla inclui, mas não obrigatoriamente, os terceiros molares, o que reflete a preocupação dos autores com a variabilidade biológica e morfológica individual dos terceiros molares.

Maber et al. (2006) e Liversidge et al. (2010) utilizaram a mesma amostra populacional, composta por 946 crianças entre os 3 e os 16,99 anos, para investigar, por meio de OPGs, qual o método de estadiamento dentário mais preciso na estimativa da idade. Em ambos os estudos foram analisados os sete dentes da hemiarcada mandibular esquerda, excluindo-se o terceiro molar.

No estudo de Maber et al. (2006) foram comparados os métodos de Demirjian et al. (1973), Willems et al. (2001), Nolla (1960) e de Haavikko (1970). Os resultados revelaram que o método de Willems et al. foi o que apresentou menor erro médio associado à estimativa de idade, subestimando a idade, em média, em 0,05 anos nos rapazes e em 0,20 anos nas raparigas.

Já o método de Demirjian et al. (1973) sobrestimou a idade dos jovens avaliados em cerca de 0,25 anos nos rapazes e de 0,23 anos nas raparigas. Por sua vez, o método de Haavikko (1970) tendeu a subestimar, em média, a idade em 0,56 anos nos rapazes e em 0,79 anos nas raparigas. Os autores referem uma menor precisão associada ao método de Nolla, a qual atribuem ao facto de, para além dos 10 estádios tabelados, existirem múltiplos estádios intermédios não tabelados entre os dez originalmente propostos (três estádios intermédios entre cada um dos 10), o que amplia o número de possibilidades para cerca de 40 categorias, dificultando a classificação exata.

No estudo de Liversidge et al. (2010) foram analisados quatro métodos de estadiamento: Nolla (1960), Demirjian et al. (1994)⁶, Willems et al. (2001) e Chaillet et al. (2005), métodos que atribuem uma pontuação a cada estágio de desenvolvimento dos sete dentes mandibulares, convertendo posteriormente a soma dessas pontuações numa idade dentária através de tabelas de referência. Para além disso, incluíram na sua investigação outros sete métodos que se baseiam em dados de dentes individuais, isto é, que associam diretamente cada estágio de um dente específico a uma idade média estimada, sem recurso à soma de pontuações. Foram eles: Moorrees et al. (1963), Haavikko (1970), Anderson et al. (1976), Liversidge et al. (2006), Nyström et al. (2007), Liversidge (2010) e um estudo que estava ainda em preparação, também de Liversidge.

Os autores referem que a maioria dos métodos tendeu a subestimar a idade cronológica, com a exceção dos métodos de Demirjian (1994) e de Haavikko (1970) que sobrestimaram as idades dos jovens estudados. De entre todos os métodos, o método de Willems et al. (2001) apresentou o menor desvio padrão e uma maior proporção de indivíduos com idade estimada até seis meses da idade real (49%).

Contudo, ao analisar os resultados por faixa etária, verificaram que o desempenho de cada método variou consoante a idade dos participantes e que, por exemplo, o método de Willems et al. apresentou uma maior precisão entre os 8 e os 11 anos, mas que na faixa etária entre os 13 e os 16 anos o método de Demirjian et al. (1994) foi o mais preciso. Não obstante, os autores sugerem o método de Willems et al. como o mais indicado quando estão disponíveis os sete dentes mandibulares para estudo; em alternativa, quando há menos dentes disponíveis, sugerem o método de Demirjian et al. (1994) e o de Moorrees et al. como alternativas eficientes.

1.4. Estudos com CBCT

Tyagi et al. (2024) procuraram avaliar a precisão de alguns métodos tradicionais na determinação da idade de crianças e adolescentes utilizando o CBCT. Avaliaram os métodos de Nolla, Demirjian, Schour e Massler e de Cameriere numa amostra de 100 CBCTs com participantes entre os 8 e os 15 anos. De entre os quatro métodos, o método de Nolla demonstrou ter mais precisão, subestimando a média de idades em 0,24 anos,

⁶ O método de 1994 é uma versão revista do método de 1973, com tabelas ajustadas com vista a ampliar a aplicabilidade do método a contextos populacionais diferentes do original. A estrutura básica do método, contudo, permanece a mesma.

sendo seguido do método de Demirjian que, por sua vez, sobrestimou a média de idades da população em 0,82 anos, em média.

Polat e Çelenk (2024) recolheram OPGs e CBCTs de 100 jovens turcos com idades entre os 9 e os 16 anos. O seu objetivo foi comparar a estimativa de idade através do volume pulpar e do rácio volume polpa/volume dente dos primeiros molares mandibulares através do CBCT com a estimativa recorrendo à OPG com os métodos de Demirjian et al. (1973) e de Willems et al. (2001), de modo a aferir qual método que alcançava uma estimativa de idade mais próxima da idade cronológica real.

Constataram que, de todos os métodos utilizados, os métodos que recorreram à OPG tiveram melhores resultados, sendo o método de Willems et al. (2001) o que obteve uma estimativa mais precisa da idade real. O método de Demirjian et al. (1973) sobrestimou a idade cronológica em 0.52 ± 0.83 anos nos rapazes e 0.59 ± 0.98 nas raparigas, enquanto o método de Willems et al. (2001) sobrestimou a idade cronológica em apenas 0.03 ± 0.72 anos nos rapazes e 0.12 ± 0.97 anos nas raparigas.

Ginzlova et al. (2019) compararam a precisão da estimativa da idade obtida a partir de imagens tridimensionais de CBCT com a de imagens panorâmicas geradas a partir do mesmo exame. Avaliaram 579 participantes checos com idades entre os 3 e os 16 anos, sendo a idade estimada a partir do método de Demirjian et al. (1973) pela avaliação dos sete dentes mandibulares esquerdos.

Os autores observaram um desvio padrão inferior na estimativa da idade quando utilizaram imagens tridimensionais, particularmente na avaliação dos dentes 31, 32, 33 e 34, o que sugere uma maior precisão do CBCT nestes casos. Por outro lado, na análise dos dentes 35, 36 e 37, as imagens panorâmicas mostraram-se mais vantajosas. No entanto, referem que a diferença entre os métodos só foi estatisticamente significativa no caso do dente 37.

Sugerem o CBCT como um método radiológico adequado para a estimativa da idade, acrescentado que as imagens tridimensionais proporcionam uma representação mais detalhada da zona apical dos dentes, o que pode aumentar a precisão do processo e diminuir o desvio padrão associado ao mesmo.

2. Métodos baseados na cronologia e na sequência da erupção dentária

Atualmente dispomos de valores médios da idade de erupção dentária em diversas populações, fruto de várias investigações que, ao longo dos anos, contribuíram significativamente para a compreensão da cronologia “clássica” e da sequência eruptiva dos dentes das dentições decídua e permanente (Leroy et al., 2008).

A título de exemplo, a tabela de cronologia da erupção dentária humana, elaborada por Logan e Kronfeld em 1933, e modificada por McCall e Schour em 1940 é uma das primeiras referências para a erupção dos dentes decíduos e permanentes (Muthu et al., 2024), embora a sua revisão tenha sido sugerida ao longo dos anos (Lunt & Law, 1974) e se recomende a elaboração de várias tabelas de cronologia dentária transcontinentais de modo a ultrapassar variações de ordem ambiental, social, racial ou étnica (Muthu et al., 2024).

Um dos métodos clássicos utilizados para estimar a idade com base na mineralização e erupção dentária é o atlas de Schour e Massler (1941), posteriormente modificado pelos próprios autores em 1944. Embora não sejam explorados em profundidade neste trabalho devido a limitações de espaço, tanto este atlas como o de Ubelaker (1978) constituem referências importantes e não poderiam deixar de ser mencionados.

Para fins ilustrativos, no anexo D, é possível ver a proposta de atlas pelos autores Schour e Massler em 1941.

2.1. “London Atlas” de AlQahtani et al. (2010)

Mais recentemente, AlQahtani et al. (2010) publicaram o “London Atlas” que apresenta vários estádios do desenvolvimento dentário e de erupção alveolar desde as 28 semanas *in utero* até aos 23 anos. Este atlas, disponível abaixo na Figura 10, tem vindo a ser adotado por várias universidades e por várias sociedades forenses (AlQahtani, 2014).

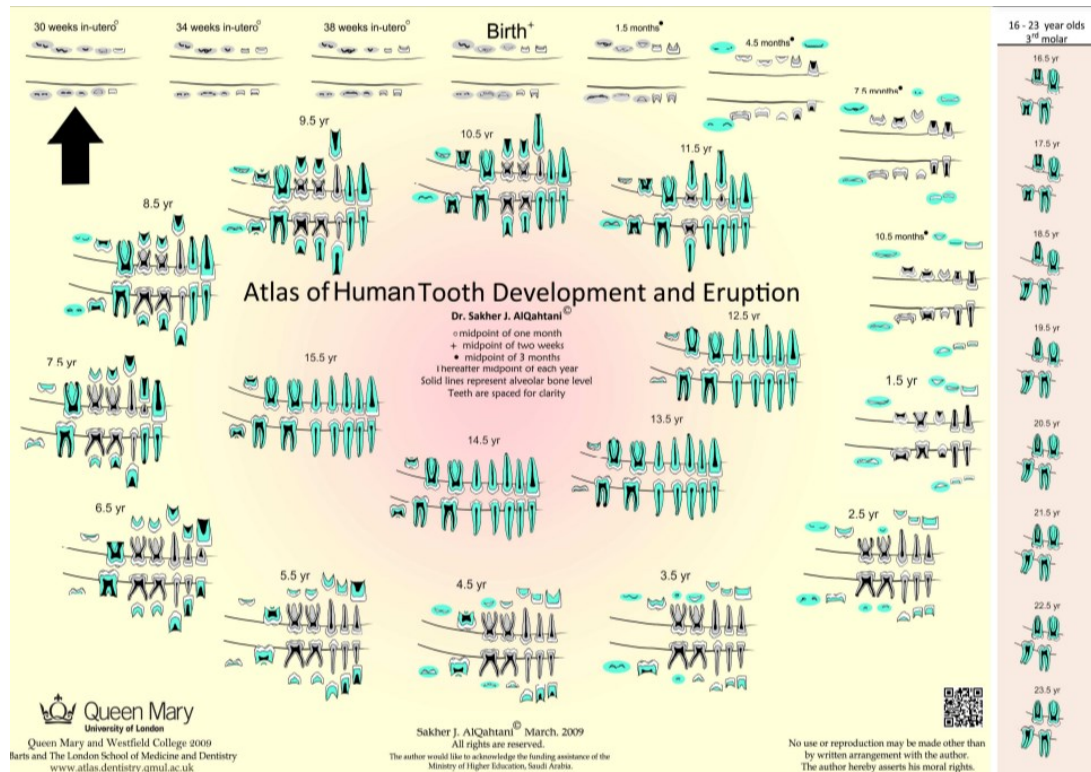


Figura 10. Atlas do desenvolvimento e erupção dentária de AlQahtani et al. (2010). Retirado de AlQahtani et al. (2010) e reproduzido com autorização dos autores.

AlQahtani et al. (2014) compararam os atlas de Schour e Massler, Ubelaker e o atlas de Londres num estudo que avaliou tanto amostras esqueléticas como radiografias de indivíduos com idades cronológicas conhecidas. Os resultados demonstraram que todos os atlas testados tenderam a subestimar a idade dos participantes. Contudo, o atlas de Londres ofereceu uma estimativa mais precisa da idade cronológica com diferença média entre a idade estimada e a idade cronológica de -0,10 anos, com 53% dos participantes com a sua idade cronológica corretamente identificada. Por sua vez, com os atlas de Schour e Massler e de Ubelaker verificou-se uma diferença média entre a idade estimada e a idade cronológica de -0,76 e -0,80 anos e uma percentagem de indivíduos com idade corretamente identificada de 39% e de 40%, respetivamente.

Na utilização destes métodos, importa referir que o *timing* de erupção dentária é influenciado por fatores de ordem fisiológica, que se relacionam com características genéticas e com a distribuição geográfica, a etnia e o sexo dos indivíduos; com fatores de origem patológica, se associados a doenças; e, também com fatores locais como a falta de espaço para a erupção dentária e a presença de obstáculos no trajeto eruptivo. As condições socioeconómicas de um indivíduo, bem como o seu padrão nutritivo e a presença de cáries são também fatores que influenciam a cronologia de erupção dentária

(Vandana et al., 2024). O atraso na erupção dentária pode também dever-se a anquilose, exodontia precoce ou adiada de dentes decíduos, e à impactação e apinhamento de dentes permanentes (Demirjian et al., 1973).

A meta-análise de Vandana et al. (2024), que sintetizou os dados globais sobre a sequência eruptiva da dentição permanente, evidenciou a influência de fatores geográficos nas idades de erupção dentária. Segundo os seus resultados, as populações africanas apresentam uma erupção mais precoce dos dentes maxilares, seguidas pelas populações europeias e, por fim, de populações da Ásia. No que diz respeito aos dentes mandibulares, observou-se que as populações europeias tendem a ter uma erupção mais antecipada, exceto no caso dos pré-molares. De uma forma geral, as populações asiáticas apresentaram idades de erupção mais tardias em comparação com as populações de outros continentes. Os autores concluem que é essencial que os médicos dentistas considerem as diferenças que a geografia introduz nas idades de erupção dos dentes permanentes.

Outros padrões de erupção bem documentados incluem o facto de a erupção dentária permanente tender a ser mais precoce no sexo feminino do que no sexo masculino, o facto de a maioria dos dentes mandibulares erupcionarem antes dos seus antagonistas maxilares e de a erupção de dentes contralaterais tender a ser simétrica (Leroy et al, 2008).

O facto de a cronologia e sequência eruptiva em ambas as dentições, decídua e permanente, seguirem padrões relativamente previsíveis possibilita a aferição da idade de um indivíduo jovem, na sua infância ou adolescência, pela observação clínica e radiográfica, salvaguardando variações geográficas, raciais, étnicas e individuais. Considera-se uma variação de mais ou menos 12 meses como dentro dos padrões normais eruptivos (Karp, 2011).

3. Métodos baseados na análise dos terceiros molares

Os terceiros molares têm sido alvo de particular interesse pelo seu desenvolvimento tardio, uma vez que entre os 17 e os 25 anos todos os outros dentes têm o seu desenvolvimento já completo (Miravé & Abecasis, 2025). Para além disso, os ossos da mão e do punho, que em idades inferiores poderiam servir de método coadjuvante na determinação da idade de um jovem, assumem já a sua morfologia adulta com as epífises totalmente fusionadas (Darji et al., 2011). Neste sentido, a avaliação da

maturação destas peças dentárias pode ser útil para aferir se um indivíduo atingiu, ou não, a maioridade.

Contudo, os terceiros molares são dentes de grande variabilidade, tanto quanto à sua forma e tamanho, como também quanto ao seu *timing* de desenvolvimento e de erupção na cavidade oral (Darji et al., 2011), e quanto à sua presença ou ausência. Trakinienė et al. (2018) estimam que a prevalência de agenesia dos terceiros molares se encontra entre os 10 e os 41%, variando consoante a etnia e geografia das populações consideradas. Segundo os autores, os valores mais elevados de agenesia foram reportados em populações coreanas (41%) e os valores mais baixos, com uma prevalência de agenesia dos terceiros molares entre os 10 e os 11%, foram encontrados em populações africanas e indianas. Já Carter e Worthington (2015) que desenvolveram uma meta-análise sobre as características morfológicas e demográficas preditoras da agenesia dos terceiros molares, estimam que a média global seja de 22,63%. É de destacar que estas percentagens são superiores às percentagens de agenesia de outros dentes.

Assim, embora a análise dos terceiros molares para a estimativa da idade possua limitações, pode ser útil na ausência de outro tipo de informações (Mincer et al., 1993).

3.1. Método de Demirjian et al. (1973) adaptado para os terceiros molares

O método de Demirjian et al. (1973) tem sido amplamente utilizado por ser considerado relativamente preciso na determinação da idade de um indivíduo, tendo vindo a ser adaptado para o estudo do desenvolvimento dos terceiros molares. Alguns exemplos dessas adaptações podem ser encontrados nos estudos de Mincer et al. (1993) e Willems et al. (2001).

Em 2005, Olze et al. avaliaram a precisão de cinco métodos de estimativa da idade com base no desenvolvimento do terceiro molar: o método adaptado de Demirjian et al. (1973), Gleiser e Hunt (1995), Gustafson e Koch (1974), Harris e Nortje (1984) e o de Kullman et al. (1992). Os autores concluíram que, entre os métodos analisados, o de Demirjian et al. se destacou pela maior fiabilidade e precisão na estimativa da idade. Por motivos de concisão e devido à limitação da extensão deste trabalho, apenas o método de Kullman et al. (1992), de entre os referidos, será abordado com maior detalhe.

Mincer et al. (1993) investigaram a análise do terceiro molar para estimar a idade cronológica numa população caucasiana americana entre os 14 e os 24 anos, aplicando os 8 estádios de Demirjian et al. (1973) para aferir acerca das fases de mineralização dos

terceiros molares. Os autores concluíram que, na prática, quando os terceiros molares se encontram em fases de desenvolvimento inicial (estádios A a D), é improvável que o indivíduo tenha atingido os 18 anos, mas que, por outro lado, se os ápices estiverem completamente encerrados (estádio H), há uma forte probabilidade de que já tenha ultrapassado essa idade. Os estádios intermédios E, F e G oferecem menos precisão.

Márquez-Ruiz et al. (2025) analisaram 123 TC multicorte de uma população mexicana com idades entre os 14 e os 22 anos, com o objetivo de avaliar a precisão do desenvolvimento dos terceiros molares através do método de Demirjian et al., bem como da observação da maturação das vértebras cervicais pelos estádios definidos por Baccetti et al. (2002) como indicadores da idade cronológica.

Os autores concluíram que todos os indivíduos cujo terceiro molar se encontrava no estágio H de Demirjian et al. podiam ser classificados como adultos com 100% de certeza. Contudo, observaram que, em aproximadamente 70% dos indivíduos com mais de 18 anos, os terceiros molares ainda não tinham atingido esse estágio. Assim, um terceiro molar maduro pode ser considerado um indicador de maioria, mas a ausência de maturação completa não permite excluir essa possibilidade.

A inclusão das vértebras cervicais como indicador de idade baseia-se em estudos prévios que descrevem e relacionam alterações morfológicas das vértebras cervicais com diferentes estádios de maturação. No entanto, no que respeita às vértebras cervicais, os autores observaram que quando combinaram a sua análise com a avaliação dos terceiros molares, não existiu aumento na precisão da estimativa da idade dos indivíduos.

Adicionalmente, importa mencionar que os estádios de Baccetti et al. não parecem ser eficazes para estimar a maioria de um indivíduo, uma vez que terminam antes dos 18 anos. A revisão sistemática de Magalhães et al. (2022), que avaliou 41 estudos, confirma esta observação, apontando uma idade média de 15,8 anos para o último estágio de Baccetti et al.

Akalın Kunuk e Bayrak (2024) avaliaram o método de Demirjian et al. (1973) adaptado aos terceiros molares numa população turca e através de CBCT. No total, foram estudados 445 pacientes com idades entre os 9 e os 26 anos. Os autores observaram a utilidade deste método na determinação da idade de um indivíduo nomeadamente perto do limiar dos 18 anos, referindo que, no seu estudo, os estádios A e B não foram observados em indivíduos com 18 ou mais anos. Salientam ainda a vantagem da utilização do CBCT em relação à OPG, uma vez que permite ultrapassar limitações

associadas como a ampliação de estruturas ósseas e dentárias, a presença de sombras e sobreposições, bem como a dificuldade de visualização completa de dentes inclinados.

Também nos terceiros molares a geografia e os antecedentes genéticos de uma população parecem influenciar a velocidade do seu desenvolvimento e maturação (AlQahtani, 2014). Olze et al. (2006) conduziram um estudo comparativo da mineralização dos terceiros molares utilizando os estádios de Demirjian et al. (1973) em amostras de populações alemãs, japonesas e sul-africanas. Os autores verificaram que existiam diferenças significativas quanto à idade em que os estádios D a G foram atingidos nas diferentes populações.

Em média, os indivíduos japoneses eram 1 a 2 anos mais velhos do que os indivíduos alemães nos estádios D–F, e os indivíduos africanos eram cerca de 1 a 2 anos mais novos do que a população caucasiana nos estádios D–G. Uma teoria sugerida pelos autores é de que estas diferenças populacionais poderão estar relacionadas com diferenças interpopulacionais existentes nas dimensões médias do palato, uma vez que a falta de espaço na arcada pode atrasar a erupção dos terceiros molares.

Assim, a análise das fases de desenvolvimento e de maturação dentária parecem ser ferramentas mais precisas quando têm em conta padrões populacionais. Contudo, autores como Liversidge et al. (2017) têm aconselhado cautela quanto à interpretação dos achados destes estudos relativamente a diferenças regionais e étnicas, alertando que o tamanho e estrutura das amostras bem como os métodos estatísticos empregues não são homogêneos.

3.2. Método de Cameriere (2008)

Cameriere et al. (2006) desenvolveram um método que procurou aferir acerca da idade cronológica a partir da abertura apical dos dentes em desenvolvimento. O seu estudo foi realizado numa população italiana caucasiana com idades compreendidas entre os 5 e os 15 anos, tendo sido avaliados os sete dentes permanentes mandibulares esquerdos, não considerando os terceiros molares, a partir de OPGs.

O número de dentes com desenvolvimento da raiz completo, isto é, já com ápice encerrado, foi calculado (N_0). Para dentes com o desenvolvimento radicular ainda em curso, foi calculada a distância entre as paredes internas do ápice aberto, para dentes monorradiculares, e realizada a soma das distâncias entre as paredes internas dos dois ápices abertos, para dentes multirradiculares. Os valores obtidos foram divididos pelos

comprimentos de cada dente ($x_i = A_i / L_i$, $i=1, \dots, 7$), por forma a normalizar os valores e a ter em conta o possível efeito da ampliação e da angulação dos raios-X. A maturação dentária foi calculada utilizando a soma das medidas normalizadas dos dentes com ápice aberto (s), a medida normalizada do segundo pré-molar (x_5), o número de dentes cujo desenvolvimento apical já estava completo (N_0) numa fórmula que tem também em conta a variável sexo do indivíduo (g):

$$\text{Idade} = 8,971 + 0,375g + 1,631 x_5 + 0,674 N_0 - 1,034s - 0,176s \times N_0$$

A Figura 11 ilustra os pontos de referência considerados pelos autores para o cálculo da largura da abertura do ápice.

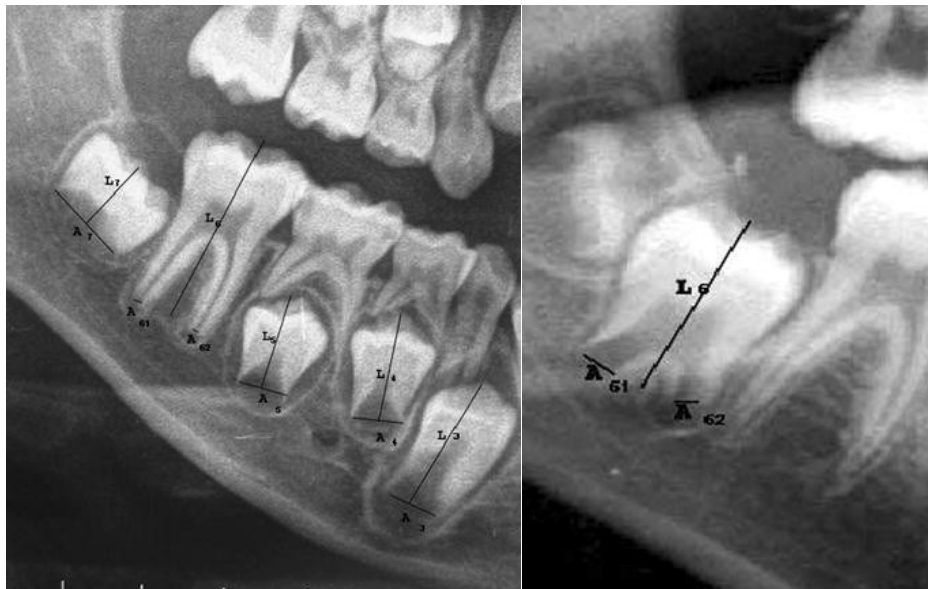


Figura 11. Imagem apresentada por Cameriere et al. (2006) para ilustrar as medições realizadas para aplicação do seu método. Retirado de Cameriere et al. (2006) e reproduzido com autorização da editora (Springer Nature).

Legenda: A_i , $i=1, \dots, 5$ (dentes monorradiculares) corresponde à distância entre as paredes internas do ápice em dentes com ápice aberto; A_i , $i=6, 7$ (dentes multirradiculares), corresponde à soma das distâncias entre as paredes internas dos ápices abertos; L_i , $i=1, \dots, 7$, corresponde ao comprimento de cada dente.

Segundo os autores, a mediana dos valores absolutos dos erros residuais é de menos de 0,04 anos, ou seja, os erros na estimativa de idade estão concentrados muito próximos de zero, com uma mediana inferior a 0,04 anos (ou seja, de cerca de 15 dias). Além disso, o erro padrão da estimativa foi de 0,93 anos, indicando que, em média, a estimativa de idade se desviou até aproximadamente 11 meses da idade real. Assim,

concluem que este método é comparável a outros métodos de estimativa da idade em jovens e igualmente preciso.

Różyło-Kalinowska et al. (2022) avaliaram 121 CBCTs de uma população polaca com idades entre os 5 e os 13 anos, procurando aplicar o método de Cameriere em CBCT, uma vez que este método tem sido tradicionalmente utilizado com radiografias panorâmicas.

Os autores verificaram que, em média, a idade foi sobrestimada em 0,17 anos nos rapazes e em 0,18 anos nas raparigas, com um erro médio absoluto de 0,73 anos e de 0,77 anos nos indivíduos do sexo masculino e feminino, respetivamente. Referem ainda que os seus resultados estão em consonância com os de outros estudos que utilizam o método de Cameriere de medição das aberturas apicais para estimar a idade a partir de OPGs.

Conclui-se que, face às distorções e ampliações de imagem associadas à OPG, bem como à presença de interferências anatómicas radiológicas como é o caso das “sombras fantasma” de estruturas contralaterais, o CBCT poderá vir a constituir-se como uma alternativa viável à OPG para a aplicação de métodos como o de Cameriere para a estimativa de idade.

Alguns anos mais tarde, Cameriere et al. (2008) procuraram adaptar o método de estimativa da idade pela medição da abertura dos ápices para uso dos terceiros molares como indicadores de maioridade. Similarmente ao estudo anterior, foram analisadas OPGs de indivíduos de raça caucasiana, desta vez de idades compreendidas entre os 14 e os 23 anos. Para aferir acerca da maioridade de um indivíduo, foi analisado o terceiro molar mandibular e definido o índice de maturidade do terceiro molar (I_{3M}).

Este índice I_{3M} é determinado da seguinte forma: se o ápice do terceiro molar estiver fechado, indicando o desenvolvimento completo, é-lhe atribuído o valor de 0 ($I_{3M}=0$); caso contrário, são somadas as medidas das distâncias das paredes internas dos ápices abertos e o valor dessa soma é dividido pelo comprimento do dente.

Os autores estabeleceram que um indivíduo é considerado maior de idade (teste positivo, $T=1$) se o I_{3M} for inferior ao valor *cutoff* de 0,08, e menor de idade se o valor for maior (teste negativo, $T=0$). Com base nos seus cálculos, os autores referem uma sensibilidade (indivíduos com 18 ou mais anos cujo teste é positivo) de 70% e uma especificidade (indivíduos com menos de 18 anos cujo teste é negativo) de 98%,

referindo que a probabilidade de um indivíduo ser classificado corretamente como menor ou maior de idade usando o seu método foi de 83%.

Cameriere et al. (2008) compararam o seu método adaptado aos terceiros molares com o de Demirjian et al. (1973) modificado e concluem que o primeiro método tem maior sensibilidade que o estágio H de Demirjian et al., permitindo identificar corretamente um maior número de indivíduos maiores de idade, e maior especificidade do que o estágio G de Demirjian et al. (1973), permitindo identificar corretamente um maior número de indivíduos menores de idade.

O estudo de Asif et al. (2019b) teve como objetivo estabelecer uma equação de regressão para estimar a idade cronológica a partir da medição da área de superfície dos ápices de terceiros molares mandibulares em desenvolvimento. Para o efeito, recorreram a imagens de CBCT procurando ultrapassar as limitações tradicionais associadas à distorção de imagem inerentes ao método proposto por Cameriere et al. (2008) que utiliza OPGs, permitindo, assim, a obtenção de medições mais precisas.

Foram analisados 183 CBCTs de indivíduos da Malásia e da China, com idades entre os 13 e os 24 anos. Os dados do CBCT foram exportados para o *software* Mimics (Materialise NV, Belgium, versão 21.0) para a criação de um modelo tridimensional e estes foram exportados para o *software* 3-Matics (Materialise NV, Bélgica, versão 13.0) para que fosse feita uma análise da área dos ápices em estudo. Com base nestas medições, foi construído um modelo de regressão linear múltipla.

Os autores verificaram um desvio absoluto médio de aproximadamente 0,82 anos aquando da aplicação do seu modelo de regressão a um novo grupo de indivíduos, independente ao estudo, concluindo quanto à fiabilidade do uso da análise tridimensional da área superficial dos ápices dos terceiros molares mandibulares em desenvolvimento para a estimativa da idade.

No mesmo ano, Asif et al. (2019a) estudaram também a abertura dos ápices de terceiros molares mandibulares em desenvolvimento numa amostra populacional malaia, a fim de encontrar investigar a relação entre a idade cronológica e as medições obtidas por este método, com especial foco na aferição deste método para a distinção entre adolescentes e jovens adultos no limiar dos 18 anos. Foram utilizados 73 CBCTs de indivíduos com idades entre os 15 e os 23 anos.

Nos indivíduos com 18 anos, os autores observaram um valor médio da área da superfície apical dos terceiros molares mandibulares de 9,25 mm², referindo que este valor é significativamente diferente dos valores obtidos para os 15, 16, 17, 22 e 23 anos.

Com um intervalo de confiança de 95%, os autores afirmam que, se a área apical for inferior a 9,25 mm², é mais provável que um indivíduo malaio tenha 18 ou mais anos, independentemente do seu sexo.

Importa notar que as diferenças na área apical entre os indivíduos de 18 anos e os grupos etários imediatamente superiores, ou seja, dos 19, 20 e 21 anos, não foram consideradas estatisticamente significativas, o que pode sugerir uma estabilização das medições nestas idades.

3.3. Método de Kullman et al. (1992)

Em 1992, Kullman et al. desenvolveram uma metodologia própria para a estimativa da idade cronológica, tendo por base a análise do desenvolvimento radicular dos terceiros molares mandibulares, utilizando aproximadamente 630 OPGs de indivíduos suecos com idades conhecidas.

Os autores definiram sete estádios de desenvolvimento das raízes dos terceiros molares inferiores, conforme consta abaixo na Figura 12.

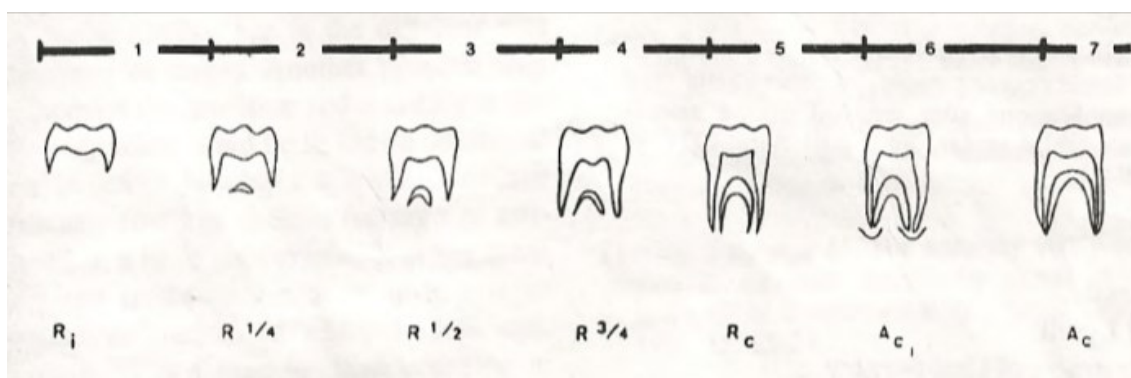


Figura 12. Os vários estádios de desenvolvimento radicular dos terceiros molares mandibulares propostos por Kullman et al. (1992). Retirado de Kullman et al. (1992) e reproduzido com autorização da editora (Swedish Dental Journal – Sveriges Tandläkarförbund)

- r_i – já teve início o desenvolvimento da raiz, mas ainda não foi atingido $\frac{1}{4}$ do seu comprimento total;
- $r_{1/4}$ – já se formou mais de $\frac{1}{4}$ mas menos de $\frac{1}{2}$ do comprimento total da raiz;
- $r_{1/2}$ – já se formou mais de $\frac{1}{2}$ mas menos de $\frac{3}{4}$ do comprimento total da raiz;
- $r_{3/4}$ – já se formou mais de $\frac{3}{4}$ do comprimento da raiz, mas ainda não se atingiu o comprimento total da raiz;

- r_c – já se formou todo o comprimento da raiz, mas o ápice ainda se encontra completamente aberto;
- a_{ci} – já se iniciou o encerramento do ápice, sem que, no entanto, se observe um encerramento total do mesmo;
- a_c – encerramento total do ápice radicular.

Os autores concluíram que existe uma correlação entre a idade cronológica e o desenvolvimento radicular dos terceiros molares inferiores, referindo que, na sua amostra, a calcificação da raiz dos terceiros molares inferiores teve início, em média, aos 15 anos nos rapazes, ocorrendo cerca de quatro meses mais tarde nas raparigas, e que o comprimento radicular total foi observado entre os 19 e os 20 anos de idade.

Referem, contudo, que este método revelou uma baixa precisão com um desvio padrão entre os 0.95-1.97 anos. Por forma a minimizar o erro total de medição, os autores sugerem, por exemplo, a aplicação de métodos mais objetivos no registo dos diferentes estádios, salientando a medição direta da extensão radicular formada nas radiografias como uma alternativa, uma vez que, apesar da distorção intrínseca à radiografia panorâmica, as medições na dimensão vertical são fiáveis se for tido em conta o fator de ampliação do equipamento utilizado.

Neste sentido, anos mais tarde, Kullman et al. (1995) conduziram outro estudo, realizando medições do comprimento da raiz de terceiros molares em formação a partir de OPGs.

Para este estudo, foram descartados todos os terceiros molares que já haviam atingido o seu desenvolvimento final e todos os dentes com uma inclinação superior a 45° na horizontal, por comprometerem as medições realizadas nas radiografias. Ao todo, foram analisados 483 terceiros molares inferiores. Os autores dividiram as fases parciais de formação da raiz de um dente em seis estádios.

Assim, a partir de radiografias digitalizadas, são inseridos vários pontos referência no *software*, de modo que este obtenha informações sobre as várias referências anatómicas do dente a analisar. A partir desses pontos, o programa irá calcular distâncias, como a do comprimento da raiz do terceiro molar em desenvolvimento, que irão, posteriormente, ser convertidas em percentagens que, por sua vez, corresponderão aos estádios descritos pelos autores (do 1 ao 6).

Os autores mencionam várias fontes de erro no seu estudo: desde as inerentes às radiografias até às originadas no observador e no digitalizador utilizado, afirmando que,

ao todo, no seu estudo, a margem de erro variou entre 3 a 6% do comprimento real das raízes. Embora os autores concluam que a precisão do seu método é inferior à dos métodos de observação dos estádios já estabelecidos, ressaltam o seu potencial pela padronização e automação possíveis.

3.4. Método de Olze et al. (2010): visibilidade radiográfica da polpa radicular

Tendo em conta a incerteza estatística ainda presente na estimativa da idade de jovens adultos baseada na avaliação da maturação dos terceiros molares, Olze et al. (2010) propuseram um método alternativo de estimativa da idade com base na visualização radiográfica da polpa radicular (do original *radiographic visibility of the root pulp*, RPV). O principal objetivo foi desenvolver uma abordagem que permitisse estimar a idade cronológica e que fosse particularmente útil em verificar se um indivíduo tem ou não idade inferior ou superior a 18 e 21 anos, idades de referência fundamentais nos processos de avaliação da maioridade e de especial importância em contextos legais, jurídicos e sociais.

Olze et al. (2010) analisaram um total de 1198 OPGs obtidas entre 1987 e 2008 de uma população alemã com idades entre os 15 e os 40 anos. A avaliação da RPV assentou no sistema de estadiamento sugerido pelos autores, explicitado abaixo e representado na Figura 13:

- Estádio 0 – é visível o lúmen de todos os canais radiculares até ao ápice radicular;
- Estádio 1 – o lúmen de um dos canais radiculares não é visível radiograficamente até ao ápice radicular;
- Estádio 2 – o lúmen de dois canais radiculares não é visível até ao ápice radicular, ou um dos canais pode ser não ser virtualmente visível em todo o seu comprimento;
- Estádio 3 – o lúmen de dois canais radiculares é virtualmente invisível em todo o seu comprimento.

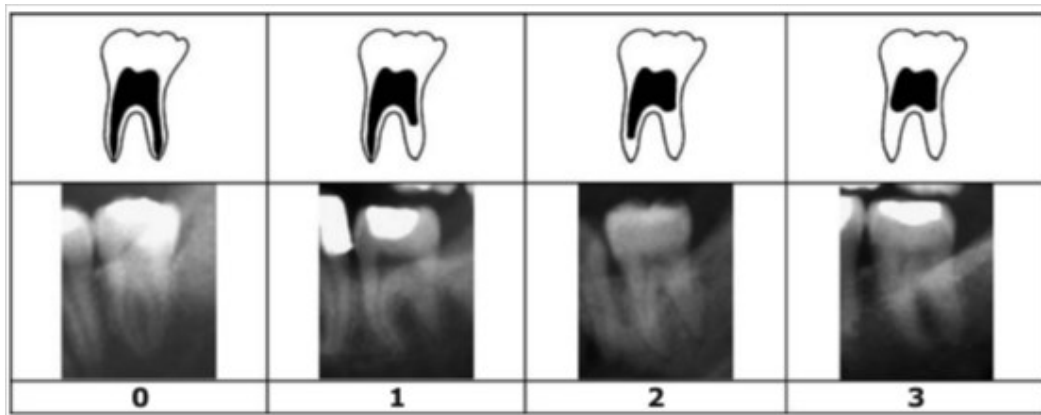


Figura 13. Estádios de visibilidade da polpa radicular de Olze et al. (2010). Retirado de Olze et al (2010) e reproduzido com autorização da editora (Springer Nature).

A análise radiográfica focou-se apenas nos terceiros molares inferiores, uma vez que os autores verificaram frequentemente uma sobreposição dos terceiros molares superiores com estruturas ósseas do maxilar. Similarmente aos estudos de Kvaal et al. (1995) e de Cameriere et al. (2004), este estudo assenta na aposição de dentina secundária na cavidade pulpar e no seu consequente estreitamento, que ocorre de forma contínua após a formação completa de um dente. Relativamente aos seus estádios, é importante referir que não há um verdadeiro desaparecimento da polpa nos canais radiculares, mas que o seu estreitamento por aposição de dentina secundária pode já ter ocorrido de tal forma que impede a visualização pulpar nos canais radiculares através de radiografias.

Relativamente aos seus resultados, verificaram o estágio 0 a partir dos 17,6 e dos 17,2 anos, no sexo masculino e feminino, respetivamente; o estágio 1 entre os 21 e os 22,4 anos em ambos os sexos; o estágio 2 entre os 22,3 e os 22,7 anos no sexo masculino e entre os 23,4 e os 24,7 anos no sexo feminino; e, por fim, o estágio 3 entre os 25,1 e os 25,9 anos em ambos os sexos. Os autores afirmam que embora não possam dizer que todos os indivíduos que apresentaram o estágio 0 tinham uma idade inferior a 18 anos, podem afirmar que todos os indivíduos nos estádios 1, 2 e 3 tinham uma idade de, pelo menos, 21 anos. Assim, qualquer indivíduo que se encontre nos estádios 1, 2 ou 3 pode ser considerado maior de idade.

Lucas et al. (2017) estudaram 2000 radiografias panorâmicas de indivíduos com idades entre os 16 e os 26 anos, procurando avaliar a RPV dos terceiros molares inferiores como biomarcador para a estimativa de idade. Os padrões de visibilidade da polpa radicular foram numerados de 0 a 3, mas neste trabalho os autores optaram por representá-los pelas letras A a D. Nos seus resultados, os estádios 2 e 3, aos quais se referem como RPV-C e RPV-D, apenas foram identificados em indivíduos com 18 ou

mais anos, o que sugere que a RPV é um bom critério para determinar se um indivíduo atingiu ou não a maioridade legal no limiar dos 18 anos. A idade mínima observada para RPV-C foi de 18,58 e para RPV-D de 22,45 anos.

Balla et al. (2020) e Akkaya et al. (2019) também avaliaram a aplicabilidade da RPV na estimativa de idade através de OPGs, tendo ambos concluído que a precisão deste método para o limiar dos 18 anos varia entre moderada e elevada e aconselhado o uso deste método em junção com outros de modo a diminuir o erro associado ao processo de determinação de idade.

No estudo de Akkaya et al. (2019), que utilizou OPGs e que incluiu participantes com idades entre os 16 e os 34 anos, os autores relatam uma sensibilidade para o limiar dos 18 anos (número de indivíduos adultos corretamente identificados) entre 84% e 93,4% nos rapazes e entre 77,9% e 87,6% nas raparigas e uma especificidade (número de indivíduos menores corretamente identificados) de 90,9% nos rapazes e de 66,7% nas raparigas, verificando-se, contudo, uma maior margem de erro na estimativa no caso da especificidade que poderá dever-se ao número mais reduzido de participantes com menos de 18 anos no estudo.

De forma semelhante, Gunacar et al. (2022) investigaram a aplicabilidade do método de RPV, tendo estudado uma amostra de 290 participantes turcos a partir de imagens de OPG e de CBCT. Os terceiros molares inferiores têm frequentemente posicionamento inclinado que é difícil de avaliar por OPG. Adicionalmente, a sobreposição da crista oblíqua externa sobre o tecido pulpar, o osso circundante e a distorção típica de imagens bidimensionais podem ser fatores que comprometem a fiabilidade da análise RPV por OPG, pelo que os autores sugerem o uso do CBCT para a aplicação deste método. À semelhança dos resultados na literatura, o estágio 3 não foi encontrado em indivíduos com idade inferior a 18 anos, contudo, observaram casos com estágio 0 após os 18 anos o que atribuem às diferentes taxas de progressão de maturação e erupção do terceiro molar.

4. Métodos baseados nas alterações da cavidade pulpar

Uma vez que a aposição de dentina secundária na cavidade pulpar é um processo que ocorre de modo contínuo com o envelhecimento, a relação deste processo com a idade cronológica tem sido investigada, procurando-se aferir a sua validade como biomarcador dentário para estimar a idade, nomeadamente em adultos. A relação entre a

aposição de dentina secundária e a idade cronológica foi investigada pela primeira vez por Bodecker em 1925 (Drusini et al., 1997).

Um dos estudos relevantes que teve em conta o processo de deposição de dentina na determinação da idade foi o estudo de Gustafson et al. (1950). Gustafson et al. (1950) assinalam como processos característicos do envelhecimento dentário normal: a atrição dentária resultante de forças mastigatórias; alterações nos tecidos de suporte; a erupção contínua das peças dentárias; a deposição de dentina secundária no espaço da cavidade pulpar, diminuindo a sua área original; uma espessura de cemento aumentada na raiz ou em torno desta; a reabsorção e transparência radicular; e finalmente, o encerramento do ápice radicular.

Uma vantagem deste método reside no facto de considerar vários parâmetros como fatores de envelhecimento, o que diminui a influência de alterações acentuadas de um único parâmetro na idade calculada, que, caso contrário, poderia levar a um cálculo da idade com um maior erro. Contudo, os estudos encontrados com aplicação deste método não se enquadram na faixa etária de interesse do tema deste trabalho, pelo que este método não será mais desenvolvido.

4.1. Método de Kvaal et al. (1995) e de Cameriere et al. (2004)

Kvaal et al. (1995) procuraram estabelecer um método de estimativa de idade em adultos tendo por base a relação entre a aposição de dentina secundária na cavidade pulpar e a idade cronológica.

Para este efeito, os autores analisaram radiografias periapicais de 100 indivíduos com idades entre os 20 e os 87 anos, estudando três dentes maxilares (incisivos centrais e laterais, segundos pré-molares superiores) e três mandibulares (incisivos laterais, caninos e primeiros pré-molares inferiores), ou seja, um total de seis dentes hígidos em cada indivíduo. Esta seleção teve por base um estudo anterior dos mesmos autores no qual estes foram os dentes cujas medições mostraram ter maior correlação com a idade.

Neste método, a medição da quantidade de dentina secundária na cavidade pulpar é aferida indiretamente, uma vez que a sua deposição resulta no estreitamento do espaço pulpar que é, efetivamente, o que podemos visualizar radiologicamente. Salienta-se que, em termos radiográficos, não é possível distinguir entre dentina secundária fisiológica e dentina terciária reparadora ou reacional, formada em resposta a estímulos patológicos

no dente, uma vez que ambas se manifestam radiograficamente como uma redução do espaço pulpar observado.

Nas radiografias dos dentes escolhidos, foram realizadas as seguintes medições: o comprimento total do dente (T), o comprimento total da polpa (P) e o comprimento da raiz do dente (R), medido desde a JAC até ao ápice radicular na face mesial do dente. Adicionalmente, procedeu-se à medição da largura pulpar e radicular em três níveis, ao nível da JAC (nível A), no ponto médio entre a JAC e o ápice radicular (nível C) e no ponto médio entre o nível A e o nível C (nível B). Estes pontos de referência podem ser visualizados na Figura 14.

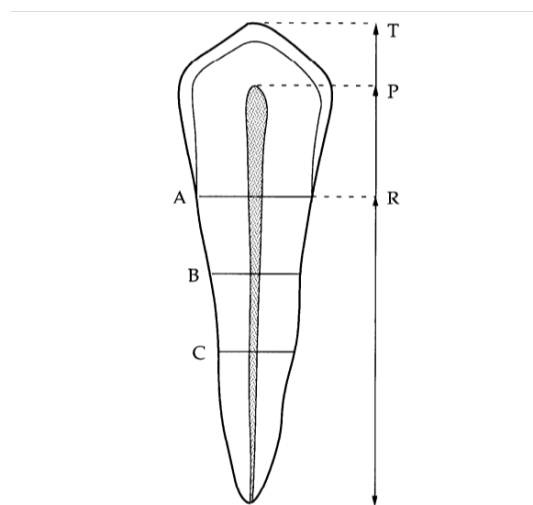


Figura 14. Esquema demonstrativo das medidas realizadas em cada dente por Kvaal et al. (1995).
Retirado de Kvaal et al. (1995) e reproduzido com autorização da editora (Elsevier).

Legenda: T = comprimento total do dente; P = comprimento total da polpa; R = comprimento da raiz do dente; A = nível A de largura pulpar e radicular; B = nível B de largura pulpar e radicular; C = nível C de largura pulpar e radicular.

Importa referir que os autores consideraram também os seguintes rácios, por forma a assegurar a não afetação das dimensões dentárias reais por variação na ampliação e angulação das várias radiografias utilizadas: comprimento total do dente/comprimento da raiz do dente, comprimento da polpa/comprimento da raiz do dente, comprimento da polpa/comprimento total do dente e a largura da raiz/largura da polpa nos níveis A, B e C, referidos acima. A partir destas medições, os autores efetuaram uma série de análises estatísticas de modo a identificar quais as medições que mais influenciam a variância dos dados.

Destacaram-se dois fatores preditores que foram utilizados em modelos de regressão para estimar a idade através da média de todos os rácios, M, que reflete a redução global da dimensão da polpa em relação ao dente, e a diferença entre a média dos rácios relativos à largura, W, e a média dos rácios relativos aos comprimentos, L (W-L).

A fórmula apresentada pelos autores para determinação da idade foi a seguinte:

$$\text{Idade} = 129.8 - (316.4 \times M) (6.8 \times [W - L])$$

Os autores adicionam que o seu método poderá ser aplicado a outros grupos populacionais com características distintas, particularmente em termos étnicos e raciais, desde que os modelos de regressão utilizados para estimar a idade sejam ajustados com dados concretos dessa população. Este método tem sido aplicado a várias populações em estudos diversos, como demonstrado mais adiante.

Mais tarde, Cameriere et al. (2004) propõem um método semelhante que pretende analisar a proporção área da polpa/área do dente a partir de dentes monorradiculares de indivíduos adultos. Tanto o modelo desenvolvido por Kvaal et al. (1995) como o de Cameriere et al. (2004) se focam na estimativa da idade com base nas alterações sofridas na cavidade pulpar ao longo do envelhecimento.

Cameriere et al. (2004) consideraram OPGs de 100 indivíduos italianos caucasianos com idades entre os 18 e os 72 anos, tendo selecionado para o seu estudo, por conveniência, os caninos maxilares. Ainda assim, referem que, no futuro, a inclusão de outros dentes monorradiculares de um mesmo indivíduo poderá contribuir para uma estimativa de idade mais precisa.

Foram consideradas as seguintes medidas e rácios: comprimento total do dente, comprimento total da polpa/comprimento total da raiz, comprimento total da polpa/comprimento total do dente, largura pulpar/largura da raiz do dente em três níveis distintos e área pulpar/área total do dente. De entre estes valores, verificaram que o parâmetro que mais se correlaciona com a idade cronológica é a proporção área pulpar/área total do dente e largura pulpar/largura da raiz do dente no nível intermédio, correspondente ao ponto médio radicular, pelo que estes foram os fatores preditores selecionados para efeitos estatísticos.

Com a aplicação de modelos de regressão linear múltipla, foi construído um modelo que revelou uma relação linear entre a proporção área da polpa/área do dente (fator preditor 1) e a idade cronológica e entre a largura pulpar/largura da raiz (fator preditor 2) e a

idade cronológica dos indivíduos estudados. O erro padrão da estimativa de idade foi de 5,35 anos.

Os autores sugerem que o recurso a programas capazes de identificar automaticamente os limites da polpa em radiografias podem contribuir para reduzir a necessidade de medições manuais e, conseqüentemente, o erro associado a esta fase do processo.

4.2. Método do Índice coronal pulpar

Conforme descrito em Nayyar et al. (2016), em 1985 os autores Ikeda et. al. procuraram desenvolver um método de estimativa de idade relacionando a idade cronológica com o comprimento da câmara pulpar, não considerando a polpa nos canais radiculares, ao contrário dos métodos de Kvaal et al. e de Cameriere et al. A fim de calcular o chamado índice coronal pulpar (originalmente, *coronal pulp cavity index*) os autores mediram a altura da câmara pulpar e a altura total da coroa dentária dos dentes que analisaram. Os resultados obtidos foram, então, utilizados para criar um modelo por meio de regressão linear.

Dois anos após a publicação de Ikeda et al. (1985), Drusini et al. (1997) efetuaram a sua própria investigação aplicando o modelo do índice coronal pulpar. No total, estudaram 846 pré-molares e molares mandibulares hígidos de 433 indivíduos com idade entre os 9 e os 76 anos, partindo de OPGs para efetuar as medições necessárias à aplicação do índice coronal pulpar. A fórmula do índice coronal pulpar utilizada está descrita abaixo e um esquema das medições efetuadas pelos autores pode ser visualizado na Figura 15:

$$\text{Índice coronal pulpar} = \frac{\text{Altura da câmara pulpar} \times 100}{\text{Altura total da coroa do dente}}$$

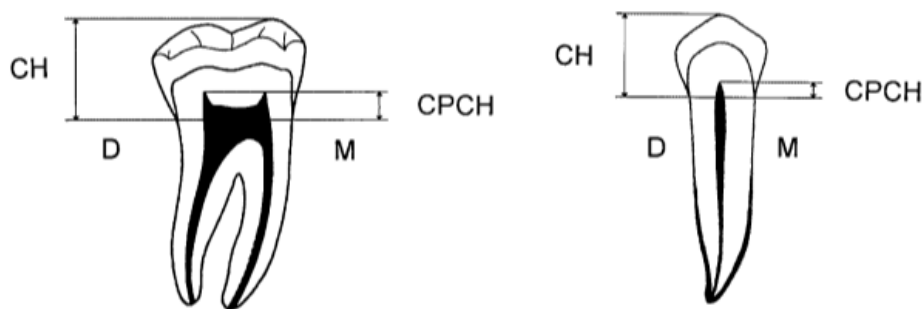


Figura 15. Imagem das medições de Ikeda et al. (1985) e de Drusini et al. (1997) para cálculo do índice coronal pulpar. Retirado de Drusini et al. (1997) e reproduzido com autorização da editora (John Wiley and Sons).

Legenda: CH = altura da coroa dentária (*coronal height*); CPCH = altura da câmara pulpar (*coronal pulp cavity height*).

Os valores obtidos no modelo de regressão foram então confrontados com os valores reais da idade cronológica dos indivíduos estudados, verificando-se um erro de 5 anos em 81,4% dos casos de molares de indivíduos do sexo masculino.

4.3. Estudos com o uso de CBCT

Uma vez que as imagens obtidas por CBCT possibilitam a obtenção de uma maior precisão das estruturas anatómicas, vários autores têm optado por métodos tridimensionais que continuam a manter um carácter não invasivo, mas que têm a vantagem de se estabelecerem como métodos tridimensionais que analisam estruturas que são tridimensionais na sua natureza.

Relativamente a outras opções radiológicas, como a micro-TC e a TC convencional, Uğur Aydın e Bayrak (2019) mencionam o facto de ambas utilizarem uma maior dose de radiação do que o CBCT, referindo que o micro-TC implica a extração dentária e não pode ser utilizado em indivíduos vivos, e o elevado custo associado a exames de TC. No entanto, tanto a micro-TC, a TC e o CBCT têm sido empregues para avaliar medidas lineares, áreas e volumes associados à cavidade pulpar (Santos et al., 2022).

Santos et al. (2022) estudaram a possibilidade de utilizar medidas lineares de incisivos centrais superiores obtidas através de CBCT para estimar a idade. No seu estudo, observaram que as dimensões horizontais efetuadas permitem uma estimativa de idade mais precisa do que as dimensões verticais, à semelhança do que havia já sido reportado por Kvaal et al. (1995).

Kazmi et al. (2019) estudaram uma população de 719 indivíduos paquistaneses de idades entre os 15 e os 65 anos, com recurso a imagens de CBCT, procurando estudar a relação entre o volume pulpar de caninos e a idade cronológica. Verificaram uma forte correlação entre os volumes pulpares dos caninos e a idade cronológica, referindo uma correlação mais forte quando utilizados os valores relativos aos caninos mandibulares.

Além disso, encontraram diferenças estatisticamente relevantes entre os volumes pulpares obtidos no sexo masculino e no sexo feminino, sugerindo que é aconselhável o uso do sexo como fator preditor no seu modelo de regressão, uma vez que assegura uma estimativa da idade mais fiável.

Estes autores relatam uma relação não linear entre o volume pulpar e a idade cronológica, afirmando que, embora tenham verificado uma tendência decrescente do volume pulpar nas faixas etárias estudadas, não existe uma constante de declínio do volume pulpar ao longo de toda a vida. Durante a juventude observaram um acentuado decréscimo do volume pulpar (até aos 25-30 anos) e embora se continue a verificar uma tendência decrescente, essa taxa estabiliza-se temporariamente até a idades mais avançadas (60 anos) a partir das quais se verifica um retomo dessa tendência decrescente mais acentuada.

Pinchi et al. (2015) consideraram os incisivos centrais superiores esquerdos de 148 indivíduos com idades entre os 10 e os 80 anos para avaliar a correlação entre o volume polpa/volume dente e a idade cronológica. As medições realizadas foram efetuadas com recurso ao *software* Osirix® (*software* OnDemand 3D - CyberMed Inc, Seul, Coreia do Sul), um passo que propõem para agilizar o tempo da técnica.

Os autores concluem que a deposição de dentina secundária na câmara pulpar é um parâmetro fiável para a estimação da idade em adultos, referindo, contudo, que o seu sistema teve precisão superior em indivíduos com idade entre os 30 e os 59 anos. Afirmam ainda que todo o processo de seleção, análise de imagem, medições e aplicação do modelo de regressão para estimativa da idade demorou menos de 15 minutos.

Ge et al. (2015) elaboraram um modelo para utilização do rácio volume polpa/volume dente de dentes multirradiculares para a determinação da idade. Foram analisados um total de 373 primeiros molares inferiores e de 372 primeiros molares superiores hígidos de indivíduos com idades compreendidas entre os 12 e os 69 anos. As imagens do CBCT foram exportadas e inseridas num programa de segmentação semiautomática de imagens tridimensionais para que pudessem ser calculados os volumes das câmaras pulpares. Foi, então, aplicado um modelo regressivo para estabelecer a relação entre o volume pulpar e a idade cronológica. A média de erro absoluto calculada foi de cerca de 8 anos.

Yang et al. (2020) analisaram CBCTs de 230 indivíduos chineses com idade entre os 8,18 e 19,92 anos, propondo-se a analisar a associação entre a idade cronológica e o rácio volume polpa/volume do dente, em crianças, adolescentes e jovens adultos. Para este fim foram seleccionados apenas incisivos centrais e caninos superiores esquerdos. Verificaram uma correlação negativa mais acentuada com o uso de caninos no seu modelo e uma estimativa de idade mais precisa quando utilizados estes dentes,

concluindo que os caninos maxilares foram eficazes na estimativa da idade através da análise do rácio volume polpa/volume dente.

Vários estudos têm sido realizados no sentido de melhor identificar quais os dentes com maior correlação entre o volume polpa/volume dente e a idade cronológica, verificando-se, no entanto, divergências. Por exemplo, o estudo de Gulsahi et al. (2018) verificou uma correlação mais acentuada com a idade cronológica utilizando os incisivos centrais maxilares, enquanto o de Ge et al. (2016) encontrou uma correlação mais forte com o uso dos segundos molares maxilares.

No ano de 2023, Barbosa et al. publicaram uma meta-análise que incluiu um total de 19 estudos, realizados entre 2006 e 2022, para estimar a idade cronológica com base na proporção volume polpa/volume dente com recurso a CBCT. Os estudos analisados decorreram em vários países como Brasil, Irão, China, Malásia, Paquistão, Bélgica, Itália, entre outros.

Os autores verificaram que os dentes mais estudados foram o incisivo central e o canino superior e que a maioria dos estudos recorreram a técnicas de segmentação manual que, embora mais demoradas, afirmam ter maior precisão em áreas de maior complexidade como a região apical. No geral, encontraram uma correlação moderada entre o rácio volume polpa/volume dente e a idade cronológica, sugerindo a utilização, sempre que possível, dos incisivos centrais superiores que apresentam uma correlação mais forte com a idade. Não obstante esta correlação, os autores sugerem que são ainda necessários mais estudos, nomeadamente estudos que comparem metodologias de cálculo distintas.

A corticalização do côndilo mandibular como biomarcador na determinação da idade

1. A maturação do côndilo mandibular

O côndilo mandibular constitui o centro primário de crescimento da mandíbula, sendo sujeito a um processo de remodelação contínua em resposta a estímulos funcionais durante o crescimento e o desenvolvimento de um indivíduo, desde a sua infância até à idade adulta. Durante o desenvolvimento, ocorrem várias alterações em tamanho, volume e morfologia do côndilo mandibular (Nota et al., 2018).

A formação do côndilo mandibular tem início no período intrauterino, mais especificamente por volta da 9.^a semana de vida fetal, e pela 12.^a semana de vida intrauterina inicia-se um processo de ossificação endocondral que envolve a formação de cartilagem secundária e se constitui como sendo fundamental para o crescimento vertical do ramo mandibular (Muthlakshmi et al., 2022).

A maturação condilar é marcada pela cessação progressiva da ossificação endocondral e pela formação de uma placa óssea subcondral. Seguidamente, observa-se a deposição de osso cortical, uma camada óssea densa e homogênea que irá revestir a periferia do côndilo mandibular (Muthlakshmi et al., 2022).

Renders et al. (2006) verificaram que existiam diferenças regionais na mineralização do osso cortical, tendo dividido o osso cortical em três zonas anatómicas: o córtex subcondral, o córtex anterior e o córtex posterior. O córtex anterior do osso cortical do côndilo revelou um menor grau de mineralização óssea e uma maior taxa de remodelação óssea em comparação com os restantes segmentos do osso cortical do côndilo mandibular.

Neste contexto de relação intrínseca entre o crescimento mandibular e o desenvolvimento condilar, a relação entre a corticalização do côndilo mandibular e a idade cronológica tem sido objeto de investigação.

2. Estudos com CBCT

Em 2018, Bayrak et al. conduziram um estudo retrospectivo com recurso a imagens obtidas por CBCT, propondo-se a explorar a potencial utilidade da observação do

processo de corticalização do côndilo como um critério de estimativa da idade cronológica.

A sua amostra foi composta por 433 indivíduos turcos de ambos os sexos e com idades compreendidas entre os 8 e os 31 anos de idade, tendo sido selecionadas imagens no plano sagital para visualização de toda a superfície dos côndilos mandibulares esquerdo e direito. Com base na análise destas imagens e na avaliação da aparência e densidade do osso cortical, os autores propuseram uma tipologia classificativa que divide o processo de corticalização mandibular em três estádios de desenvolvimento:

- Estádio I: ausência de evidência radiográfica de corticalização condilar;
- Estádio II: presença de osso cortical na superfície superior do côndilo, revelando-se menos denso do que as restantes estruturas que circundam o côndilo;
- Estádio III: presença de osso cortical com densidade semelhante ou superior às regiões circundantes.

Verificou-se que a corticalização ocorreu de forma simétrica entre os côndilos direito e esquerdo, sem que se observassem diferenças estatisticamente significativas. Para além disso, observou-se um padrão de progressão sequencial dos estádios com o aumento da idade cronológica: de estágio I para II, culminando no estágio III. Ou seja, a densidade do osso cortical aumenta progressivamente com a idade. Esta progressão revelou-se mais precoce no sexo feminino. Os estudos de Muthlakshmi et al. (2022) e Lei et al. (2013) tiveram achados semelhantes, reafirmando esta relação entre o processo de corticalização do côndilo mandibular e a idade cronológica.

Nos indivíduos do sexo masculino, as idades médias associadas aos estádios I, II e III foram de $14,14 \pm 2,3$ anos, $16,11 \pm 3,18$ anos e $19,39 \pm 3,96$ anos, respetivamente. Já nos participantes do sexo feminino, os valores médios registados foram de $13,01 \pm 2,16$ anos para o estágio I, $15,52 \pm 2,71$ anos para o estágio II e $17,95 \pm 3,13$ anos para o estágio III. A idade mínima em que foi identificado o estágio I foi de 8 anos no sexo masculino e de 10 anos no sexo feminino, enquanto a idade máxima em que se observou o estágio III foi de 31 anos para ambos os sexos.

No estudo de Lei et al. (2013), os autores concluíram, similarmente, que a formação inicial de osso cortical tem início na adolescência e que o processo de corticalização do côndilo mandibular se finaliza nos jovens adultos. Também estes autores dividiram o processo de corticalização no côndilo em três etapas:

- Ausência da cortical óssea: radiograficamente não se observa qualquer camada de osso cortical compacto em torno do côndilo. Esta etapa pode ser visualizada na Figura 16.

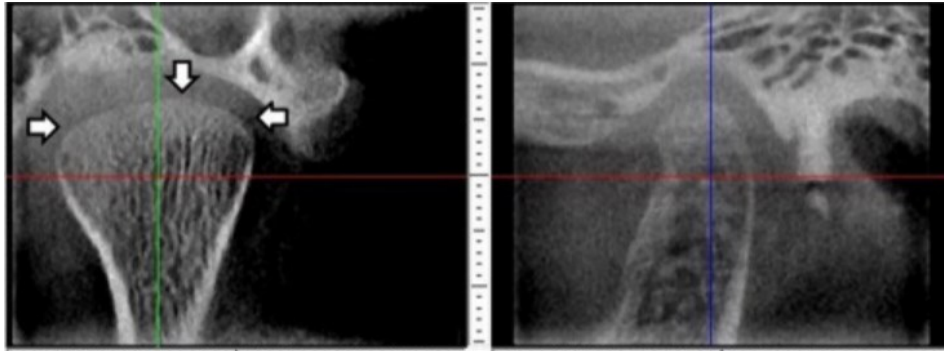


Figura 16. Corte sagital e coronal obtido através de CBCT de um participante do sexo masculino de 14 anos de idade, indicando a ausência de osso cortical em torno do côndilo mandibular (indicado pelas setas na imagem à esquerda). Retirado de Lei et al. (2013) e reproduzido com autorização dos autores.

- Formação parcial da cortical óssea: radiograficamente observa-se uma linha discreta, mas contínua e radiopaca que corresponde à formação parcial de osso cortical na periferia do côndilo. Esta fase pode ser visualizada na Figura 17.

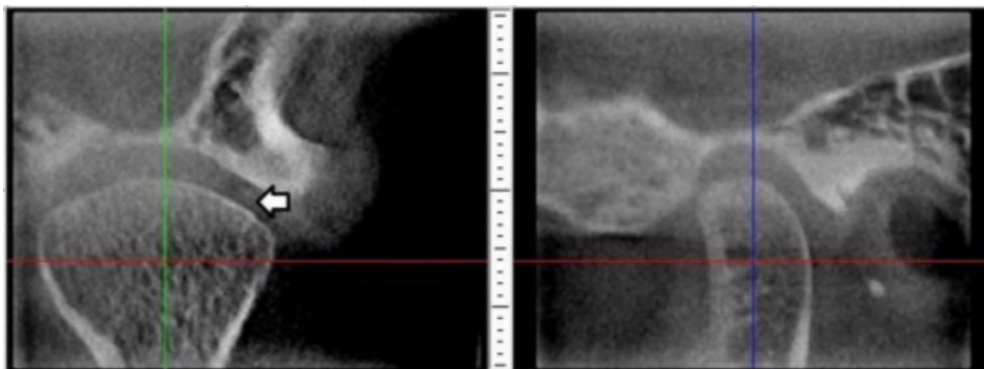


Figura 17. Corte sagital e coronal obtido através de CBCT de uma participante do sexo feminino de 19 anos de idade, indicando a formação parcial de osso cortical em torno do côndilo mandibular. Radiograficamente observamos uma linha opaca no pólo lateral do côndilo (indicado pela seta na imagem à esquerda). Retirado de Lei et al. (2013) e reproduzido com autorização dos autores.

- Formação completa da cortical óssea: radiograficamente observa-se uma linha radiopaca contínua em torno do côndilo, que corresponde à camada de osso cortical contínuo e compacto. Esta fase de maturação óssea pode ser visualizada na Figura 18.

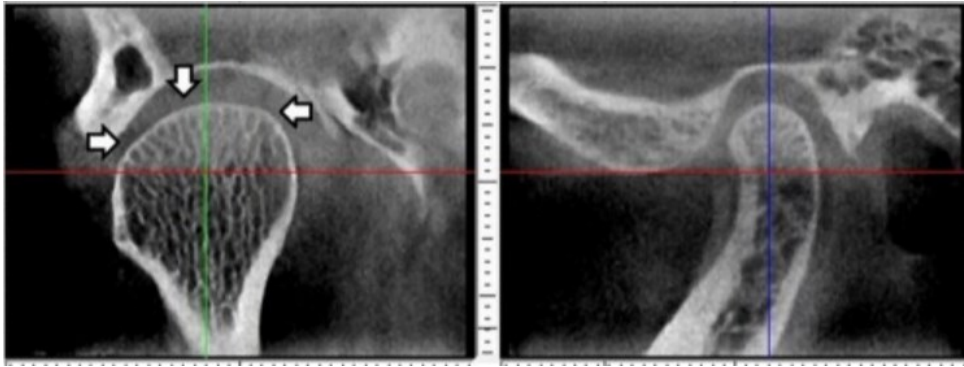


Figura 18. Corte sagital e coronal obtido através de CBCT de uma participante do sexo feminino de 23 anos de idade, indicando a formação completa do osso cortical em torno do côndilo mandibular visível radiograficamente pela linha radiopaca indicada pelas setas na imagem à esquerda. Retirado de Lei et al. (2013) e reproduzido com autorização dos autores.

Neste estudo, a fase de corticalização inicial foi observada aos 13-14 anos nos rapazes e aos 12-13 anos nas raparigas, tendo-se verificado que antes dessa idade cerca de 90% dos participantes não revelou qualquer formação da cortical óssea. A maturação cortical completa ocorreu após os 22 anos nos rapazes e os 21 anos nas raparigas.

Todos os estudos mencionados até agora referem a necessidade de se realizarem mais estudos com populações amostrais diferentes e maiores em número para melhor investigar esta relação entre a idade cronológica e a maturação do côndilo mandibular. O CBCT é visto como uma oportunidade de obter imagens mais confiáveis de estruturas da articulação temporo-mandibular (ATM) (Lei et al., 2013).

No estudo observacional de Ma et al. (2023) foram analisados 505 indivíduos chineses com idades compreendidas entre os 12 e os 30 anos de idade, utilizando imagens de CBCT. O objetivo desta investigação foi avaliar o estado de corticalização do côndilo e a morfologia condilar, procurando estabelecer se existe uma relação entre ambos ao longo do desenvolvimento de um indivíduo. Relativamente ao processo de corticalização do côndilo mandibular, de modo similar, classificaram o processo de corticalização em três estádios: ausência da cortical óssea, cortical óssea parcial em desenvolvimento e o desenvolvimento completo da cortical óssea, com presença de osso cortical contínuo e compacto em torno do côndilo. Estes estádios podem ser observados na Figura 19.

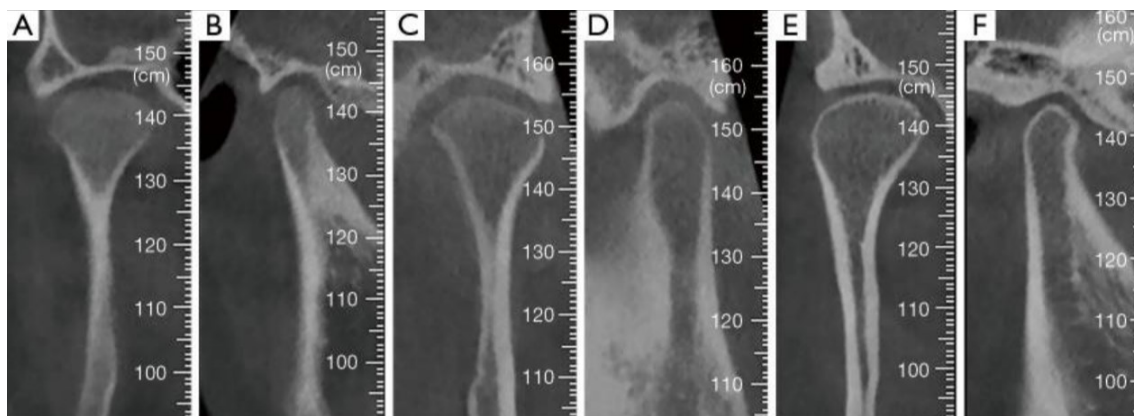


Figura 19. Os vários estádios de desenvolvimento do osso cortical na periferia do côndilo mandibular. As figuras (A) e (B) representam, respectivamente, cortes coronal e sagital obtidos de imagens de CBCT, mostrando a ausência da cortical óssea. (C) e (D) apresentam a presença parcial da cortical óssea em torno do côndilo, e (E) e (F) representam a presença de uma camada de osso cortical contínua e madura em torno do côndilo. Retirado de Ma et al. (2023) e reproduzido com autorização dos autores.

A idade mínima em que se observou a presença da cortical foi de 12 anos em ambos os sexos. Relativamente aos estádios estabelecidos, a ausência da cortical foi observada aos 15.11 ± 2.71 anos no sexo masculino e aos 14.25 ± 2.60 anos no sexo feminino. A presença parcial de osso cortical observou-se aos 19.45 ± 3.92 anos para os rapazes e aos 18.65 ± 3.45 anos para as raparigas. Por fim, a presença contínua da cortical surgiu aos 23.63 ± 3.36 e aos 23.86 ± 3.73 para o sexo masculino e feminino, respetivamente. Estes autores obtiveram resultados parcialmente condizentes com os estudos anteriores referidos.

Assim, a avaliação radiográfica da corticalização condilar parece ser um parâmetro promissor e útil quando utilizado como coadjuvante no processo de estimação da idade. Contudo, são ainda necessários mais estudos que explorem as idades médias de cada fase do processo de corticalização em populações geograficamente mais diversas, de modo a criar valores mínimos e máximos de relação entre idade e estágio para que se obtenham dados relativamente padronizados.

A fusão da sincondrose esfeno-occipital no processo de determinação da idade

Uma vez atingidos os 14-15 anos de idade, a estimativa da idade cronológica torna-se mais complexa, devido à escassez de marcadores esqueléticos e dentários fiáveis. Nestas idades, os ossos da mão e do punho já completaram, ou estão perto de completar, a sua maturação, e a dentição definitiva encontra-se, por norma, totalmente presente, com exceção do terceiro molar. Ressalva-se a importância do terceiro molar e da avaliação da epífise mesial da clavícula como estruturas a ser analisadas nestas idades para determinar a idade de um indivíduo (Bassed et al., 2010).

Neste contexto, a sincondrose esfeno-occipital (SEO), uma articulação cartilaginosa entre o osso esfenoide e o osso occipital, que com o avanço da maturação esquelética se ossifica progressivamente (Drake et al., 2010), tem sido investigada pela sua possível utilidade para o processo de estimativa da idade. Esta articulação situa-se na base do crânio anteriormente ao forame magno e inferiormente à hipófise, sendo associada ao crescimento da base craniana (Bassed et al., 2010). O facto de a ossificação entre os dois ossos desta articulação ocorrer numa fase mais tardia do desenvolvimento em comparação com outras sincondroses cranianas torna este processo especialmente relevante em contextos de estimativa da idade cronológica (Sinanoglu et al., 2016). Contudo, os estudos existentes sobre o momento exato da sua fusão definitiva apresentam discrepâncias de resultados entre si.

Melsen (1972) procedeu à análise histológica de secções de 100 indivíduos desde o nascimento aos 20 anos, constatando que, na sua amostra, a fusão da SEO ocorreu entre os 13-18 anos nos rapazes, em média aos 16,6 anos, e entre os 12-16 anos nas raparigas, em média aos 14,5 anos. A idade mínima de conclusão da fusão da SEO foi de 17 anos nos rapazes e de 16 anos nas raparigas.

Bassed et al. (2010) procuraram avaliar o fecho da SEO numa amostra da população australiana, com o objetivo de avaliar se este processo é útil como ferramenta de avaliação da idade, nomeadamente perto do limite legal dos 18 anos. Para este efeito, avaliaram 666 cadáveres com idades compreendidas entre os 12 e os 25 anos através de imagens de TC a que haviam sido sujeitos.

Os autores referem a variabilidade na literatura da idade de fusão e a ausência de estudos desta sincondrose em amostras da população australiana moderna como as principais motivações para este estudo. Para classificar o grau de fusão da SEO, foi adotado um sistema de cinco estádios, apresentado na Figura 20 e descrito abaixo:

- **Estádio 1** – sincondrose totalmente aberta;
- **Estádio 2** – fusão parcial da sincondrose, limitada ao bordo superior, mantendo-se o restante aberto;
- **Estádio 3** – encerramento de aproximadamente metade do comprimento da sincondrose;
- **Estádio 4** – fusão completa da sincondrose com cicatriz resultante visível no local;
- **Estádio 5** – fusão completa da sincondrose, sem qualquer vestígio de cicatriz remanescente.

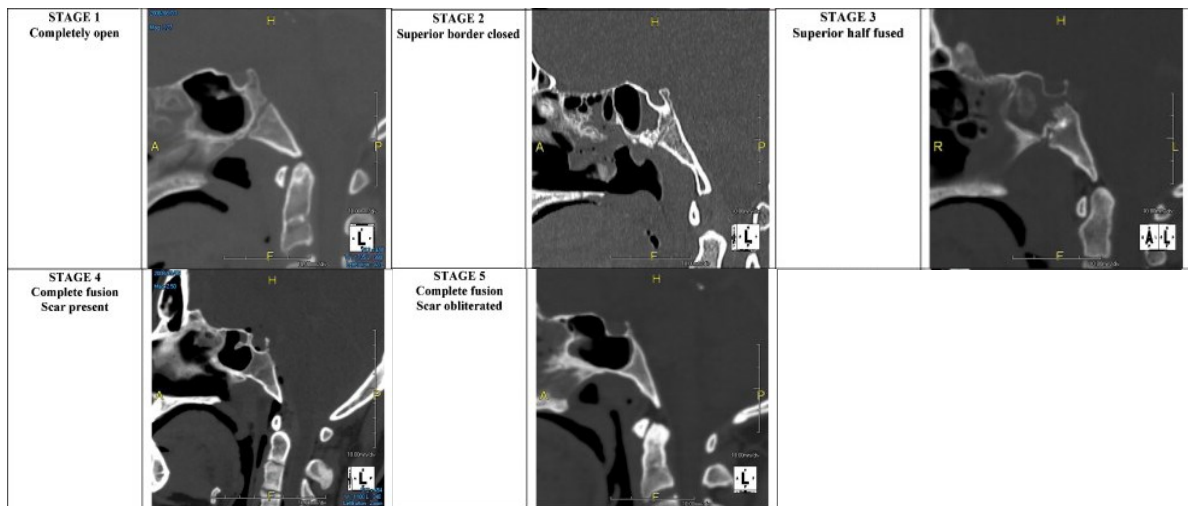


Figura 20. Representação radiográfica (TC) dos estádios de fusão da SEO de Bassed et al. (2010). Retirado de Bassed et al. (2010) e reproduzido com autorização dos autores.

Quanto aos resultados, constataram que aos 15 anos o processo de fusão já estava a ocorrer e que aos 17 anos se observava o seu término. Aos 17 anos apenas se observaram indivíduos com estágio 4 ou 5. Relativamente à cicatriz remanescente, foi possível observá-la até ao limite máximo da sua amostra, os 25 anos. Esta visualização da cicatriz de fusão persistente observou-se em cerca de 10% dos indivíduos com 25 anos, uma característica que até então não tinha sido reportada na literatura.

Em conclusão, os autores sugerem o uso de métodos alternativos para determinar a maioridade, concluindo, contudo, que a fusão da SEO pode ser útil como critério de exclusão, uma vez que se a SEO não estiver totalmente encerrada o indivíduo deverá ter idade inferior a 17 anos.

Num estudo análogo ao anterior, Okamoto et al. (1996) constataram que todos os indivíduos que analisaram com mais de 13 anos apresentavam a sincondrose totalmente encerrada, resultados que contrastam com os obtidos em estudos semelhantes.

Sinanoglu et al. (2016) também analisaram a SEO para aferir quanto ao seu potencial para o processo de determinação da idade. Neste estudo, os autores analisaram uma população turca de 238 indivíduos com idades entre os 7 e os 25 anos através de imagens de CBCT. Um dos seus objetivos foi também aferir quanto à fiabilidade e reprodutibilidade do uso do CBCT para este fim, que sugerem como um método que combina as vantagens das radiografias convencionais, menos dispendiosas e com recurso a uma menor dose de radiação, e das TCs, que permitem uma visualização das estruturas em três dimensões e que eliminam as sobreposições.

Os autores utilizaram um sistema de quatro estádios previamente proposto pelos autores Franklin e Flavel, em 2013:

- Estádio 0 – sincondrose totalmente aberta sem presença de tecido ósseo interposto entre os dois ossos;
- Estádio 1 – menos de metade do comprimento da sincondrose está fundido;
- Estádio 2 – mais de metade do comprimento da sincondrose está fundido, permanecendo o bordo inferior aberto;
- Estádio 3 – sincondrose totalmente fundida. Pode ser visível uma cicatriz remanescente resultante da fusão dos dois ossos.

Estes estádios podem ser observados na figura abaixo (Figura 21).

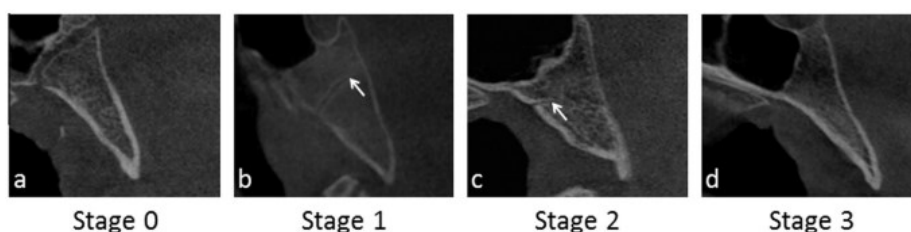


Figura 21. Representação radiológica do sistema de 4 estádios de fusão da SEO adaptado de Franklin e Flavel (2013) por Sinanoglu et al. (2016). Estão presentes cortes sagitais de imagens CBCT da sincondrose eseno-occipital e dos seus vários estádios de fusão. Retirado de Sinanoglu et al. (2016) e reproduzido com autorização da editora Elsevier.

Neste estudo, verificou-se uma forte relação entre a idade e o grau de fusão da SEO. Relativamente aos resultados observados: a idade média de observação do estágio 0 foi de 10 anos em ambos os sexos; de 13 anos no sexo masculino e de 12 anos no sexo

feminino para o estágio 1; de 17 anos em ambos os sexos para o estágio 2; e de 20 e de 18 anos para o estágio 3, para o sexo masculino e feminino, respetivamente. Ou seja, em média, a idade de fusão completa foi observada aos 20 anos nos rapazes e aos 18 anos nas raparigas. Assim, os autores consideram que este biomarcador pode ser útil para a determinação da maioria.

A falta de uniformidade nos sistemas de classificação e dos métodos de investigação são mencionados pelos autores, assim como por Bassed et al. (2010). Os métodos de observação da fusão da SEO vão desde o uso de radiografias convencionais e de TC à observação direta *post-mortem* da morfologia e à análise histológica. Uma sincondrose que parece totalmente encerrada na observação craniana *post-mortem* pode não estar quando observada com TC (Bassed et al., 2010). Para além disso, e como a fusão da SEO se trata de um processo de maturação esquelética, é natural que os estudos de estimação de idade devam ser realizados em populações amostrais específicas e representativas, tendo em conta a etnia e o *status* económico das mesmas (Sinanoglu et al., 2016).

Em relação ao uso do CBCT para a avaliação do processo de fusão da SEO, Sinanoglu et al. (2016) consideram que esta tecnologia permite a obtenção de imagens de qualidade tridimensionais, oferecendo a vantagem de uma dose de exposição à radiação menor do que no caso do uso de TC.

Alhazmi et al. (2017) utilizaram CBCTs de 741 indivíduos norte-americanos, com idades entre os 6 e os 20 anos. Observaram o encerramento completo da SEO aos 16,41 anos nos rapazes e aos 15,25 anos nas raparigas.

Os autores verificaram uma associação significativa entre o encerramento da SEO e o início da menarca, assim como uma taxa de encerramento por ano mais acelerada no sexo feminino do que no sexo masculino, em particular aos 10 e aos 11 anos, o que sugere a influência das alterações endócrinas da adolescência no processo de encerramento da SEO.

Messineo e Mangiulli (2018) examinaram um total de 494 indivíduos italianos desde o nascimento até aos 22 anos com recurso ao CBCT. Apuraram que a fusão completa da SEO, acompanhada pela presença de cicatriz residual, foi observada, em média, aos 17,2 anos no sexo masculino e aos 15,9 anos no sexo feminino. O desaparecimento total dessa cicatriz deu-se, por norma, aos 18,3 anos nos rapazes e aos 16,6 anos nas raparigas.

Sublinham ainda que tanto o CT, embora este envolva uma dose de radiação superior, como o CBCT permitem identificar fases intermédias do encerramento SEO, as quais não são visíveis através de outros métodos imagiológicos.

As variações encontradas entre investigações podem ser parcialmente explicadas pela diversidade de sistemas classificativos e metodologias utilizados na análise da fusão da SEO. Para além disso, é importante considerar fatores relacionados com a dimensão e características étnicas e socioeconómicas das populações amostrais estudadas. Neste sentido, a adoção de critérios metodológicos comuns, o uso de tecnologias avançadas e precisas de imagem, como o CBCT no caso da análise radiográfica, e o surgimento de mais estudos poderão contribuir para um uso mais fiável do processo de fusão da SEO como um método suplementar no processo de determinação da idade.

Na Tabela 6, apresentada abaixo, são apresentadas as idades médias de encerramento total da SEO, observadas nos vários estudos mencionados.

Tabela 6. Idades médias de término da fusão da SEO no sexo masculino e feminino em vários estudos sobre este processo.

Estudo	Metodologia utilizada	Idade de término da fusão da SEO (M/F)
Melsen (1972)	Análise histológica	A partir dos 17 anos ♂ A partir dos 16 anos ♀
Okamoto et al. (1996)	CT	13 anos ♂ 12 anos ♀
Bassed et al. (2010)	CT	17 anos em ambos os sexos
Sinanoglu et al. (2016)	CBCT	18 anos ♂ 20 anos ♀
Alhazmi et al. (2017)	CBCT	16,41 anos ♂ 15,25 anos
Messineo e Mangiulli (2018)	CBCT	17,2 anos ♂ 15,9 anos ♀

Perspetivas futuras: a inteligência artificial e a determinação da idade

Nas últimas décadas, a IA tem vindo a conquistar um espaço cada vez mais relevante na medicina, sendo também notório o seu crescimento na Medicina Dentária. No estudo desenvolvido por Thurzo et al. (2022), procurou-se avaliar a presença de IA na literatura científica dentária, assim como identificar as especialidades onde esta tecnologia tem sido mais aplicada. Os dados recolhidos a partir de plataformas como Web of Science, PubMed, Scopus e Google Académico revelaram um aumento significativo no número de publicações entre 2011 e 2021. Especificamente, observou-se um crescimento anual médio de 21,6% entre 2011 e 2021, e um aumento ainda mais acentuado de 34,6% por ano entre 2016 e 2021. Para além disso, os autores constataram que as áreas com maior número de estudos publicados foram a radiologia dentária, a ortodontia, a medicina dentária restauradora, a cirurgia oral e o ensino. A maioria dos estudos analisados focou-se na utilização da IA em processos de diagnóstico digital a partir de radiografias dentárias. Um outro estudo refere a aplicação de modelos de IA na endodontia como especialmente útil, nomeadamente na avaliação da anatomia canalar, na medição dos comprimentos de trabalho e na identificação de fraturas e de lesões periapicais (Agrawal et al., 2022).

Zainuddin et al. (2025) analisaram publicações entre 1998 e 2023 relacionadas com a determinação da idade a partir de radiografias dentárias com intervenção de modelos IA. Constataram que tem havido um aumento substancial de publicações sobre a determinação de idade a partir de radiografias dentárias com modelos de IA nos últimos anos, verificando-se que mais de metade das publicações analisadas foi produzida entre 2021 e 2023. Na Figura 22 é possível observar este crescimento nos últimos anos.

Países como a China, Malásia, Coreia do Sul e o Reino Unido são os principais contribuidores sobre a aplicação de modelos de IA em estudos para a determinação da idade.

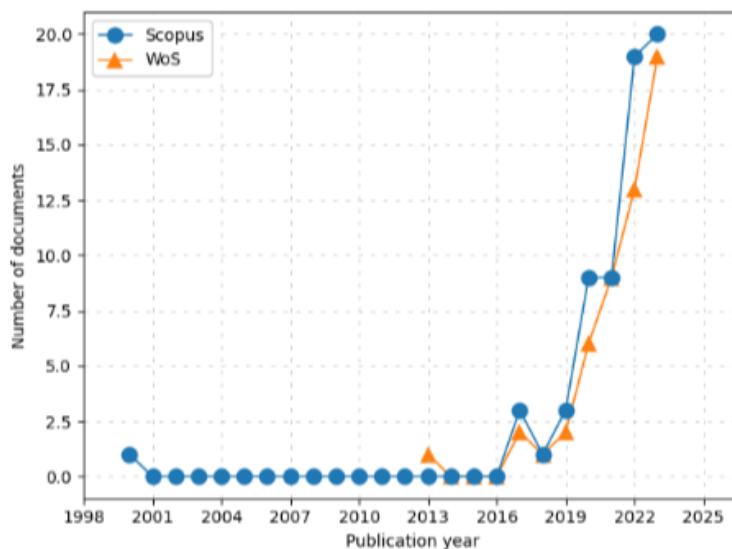


Figura 22. Gráfico de linhas representativo do número de publicações relacionadas com o uso de inteligência artificial em estudos de estimação da idade dentária, publicados entre 1998-2023 nas bases de dados Scopus e Web of Science, de acordo com Zainuddin et al. (2025). Retirado de Zainuddin et al. (2025) e reproduzido com autorização dos autores.

Entre os exames radiográficos dentários mais frequentemente utilizados na estimativa da idade encontram-se a OPG e o CBCT, e, como referido anteriormente, estes exames dependem, tradicionalmente, da interpretação imagiológica por parte de examinadores humanos o que, naturalmente, pode introduzir subjetividade e, por conseguinte, erros e enviesamentos. É neste cenário que surge a IA no contexto da estimação de idade, oferecendo-se como uma potencial alternativa e solução na redução da influência da subjetividade humana, no aumento da rapidez da avaliação e análise de exames radiográficos e no aumento da fiabilidade dos resultados.

No contexto migratório contemporâneo, Kurniawan et al. (2024) salientam a relevância da rapidez no processo de determinação da idade, reforçando a potencial simplificação e aumento de fiabilidade associada aos modelos de IA como relevantes.

Chulamane e Panyarak (2023) analisaram estudos relacionados com a estimativa da idade, a partir de radiografias dentárias, publicados entre 2020 e 2023 na base de dados PubMed. A Figura 23, retirada do estudo dos autores, apresenta uma distribuição percentual das metodologias identificadas nos estudos que analisaram. Verificou-se que 17,9% dos estudos correspondiam a investigações com interveniência de modelos de IA. Com base nestes dados, os autores concluem que tem havido um interesse crescente no recurso à IA como ferramenta de apoio na estimativa da idade, sobretudo pela sua

potencialidade de aumentar a precisão das metodologias tradicionais e de reduzir o erro humano.

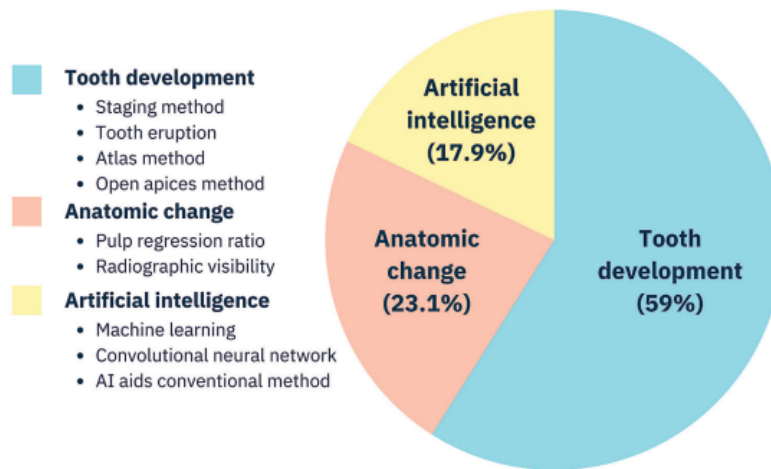


Figura 23. Representação em gráfico circular da distribuição percentual das metodologias identificadas nos estudos analisados por Chulamane e Panyarak (2023). Retirado de Chulamane e Panyarak (2023). Conteúdo licenciado ao abrigo da *Creative Commons Attribution 4.0 International* (CC BY 4.0).

De acordo com Chulamane e Panyarak (2023), têm sido desenvolvidos modelos orientados para a regressão numérica, isto é, cujo intuito é prever a idade cronológica exata com base nos dados fornecidos ao sistema, ao invés de apenas procurar categorizar os participantes em grupos etários predefinidos. Os mesmos autores observam que as técnicas de *deep learning*, isto é, ferramentas de IA que se relacionam com a aplicação de redes neuronais artificiais que dependem exclusivamente de algoritmos autónomos, têm vindo a ganhar destaque neste domínio, mas que o seu surgimento é relativamente recente, o que levanta a necessidade de validação adicional e mais abrangente, especialmente em contextos com populações heterogêneas.

No contexto da determinação da idade em migrantes não documentados, o estudo de Franco et al. (2024) destaca-se por considerar várias idades de interesse legal: os 14, 16 e 18 anos. Estes autores procuraram testar o desempenho de um modelo de IA na determinação de idade, classificando, de forma binária, os participantes como abaixo ou acima dos limites de idade legal considerados, com recurso à análise do desenvolvimento do terceiro molar. Para este fim, consideram uma amostra de 11640 radiografias panorâmicas de indivíduos entre os 6 e os 22,9 anos. Os autores constataram que os métodos convencionais introduziram erros mais acentuados do que o seu sistema totalmente automatizado de IA. No caso do método de Demirjian et al. (1973) havia uma sobrestimação da idade e no método de Cameriere et al. (2008) uma

subestimação da idade dos indivíduos. O modelo testado pelos autores demonstrou taxas de precisão entre 82-93% para as três idades consideradas.

Por sua vez, Zheng et al. (2021) procuraram desenvolver e testar um modelo de IA que permitisse estimar a idade através de imagens de CBCT e da análise volumétrica da câmara pulpar dos primeiros molares. O seu estudo foi dividido em várias partes: após a aquisição das imagens CBCT utilizou-se uma rede neuronal convolucional (CNN) para isolar com precisão a região da câmara pulpar; procedeu-se a um refinamento desta segmentação de imagem utilizando um método *level set*; após a segmentação, o volume da câmara pulpar é calculado de modo automático a partir da imagem e, finalmente, é aplicado um modelo de regressão linear simples, previamente testado, para correlacionar o volume da câmara pulpar com a idade dos participantes. Relativamente aos resultados do estudo, os autores verificaram uma correspondência de 87,8% com métodos de segmentação manual e um coeficiente de correlação de 0,74 entre as idades estimadas e as idades cronológicas reais dos participantes, o que se revela promissor. Não obstante, consideram que são necessários mais dados para a criação de um algoritmo de *deep learning* mais avançado, assim como mais estudos que considerem mais dentes para além do primeiro molar, escolhido neste estudo por motivos de simplificação.

Relativamente aos desafios enfrentados pelos mecanismos de IA aplicados ao processo de estimação de idade, Kurniawan et al. (2024) reforçam que a qualidade e representatividade dos dados inseridos na construção e testes dos modelos são essenciais, assim como a escolha do algoritmo de IA a aplicar nos modelos de *deep learning* e a qualidade das técnicas de pré-processamento e das imagens radiográficas selecionadas. Similarmente ao que ocorre com os métodos convencionais, a variabilidade no desenvolvimento e maturação dentária, relacionada com a genética e fatores ambientais, apresenta-se também como um desafio aos mecanismos de IA. Além disso, também estas ferramentas requerem validação para garantir a sua precisão e a sua constante melhoria, necessitando-se de mais estudos neste sentido.

Ainda neste contexto, e embora reconheçam o potencial transformador que a IA pode ter na Medicina Dentária, Agrawal et al. (2022) sublinham que a IA não é capaz de substituir totalmente o contributo humano. Destacam a experiência clínica na tomada de decisões, na interpretação dos resultados obtidos e na relação direta com o paciente como aspetos em que a intervenção humana continua a ser considerada superior.

Por sua vez, Vodanović et al. (2023) alertam para os desafios ético-legais que podem surgir da aplicação da IA neste contexto. Questões como a proteção de dados pessoais, a privacidade dos indivíduos e a transparência dos algoritmos são destacadas como possivelmente problemáticas. Os autores defendem que a IA deve ser encarada como uma ferramenta auxiliar e não como um substituto de profissionais especializados.

III. CONCLUSÃO

O número crescente de migrantes indocumentados na UE tem evidenciado a necessidade de um processo de determinação de idade mais fiável e com uma menor margem de erro, principalmente no limiar dos 18 anos, idade que tem uma relevância acentuada em termos legais, criminais e sociais.

A meio da adolescência, após os 14-15 anos de idade, a escolha de marcadores esqueléticos ou dentários torna-se mais complicada, face à avançada maturação das estruturas ósseas (quase ou já completa no caso dos ossos da mão e do punho) e a uma dentição definitiva já presente nestas idades (com a exceção do terceiro molar). A partir destas idades, a avaliação do terceiro molar e da epífise mesial da clavícula assumem, por isso, especial importância como estruturas a analisar para a determinação da idade de um indivíduo.

A aplicação crescente do CBCT na Medicina Dentária destaca-se pelo seu carácter não invasivo e utilidade na análise tridimensional de estruturas tridimensionais e na obtenção de medidas morfométricas precisas, ultrapassando as limitações típicas de técnicas bidimensionais, como distorções, ampliações limitadas, sobreposições e sombras. Além de ser uma técnica de fácil utilização, o CBCT expõe o indivíduo a uma dose de radiação significativamente inferior à da TC e, com os avanços tecnológicos atuais, é possível reduzir ainda mais esta dose, especialmente quando são delimitados devidamente o FOV e o ROI. Assim, aquela que era até então a sua principal limitação face à OPG, a par do custo dos equipamentos, é consideravelmente atenuada.

A avaliação radiográfica da corticalização do côndilo mandibular através do CBCT parece ser um parâmetro promissor e útil quando utilizado como coadjuvante no processo de estimação da idade. Contudo, são ainda necessários mais estudos que explorem as idades médias de cada fase do processo de corticalização em populações geograficamente diversas, de modo a criar valores mínimos e máximos de relação entre idade e os estádios para que se obtenham dados relativamente padronizados.

Na avaliação do processo de fusão da SEO, o CBCT permite a obtenção de imagens de qualidade tridimensionais, oferecendo a vantagem de uma dose de exposição à radiação menor do que com o de uso de TC. Contudo, este parâmetro necessita ainda de mais estudos para avaliar o seu potencial como ferramenta suplementar no processo de determinação da idade, e nomeadamente, da maioridade.

É expetável que, a breve tempo, a utilização do CBCT para obtenção de imagens de maior resolução em conjugação com ferramentas de análise de IA possa conduzir a avanços no processo de determinação da idade.

Desta forma, a utilização fundamentada do CBCT, em articulação com outros métodos de estimação da idade previamente mencionados, poderá assumir um papel pertinente no processo de determinação da idade, nomeadamente em situações de particular vulnerabilidade como sejam casos de menores não acompanhados e indocumentados.

No que diz respeito às perspetivas futuras e tendências atuais, tem-se verificado uma tendência crescente na implementação de ferramentas de IA nos estudos e métodos de estimação de idade através de radiografias dentárias, com vista a minimizar o erro humano e agilizar os processos de análise de imagem. Vários estudos têm revelado resultados promissores. É previsível que, no futuro próximo, o desenvolvimento de ferramentas baseadas em IA para análise de imagens radiográficas, medições e diagnóstico, com conjugação do desenvolvimento de modelos matemáticos e algoritmos de programação neurais dedicados, possa não só agilizar e diminuir o tempo do processo de avaliação da idade, mas que também conduza a resultados cada vez mais precisos e rigorosos.

Contudo, ao uso de IA estão associados problemas ético-legais que não devem ser ignorados e a intervenção humana continua a ser considerada superior em termos de tomada de decisão e na interação com o paciente.

IV. REFERÊNCIAS

- ACNUR. (2024). *Refugee Data Finder - Key Indicators*. <https://www.unhcr.org/refugee-statistics>
- Agência da União Europeia para o Asilo (EUAA). (2018). *EASO Practical Guide on age assessment*. <https://euaa.europa.eu/sites/default/files/publications/2022-01/easo-practical-guide-on-age-assesment-v3-2018.pdf>
- Agência da União Europeia para o Asilo (EUAA). (2021). *Age assessment practices*. https://euaa.europa.eu/sites/default/files/EASO_Age_assessment_practices_updated.pdf
- Agência da União Europeia para o Asilo (EUAA). (2023). *Unaccompanied minors: Age assessments*. https://euaa.europa.eu/sites/default/files/publications/2023-07/AR2023_factsheet17_unaccompanied_minors_age_assessments_EN.pdf
- Agrawal, P., Nikhade, P., & Nikhade, P. P. (2022). Artificial intelligence in dentistry: past, present, and future. *Cureus*, 14(7), e27405. <https://doi.org/10.7759/cureus.27405>
- Akalın Kunuk, F., & Bayrak, S. (2024). Age estimation using the Demirjian method in third molars on cone beam computed tomography images. *Canadian Society of Forensic Science Journal*, 57(3), 173-183. <https://doi.org/10.1080/00085030.2024.2353411>
- Akkaya, N., Yılcı, H. Ö., Boyacıoğlu, H., Göksülük, D., & Özkan, G. (2019). Accuracy of the use of radiographic visibility of root pulp in the mandibular third molar as a maturity marker at age thresholds of 18 and 21. *International journal of legal medicine*, 133(5), 1507–1515. <https://doi.org/10.1007/s00414-019-02036-x>
- Alhazmi, A., Vargas, E., Palomo, J. M., Hans, M., Latimer, B., & Simpson, S. (2017). Timing and rate of spheno-occipital synchondrosis closure and its relationship to puberty. *PloS one*, 12(8), e0183305. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0183305>
- AlQahtani, S. (2014). Dental age assessment. In C. Adams, R. Carabott, & S. Evans (Eds.), *Forensic odontology: An essential guide* (pp. 137–167). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118526125.ch7>
- AlQahtani, S. J., Hector, M. P., & Liversidge, H. M. (2010). Brief communication: The London atlas of human tooth development and eruption. *American journal of physical anthropology*, 142(3), 481–490. <https://doi.org/10.1002/ajpa.21258>
- AlQahtani, S. J., Hector, M. P., & Liversidge, H. M. (2014). Accuracy of dental age estimation charts: Schour and Massler, Ubelaker and the London Atlas. *American journal of physical anthropology*, 154(1), 70–78. <https://doi.org/10.1002/ajpa.22473>
- American Dental Association. (2003). *The reference manual of pediatric dentistry: Dental growth and development*. https://www.aapd.org/globalassets/media/policies_guidelines/r_dentalgrowth.pdf
- Asif, M. K., Ibrahim, N., Al-Amery, S. M., John, J., & Nambiar, P. (2019a). Juvenile versus adult: a new approach for age estimation from 3-dimensional analyses of the mandibular third molar apices. *Journal of Forensic Radiology and Imaging*, 19(1), 100347. <https://doi.org/10.1016/j.jofri.2019.100347>
- Asif, M. K., Nambiar, P., Ibrahim, N., Al-Amery, S. M., & Khan, I. M. (2019b). Three-dimensional image analysis of developing mandibular third molars apices for age estimation: A study using CBCT data enhanced with Mimics & 3-Matics software. *Legal Medicine*, 39(1), 9-14. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2019.05.003>
- Aynsley-Green, A., Cole, T. J., Crawley, H., Lessof, N., Boag, L. R., & Wallace, R. M. M. (2012). Medical, statistical, ethical and human rights considerations in the assessment of age in

- children and young people subject to immigration control. *British medical bulletin*, 102(1), 17-42. <https://doi.org/10.1093/bmb/lds014>
- Baccetti, T., Franchi, L., & McNamara, J. A., Jr (2002). An improved version of the cervical vertebral maturation (CVM) method for the assessment of mandibular growth. *The Angle orthodontist*, 72(4), 316–323. [https://doi.org/10.1043/0003-3219\(2002\)072<0316:AIVOTC>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1043/0003-3219(2002)072<0316:AIVOTC>2.0.CO;2)
- Baccher, S., Gowdar, I. M., Guruprasad, Y., Solanki, R. N., Medhi, R., Shah, M. J., & Mehta, D. N. (2024). CBCT: A Comprehensive Overview of its Applications and Clinical Significance in Dentistry. *Journal of pharmacy & bioallied sciences*, 16(Suppl 3), 1923–1925. https://doi.org/10.4103/jpbs.jpbs_19_24
- Balla, S. B., Ankiseti, S. A., Bushra, A., Bolloju, V. B., Mir Mujahed, A., Kanaparthi, A., & Buddhavarapu, S. S. (2020). Preliminary analysis testing the accuracy of radiographic visibility of root pulp in the mandibular first molars as a maturity marker at age threshold of 18 years. *International journal of legal medicine*, 134(2), 769–774. <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02257-5>
- Barbosa, M. G., Franco, A., de Oliveira, R. D. B., Mamani, M. P., Junqueira, J. L. C., & Soares, M. Q. S. (2023). Pulp volume quantification methods in cone-beam computed tomography for age estimation: A critical review and meta-analysis. *Journal of forensic sciences*, 68(3), 743–756. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.15248>
- Bassed, R. B., Briggs, C., & Drummer, O. H. (2010). Analysis of time of closure of the sphenoccipital synchondrosis using computed tomography. *Forensic science international*, 200(1-3), 161–164. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2010.04.009>
- Baumann, P., Widek, T., Merken, H., Boldt, J., Petrovic, A., Urschler, M., Kirnbauer, B., Jakse, N., & Scheurer, E. (2015). Dental age estimation of living persons: Comparison of MRI with OPG. *Forensic science international*, 253, 76–80. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.06.001>
- Bayrak, S., Halicioğlu, S., Kose, G., & Halicioğlu, K. (2018). Evaluation of the relationship between mandibular condyle cortication and chronologic age with cone beam computed tomography. *Journal of forensic and legal medicine*, 55, 39–44. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2018.02.014>
- Bjørk, M. B., & Kvaal, S. I. (2018). CT and MR imaging used in age estimation: a systematic review. *The Journal of forensic odonto-stomatology*, 36(1), 14–25. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6195946/pdf/JFOS-36-1-14.pdf>
- Cameriere, R., Ferrante, L., & Cingolani, M. (2004). Variations in pulp/tooth area ratio as an indicator of age: a preliminary study. *Journal of forensic sciences*, 49(2), 317–319. https://www.dentalage.co.uk/wp-content/uploads/2014/09/camerierer_et_al_2004_variations_in_pulp_tooth_area_ratio.pdf
- Cameriere, R., Ferrante, L., & Cingolani, M. (2006). Age estimation in children by measurement of open apices in teeth. *International journal of legal medicine*, 120, 49–52. <https://doi.org/10.1007/s00414-005-0047-9>
- Cameriere, R., Ferrante, L., De Angelis, D., Scarpino, F., & Galli, F. (2008). The comparison between measurement of open apices of third molars and Demirjian stages to test chronological age of over 18 year olds in living subjects. *International journal of legal medicine*, 122(6), 493–497. <https://doi.org/10.1007/s00414-008-0279-6>
- Carter, K., & Worthington, S. (2015). Morphologic and Demographic Predictors of Third Molar Agensis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Journal of dental research*, 94(7), 886–894. <https://doi.org/10.1177/0022034515581644>

- Chulamane, P., & Panyarak, W. (2023). Dental radiography in age determination: Contemporary methods and trends. *Oral Sciences Report*, 44(3), 54-76. <https://www.dent.cmu.ac.th/cmdj/backend/web/uploads/afe7b47696f95fb4e112f7265b09e75f.pdf>
- Comissão Europeia. (2021). *Unaccompanied minors: Age assessment methods used by Member States*. https://home-affairs.ec.europa.eu/system/files/2021-05/202110_unaccompanied_minors_age_assessment_methods_used_by_member_states.pdf
- Comissão Europeia. (2023). *Statistics on migration to Europe*. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/promoting-our-european-way-life/statistics-migration-europe_en
- Comissão Europeia. (2024). *Common European Asylum System*. https://home-affairs.ec.europa.eu/policies/migration-and-asylum/common-european-asylum-system_en
- Conselho da Europa. (2019). *Age assessment: Council of Europe Member States' policies, procedures and practices respectful of children's rights in the context of migration*. <https://rm.coe.int/ageassessmentchildrenmigration/168099529f>
- Dalessandri, D., Tonni, I., Laffranchi, L., Migliorati, M., Isola, G., Visconti, L., ... & Paganelli, C. (2020). 2D vs. 3D radiological methods for dental age determination around 18 Years: a systematic review. *Applied Sciences*, 10(9), 3094. <https://doi.org/10.3390/app10093094>
- Darji, J. A., Govekar, G., Kalele, S. D., & Hariyani, H. (2011). Age estimation from third molar development a radiological study. *Journal of Indian Academy of Forensic Medicine*, 33(2), 36-40. <https://journals.sagepub.com/doi/epdf/10.1177/0971097320110209>
- De Sanctis, V., Soliman, A. T., Soliman, N. A., Elalaily, R., Di Maio, S., Bedair, E. M., ... & Millimaggi, G. (2016). Pros and cons for the medical age assessments in unaccompanied minors: a mini-review. *Acta Biomedica*, 87(2), 121-131. https://www.researchgate.net/profile/Ashraf-Soliman/publication/307601516_Pros_and_cons_for_the_medical_age_assessments_in_unaccompanied_minors_a_mini-review/links/57cc755b08ae89cd1e86ced9/Pros-and-cons-for-the-medical-age-assessments-in-unaccompanied-minors-a-mini-review.pdf
- De Tobel, J., Bauwens, J., Parmentier, G. I. L., Franco, A., Pauwels, N. S., Verstraete, K. L., & Thevissen, P. W. (2020). Magnetic resonance imaging for forensic age estimation in living children and young adults: a systematic review. *Pediatric radiology*, 50(12), 1691-1708. <https://doi.org/10.1007/s00247-020-04709-x>
- Decreto-Lei n.º 41/2023, de 2 de junho. (2023). *Diário da República*, Série I, 107. <https://diariodarepublica.pt/dr/detalhe/decreto-lei/41-2023-213881448>
- Demirjian, A., Goldstein, H., & Tanner, J. M. (1973). A new system of dental age assessment. *Human biology*, 45(2), 211-227. <https://www.bristol.ac.uk/media-library/sites/cmm/migrated/documents/dental-age-assessment.pdf>
- Drake, R. L., Vogl, A. W., Mitchell, A. W. M., & Gray, H. (2010). *Gray's anatomy for students* (2nd ed.). Churchill Livingstone/Elsevier
- Drusini, A. G., Toso, O., & Ranzato, C. (1997). The coronal pulp cavity index: a biomarker for age determination in human adults. *American journal of physical anthropology*, 103(3), 353-363. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1096-8644\(199707\)103:3<353::AID-AJPA5>3.0.CO;2-R](https://doi.org/10.1002/(SICI)1096-8644(199707)103:3<353::AID-AJPA5>3.0.CO;2-R)
- Eliasova, H., Dostalova, T., Prochazka, A., Sediva, E., Horacek, M., Urbanova, P., & Hlinakova, P. (2021). Comparison of 2D OPG image versus orthopantomogram from 3D CBCT from the forensic point of view. *Legal medicine*, 48(1), 101802. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2020.101802>

- Europol. (2018). *Child trafficking*. https://www.europol.europa.eu/sites/default/files/documents/23-11_report_child_trafficking.pdf
- Eurostat. (2024). *Children in migration - asylum applicants*. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Children_in_migration_-_asylum_applicants
- Eurostat. (2024, 14 de março). *Asylum applications - annual statistics* https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Asylum_applications_-_annual_statistics#Over_1_million_first-time_asylum_applicants_in_2023
- Eurostat. (2024, 17 de fevereiro). *Children in migration - asylum applicants* [Figura 1]. Comissão Europeia. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Children_in_migration_-_asylum_applicants
- Eurostat. (2024, 4 de março). *Asylum applications - annual statistics*. Comissão Europeia. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Asylum_applications_-_annual_statistics#Over_1_million_first-time_asylum_applicants_in_2023
- Eurostat. (2025, 17 de fevereiro). *Children in migration - asylum applicants* [Figura 2]. Comissão Europeia. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Children_in_migration_-_asylum_applicants
- Ferrara, P., Corsello, G., Sbordone, A., Nigri, L., Caporale, O., Ehrich, J., & Pettoello-Mantovani, M. (2016). The "Invisible Children": Uncertain Future of Unaccompanied Minor Migrants in Europe. *The Journal of pediatrics*, 169, 332-333. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2015.10.060>
- Franco, A., Murray, J., Heng, D., Lygate, A., Moreira, D., Ferreira, J., Miranda E Paulo, D., Machado, C. P., Bueno, J., Mânica, S., Porto, L., Abade, A., & Paranhos, L. R. (2024). Binary decisions of artificial intelligence to classify third molar development around the legal age thresholds of 14, 16 and 18 years. *Scientific reports*, 14(1), 4668. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-55497-5>
- Ge, Z. P., Ma, R. H., Li, G., Zhang, J. Z., & Ma, X. C. (2015). Age estimation based on pulp chamber volume of first molars from cone-beam computed tomography images. *Forensic science international*, 253(1), 133-e1. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2015.05.004>
- Ge, Z. P., Yang, P., Li, G., Zhang, J. Z., & Ma, X. C. (2016). Age estimation based on pulp cavity/chamber volume of 13 types of tooth from cone beam computed tomography images. *International journal of legal medicine*, 130(4), 1159–1167. <https://doi.org/10.1007/s00414-016-1384-6>
- Ginzélova, K., Dostalova, T., Eliasova, H., Bruna, R., & Vinsu, A. (2019). Comparison of dental and chronological age based on CBCT-generated panoramic images and reconstructed 3D images. *Anthropologischer Anzeiger; Bericht uber die biologisch-anthropologische Literatur*, 76(1), 49–56. <https://doi.org/10.1127/anthranz/2019/0784>
- Greulich, W. W., & Pyle, S. I. (1959). Radiographic atlas of skeletal development of the hand and wrist (2nd ed). Stanford University Press.
- Gulsahi, A., Kulah, C. K., Bakirarar, B., Gulen, O., & Kamburoglu, K. (2018). Age estimation based on pulp/tooth volume ratio measured on cone-beam CT images. *Dento maxillo facial radiology*, 47(1), 20170239. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20170239>
- Gunacar, D. N., Bayrak, S., & Sinanoglu, E. A. (2022). Three-dimensional verification of the radiographic visibility of the root pulp used for forensic age estimation in mandibular third molars. *Dento maxillo facial radiology*, 51(3), 20210368. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20210368>

- Haavikko, K. (1970). The formation and the alveolar and clinical eruption of the permanent teeth. An orthopantomographic study. *Suomen Hammaslaakariseuran toimituksia = Finska tandlakarsallskapet förhandlingar*, 66(3), 103-170. https://www.dentalage.co.uk/wp-content/uploads/2014/09/haavikko_k_1970_tds_complete.pdf
- Hostiuc, S., Edison, S. E., Diaconescu, I., Negoï, I., & Isaila, O. M. (2021). Accuracy of the Demirjian's method for assessing the age in children, from 1973 to 2020. A meta-analysis. *Legal medicine*, 52(1), 101901. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2021.101901>
- Human Trafficking Institute. (2024). *2023 Federal Human Trafficking Report*. <https://traffickinginstitute.org/wp-content/uploads/2024/06/2023-Federal-Human-Trafficking-Report-WEB-Spreads-LR.pdf>
- Instituto Nacional de Estatística. (2023, 15 de novembro). *Estatísticas demográficas 2023: População residente em Portugal aumenta pelo quinto ano consecutivo em resultado do crescimento migratório positivo*. Instituto Nacional de Estatística. https://www.ine.pt/ngt_server/attachfileu.jsp?look_parentBoui=697596009&att_display=n&att_download=y
- Junqueira, L. C., & Carneiro, J. (2013). *Histologia básica – Texto e atlas* (12ª ed.). Guanabara Koogan.
- Kaasalainen, T., Ekholm, M., Siiskonen, T., & Kortensniemi, M. (2021). Dental cone beam CT: An updated review. *Physica Medica*, 88(1), 193-217. <https://doi.org/10.1016/j.ejmp.2021.07.007>
- Karp, J. M. (2011). Delayed tooth emergence. *Pediatrics in review*, 32(1), 4-17. <https://doi.org/10.1542/pir.32-1-e4>
- Kazmi, S., Mânica, S., Revie, G., Shepherd, S., & Hector, M. (2019). Age estimation using canine pulp volumes in adults: a CBCT image analysis. *International journal of legal medicine*, 133(6), 1967–1976. <https://doi.org/10.1007/s00414-019-02147-5>
- Kellinghaus, M., Schulz, R., Vieth, V., Schmidt, S., Pfeiffer, H., & Schmeling, A. (2010). Enhanced possibilities to make statements on the ossification status of the medial clavicular epiphysis using an amplified staging scheme in evaluating thin-slice CT scans. *International journal of legal medicine*, 124(4), 321-325. <https://doi.org/10.1007/s00414-010-0448-2>
- Khan, K. M., Miller, B. S., Hoggard, E., Somani, A., & Sarafoglou, K. (2009). Application of ultrasound for bone age estimation in clinical practice. *The Journal of pediatrics*, 154(2), 243-247. <https://doi.org/10.1016/j.jpeds.2008.08.018>
- Kreitner, K. F., Schweden, F. J., Riepert, T., Nafe, B., & Thelen, M. (1998). Bone age determination based on the study of the medial extremity of the clavicle. *European radiology*, 8(7), 1116–1122. <https://doi.org/10.1007/s003300050518>
- Kullman, L., Johanson, G., & Akesson, L. (1992). Root development of the lower third molar and its relation to chronological age. *Swedish dental journal*, 16(4), 161-167. https://www.dentalage.co.uk/wp-content/uploads/2014/09/kullman_l_et_al_1992_3rd_molar_roots_age.pdf
- Kullman, L., Martinsson, T., Zimmerman, M., & Welanders, U. (1995). Computerized measurements of the lower third molar related to chronologic age in young adults. *Acta odontologica Scandinavica*, 53(4), 211–216. <https://doi.org/10.3109/00016359509005974>
- Kurniawan, A., Taqiasa, S., Rachman, I., Riyadi, T. L., Liong, M., Pratiwi, W. A., ... & Marya, A. (2024). From tradition to technology: artificial intelligence advancements in dental age estimation. *Bulletin of the International Association for Paleodontology*, 18(2), 117-125. <https://hrcak.srce.hr/ojs/index.php/paleodontology/article/view/28239/17037>

- Kvaal, S. I., Kolltveit, K. M., Thomsen, I. O., & Solheim, T. (1995). Age estimation of adults from dental radiographs. *Forensic science international*, 74(3), 175-185. [https://doi.org/10.1016/0379-0738\(95\)01760-g](https://doi.org/10.1016/0379-0738(95)01760-g)
- Lechuga, L., & Weidlich, G. A. (2016). Cone beam CT vs. fan beam CT: a comparison of image quality and dose delivered between two differing CT imaging modalities. *Cureus*, 8(9), e778. <https://doi.org/10.7759/cureus.778>
- Lei, J., Liu, M. Q., Yap, A. U., & Fu, K. Y. (2013). Condylar subchondral formation of cortical bone in adolescents and young adults. *The British journal of oral & maxillofacial surgery*, 51(1), 63–68. <https://doi.org/10.1016/j.bjoms.2012.02.006>
- Leroy, R., Cecere, S., Lesaffre, E., & Declerck, D. (2008). Variability in permanent tooth emergence sequences in Flemish children. *European journal of oral sciences*, 116(1), 11–17. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0722.2007.00505.x>
- Liversidge H. M. (2012). The assessment and interpretation of Demirjian, Goldstein and Tanner's dental maturity. *Annals of human biology*, 39(5), 412–431. <https://doi.org/10.3109/03014460.2012.716080>
- Liversidge, H. M., Peariasamy, K., Folayan, M. O., Adeniyi, A. O., Ngom, P. I., Mikami, Y., Shimada, Y., Kuroe, K., Tvette, I. F., & Kvaal, S. I. (2017). A radiographic study of the mandibular third molar root development in different ethnic groups. *The Journal of forensic odonto-stomatology*, 35(2), 97–108. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6100223/pdf/JFOS-35-2-97.pdf>
- Liversidge, H. M., Smith, B. H., & Maber, M. (2010). Bias and accuracy of age estimation using developing teeth in 946 children. *American journal of physical anthropology*, 143(4), 545–554. <https://doi.org/10.1002/ajpa.21349>
- Lucas, V. S., McDonald, F., Andiappan, M., & Roberts, G. (2017). Dental Age Estimation-Root Pulp Visibility (RPV) patterns: A reliable Mandibular Maturity Marker at the 18 year threshold. *Forensic science international*, 270, 98–102. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.11.004>
- Ludlow, J. B., & Ivanovic, M. (2008). Comparative dosimetry of dental CBCT devices and 64-slice CT for oral and maxillofacial radiology. *Oral surgery, oral medicine, oral pathology, oral radiology, and endodontics*, 106(1), 106–114. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2008.03.018>
- Ludlow, J. B., Timothy, R., Walker, C., Hunter, R., Benavides, E., Samuelson, D. B., & Scheske, M. J. (2015). Effective dose of dental CBCT—a meta analysis of published data and additional data for nine CBCT units. *Dentomaxillofacial Radiology*, 44(1), 20140197. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20140197>
- Lunt, R. C., & Law, D. B. (1974). A review of the chronology of eruption of deciduous teeth. *Journal of the American Dental Association*, 89(4), 872–879. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.1974.0484>
- Ma, R. H., Feng, J. L., Bornstein, M. M., & Li, G. (2023). Relationship between development of the condylar cortex and the changes in condyle morphology: a cone-beam computed tomography (CBCT) observational study. *Quantitative imaging in medicine and surgery*, 13(4), 2388–2396. <https://doi.org/10.21037/qims-22-891>
- Maber, M., Liversidge, H. M., & Hector, M. P. (2006). Accuracy of age estimation of radiographic methods using developing teeth. *Forensic science international*, 159(Suppl 1), 68-73. https://www.dentalage.co.uk/wp-content/uploads/2014/09/maber-m_et_al_2006_accuracy_of_DAE.pdf

- Magalhães, M. I., Machado, V., Mascarenhas, P., Botelho, J., Mendes, J. J., & Delgado, A. S. (2022). Chronological age range estimation of cervical vertebral maturation using Baccetti method: a systematic review and meta-analysis. *European journal of orthodontics*, 44(5), 548–555. <https://doi.org/10.1093/ejo/cjac009>
- Malmqvist, E., Furberg, E., & Sandman, L. (2018). Ethical aspects of medical age assessment in the asylum process: a Swedish perspective. *International journal of legal medicine*, 132(3), 815–823. <https://doi.org/10.1007/s00414-017-1730-3>
- Márquez-Ruiz, A. B., González-Herrera, L., Luna, J. D. D., & Valenzuela, A. (2025). Radiologic assessment of third molar development and cervical vertebral maturation to validate age of majority in a Mexican population. *International Journal of Legal Medicine*, Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s00414-025-03450-0>
- Martín Pérez, S. E., Martín Pérez, I. M., Molina Suárez, R., Vega González, J. M., & García Hernández, A. M. (2025). The Validation of the Tanner–Whitehouse 3 Method for Radiological Bone Assessments in a Pediatric Population from the Canary Islands. *Osteology*, 5(1), 6. <https://doi.org/10.3390/osteology5010006>
- Martín Pérez, S. E., Martín Pérez, I. M., Vega González, J. M., Molina Suárez, R., León Hernández, C., Rodríguez Hernández, F., & Herrera Perez, M. (2023). Precision and Accuracy of Radiological Bone Age Assessment in Children among Different Ethnic Groups: A Systematic Review. *Diagnostics*, 13(19), 3124. <https://doi.org/10.3390/diagnostics13193124>
- Melsen, B. (1972). Time and mode of closure of the spheno-occipital synchondrosis determined on human autopsy material. *Cells Tissues Organs*, 83(1), 112–118. <https://doi.org/10.1159/000143852>
- Merdietio Boedi, R., Shepherd, S., Manica, S., & Franco, A. (2022). CBCT in dental age estimation: A systematic review and meta analysis. *Dentomaxillofacial Radiology*, 51(4), 20210335. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20210335>
- Messer, L. B., & Till, M. J. (2013). A landmark report on understanding the human dentition. *The Journal of the American Dental Association*, 144(1), 24–28. <https://doi.org/10.14219/jada.archive.2013.0244>
- Messineo, D., & Mangiulli, T. (2018). New method in the age estimation by the spheno-occipital suture. 3D cone-beam CT application. *International Journal of Scientific Research*, 7(6), 512–516. https://iris.uniroma1.it/bitstream/11573/1130456/1/Messineo_New-method_2018.pdf
- Miravé, A., & Abecasis, P. (2025). Determination of the legal age of majority in Spain and in the European Union. Current situation. *Journal of clinical and experimental dentistry*, 17(1), 79–86. <https://doi.org/10.4317/jced.62348>
- Moorrees, C. F., Fanning, E. A., & Hunt Jr, E. E. (1963). Age variation of formation stages for ten permanent teeth. *Journal of dental research*, 42(6), 1490–1502. <https://doi.org/10.1177/00220345630420062701>
- Muthlakshmi, K. S., Krithika, C. L., & Asokan, K. (2022). Evaluation and correlation of condylar cortication by cone-beam computed tomography: A retrospective study. *Contemporary Clinical Dentistry*, 13(1), 30–34. https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_341_20
- Muthu, M. S., Vandana, S., Akila, G., Anusha, M., Kandaswamy, D., & Narayanan, M. A. (2024). Global variations in eruption chronology of primary teeth: A systematic review and meta-analysis. *Archives of Oral Biology*, 158, 105857. <https://doi.org/10.1016/j.archoralbio.2023.105857>
- Nações Unidas (1951). *Convenção relativa ao estatuto dos refugiados (Convenção de Genebra)*.

https://dcjri.ministeriopublico.pt/sites/default/files/documentos/instrumentos/convencao_relativa_estatuto_refugiados.pdf

Nações Unidas. (1989). *Convenção sobre os Direitos da Criança*. https://dcjri.ministeriopublico.pt/sites/default/files/documentos/instrumentos/convencao_sobre_direitos_da_crianca.pdf

Nayyar, A. S., Babu, B. A., Krishnaveni, B., Devi, M. V., & Gayitri, H. C. (2016). Age estimation: Current state and research challenges. *Journal of Medical Sciences*, 36(6), 209-216. <https://doi.org/10.4103/1011-4564.196348>

Nolla, C. M. (1960). The development of the permanent teeth. *The American Society of Dentistry for Children - Journal of Dentistry for Children*, 27(4), 254-266. https://www.dentalage.co.uk/wp-content/uploads/2014/09/nolla_cm_1960_development_perm_teeth.pdf

Nota, A., Caruso, S., Ehsani, S., Baldini, A., & Tecco, S. (2020). Three-dimensional volumetric analysis of mandibular condyle changes in growing subjects: A retrospective cross-sectional study. *Cranio: the journal of craniomandibular practice*, 38(5), 320-326. <https://doi.org/10.1080/08869634.2018.1537088>

Okamoto, K., Ito, J., Tokiguchi, S., & Furusawa, T. (1996). High-resolution CT findings in the development of the sphenoccipital synchondrosis. *American Journal of Neuroradiology*, 17(1), 117-120. <https://www.ajnr.org/content/ajnr/17/1/117.full.pdf>

Olze, A., Bilang, D., Schmidt, S., Wernecke, K. D., Geserick, G., & Schmeling, A. (2005). Validation of common classification systems for assessing the mineralization of third molars. *International journal of legal medicine*, 119, 22-26. <https://doi.org/10.1007/s00414-004-0489-5>

Olze, A., Reisinger, W., Geserick, G., & Schmeling, A. (2006). Age estimation of unaccompanied minors: Part II. Dental aspects. *Forensic science international*, 159(Suppl 1), 65-67. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.02.018>

Olze, A., Solheim, T., Schulz, R., Kupfer, M., & Schmeling, A. (2010). Evaluation of the radiographic visibility of the root pulp in the lower third molars for the purpose of forensic age estimation in living individuals. *International journal of legal medicine*, 124(3), 183-186. <https://doi.org/10.1007/s00414-009-0415-y>

Ording Muller, L. S., Adolfsson, J., Forsberg, L., Bring, J., Dahlgren, J., Domeij, H., Gornitzki, C., Wernersson, E., & Odeberg, J. (2023). Magnetic resonance imaging of the knee for chronological age estimation-a systematic review. *European radiology*, 33(8), 5258-5268. <https://doi.org/10.1007/s00330-023-09546-8>

Ortega, A. I., Haiter-Neto, F., Ambrosano, G. M. B., Bóscolo, F. N., Almeida, S. M., & Casanova, M. S. (2006). Comparison of TW2 and TW3 skeletal age differences in a Brazilian population. *Journal of Applied Oral Science*, 14(2), 142-146. <https://doi.org/10.1590/s1678-77572006000200014>

Parlamento Europeu & Conselho da União Europeia. (2013). Diretiva 2013/33/UE do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de junho de 2013, que estabelece normas relativas ao acolhimento de requerentes de proteção internacional. *Jornal Oficial da União Europeia*, L 180, 96-116. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32013L0033>

Parlamento Europeu & Conselho da União Europeia. (2013). Regulamento (UE) n.º 604/2013 do Parlamento Europeu e do Conselho, de 26 de junho de 2013, que estabelece os critérios e mecanismos para determinar o Estado-Membro responsável pela análise de um pedido de proteção internacional apresentado num dos Estados-Membros por um nacional de um país

- terceiro ou por um apátrida (Regulamento de Dublin III). *Jornal Oficial da União Europeia*, L 180, 31–59. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A32013R0604>
- Pauwels, R., Araki, K., Siewerdsen, J. H., & Thongvigitmanee, S. S. (2015). Technical aspects of dental CBCT: state of the art. *Dentomaxillofacial Radiology*, 44(1), 20140224. <https://doi.org/10.1259/dmfr.20140224>
- Pereira, C. P., Escobar, C. P., & Santos, J. C. (2015). Age estimation of unaccompanied minors: a Portuguese overview. *Annals of Forensic Research and Analysis*, 2, 1012. <https://doi.org/10.47739/2378-9476/1012>
- Pinchi, V., Pradella, F., Buti, J., Baldinotti, C., Focardi, M., & Norelli, G. A. (2015). A new age estimation procedure based on the 3D CBCT study of the pulp cavity and hard tissues of the teeth for forensic purposes: A pilot study. *Journal of forensic and legal medicine*, 36, 150-157. <https://doi.org/10.1016/j.jflm.2015.09.015>
- Polat, Y., & Çelenk, S. (2024). A comparison of estimated age based on pulp volume from cone beam computed tomography (CT) images and panoramic radiography data with chronological age. *The Journal of clinical pediatric dentistry*, 48(2), 149–162. <https://doi.org/10.22514/jocpd.2024.043>
- Radiological Society of North America (RSNA) & American College of Radiology (ACR). (2025, abril). *X-ray safety*. RadiologyInfo.org. <https://www.radiologyinfo.org/en/info/safety-xray>
- Re, G. L., Zerbo, S., Terranova, M. C., Pardo, S., Midiri, F., Argo, A., Caruso, G., & Salerno, S. (2019). Role of Imaging in the Assessment of Age Estimation. *Seminars in ultrasound, CT, and MR*, 40(1), 51–55. <https://doi.org/10.1053/j.sult.2018.10.010>
- Renders, G. A., Mulder, L., van Ruijven, L. J., & van Eijden, T. M. (2006). Degree and distribution of mineralization in the human mandibular condyle. *Calcified Tissue International*, 79(3), 190–196. <https://doi.org/10.1007/s00223-006-0015-5>
- Różyło-Kalinowska, I., Kalinowski, P., Krasicka, E., Galić, I., Mehdi, F., & Cameriere, R. (2022). The Cameriere method using cone-beam computed tomography (CBCT) scans for dental age estimation in children. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 54(3), 311-325. <https://doi.org/10.1080/00450618.2020.1789221>
- Samara, E. T., Saltybaeva, N., Merce, M. S., Gianolini, S., & Ith, M. (2022). Systematic literature review on the benefit of patient protection shielding during medical X-ray imaging: towards a discontinuation of the current practice. *Physica medica*, 94, 102-109. <https://doi.org/10.1016/j.ejomp.2021.12.016>
- Santos, M. A., Muínelo-Lorenzo, J., Fernández-Alonso, A., Cruz-Landeira, A., Aroso, C., & Suárez-Cunqueiro, M. M. (2022). Age estimation using maxillary central incisor analysis on cone beam computed tomography human images. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(20), 13370. <https://doi.org/10.3390/ijerph192013370>
- Sauer, P. J., Nicholson, A., Neubauer, D., & Advocacy and Ethics Group of the European Academy of Paediatrics. (2016). Age determination in asylum seekers: physicians should not be implicated. *European journal of pediatrics*, 175, 299-303. <https://doi.org/10.1007/s00431-015-2628-z>
- Scarfe, W. C., & Farman, A. G. (2008). What is cone-beam CT and how does it work?. *Dental Clinics of North America*, 52(4), 707-730. <https://doi.org/10.1016/j.cden.2008.05.005>
- Schmeling, A., Dettmeyer, R., Rudolf, E., Vieth, V., & Geserick, G. (2016). Forensic Age Estimation. *Deutsches Ärzteblatt international*, 113(4), 44–50. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2016.0044>

- Schmeling, A., Grundmann, C., Fuhrmann, A., Kaatsch, H. J., Knell, B., Ramsthaler, F., Reisinger, W., Riepert, T., Ritz-Timme, S., Rösing, F. W., Röttscher, K., & Geserick, G. (2008). Criteria for age estimation in living individuals. *International journal of legal medicine*, 122(6), 457-460. <https://doi.org/10.1007/s00414-008-0254-2>
- Schmeling, A., Reisinger, W., Geserick, G., & Olze, A. (2006). Age estimation of unaccompanied minors: Part I. General considerations. *Forensic science international*, 159, 61-64. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2006.02.017>
- Schmidt, S., Nitz, I., Schulz, R., & Schmeling, A. (2008). Applicability of the skeletal age determination method of Tanner and Whitehouse for forensic age diagnostics. *International journal of legal medicine*, 122(4), 309-314. <https://doi.org/10.1007/s00414-008-0237-3>
- Schour, I., & Massler, M. (1941). The development of the human dentition. *Journal of the American Dental Association*, 28(7), 1153-1160. <https://els-jbs-prod-cdn.jbs.elsevierhealth.com/pb/assets/raw/Health%20Advance/journals/adaj/JADACentennialAprilSchour1941.pdf>
- Shedge, R., Kanchan, T., Warriar, V., Dixit, S. G., & Krishan, K. (2021). Forensic age estimation using conventional radiography of the medial clavicular epiphysis: A systematic review. *Medicine, Science and the Law*, 61(2), 138-146. <https://doi.org/10.1177/0025802420988223>
- Sinanoglu, A., Kocasarac, H. D., & Noujeim, M. (2016). Age estimation by an analysis of speno-occipital synchondrosis using cone-beam computed tomography. *Legal Medicine*, 18, 13-19. <https://doi.org/10.1016/j.legalmed.2015.11.004>
- Thurzo, A., Urbanová, W., Novák, B., Czako, L., Siebert, T., Stano, P., Mareková, S., Fountoulaki, G., Kosnáčová, H., & Varga, I. (2022). Where Is the Artificial Intelligence Applied in Dentistry? Systematic Review and Literature Analysis. *Healthcare*, 10(7), 1269. <https://doi.org/10.3390/healthcare10071269>
- Trakinienė, G., Šidlauskas, A., Andriuskevičiūtė, I., Šalomskienė, L., Švalkauskienė, V., Smailienė, D., & Trakinis, T. (2018). Impact of genetics on third molar agenesis. *Scientific reports*, 8(1), 8307. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-26740-7>
- Tyagi, A., Srivastava, N., Rana, V., Kaushik, N., Goel, S., & Khera, A. K. (2024). Accuracy of Different Dental Age Estimation Methods Using Cone Beam Computed Tomography: A Comparative Study. *International Journal of Clinical Pediatric Dentistry*, 17(5), 558-564. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10005-2860>
- Ubelaker, D. H. (1989). Human skeletal remains. *Excavation, analysis, interpretation*. Aldine Publishing Co. Inc.
- Ugalde Barahona, et al. (2017). Forensic Dentistry Methods To Estimate the chronological age of individuals. A topic review. *Revista Facultad de Odontología Universidad de Antioquia*, 29(1), 173-186. <https://doi.org/10.17533/udea.rfo.v29n1a9>
- Uğur Aydın, Z., & Bayrak, S. (2019). Relationship between pulp tooth area ratio and chronological age using cone-beam computed tomography images. *Journal of forensic sciences*, 64(4), 1096-1099. <https://doi.org/10.1111/1556-4029.13986>
- União Europeia. (2011). Diretiva 2011/95/EU do Parlamento Europeu e do Conselho, de 13 de dezembro de 2011. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32011L0095>
- União Europeia. (2012). Carta dos Direitos Fundamentais da União Europeia. *Jornal Oficial da União Europeia*, C 326, 391-407. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/?uri=CELEX%3A12012P%2FTXT>

- UNICEF. (2024). *Birth registration steadily increases worldwide, but 150 million children still invisible*. <https://www.unicef.org/press-releases/birth-registration-steadily-increases-worldwide-150-million-children-still-invisible>
- Urschler, M., Krauskopf, A., Widek, T., Sorantin, E., Ehammer, T., Borkenstein, M., ... & Scheurer, E. (2016). Applicability of Greulich–Pyle and Tanner–Whitehouse grading methods to MRI when assessing hand bone age in forensic age estimation: a pilot study. *Forensic science international*, 266, 281-288. <https://doi.org/10.1016/j.forsciint.2016.06.016>
- Vandana, S., Muthu, M. S., Akila, G., Anusha, M., Kandaswamy, D., & Aswath Narayanan, M. B. (2024). Global variations in eruption chronology of permanent teeth: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Human Biology*, 36(8), e24060. <https://doi.org/10.1002/ajhb.24060>
- Venkatesh, E., & Elluru, S. V. (2017). Cone beam computed tomography: basics and applications in dentistry. *Journal of istanbul University faculty of Dentistry*, 51(3 Suppl 1), 102-121. <https://doi.org/10.17096/jiufd.00289>
- Vodanović, M., Subašić, M., Milošević, D., Galić, I., & Brkić, H. (2023). Artificial intelligence in forensic medicine and forensic dentistry. *The journal of forensic odonto-stomatology*, 41(2), 30-41. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10473456/pdf/JFOS-41-2-30.pdf>
- Willems, G., Van Olmen, A., Spiessens, B., & Carels, C. (2001). Dental age estimation in Belgian children: Demirjian's technique revisited. *Journal of forensic sciences*, 46(4), 893-895. <https://doi.org/10.1520/JFS15064J>
- Yang, Z., Fan, L., Kwon, K., Pan, J., Shen, C., Tao, J., & Ji, F. (2020). Age estimation for children and young adults by volumetric analysis of upper anterior teeth using cone-beam computed tomography data. *Folia Morphologica*, 79(4), 851-859. <https://doi.org/10.5603/FM.a2020.0004>
- Zainuddin, M. Z., Azizan, A., & Yusof, M. Y. P. M. (2025). Artificial Intelligence (AI) in Dental Age Estimation Studies: A Scientometric Analysis. *Inteligencia Artificial*, 28(75), 101-113. <https://doi.org/10.4114/intartif.vol28iss75pp101-113>
- Zheng, Q., Ge, Z., Du, H., & Li, G. (2021). Age estimation based on 3D pulp chamber segmentation of first molars from cone-beam-computed tomography by integrated deep learning and level set. *International Journal of Legal Medicine*, 135(1), 365-373. <https://doi.org/10.1007/s00414-020-02459-x>

V. ANEXOS

Anexo A – Métodos de estimação da idade usados por cada país da UE

Comparação dos procedimentos de avaliação da idade nos Estados-Membros da UE pela EASO em 2018 (p. 106). Reproduzido com autorização dos autores, sob informação de nova atualização prevista para o final de 2025.

Overview of the procedural safeguards in use during age assessment processes (I)

EU+ state	NON-MEDICAL METHODS					MEDICAL METHODS						
	Documents submitted	Estimations based on physical appearance	Age assessment interview	Social service assessment	Psychological interviews	Dental observation	Physical development	Sexual maturity observation	Carpal (hand/wrist) X-ray	Collar bone X-ray	Dental X-ray	Other
Austria	✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Belgium	✓		✓	✓		✓			✓	✓	✓	
Bulgaria	✓	✓				✓	✓		✓			
Croatia	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓			✓	
Cyprus	✓		✓	✓		✓			✓		✓	
Czech Republic	✓								✓			
Denmark	✓		✓			✓	✓	✓	✓		✓	
Estonia	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Finland	✓		✓		✓	✓			✓	✓	✓	
France	✓		✓		✓	✓	✓	✓**				
Germany	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓					
Greece	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	***
Hungary	✓	✓	✓			✓		✓			✓	
Ireland	✓	✓	✓	✓		✓						
Italy	✓	✓	✓	✓	✓*	✓	✓	✓	✓		✓	
Latvia						✓	✓		✓	✓	✓	
Lithuania	✓	✓							✓	✓		
Luxembourg									✓	✓		***
Malta	✓		✓						✓			
Netherlands	✓	✓								✓		
Norway	✓	✓	✓			✓			✓		✓	
Poland	✓	✓				✓	✓		✓		✓	****
Portugal	✓	✓				✓			✓		✓	
Romania	✓	✓				✓		✓	✓	✓	✓	
Slovakia	✓	✓ ⁽¹⁾		✓ ⁽²⁾		✓			✓	✓	✓	
Slovenia	✓	✓										
Spain	✓		✓	✓					✓	✓		*****
Sweden	✓		✓	✓					✓	✓	✓	
Switzerland	✓	✓	✓				✓		✓	✓	✓	
United Kingdom	✓	✓	✓	✓								
	27	19	17	11	6	16	11	7	23	12	19	4

(1) For victims of trafficking in human beings or vulnerable persons

(*) Visual assessment

(**) Pelvic bone X-ray

(***) Fourth rib (P7)

(****) MRI of the knee (SE)

Anexo B – Tabelas de Nolla (1960)

Tabelas elaboradas por Nolla (1960) para o sexo masculino. Retirado de Nolla (1960) e reproduzido com autorização da editora (The American Society of Dentistry for Children - American Academy of Pediatric Dentistry).

TABLE II

NORMS FOR THE MATURATION OF PERMANENT TEETH FOR BOYS

Age (Yrs.)	Mandibular Teeth (Growth Stage)								Maxillary Teeth (Growth Stage)							
	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	6 6	7 7	8 8	1 1	2 2	3 3	4 4	5 5	6 6	7 7	8 8
3	5.2	4.5	3.2	2.6	1.1	5.0	.7		4.3	3.4	3.0	2.0	1.0	4.2	1.0	
4	6.5	5.7	4.2	3.5	2.2	6.2	2.0		5.4	4.5	3.9	3.0	2.0	5.3	2.0	
5	7.5	6.8	5.1	4.4	3.3	7.0	3.0		6.4	5.5	4.8	4.0	3.0	6.4	3.0	
6	8.2	7.7	5.9	5.2	4.3	7.7	4.0		7.3	6.4	5.6	4.9	4.0	7.4	4.0	
7	8.8	8.5	6.7	6.0	5.3	8.4	5.0	.8	8.2	7.2	6.3	5.7	4.9	8.2	5.0	
8	9.3	9.1	7.4	6.8	6.2	9.0	5.9	1.4	8.8	8.0	7.0	6.5	5.8	8.9	5.8	1.0
9	9.7	9.5	8.0	7.5	7.0	9.5	6.7	1.8	9.4	8.7	7.7	7.2	6.6	9.4	6.5	1.8
10	10.0	9.8	8.6	8.2	7.7	9.8	7.4	2.0	9.7	9.3	8.4	7.9	7.3	9.7	7.2	2.3
11			9.1	8.8	8.3	9.9	7.9	2.7	9.95	9.7	8.8	8.6	8.0	9.8	7.8	3.0
12			9.6	9.4	8.9		8.4	3.5		9.95	9.2	9.2	8.7		8.3	4.
13			9.8	9.7	9.4		8.9	4.5			9.6	9.6	9.3		8.8	4.9
14				10.0	9.7		9.3	5.3			9.8	9.8	9.6		9.3	5.9
15					10.0		9.7	6.2			9.9	9.9	9.9		9.6	6.6
16½							10.0	7.3							10.0	7.7
17								7.6								8.0

TABLE V¹
AGE NORMS FOR MAXILLARY AND MANDIBULAR TEETH OF BOYS
(INCLUDING THIRD MOLARS)

<i>Age in Years</i>	<i>Sum of Stages for 8 Mandibular Teeth</i>	<i>Sum of Stages for 8 Maxillary Teeth</i>	<i>Sum of 16 Maxillary and Mandibular Teeth</i>
7	49.5	45.5	95.0
8	55.1	51.8	106.9
9	59.7	57.3	117.0
10	63.5	61.8	125.3
11	66.7	65.6	132.3
12	69.8	69.3	139.1
13	72.3	72.2	144.5
14	74.3	74.4	148.7
15	75.9	75.9	151.8
16	77.3	77.7	155.0
17	77.6	78.0	155.6

TABLE V
AGE NORMS FOR MAXILLARY AND MANDIBULAR TEETH OF BOYS
(EXCLUDING THIRD MOLARS)

<i>Age in Years</i>	<i>Sum of Stages for 7 Mandibular Teeth</i>	<i>Sum of Stages for 7 Maxillary Teeth</i>	<i>Sum of Stages for 14 Maxillary and Mandibular Teeth</i>
3	22.3	18.9	41.2
4	30.3	26.1	56.4
5	37.1	33.1	70.2
6	43.0	39.6	82.6
7	48.7	45.5	94.2
8	53.7	50.8	104.5
9	57.9	55.5	113.3
10	61.5	59.5	121.0
11	64.0	62.6	126.6
12	66.3	65.3	131.6
13	67.8	67.3	135.1
14	69.0	68.5	137.5
15	69.7	69.3	139.0
16	70.0	70.0	140.0
17	70.0	70.0	140.0

Table 3
Conversion of Maturity Score to Dental Age (7 Teeth)

Age	Score	Age	Score	Age	Score	Age	Score
Boys							
3.0	12.4	7.0	46.7	11.0	92.0	15.0	97.6
.1	12.9	.1	48.3	.1	92.2	.1	97.7
.2	13.5	.2	50.0	.2	92.5	.2	97.8
.3	14.0	.3	52.0	.3	92.7	.3	97.8
.4	14.5	.4	54.3	.4	92.9	.4	97.9
.5	15.0	.5	56.8	.5	93.1	.5	98.0
.6	15.6	.6	59.6	.6	93.3	.6	98.1
.7	16.2	.7	62.5	.7	93.5	.7	98.2
.8	17.0	.8	66.0	.8	93.7	.8	98.2
.9	17.6	.9	69.0	.9	93.9	.9	98.3
4.0	18.2	8.0	71.6	12.0	94.0	16.0	98.4
.1	18.9	.1	73.5	.1	94.2		
.2	19.7	.2	75.1	.2	94.4		
.3	20.4	.3	76.4	.3	94.5		
.4	21.0	.4	77.7	.4	94.6		
.5	21.7	.5	79.0	.5	94.8		
.6	22.4	.6	80.2	.6	95.0		
.7	23.1	.7	81.2	.7	95.1		
.8	23.8	.8	82.0	.8	95.2		
.9	24.6	.9	82.8	.9	95.4		
5.0	25.4	9.0	83.6	13.0	95.6		
.1	26.2	.1	84.3	.1	95.7		
.2	27.0	.2	85.0	.2	95.8		
.3	27.8	.3	85.6	.3	95.9		
.4	28.6	.4	86.2	.4	96.0		
.5	29.5	.5	86.7	.5	96.1		
.6	30.3	.6	87.2	.6	96.2		
.7	31.1	.7	87.7	.7	96.3		
.8	31.8	.8	88.2	.8	96.4		
.9	32.6	.9	88.6	.9	96.5		
6.0	33.6	10.0	89.0	14.0	96.6		
.1	34.7	.1	89.3	.1	96.7		
.2	35.8	.2	89.7	.2	96.8		
.3	36.9	.3	90.0	.3	96.9		
.4	38.0	.4	90.3	.4	97.0		
.5	39.2	.5	90.6	.5	97.1		
.6	40.6	.6	91.0	.6	97.2		
.7	42.0	.7	91.3	.7	97.3		
.8	43.6	.8	91.6	.8	97.4		
.9	45.1	.9	91.8	.9	97.5		

Anexo D – Atlas de Schour e Massler (1941)

Retirado de Messer e Till (2013) e reproduzido com autorização da editora (Elsevier).

