



**Universidade do Estado do Rio de Janeiro**

Centro Biomédico

Faculdade de Odontologia

Fernanda Catharino Menezes Franco

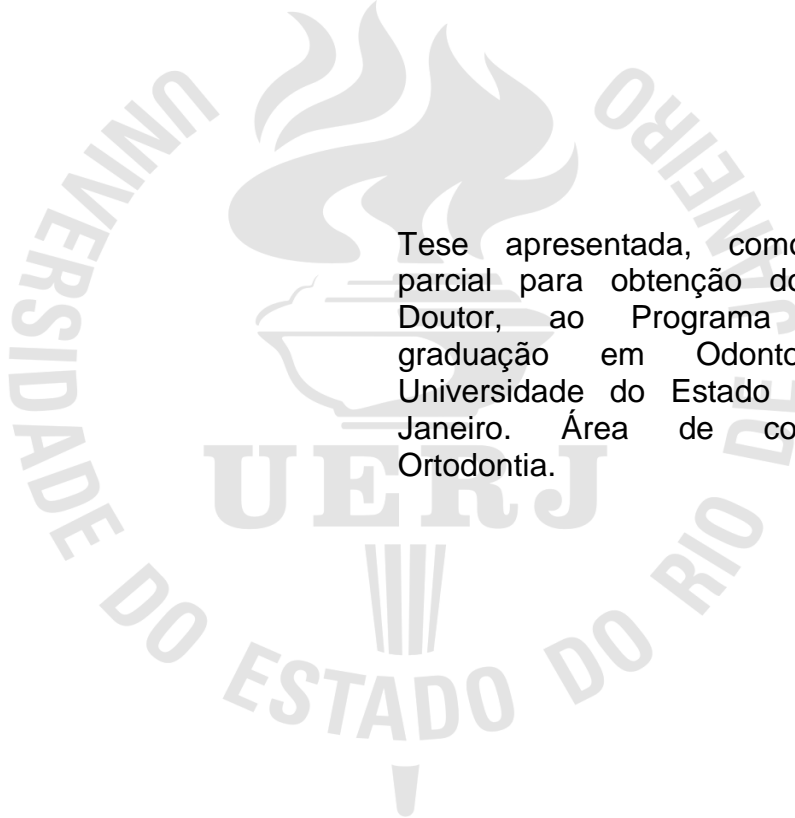
**Avaliação tridimensional da sínfise mandibular em crânios secos  
e sua associação com diferentes classificações de tipos faciais**

Rio de Janeiro

2014

Fernanda Catharino Menezes Franco

**Avaliação tridimensional da sínfise mandibular em crânios secos e sua  
associação com diferentes classificações de tipos faciais**



Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-graduação em Odontologia, da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Ortodontia.

Orientadores: Prof.<sup>a</sup> Dra. Flavia Raposo Gebara Artese  
Prof. Dr. Felipe de Assis Ribeiro Carvalho

Rio de Janeiro

2014

CATALOGAÇÃO NA FONTE  
UERJ/REDE SIRIUS/BIBLIOTECA CB/B

F825	<p>Franco, Fernanda Catharino Menezes. Avaliação tridimensional da sínfise mandibular em crânios secos e sua associação com diferentes classificações de tipos faciais / Fernanda Catharino Menezes Franco. – 2014.</p> <p>81 f.</p> <p>Orientadores: Flavia Raposo Gebara Artese e Felipe de Assis Ribeiro Carvalho</p> <p>Tese (doutorado) – Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Faculdade de Odontologia</p> <p>1. Ortodontia. 2. Face - Anatomia e histologia. 3. Mandíbula. 4. Imagem tridimensional. 5. Tomografia computadorizada de feixe cônico I. Artese, Flavia Raposo Gebara. II. Carvalho, Felipe de Assis Ribeiro. III. Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Faculdade de Odontologia. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 616.314</p>
------	---

Autorizo, apenas para fins acadêmicos e científicos, a reprodução total ou parcial desta dissertação, desde que citada a fonte.

---

Assinatura

---

Data

Fernanda Catharino Menezes Franco

**Avaliação tridimensional da sínfise mandibular em crânios secos e sua associação com diferentes classificações de tipos faciais**

Tese apresentada, como requisito parcial para obtenção do título de Doutor, ao Programa de Pós-graduação em Odontologia da Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Área de concentração: Ortodontia.

Aprovada em 12 de fevereiro de 2014.

Orientadores:

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Flavia Raposo Gebara Artese  
Faculdade de Odontologia – UERJ

---

Prof. Dr. Felipe de Assis Ribeiro Carvalho  
Faculdade de Odontologia – UERJ

Banca examinadora:

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Cátia Cardoso Abdo Quintão  
Faculdade de Odontologia – UERJ

---

Prof. Dr. José Augusto Mendes Miguel  
Faculdade de Odontologia – UERJ

---

Prof. Dr. Paulo José D'Albuquerque Medeiros  
Faculdade de Odontologia – UERJ

---

Prof. Dr. Fernando Antônio Lima Habib  
Universidade Federal da Bahia

---

Prof. Dr. Lincoln Issamu Nojima  
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Rio de Janeiro

2014

## DEDICATÓRIA

*Ao meu esposo Manoel; as minhas filhas, Amanda e Manoela; e a minha mãe Nieta; por dividirem comigo as dificuldades e multiplicarem os momentos de alegria.*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu Deus que até aqui, e em toda minha vida, tem me ajudado; com seu incomensurável amor tem cuidado de mim, com seu braço forte me sustentou nos momentos difíceis e com sua luz me deu a graça desta vitória. Aos meus pais, Waldir (*in memoriam*) e Antonieta, pelos ensinamentos de sabedoria, amor incondicional, alicerces para que eu pudesse construir e realizar todos os meus projetos de vida.

Ao meu esposo Manoel, companheiro de todos os momentos, seu amor e incentivo, exemplo de leveza, simplicidade e caráter tornaram possível a concretização deste trabalho. As minhas lindas meninas, Amanda e Manoela, a negra e a branca, pelos momentos de ausência física e imensa felicidade nos tantos reencontros; por serem minha fonte de inspiração e força para seguir sempre em frente com alegria no coração.

Aos meus queridos amigos de profissão e de vida, Telma e Fernando, testemunhas de tantos momentos, o apoio, a amizade sincera e incentivo foram peças fundamentais para que chegasse até aqui. E não poderia deixar de mencionar o querido amigo Jorge Vogel que dentre as inúmeras doações à OrtoUFBA, tanto materiais quanto de conhecimento científico, está a amostra de crânios que fundamentou este trabalho. Além da querida Iêda Rebello que participou ativamente na elaboração e execução do método desta pesquisa, com importantes sugestões, sendo praticamente uma terceira orientadora.

À minha orientadora e amiga Flavia Artese, pelo exemplo de amor à docência, capacidade de trabalho e competência, sem nunca medir esforços para atingir a excelência em tudo que faz. A oportunidade de acompanhar, nestes três anos, o seu empenho e dedicação à Ortodontia e à família, deixa lições que vou levar por toda vida. Agradeço também ao meu segundo orientador Felipe Carvalho, que tornou possível a execução deste trabalho, através de sua admirável competência e generosidade em dividir conhecimentos.

Aos Professores do curso de Pós-graduação em Ortodontia da Faculdade de Odontologia da UERJ, Prof. Álvaro Francisco Carrielo Fernandes, Prof. Álvaro

de Moraes Mendes, Prof<sup>a</sup>. Cátia Abdo Quintão, Prof<sup>a</sup>. Ione Helena Vieira Portella Brunharo, Prof. Jonas Capelli Jr., Prof. José Augusto Mendes Miguel, Prof. Marco Antônio de Oliveira Almeida, Prof<sup>a</sup>. Maria Teresa de Andrade Goldner e Prof<sup>a</sup>. Vera Lucia Cosendey Corte-Real, pela oportunidade de fazer parte da família UERJ. Serei sempre testemunha do trabalho de excelência que realizam nesta faculdade e sempre grata pelo muito que aprendi com cada um. Agradecimento especial não poderia deixar de externar às professoras Cátia e Ione, pelo apoio nos momentos difíceis, conselhos e exemplos profissionais e pessoais.

Aos amigos e colegas de Doutorado, Alexandre Franco, Andressa Otranto, Cristiane Canavarro, Flavio Carvalho, Klaus Barretto, Raquel Medeiros, Ritha Almeida e Tatiana Lima por dividirem comigo momentos felizes durante o curso, levo boas lembranças de cada um.

Agradecimento especial à minha queridacolega e companheira Daniela Feu, sua amizade, exemplo de determinação, foi um dos melhores presentes deste Doutorado.

Aos colegas do Mestrado, Diego Jr. Santos, Nathália Palomares, Walter Rospigliosi e George Bueno pelos agradáveis momentos ao longo do Curso e por se tornarem preciosos amigos.

Às funcionárias do Departamento de Ortodontia da UERJ, Mônica Marques, Fernanda Galvão e Kátia Galvão pela agradável convivência.

Aos meus queridos amigos e colegas da Escola Bahiana de Odontologia, Ana Carla e Antistenes e da UFBA, Marcos Alan e André Machado, pela compreensão nas minhas ausências e incentivo em todos os momentos.

Enfim, agradeço sinceramente a todos que de alguma forma participaram desta vitória.

O correr da vida embrulha tudo,  
a vida é assim: esquenta e esfria,  
aperta e daí afrouxa,  
sossega e depois desinquieta.  
O que ela quer da gente é coragem.  
O que Deus quer é ver a gente  
aprendendo a ser capaz  
de ficar alegre a mais,  
no meio da alegria,  
e inda mais alegre  
ainda no meio da tristeza!  
A vida inventa!  
A gente principia as coisas,  
no não saber porque,  
porque a vida é mutirão de todos,  
por todos remexida e temperada.  
O mais importante e bonito, do mundo, é isto:  
que as pessoas não estão sempre iguais,  
ainda não foram terminadas,  
mas que elas vão sempre mudando.  
Afinam ou desafinam. Verdade maior.



## RESUMO

FRANCO, Fernanda Catharino Menezes. *Avaliação tridimensional da sínfise mandibular em crânios secos e sua associação com diferentes classificações de tipos faciais*. 2014. 81 f. Tese (Doutorado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um estudo morfológico quantitativo e qualitativo da região da sínfise mandibular (SM), através da construção de modelos tridimensionais (3D) e avaliar o seu grau de associação com diferentes classificações de padrões faciais. Foram avaliados 61 crânios secos humanos de adultos jovens com oclusão normal, com idade entre 18 e 45 anos e dentadura completa. Tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFC) de todos os crânios foram obtidas de forma padronizada. O padrão facial foi determinado por método antropométrico e cefalométrico. Utilizando o critério antropométrico, tomando como referência o índice facial (IF), o padrão facial foi classificado em: euriprósopo ( $\leq 84,9$ ), mesoprósopo (85,0 - 89,9) e leptoprósopo ( $\geq 90,0$ ). Pelo critério cefalométrico, o plano mandibular (FMA) determinou o padrão facial em curto ( $\leq 21,0$ ), médio (21,1 - 29,0) e longo ( $\geq 29,1$ ); e o índice de altura facial (IAF) classificou a face em hipodivergente ( $\geq 0,750$ ), normal (0,749 - 0,650) e hiperdivergente ( $\leq 0,649$ ). A construção de modelos 3D, representativos da região da SM, foi realizada com o auxílio do software ITK-SNAP. Os dentes presentes nesta região, incisivos, caninos e pré-molares inferiores, foram separados do modelo por técnica de segmentação semi-automática, seguida de refinamento manual. Em seguida, foram obtidos modelos 3D somente com o tecido ósseo, possibilitando a mensuração do volume ósseo em  $\text{mm}^3$  (VOL) e da densidade radiográfica, pela média de intensidade dos voxels (Mvox). No programa Geomagic Studio 10 foi feita uma superposição anatômica dos modelos 3D em *bestfit* para estabelecer um plano de corte padronizado na linha média. Para cada sínfise foi medida a altura (Alt), a largura (Larg) e calculado o índice de proporção entre altura e largura (PAL). A avaliação da presença de defeitos alveolares foi feita diretamente na mandíbula, obtendo-se a média de todas as alturas ósseas alveolares (AltOss) e a média da dimensão das deiscências presentes (Medef). O índice de correlação intra-classe (ICC) com valores entre 0,923 a 0,994, indicou alta reprodutibilidade e confiabilidade das variáveis medidas. As diferenças entre os grupos, determinados pelas classificações do padrão facial (IF, FMA e IAF), foram avaliadas através da análise de variância (oneway ANOVA) seguida do teste *post-hoc* de Tukey. O grau de associação entre o padrão facial e as variáveis Vol, Mvox, PAL, Alt, Larg, AltOss e Medef foi avaliado pelo coeficiente de correlação de Pearson com um teste t para r. Os resultados indicaram ausência de diferença ou associação entre o volume, densidade radiográfica e presença de defeitos alveolares da SM e o padrão facial quando determinado pelo IF, FMA e IAF. Verificou-se tendência de SM mais longas nos indivíduos com face alongada, porém a largura não mostrou associação com o padrão facial. Estes resultados sugerem que as classificações utilizadas para determinar o padrão facial não representam satisfatoriamente o caráter 3D da face humana e não estão associadas com a morfologia da SM.

Palavras-chave: Mento. Morfologia da face. Tomografia computadorizada de feixe cônico.

## ABSTRACT

FRANCO, Fernanda Catharino Menezes. Three-dimensional evaluation of mandibular symphysis in dry skulls and their association with different classifications of facial types 2014. 81 f. Tese (Doutorado em Odontologia) - Faculdade de Odontologia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

The objective of this study was to develop a quantitative and qualitative morphological study of the mandibular symphysis (SM) region through the construction of three-dimensional models (3D) and assess their association with different classifications of facial patterns. Sixty-one human dry skulls of young adults with normal occlusion, aged 18 and 45, with complete dentition, were evaluated. Cone beam computed tomography (CBCT) of all skulls were obtained in a standard manner. The facial pattern was determined by anthropometric and cephalometric methods. By the anthropometric criteria, using as reference the facial index (IF), facial patterns were classified as: euriprosopic ( $\leq 84.9$ ), mesoprosopic (85.0 to 89.9) and leptoprosopic ( $\geq 90.0$ ). By the cephalometric criteria, the mandibular plane (FMA) determined the facial pattern as short ( $\leq 21.0$ ), medium (21.1 to 29.0) and long ( $\geq 29.1$ ), and the facial height index (IAF) determined the classification of the face in hypodivergent ( $\geq 0.750$ ), average (0.749 to 0.650) and hyperdivergent ( $\leq 0.649$ ). Data obtained were reconstructed using ITK-SNAP software. Teeth present in this region, incisors, canines and premolars, were separated from the model by semi-automatic segmentation, followed by manual refinement. Then the 3D models were obtained only with bone tissue, enabling the measurement of bone volume in  $\text{mm}^3$  (VOL) and radiographic density, by the mean intensity of the voxels (MVox). With the Geomagic Studio 10 software an anatomical best fit superimposition of 3D models was performed to standardly cut in the midline. For each symphysis the height (Alt) and width (Larg) were measured, and the ratio between height and width was calculated (PAL). The evaluation of the presence of alveolar defects was done directly on the mandible, thus obtaining the average of all the alveolar bone height (AltOss) and the average of the size of the present dehiscences (Medef). The intra-class correlation index (ICC) showed values between 0.923 to 0.994, indicating high reproducibility and reliability of the measurements. The differences between the groups as determined by the facial pattern (IF, FMA and LAI) ratings were assessed by analysis of variance (one way ANOVA) followed by post-hoc Tukey test. The degree of association between facial pattern and Vol, MVox, PAL, Alt, Larg, AltOss and Medef variables was assessed by Pearson's correlation coefficient with a t-test for r. The results indicated no difference or association between the volume, density and presence of radiographic alveolar defects of the SM and the facial pattern when determined by IF, FMA and IAF. There was a tendency of a longer SM in individuals with longer faces, but the width was not associated with the facial pattern. These results suggest that the classifications used to determine the facial pattern does not represent the 3D nature of the human face and are not associated with the morphology of the SM.

Keywords: Mentum. Morphology of the face. Cone beam computed tomography.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 -	Preparação dos crânios para o procedimento da TCFC.....	33
Figura 2 -	Obtenção das medidas antropométricas.....	35
Figura 3 -	Crânios com diferentes padrões faciais.....	36
Figura 4 -	Obtenção das medidas cefalométricas.....	37
Figura 5 -	Segmentação do tecido dentário.....	39
Figura 6 -	Pré-processamento dos dados, para determinação do limiar de intensidade dos voxels ( <i>threshold</i> ) a serem selecionados. ....	39
Figura 7 -	Modelo 3D somente com seu conteúdo ósseo.....	40
Figura 8 -	Superposição dos modelos 3D em posição de maior coincidência das formas anatômicas, tipo <i>best fit</i> .....	41
Figura 9 -	Mensuração da altura e largura da sínfise mandibular.....	42
Figura 10 -	Volume da sínfise mandibular em mm <sup>3</sup> (VOL) nos grupos classificados pelo Índice facial (IF), Plano mandibular (FMA) e Índice de altura facial (IAF).....	46
Figura 11 -	Média de intensidade dos voxels (Mvox) ou densidade radiográfica nos grupos classificados pelo Índice facial (IF), Plano mandibular (FMA) e Índice de altura facial (IAF).....	47
Figura 12 -	Proporção altura largura da sínfise mandibular (PAL) nos grupos classificados pelo Índice facial (IF), Plano mandibular (FMA) e Índice de altura facial (IAF).....	48
Figura 13 -	Altura da sínfise mandibular (Alt) nos grupos classificados pelo Índice facial (IF), Plano mandibular (FMA) e Índice de altura facial (IAF).....	49

Figura 14 - Largura da região da sínfise mandibular (Larg) nos grupos classificados pelo Índice facial (IF), Plano mandibular (FMA) e Índice de altura facial (IAF).....	50
Figura 15 - Altura óssea da região da sínfise mandibular (AltOss) nos grupos classificados pelo Índice facial (IF), Plano mandibular (FMA) e Índice de altura facial (IAF).....	51
Figura 16 - Média da dimensão das deiscências presentes (Medef) nos grupos classificados pelo Índice facial (IF), Plano mandibular (FMA) e Índice de altura facial (IAF).....	52
Figura 17 - Dispersão da correlação entre a variável VOL e as variáveis: Índice facial (IF), Plano mandibular (FMA) e Índice de altura facial (IAF). ....	53
Figura 18 - Dispersão descrevendo a correlação entre a variável Mvox e as variáveis: Índice facial (IF), Plano mandibular (FMA) e Índice de altura facial (IAF).....	54
Figura 19 - Dispersão descrevendo a correlação entre a variável PAL e as variáveis: Índice facial (IF), Plano mandibular (FMA) e Índice de altura facial (IAF).....	54
Figura 20 - Dispersão descrevendo a correlação entre a variável Alt e as variáveis: Índice facial (IF), Plano mandibular (FMA) e Índice de altura facial (IAF). ....	55
Figura 21 - Dispersão descrevendo a correlação entre a variável Larg e as variáveis: índice facial (IF), plano mandibular (FMA) e índice de altura facial (IAF). ....	55
Figura 22 - Dispersão descrevendo a correlação entre a variável AltOss e as variáveis: Índice facial (IF), Plano mandibular (FMA) e Índice de altura facial (IAF).....	56
Figura 23 - Dispersão descrevendo a correlação entre a variável Medef e as variáveis: Índice facial (IF), Plano mandibular (FMA) e Índice de altura facial (IAF).....	56

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Estatística descritiva para as variáveis avaliadas.....	45
Tabela 2 -	Estratificação da amostra por classificação do padrão facial.....	45
Tabela 3 -	Distribuição de frequência dos sexos feminino e masculino nos grupos classificados pelo Índice facial (IF).....	58
Tabela 4 -	Distribuição de frequência dos sexos feminino e masculino nos grupos classificados pelo Plano mandibular (FMA).....	58
Tabela 5 -	Distribuição de frequência dos sexos feminino e masculino nos grupos classificados pelo Índice de altura facial (IAF).....	59

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

2D	Bidimensional
3D	Tridimensional
ALT	Altura da região da sínfise mandibular
AltOss	Média da altura óssea alveolar
DICOM	Comunicação de imagens digitais em medicina
FMA	Ângulo do plano mandibular da análise de Tweed
FOV	Campo de Visão
ICC	Índice de correlação intra-classe
IAF	Índice de altura facial
IF	Índice facial
LARG	Largura da sínfise mandibular
MeDef	Média da dimensão das deiscências
Mvox	Média de intensidade dos voxels (densidade radiográfica)
PAL	Índice de proporção altura largura
SM	Sínfise mandibular
TCFC	Tomografia computadorizada de feixe cônico
VOL	Volume da sínfise em mm <sup>3</sup>

## LISTA DE SÍMBOLOS

mm	Milímetro
mm <sup>3</sup>	Milímetro cúbico
UH	Unidades Hounsfield
°	Grau
%	Porcentagem
≥	Maior ou igual a
≤	Menor ou igual a

## SUMÁRIO

	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	<b>16</b>
<b>1</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>18</b>
1.1	<b>Morfologia facial.....</b>	<b>18</b>
1.1.1	<u>Morfologia facial na Antropometria.....</u>	<b>18</b>
1.1.2	<u>Morfologia facial na Ortodontia.....</u>	<b>19</b>
1.2	<b>Morfologia da região da sínfise mandibular.....</b>	<b>22</b>
1.2.1	<u>Crescimento da região da sínfise mandibular.....</u>	<b>22</b>
1.2.2	<u>Limites da movimentação ortodôntica.....</u>	<b>24</b>
1.2.3	<u>Influência da morfologia facial .....</u>	<b>25</b>
1.3	<b>Diagnóstico através de imagem tomográfica .....</b>	<b>28</b>
<b>2</b>	<b>PROPOSIÇÃO .....</b>	<b>31</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODO .....</b>	<b>32</b>
3.1	<b>Obtenção das imagens tomográficas .....</b>	<b>32</b>
3.2	<b>Estratificação da amostra pelo padrão facial .....</b>	<b>34</b>
3.2.1	<u>Método antropométrico .....</u>	<b>34</b>
3.2.2	<u>Método cefalométrico .....</u>	<b>36</b>
3.3	Avaliação volumétrica da região da sínfise mandibular .....	<b>38</b>
3.4	Proporção altura-largura da região da sínfise mandibular .....	<b>41</b>
3.5	Avaliação da cobertura óssea alveolar da região da sínfise mandibular .....	<b>42</b>
3.6	<b>Análise estatística .....</b>	<b>43</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>44</b>
4.1	Reprodutibilidade intra-avaliador .....	<b>44</b>
4.2	Estatística descritiva .....	<b>44</b>
4.3	Morfologia da região da sínfise mandibular.....	<b>45</b>
4.3.1	<u>Volume ósseo .....</u>	<b>45</b>
4.3.2	<u>Média da intensidade dos voxels .....</u>	<b>47</b>
4.3.3	<u>Índice de proporção altura largura .....</u>	<b>48</b>



4.3.4	<u>Altura</u> .....	49
4.3.5	<u>Largura</u> .....	50
4.3.6	<u>Altura óssea alveolar</u> .....	51
4.3.7	<u>Média da dimensão das deiscências</u> .....	52
4.4	Correlações entre o padrão facial e a sínfise mandibular .....	53
5	<b>DISCUSSÃO</b> .....	57
5.1	<b>Discussão do método</b> .....	57
5.2	<b>Discussão dos resultados</b> .....	63
5.3	<b>Considerações finais</b> .....	66
	<b>CONCLUSÕES</b> .....	68
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	69
	<b>ANEXO A</b> – Parecer consubstanciado do comitê de ética e pesquisa.....	80
	<b>ANEXO B</b> – Registro individualizado dos crânios, com informações relativas a idade, sexo, procedência e medidas craniométricas.....	81

## INTRODUÇÃO

A morfologia da sínfise mandibular (SM) é reconhecida como um fator de grande importância no diagnóstico e planejamento do tratamento ortodôntico. Seu padrão de crescimento tem um impacto indiscutível para o equilíbrio e estética facial<sup>1,2</sup> e é, muitas vezes, utilizada como referência para a predição do crescimento da mandíbula.<sup>3,4</sup> Além disto, a SM é a região anatômica que comporta os incisivos inferiores, constituindo-se no fator que restringe o movimento destes dentes e determina os riscos periodontais inerentes a movimentação ortodôntica fora dos seus limites.<sup>5-8</sup>

Alguns estudos demonstraram a associação entre a morfologia da SM e o padrão facial vertical.<sup>6,8-12</sup> Nos indivíduos com face longa, foi encontrado o predomínio de sínfises mandibulares mais estreitas e compridas, com menor espessura de osso cortical. Enquanto nos indivíduos com face curta, a morfologia da sínfise foi mais larga e curta, associada a um osso cortical mais espesso.<sup>6,8-11</sup> Entretanto, alguns aspectos devem ser considerados na compreensão destes resultados. A extensa variabilidade do fenótipo facial humano<sup>13</sup>, e seu caráter tridimensional (3D), dificulta a utilização de um critério de classificação que represente a face com precisão.<sup>14,15</sup> O padrão facial é determinado a partir de medidas tomadas em representações radiográficas bidimensionais (2D), em estruturas anatômicas que sofrem influência do crescimento de estruturas adjacentes, tais como a base do crânio<sup>16</sup> ou os processos alveolares.<sup>17</sup> Outro aspecto importante é a metodologia de avaliação da morfologia da SM. Inicialmente, utilizou-se a radiografia cefalométrica convencional,<sup>1,8,18</sup> sujeita a erros de ampliação e superposição de imagens.<sup>19</sup> Com o desenvolvimento das técnicas tomográficas, em especial a tomografia computadorizada de feixe cônico (TCFC), houve a possibilidade de visualização volumétrica dos maxilares. Porém, apesar de utilizarem tomografias, estes estudos avaliaram a morfologia da SM através de reconstruções multiplanares que produzem imagens 2D.<sup>9-12</sup>

Os avanços mais recentes no diagnóstico por imagem permitiram uma visualização 3D mais precisa da morfologia maxilofacial.<sup>20</sup> A representação de volume indireta, conhecida como segmentação, permite a reconstrução de uma estrutura anatômica considerando sua densidade radiográfica ou grau de

atenuação da radiação.<sup>19-21</sup> Estas técnicas computacionais trouxeram a possibilidade de avaliar a SM sob uma perspectiva 3D verdadeira e medir seu volume e densidade óssea. Poucos estudos utilizaram esta nova metodologia para avaliar a morfologia dos maxilares<sup>22</sup> e, mais especificamente, investigar a associação entre a SM e o padrão facial vertical.

Visto que a relação, tanto da morfologia quanto da quantidade de tecido ósseo da SM com os diferentes tipos faciais ainda não está bem esclarecida, a investigação destes aspectos pode acrescentar informações relevantes ao diagnóstico ortodôntico. Tendo em vista estas considerações, o propósito deste trabalho foi desenvolver um estudo 3D morfológico e quantitativo da SM e avaliar o seu grau de associação com diferentes classificações de padrões faciais.

## 1 REVISÃO DA LITERATURA

### 1.1 Morfologia facial

#### 1.1.1 Morfologia facial na Antropometria

A descrição da forma do corpo humano tem sido uma preocupação desde tempos remotos. Na Grécia antiga, cânones baseados em regras de proporção eram utilizados para descrever a forma ideal da figura humana. Tais cânones foram retomados no período renascentista por artistas como Leonardo da Vinci e Albrecht Dürer.<sup>23,24</sup> Muitos destes princípios neoclássicos são utilizados nos dias atuais tanto nas artes plásticas como na medicina.<sup>25-27</sup> A Antropometria ou Antropologia física incorporou estes conceitos, agregando aos mesmos embasamento científico, com objetivo de avaliar as dimensões e proporções do corpo humano.<sup>13,26-30</sup>

Quando os métodos antropométricos foram adotados na prática médica para quantificar as mudanças na estrutura craniofacial, se constatou a diversidade do fenótipo humano e as características específicas que diferenciam os indivíduos e grupos étnicos.<sup>13,25,31</sup> Em diferentes áreas da prática clínica médica, dados antropométricos normatizados se tornaram indispensáveis para a determinação precisa do grau de desvio da normalidade.<sup>13,32-34</sup> A exemplo da cirurgia plástica, nos tratamentos de deformidades congênitas ou pós-traumáticas,<sup>35,36</sup> da medicina legal ou forense, com objetivo de identificação dos indivíduos<sup>37</sup> ou na genética médica, para o diagnóstico dos dismorfismos ou anomalias craniofaciais.<sup>33</sup>

A primeira classificação da morfologia craniana com base científica é atribuída ao anatomista Anders Retzius (1840). Retzius denominou os indivíduos que apresentavam a forma do crânio alongada de *gentes dolichocephalae* e aqueles de forma curta de *gentes brachycephalae*. Entretanto, não atribuiu nenhum valor numérico que estabelecesse os limites entre os indivíduos de ambos os grupos e não utilizou a denominação intermediária *mesocephalae* introduzida mais tarde.<sup>38</sup> As medidas usadas por Retzius quando aplicadas em

indivíduos vivos são conhecidas como índice cefálico e em crânios secos como índice craniano.<sup>38-40</sup> Estes são calculados pela razão entre a largura máxima e o comprimento máximo da cabeça.<sup>26,30,40</sup> Subsequentemente, o conceito foi aprimorado com a definição de valores intermediários que estabelecem uma classificação<sup>38</sup> e refletem melhor a diversidade encontrada na morfologia facial humana.<sup>13</sup> O índice cefálico ou craniano é, portanto, uma medida relacionada à forma da calota craniana. Para descrever as proporções da face, o índice utilizado na antropometria é o índice facial (IF), produto da altura facial morfológica, que é medida do ponto Násio (N) ao Gnátio (Gn), dividida pela largura bizigomática, medida do ponto Zygion direito ao esquerdo (Zyd- Zye).<sup>26,39,40</sup> No índice facial os termos utilizados têm origem semântica no grego, onde a palavra para a face é *prosopon*.<sup>38</sup> Nesta classificação, também foram atribuídos valores numéricos que estabelecem as categorias euriprósopo, mesoprósopo e leptoprósopo.<sup>26,39,40</sup>

Vale ressaltar que na área médica, a maioria dos trabalhos utiliza uma nomenclatura para descrever o padrão facial que está em consonância com a antropometria.<sup>23,33</sup> O termo braquicefalia, por exemplo, descreve indivíduos que apresentam índice cefálico maior que 81% e calota craniana encurtada na sua dimensão anteroposterior. Enquanto dolicocefalia representa anomalias com índice cefálico menor que 71% e calota craniana alongada.<sup>33</sup>

### 1.1.2 Morfologia facial na Ortodontia

Na Ortodontia, a avaliação da morfologia facial difere das demais áreas da saúde, principalmente, por tomar como referência a vista lateral ou perfil facial, em detrimento da visão frontal da face. Por conseguinte, a largura facial não é considerada na maioria das classificações.<sup>38</sup> Esta tendência pode ser compreendida devido a importância da cefalometria radiográfica na Ortodontia moderna, com predomínio de análises baseadas na radiografia cefalométrica lateral.<sup>41-43</sup>

A descrição das relações dentofaciais dos indivíduos com morfologia facial normal e anormal é um dos assuntos que foi mais, frequentemente, abordado na literatura ortodôntica.<sup>17,43-51</sup> Como resultado, muitas tentativas foram feitas para

descrever a amplitude de variação normal da face humana e conceber um sistema para identificar e classificar os diferentes tipos faciais. O principal objetivo de qualquer classificação é fornecer um parâmetro de referência tanto para o normal quanto para o anormal.<sup>43</sup>

Algumas das classificações utilizadas em análises cefalométricas para descrever o padrão facial são: longo, médio ou curto<sup>44</sup>; hiperdivergente, neutro ou hipodivergente<sup>17,52</sup>; e mordida aberta esquelética ou mordida profunda esquelética.<sup>46</sup> Cabe ressaltar, que os termos braquifacial, dolicofacial e mesofacial utilizados com frequência por ortodontistas, foram introduzidos na literatura ortodôntica a partir de um artigo de Ricketts em 1960.<sup>38</sup> Vários livros texto de Ortodontia descrevem a face usando os termos braquicefálico, dolicocefálico e mesocefálico e associam um tipo específico de morfologia facial e de forma de arco. Esta associação deve ser evitada, visto que uma relação direta entre a forma da face, forma do crânio e forma do arco não ocorre em todos os indivíduos.<sup>53,54</sup> Os termos euriprósopo, mesoprósopo e leptoprósopo aparecem na literatura ortodôntica de origem europeia e estão em conformidade com as demais áreas que também se ocupam da morfologia facial, como por exemplo a Antropologia, Cirurgia Plástica ou Genética.<sup>38</sup> Um aspecto relevante a ser considerado é que, nos estudos que avaliam os dismorfismos craniofaciais, os termos braquicefalia e dolicocefalia são usados para descrever deformidades da calota craniana.<sup>33</sup>

Embora não exista um consenso quanto ao parâmetro a ser adotado para identificar diferentes tipos faciais, a inclinação do plano mandibular é o mais utilizado na determinação do padrão vertical da face.<sup>45,51,55</sup> A inclinação do plano mandibular, por sua vez sofre influência de outras estruturas craniofaciais, além das mandibulares, sendo importante considerar variações anatômicas individuais nas estruturas de referência, como a base do crânio.<sup>16,56</sup> Além disto, os requisitos de um método de classificação do tipo facial é que o padrão esquelético determinado deve corresponder com o que é observado no exame clínico e, preferencialmente, que possa também ser mensurado tanto na radiografia como clinicamente ou em fotografias. Considerando este requisito, o ângulo do plano mandibular com referência no plano de *Frankfort* (FMA) se mostra mais adequado para classificar o tipo facial, a despeito da dificuldade de localizar precisamente o ponto Porion.<sup>3,50</sup>

Para Horn,<sup>17</sup> o índice de altura facial (IAF) oferece uma indicação mais precisa do posicionamento vertical da mandíbula, pois capacita o clínico a monitorar não só o comportamento mandibular, mas também as relações esqueléticas maxilomandibulares. O IAF é o produto da razão entre as alturas faciais posterior (AFP) e anterior (AFA). Primariamente, os fatores que determinam o aumento na AFA são o crescimento vertical dentoalveolar nas regiões posteriores da maxila e mandíbula e o deslocamento inferior da maxila, decorrente do crescimento sutural. A AFP, por outro lado, é determinada pelo crescimento vertical condilar.<sup>57</sup> Este índice tem valor médio de 0,70 e variações entre 0,65 e 0,75 são consideradas dentro da faixa de normalidade.<sup>17</sup>

O método cefalométrico de avaliação da morfologia e do crescimento facial provém de dados 2D coletados durante um período de aproximadamente 80 anos,<sup>42</sup> desde a idealização do cefalostato por Broadbent em 1931, o que possibilitou a obtenção de radiografias padronizadas da face.<sup>58,59</sup> Entretanto, questiona-se atualmente se esta representação de uma estrutura 3D, como é a face, nos fornece informações completas para um adequado diagnóstico ortodôntico.<sup>42,60,61</sup> O rápido desenvolvimento das técnicas 3D de imagem possibilitou ao clínico e ao pesquisador uma representação mais fidedigna da morfologia facial e ferramentas mais precisas para o estudo do seu crescimento.<sup>41</sup> Todavia, cabe ressaltar que ainda não foram desenvolvidas análises cefalométricas 3D baseadas em dados normativos confiáveis.<sup>62</sup> Além disto, de acordo com os padrões atuais de ética médica sobre pesquisas envolvendo seres humanos, os estudos que utilizaram cefalometria radiográfica dificilmente serão repetidos em moldes semelhantes, quer seccionais ou longitudinais, usando TCFC.<sup>42</sup>

## 1.2 Morfologia da região da sínfise mandibular

Comumente, dois aspectos relevantes são apresentados para a importância de se avaliar a morfologia da SM. O primeiro fator é a sua contribuição para o equilíbrio e harmonia facial. Seu padrão de crescimento tem um impacto indiscutível no desenvolvimento da face, e muitas vezes constitui papel decisivo no planejamento do tratamento ortodôntico.<sup>2,63-66</sup> O segundo fator é a função anatômica de comportar os incisivos inferiores e determinar os riscos periodontais inerentes a movimentação desses dentes fora dos seus limites.<sup>5-8,11</sup>

### 1.2.1 Crescimento da região da sínfise mandibular

A variabilidade no tamanho e forma da SM é largamente influenciada pela quantidade e direção de crescimento.<sup>67,68</sup> Embora a fusão da sínfise ocorra em idade precoce, aproximadamente entre os seis e nove meses subsequentes ao nascimento,<sup>69</sup> a porção anterior da mandíbula continua a se desenvolver ao longo da infância e adolescência.<sup>66,68</sup> Deposição óssea periosteal expressiva ocorre na superfície lingual da sínfise e, em menor quantidade, na porção inferior e no mento. Na superfície vestibular superior ao mento verifica-se predomínio de reabsorção óssea, o que aumenta a protuberância mental.<sup>68,70</sup> Entretanto, é importante considerar que esta região apresenta significativa variação individual; enquanto em alguns indivíduos ocorre reabsorção insignificante, em outros a remodelação óssea é mais intensa, resultando em mínima cobertura óssea sobre os incisivos.<sup>68</sup> Enlow<sup>71</sup> especulou que o processo de remodelação óssea na região dos incisivos inferiores pode constituir um ajuste funcional durante o processo de crescimento para estabilizar a oclusão. Mais recentemente, Marshall et al.<sup>67</sup> demonstraram, em um estudo longitudinal com pacientes entre as idades de 5 e 12 anos e padrão facial normal, que o desenvolvimento do mento ocorre em parte pelo crescimento diferencial entre os maxilares e pelo movimento dentoalveolar compensatório.



Buschang et al.,<sup>66</sup> também em um estudo longitudinal, descreveram mudanças quantitativas decorrentes do crescimento durante a infância e puberdade. Pontos de referência na sínfise mostraram movimento vertical e horizontal significativo, com as maiores alterações ocorrendo na metade superior da sínfise. As taxas de crescimento vertical foram maiores durante a puberdade do que durante a infância, podendo chegar a um incremento anual de 0,9mm/ano e mais expressivas nos indivíduos do sexo masculino. Ressaltando as implicações clínicas dos resultados encontrados, os autores sugerem a relação com o desenvolvimento de curvas de Spee profundas em pacientes com mandíbulas retraídas.

Acredita-se que a forma anatômica da mandíbula e, mais especificamente, as características da região da sínfise refletem o comportamento do crescimento passado e as tendências futuras.<sup>72</sup> A hipótese de que a morfologia da sínfise poderia ser utilizada para prever a direção de crescimento da mandíbula foi testada por vários autores, com sucesso variável.<sup>46,67,73-76</sup> Björk<sup>73</sup> observou que, em indivíduos com rotação horária da mandíbula, a parte anterior da sínfise torna-se achatada. Já em casos de rotação anti-horária, a porção frontal da sínfise torna-se côncava e o pogônio ganha proeminência. Aki et al.<sup>4</sup> testaram esta hipótese e chegaram a conclusão de que a morfologia da sínfise está relacionada com a direção de crescimento mandibular, especialmente em indivíduos do sexo masculino. Entretanto, cabe ressaltar que o significado clínico da maioria destes estudos, embora de inegável relevância científica, deve ser avaliado com cautela; necessitando ainda de maior aprofundamento das investigações para permitir previsões clinicamente úteis.<sup>77</sup>

Coletivamente, estes estudos descrevem o crescimento da sínfise mandibular em uma direção superior e posterior com aposição óssea na superfície lingual e reabsorção óssea na superfície vestibular, acima do mento. Como afirmado por Haskell,<sup>1</sup> a variabilidade de forma da sínfise humana pode ser considerada como sendo o resultado da interação entre crescimento compensatório que ocorre em resposta aos estímulos produzidos pelas estruturas adjacentes, e o genótipo intrínseco da mandíbula.

### 1.2.2 Limites da movimentação ortodôntica

A posição dos incisivos inferiores é de suma importância no momento de planejar o tratamento ortodôntico, sendo reconhecida como um dos aspectos chave na obtenção da estabilidade e estética facial.<sup>3,77-82</sup> Por sua vez, a extensão da movimentação destas unidades está condicionada às dimensões da sínfise mandibular, considerada o fator anatômico limitante deste movimento.<sup>5,7,8,10,80,83</sup> A concepção de que a remodelação óssea permite que o dente seja movimentado em qualquer direção, com seu aparato de sustentação periodontal sendo reconstituído a medida que ocorre o deslocamento através do processo alveolar, tem sido contestada por estudos clínicos<sup>5,84,85</sup> e experimentais.<sup>86,87</sup> Durante a extrusão, o aumento ósseo em dimensão vertical não corresponde totalmente ao movimento dentário,<sup>88,89</sup> sendo esta variação dependente do regime de ativação e da força aplicada. Do mesmo modo, quando o movimento sagital ou anteroposterior é realizado, muitos estudos relataram a ocorrência de deiscências e fenestrações,<sup>85,86,90,91</sup> constatando a existência de limites à esta movimentação constituídos pela anatomia do osso alveolar na maxila e na mandíbula.<sup>8</sup>

Especialmente em casos com uma sínfise estreita e alta, estudos clínicos têm mostrado que movimentos extensos constituem um fator de risco para perda óssea alveolar progressiva.<sup>7,90,92,93</sup> Entretanto, é importante considerar que uma condição desfavorável antes do tratamento ortodôntico pode exercer uma influência decisiva. Neste contexto, a presença de apinhamento na região de incisivos inferiores pode se constituir em um fator predisponente para possíveis danos periodontais.<sup>94</sup> Estudos em crânios secos revelaram que deiscências e exposições da superfície radicular podem ser uma consequência de variações anatômicas já presentes antes do tratamento ortodôntico. Estes estudos observaram maior incidência de defeitos ósseos na porção vestibular da mandíbula, principalmente nos caninos e incisivos.<sup>95,96</sup>

Hoeve e Mulie,<sup>97,98</sup> utilizando a laminografia para melhor visualização dos contornos anatômicos alveolares durante a retração de incisivos, notaram que estes se deslocaram favoravelmente nos estágios iniciais da movimentação dentária. Mas quando os ápices radiculares se aproximaram do osso cortical denso, os dentes não se deslocaram por vários meses. Quando a força

ortodôntica foi aumentada, ou mais torque incorporado, ocorreram fenestrações ou deiscências do osso alveolar. Demonstraram que limitações da morfologia do palato e da sínfise podem estar associadas a sequelas iatrogênicas, quando os limites anatômicos são desafiados. Portanto, as dimensões alveolares na região anterior dos maxilares determinam limites para a movimentação ortodôntica e desafiá-los pode ocasionar sequelas iatrogênicas.

Os resultados destes estudos enfatizam a importância de avaliar a quantidade de osso ao redor dos incisivos inferiores antes de planejar o tratamento ortodôntico. Portanto, a escolha do plano de tratamento deve ser influenciada não somente pelos objetivos estéticos, mas também pela morfologia da região da sínfise e posição dos incisivos inferiores.

### 1.2.3 Influência da morfologia facial

O crescimento craniofacial envolve mudanças significativas na dimensão vertical da face.<sup>17,49,70,99,100</sup> Embora o potencial genético de cada indivíduo exerça uma influência fundamental,<sup>1</sup> mudanças funcionais, como acontece nos casos de respiração bucal crônica, podem produzir alterações na dimensão vertical da face.<sup>101,102</sup> Acompanhando estas alterações dimensionais, estão as alterações na morfologia da mandíbula, incluindo alterações na sínfise mandibular.<sup>1,18,66</sup>

A morfologia dos ossos maxilares, especificamente sua densidade e espessura das tábuas ósseas corticais, sofrem adaptações às forças de mastigação.<sup>103-105</sup> A relação entre as forças musculares e adaptação óssea poderia explicar as correlações que têm sido relatadas entre a função muscular e a espessura do osso cortical.<sup>105</sup> A divergência facial também tem sido relacionada com os músculos mastigatórios; um exemplo de ocorrência natural é encontrado em indivíduos com distrofia muscular. Estes apresentam musculatura enfraquecida o que afeta diretamente a estrutura e a posição dos maxilares.<sup>106,107</sup> É através da consideração destes aspectos que diversos estudos têm investigado a associação entre a morfologia facial e a morfologia da mandíbula.<sup>6,9-12,108-110</sup>

Um dos primeiros estudos a abordar, através da cefalometria radiográfica, a relação entre a SM e o padrão de crescimento vertical da face, foi desenvolvido

por Haskell<sup>1</sup>. Este autor utilizou radiografias cefalométricas e modelos de gesso, para avaliar a relação entre a estrutura da sínfise e o grau de protrusão do mento. Utilizou uma amostra de 60 indivíduos, aleatoriamente divididos em três grupos com base no padrão de crescimento normal, horizontal e vertical. Medidas foram obtidas nos traçados cefalométricos laterais e frontais para descrever a forma geral da mandíbula e determinar a proporção entre a protuberância mental e área total da sínfise nos grupos avaliados. Observou que o mento torna-se mais proeminente a medida em que o padrão de crescimento mandibular varia do vertical para o horizontal e a forma do arco torna-se mais larga. Seus resultados indicam maior relação da morfologia da SM com a forma da mandíbula do que com a morfologia da face.

Também utilizando cefalometria radiográfica, Handelman<sup>8</sup> investigou se a morfologia craniofacial é um fator determinante para a largura do alvéolo. Radiografias cefalométricas laterais de 107 indivíduos adultos foram medidas para determinar a largura do osso alveolar no nível dos ápices dos incisivos e correlacioná-las com diferentes tipos faciais verticais e sagitais. Constatou que, embora uma morfologia estreita da sínfise possa ser encontrada em qualquer dos tipos faciais, é mais comumente observada em indivíduos com ângulo do plano mandibular aumentado ( $SN-GoGn \geq 39^\circ$ ).

Beckmann et al.<sup>6</sup> tomaram como referência a altura facial inferior (ENA-Me) para examinar a sínfise. Diferentes parâmetros morfométricos foram medidos em cortes sagitais na linha média da maxila e da mandíbula em 460 cefalogramas de indivíduos adultos não tratados ortodonticamente. Dos 460 pacientes, 165 que apresentavam sobremordida normal (0,5 a 4mm) foram divididos em três grupos de acordo com a altura facial inferior. Concluíram, a partir dos resultados encontrados, que indivíduos face longa têm maiores alturas de sínfise, estando mais associado a sínfises mais estreitas do que com maior volume.

Posteriormente, estudos com TCFC trouxeram a possibilidade de avaliar as dimensões da sínfise mandibular de forma 3D. Permitiram a visualização das tábuas ósseas vestibular e lingual, ocultas nas radiografias convencionais devido às sobreposições das imagens e encobertas clinicamente pelo tecido gengival.<sup>111</sup>

Um dos primeiros estudos que utilizou tomografia computadorizada para comparar a face com a morfologia da mandíbula foi feito por Tsunori et al.<sup>9</sup> Trinta

e nove crânios secos foram divididos em três grupos com base no tipo facial, os parâmetros utilizados para isto foram o ângulo do plano mandibular (FMA), ângulo goníaco e a relação entre a altura facial posterior e altura facial anterior (IAF). Encontraram evidência de relação significativa, embora complexa, entre a estrutura do corpo mandibular e a morfologia facial. Concluíram que os tipos faciais estariam associados com a espessura do osso cortical vestibular do corpo da mandíbula e com a inclinação buco-lingual dos primeiros e segundos molares. Estudos semelhantes, com alguma diferença metodológica, foram realizados empregando tomografia computadorizada para investigar a morfologia mandibular. Os resultados mostraram a mesma tendência relatada no estudo de Tsunori, maior espessura do osso cortical vestibular nos indivíduos de face curta, em comparação com os de face média e longa.<sup>110,112,113</sup>

Dois estudos avaliaram a morfologia de cortes seccionais do osso mandibular, utilizando TCFC em pacientes com diferentes dimensões faciais verticais, com o objetivo de determinar diferenças na espessura do osso cortical nos sítios comumente utilizados para inserção de mini-implantes.<sup>11,12</sup> Swasty et al<sup>11</sup> avaliaram também a altura e largura da mandíbula em diferentes regiões. Seus resultados mostraram que o grupo face longa apresentou corticais ósseas discretamente mais estreitas do que os outros dois grupos em alguns sítios da mandíbula. Observaram também que a altura dos cortes transversais da mandíbula no grupo face longa foi menor na região posterior e se tornou maior a medida que se aproximou da sínfise. Concluíram que altura e largura nos cortes transversais diferiram mais do que a espessura da cortical entre os três grupos. Horner et al<sup>12</sup> utilizaram metodologia semelhante, mas estratificaram o tipo facial em hipodivergente e hiperdivergente. A partir dos resultados encontrados afirmaram que o osso cortical tende a ser mais espesso em indivíduos hipodivergentes do que em indivíduos hiperdivergentes e que a espessura do espaço medular é muito pouco afetada pela divergência facial.

É importante chamar atenção que em todos estes estudos que utilizaram TCFC, foram feitas reconstruções multiplanares 2D. Apesar de terem sido obtidos cortes trans-axiais sequenciais disponibilizando informações de toda a região tomografada, a visualização de cada corte é feita isoladamente, o que faz com que estes métodos não possam ser considerados representações verdadeiramente 3D da situação clínica.

### 1.3 Diagnóstico através de imagem tomográfica

O diagnóstico por imagem é uma ferramenta inestimável na área da saúde. Constitui-se em um método eficaz para o mapeamento de forma não invasiva da anatomia de um indivíduo. Estas tecnologias contribuíram sobremaneira para a evolução do conhecimento acerca da anatomia normal e patológica, bem como para a pesquisa médica.<sup>114</sup> O aumento crescente na quantidade e tamanho dos arquivos de imagens tomográficas tornou necessário o uso de técnicas computacionais cada vez mais avançadas.<sup>115</sup> Em particular, algoritmos de computador para o delineamento de estruturas anatômicas e outras regiões de interesse estão se tornando cada vez mais importantes para auxiliar e automatizar tarefas radiológicas específicas.<sup>20,116</sup> Esses algoritmos, chamados algoritmos de segmentação de imagem, desempenham um papel vital para numerosas aplicações biomédicas em imaginologia.<sup>114,117</sup> Exemplos podem ser destacados, como a quantificação do volume tecidual, diagnóstico ou localização de uma patologia, estudo de uma estrutura anatômica, planejamento de um procedimento terapêutico ou cirúrgico e na cirurgia integrada por computador.<sup>114</sup>

Para possibilitar a visualização volumétrica 3D destes dados de imagem, técnicas computacionais foram desenvolvidas através da integração de grandes volumes de voxels (unidades básicas de imagens 3D) e exibição seletiva dos mesmos. Basicamente, duas técnicas de representação volumétrica (do inglês *volume rendering*) estão disponíveis: a representação volumétrica direta e a representação volumétrica indireta.<sup>19,20,118</sup>

Clinicamente e tecnicamente a representação volumétrica direta é um processo mais simples; a técnica mais conhecida é a projeção de máxima intensidade (MIP, do inglês *maximum intensity projections*). Visualizações de imagens obtidas através desta técnica são alcançadas por meio da avaliação do valor de cada voxel ao longo de um raio de projeção imaginária. Em seguida, apenas os voxels de maior intensidade são representados na tela do computador pelos pixels (unidades básicas de imagens 2D). Voxels cuja a intensidade radiográfica estiver abaixo do limite arbitrado pelo programa de computador (*software*) são eliminados.<sup>19</sup>

A representação de volume indireta, também chamada segmentação, é um sistema mais complexo de processamento de dados, exigindo um *software* específico. No entanto, fornece uma reconstrução da superfície volumétrica em perspectiva de profundidade.<sup>19,118</sup> A segmentação implica na construção de uma imagem 3D reproduzindo uma estrutura anatômica, considerando sua densidade radiográfica, ou seja o grau de atenuação da radiação. Fundamenta-se na extração ou isolamento de partes representativas de uma imagem ou de um volume tomográfico, a partir da identificação dos voxels representativos desta estrutura.<sup>21,119</sup> É uma ferramenta comumente usada na imagiologia médica para medir o tamanho e a forma de diferentes estruturas anatômicas e usada como elemento essencial em grande número de estudos morfométricos.<sup>118</sup>

Três técnicas de segmentação são utilizadas, tanto em pesquisas médicas quanto para uso clínico, por diferentes *softwares*, muitos destes disponíveis em código aberto. Na técnica manual o delineamento dos limites das estruturas anatômicas é feito em cortes 2D consecutivos; o operador tem completo controle do processo, mas leva a desvantagem de consumir tempo e estar sujeito à falha humana. Já na técnica automática os dados são processados pelo computador através de um algoritmo, ou seja, uma sequência de instruções predefinidas no desenvolvimento específico de cada *software*. Nesta técnica, a ausência de controle do operador e seu julgamento derivado do conhecimento de anatomia e fisiologia, resulta em um modelo 3D de limites imprecisos, e de pouca validade clínica ou científica. A técnica semiautomática combina a eficiência e reprodutibilidade com o julgamento do operador.<sup>21</sup>

A necessidade de processamento de imagens tomográficas incentivou o desenvolvimento de inúmeros algoritmos de dados médicos.<sup>115</sup> Entretanto, estes acabaram sendo usados somente como ferramentas de pesquisa e poucos foram incorporados a um fluxo de trabalho clínico. A principal causa disto é a falta de estudos de validação; segurança e precisão, principalmente em procedimentos clínicos relacionados à saúde e risco de vida. Em particular, estes dois aspectos requerem atenção cuidadosa na segmentação de imagens médicas.<sup>117</sup> Atualmente, diversos *softwares* estão disponíveis para análise de imagens 3D, desenvolvidos com base em diferentes algoritmos determinados pelo desenvolvedor do programa e validados por estudos científicos na área médica. A exemplo do *Segment* e do ITK-SNAP ambos disponíveis gratuitamente para fins

de pesquisa.



## **2 PROPOSIÇÃO**

Avaliar o grau de associação entre diferentes classificações de padrões faciais e os seguintes aspectos da sínfise mandibular:

- a) Quantidade e qualidade de tecido ósseo;
- b) Morfologia;
- c) Presença e severidade de defeitos alveolares.

### 3 MATERIAL E MÉTODO

Foram avaliados 61 crânios secos humanos de adultos jovens com oclusão normal, 24 do sexo feminino e 37 do sexo masculino, afrodescendentes, com idade entre 18 e 45 anos, que fazem parte da coleção de peças anatômicas com oclusão normal, pertencente ao Curso de Especialização em Ortodontia e Ortopedia Facial da Universidade Federal da Bahia. Os espécimes desta coleção foram obtidos pela mesma técnica anatômica de preparo e conservação, além de apresentarem registro individualizado onde consta: sexo, idade, cor da pele, naturalidade, causa-mortis, data do falecimento e medidas craniométricas (Anexo B).

Dos 64 crânios da coleção, somente três foram desconsiderados por não satisfazerem os seguintes critérios: (1) oclusão estável e reproduzível, (2) ausência de sinais de doença periodontal, tais como perda óssea horizontal e vertical, (3) indivíduos com idade acima de 45 anos, (4) ausência de restaurações metálicas que pudessem interferir na aquisição das imagens tomográficas.

#### 3.1 Obtenção das imagens tomográficas

Após seleção da amostra, foram realizadas tomografias computadorizadas de feixe cônico de todos os crânios no aparelho Kodak 9500 Cone Beam 3D System (Carestream Health, Rochester, USA). As imagens foram obtidas de forma padronizada, obedecendo o mesmo protocolo, em uma rotação simples de 360° com tempo de exposição de 40 segundos, 120 kVp, para um campo de visão ou *field of view* (FOV) de 18 cm e tamanho de voxel de 0,3 mm.

Os crânios, com as respectivas mandíbulas, foram hidratados anteriormente ao procedimento tomográfico, através de imersão em água durante 24 horas para proporcionar uma adequada atenuação e dispersão dos raios-x durante a tomografia. Em seguida, a distância nácio-gnático foi mensurada através de um paquímetro digital de precisão de 300mm /12" (500-754-10, Mitutoyo, Tóquio, Japão), gerando um registro das dimensões verticais originais do crânio (Figura 1A). Para obter uma adequada identificação e diferenciação das

estruturas maxilares e mandibulares durante a segmentação, as arcadas foram articuladas utilizando silicona de condensação densa (Zhermack, Zetaplus, Badia Polesine, Itália). Este posicionamento foi realizado, tomando como referência a oclusão e o posicionamento prévio dos côndilos na fossa articular. Para padronizar a espessura do registro de mordida em 1mm, a distância Násio-Pogônio foi medida antes e depois da articulação das arcadas (Figura 1 - A, B e C). Após a presa do material de moldagem, o crânio foi envolto com filme estirável de PVC transparente para manter a hidratação.

Para garantir a padronização do posicionamento da cabeça durante a tomada tomográfica, os crânios foram fixados com fita adesiva ao tomógrafo, posicionados com o plano de *Frankfort* paralelo ao solo e linha média coincidente com o feixe de laser emitido pelo aparelho (Figura 1- D).

Figura 1 – Preparação dos crânios para o procedimento da TCFC.



Legenda: (A) registro da dimensão vertical do crânio; (B) posicionamento da mandíbula com referência na oclusão e posicionamento dos côndilos na cavidade articular; (C) conferência da distância de 1mm entre maxila e mandíbula e (D) posição do crânio para realização da tomografia.

Após a obtenção da imagem, os dados foram exportados em formato

DICOM (*Digital Imaging and Communication in Medicine*), formato universal para imagens de diagnóstico tomográfico médico-odontológicas, que disponibiliza informações de identificação, origem, dimensões da imagem, fatores de exposição, entre outros. Desta forma, além de permitir a visualização das imagens primariamente obtidas, viabilizou as subsequentes reconstruções, inclusive em 3D.

### 3.2 Estratificação da amostra pelo padrão facial

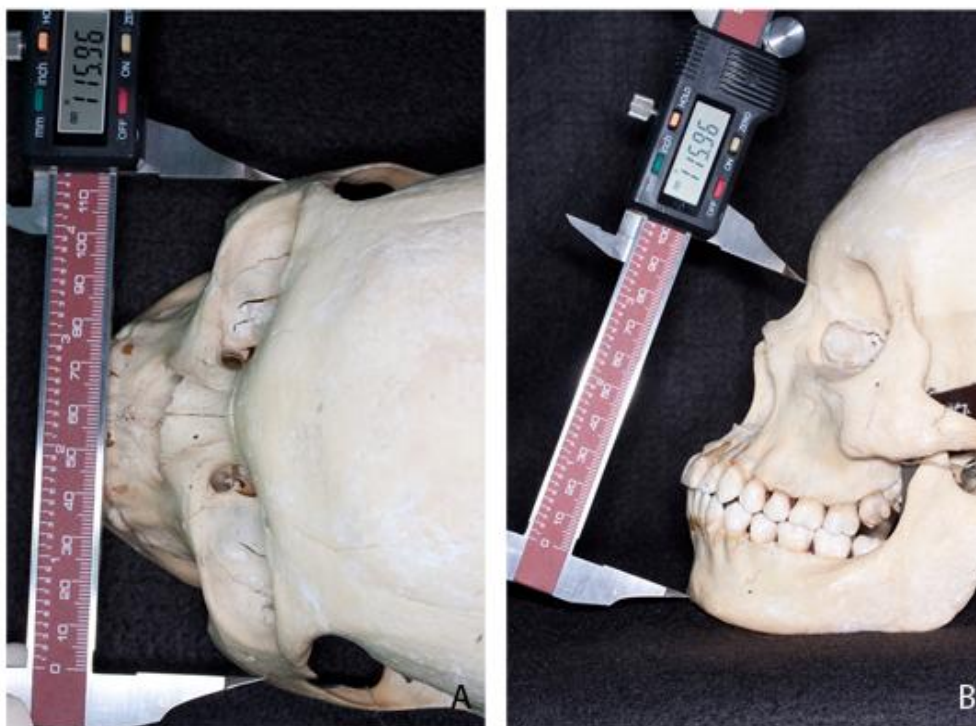
Para a estratificação da amostra utilizou-se critérios de classificação do padrão facial utilizados nos métodos antropométrico e cefalométrico.

#### 3.2.1 Método antropométrico

Para obtenção das medidas antropométricas, foi utilizado um paquímetro digital de precisão de 150mm (SR44/1.55V, Mitutoyo, Tokio, Japão) e os seguintes pontos e medidas lineares foram tomados como referência (Figura 2):

- **Násio (N)** - ponto de interseção entre as suturas internasal e frontonasal;
- **Gnátio (Gn)** - ponto mais inferior da protuberância mental;
- **Zygion direito e esquerdo (Zyd - Zye)** - pontos mais laterais das projeções dos arcos zigomáticos;
- **Altura facial** - distância linear do ponto N ao ponto Gn;
- **Largura zigomática** - distância entre os pontos Zyd e Zye.

Figura 2 - Obtenção das medidas antropométricas.



Legenda: (A) Mensuração da largura zigomática e (B) altura facial.

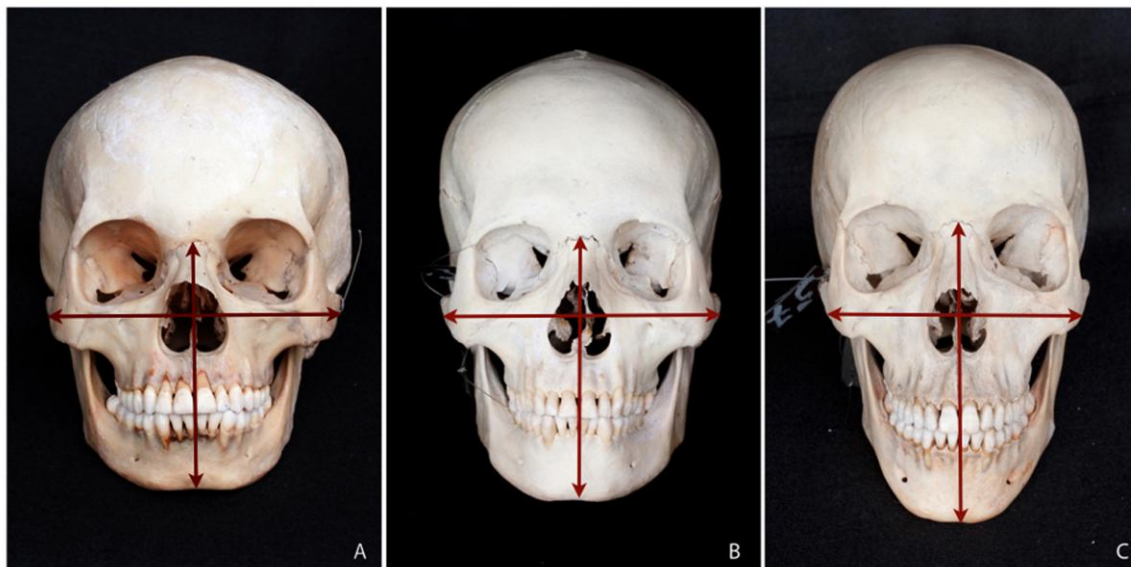
Para a determinação do tipo facial, segundo os critérios antropométricos, foi utilizado como referência o índice facial (IF), obtido através do cálculo da seguinte fórmula:

$$\text{IF} = \text{Altura facial} \times 100 / \text{Largura zigomática}$$

Após o cálculo do IF, e consideração dos critérios de inclusão descritos para esta amostra, os crânios foram classificados de acordo com o tipo facial em (Figura 3):<sup>30</sup>

- a) Euriprósopo – crânios que apresentaram IF menor ou igual a 84,9;
- b) Mesoprósopo – crânios que apresentaram IF entre 85,0 e 89,9;
- c) Leptoprósopo – crânios que apresentaram IF maior ou igual a 90,0;

Figura 3 - Crânios com diferentes padrões faciais.



Legenda: Em A, tipo facial euriprósopo (índice facial menor ou igual a 84,9), em B mesoprósopo (índice facial entre 85,0 e 89,9) e em C leptoprósopo (índice facial maior ou igual a 90,0).

### 3.2.2 Método cefalométrico

Para avaliação cefalométrica, as imagens tomográficas em DICOM foram exportadas para o programa *Dolphin Imaging* versão 11.5 Premium (Patterson Dental Supply, Chatsworth, Estados Unidos) onde foi feita a reconstrução dos dados para obtenção de imagem bidimensional correspondente a radiografia cefalométrica de perfil, seguida da obtenção do cefalograma (Figura 4) e neste a mensuração do ângulo do plano mandibular da análise de Tweed (FMA), formado pela Interseção do plano horizontal de *Frankfort* com o plano mandibular. Tomando como referência esta medida, o tipo facial foi classificado em:<sup>48</sup>

- a) Curto – crânios que apresentaram FMA menor que 21,0;
- b) Médio – crânios que apresentaram FMA entre 21,1 e 29,0;
- c) Longo – crânios que apresentaram FMA maior que 29,1.

Além desta medida, foram mensuradas no cefalograma obtido no programa *Dolphin*, a altura facial posterior (AFP) - distância em milímetros do ponto articulare ao plano mandibular e a altura facial anterior (AFA) - distância em

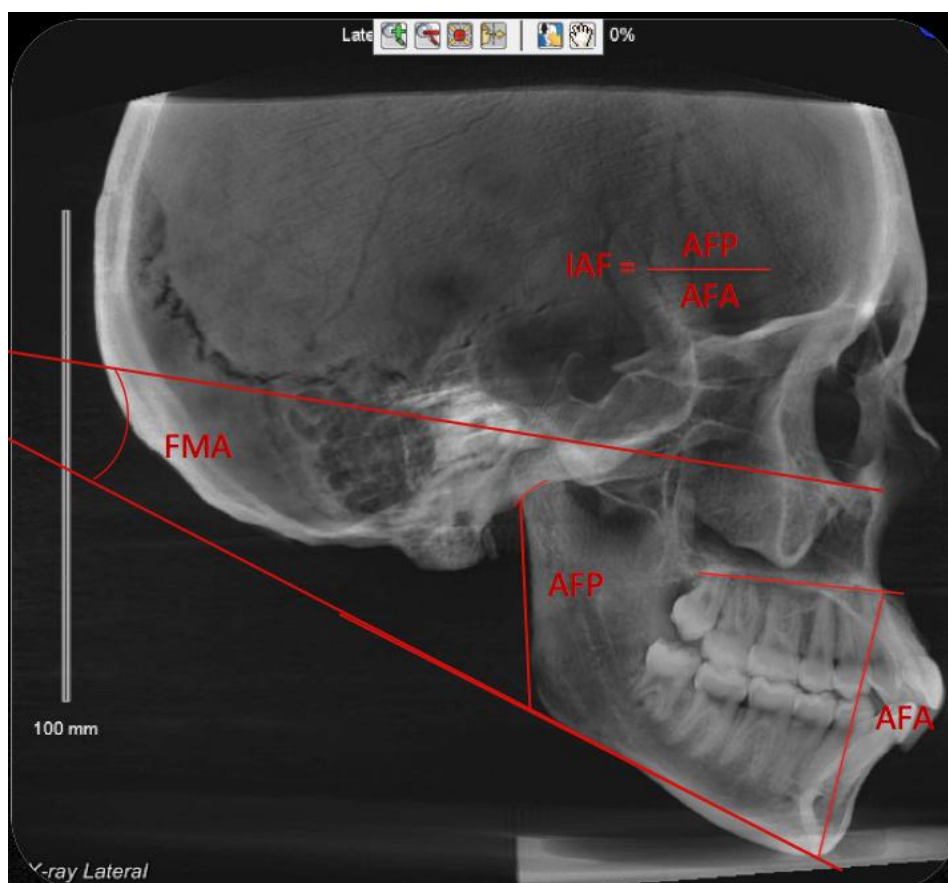
milímetros do plano palatal ao ponto mento. A partir destas medidas foi calculado o índice de altura facial (IAF) obtido através da seguinte fórmula:

$$\text{IAF} = \text{AFP} / \text{AFA}.$$

Tomando como referência este índice, o tipo facial foi classificado em:<sup>17</sup>

- a) Hipodivergente – crânios que apresentaram IAF maior que 0,750;
- b) Normal – crânios que apresentaram IAF entre 0,749 e 0,650;
- c) Hiperdivergente – crânios que apresentaram IAF menor que 0,649.

Figura 4 - Obtenção das medidas cefalométricas.



Fonte: Cópia de tela do programa *Dolphin Imaging* versão 11.5 Premium .

### 3.3 Avaliação volumétrica da região da sínfise mandibular

A segmentação da SM foi realizada com o auxílio do software de código aberto ITK-SNAP versão 2.4 (Penn Image Computing and Science Laboratory – PICSIL / University of Pennsylvania, Pensilvânia, Estados Unidos) que oferece uma combinação de ferramentas manuais e semiautomáticas para a extração de estruturas anatômicas a partir de dados tomográficos. A metodologia empregada no software, foi submetida a estudo de validação na área de neurologia médica, demonstrando excelente confiabilidade e reprodutibilidade <sup>21</sup>.

Neste trabalho, o procedimento de segmentação foi realizado de modo a construir um modelo 3D representativo da porção anterior da mandíbula no limite interforaminal, ou seja, usando como referencia lateral o forame alveolar inferior. No processo de segmentação foram criadas diferentes camadas, uma para cada tipo de tecido. Foi convencionado a utilização da camada 1 (vermelho) para tecido ósseo e da camada 2 (verde) para os tecidos dentários, permitindo a diferenciação entre os mesmos.

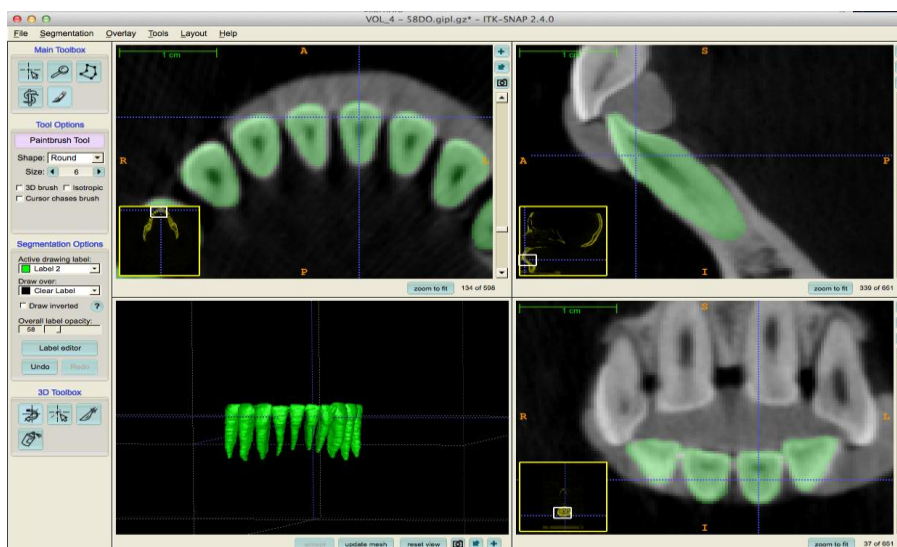
Após a seleção da região de interesse, foram iniciados os procedimentos de pré-processamento dos dados, necessários para a seleção de um limiar de intensidade dos voxels (do inglês, *threshold*) que permitisse a melhor visualização possível do tecido dentário. O *threshold* estabelece um valor mínimo acima do qual todos os valores de voxel encontrados são registrados no pixel correspondente no plano da imagem. O tipo de segmentação utilizado para os dentes foi a semiautomática, através da ferramenta *Intensity regions* do programa ITK-SNAP. Por meio desta ferramenta são inseridas bolhas de expansão e contração que copiam o contorno geométrico da estrutura anatômica, a partir da identificação dos voxels representativos da mesma. O refinamento da imagem, observando os limites entre o tecido dentário e ósseo, foi feito manualmente em todos os cortes axiais da região de interesse (Figura 5).

Após segmentado o tecido dentário, teve início o procedimento de segmentação da cortical óssea, também pelo método semiautomático. Para esta etapa da segmentação foi utilizado um *threshold* fixo, correspondente ao valor de atenuação da radiação do osso cortical, medido em unidades Hounsfield (UH). A



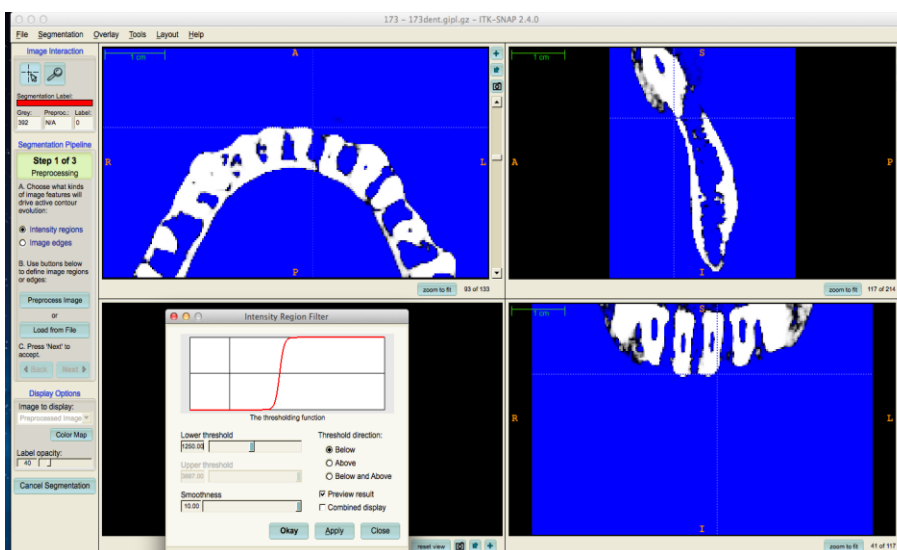
determinação deste valor teve como base a escala de qualidade óssea determinada por Misch (osso D1, >1250 UH; osso D2, 750-1250 UH; osso D3, 375-750 UH e osso D4, <375 UH).<sup>120</sup> Com este objetivo, um parâmetro de pré-processamento da imagem foi padronizado para todas as tomografias no nível de 1250 UH, valor selecionado no programa. Desta forma, foram incluídos no volume segmentado somente os voxels representativos desta qualidade óssea (Figura 6).

Figura 5 - Segmentação do tecido dentário.



Fonte: Cópia de tela do programa ITK-SNAP 2.2 ([www.itksnap.org](http://www.itksnap.org)).

Figura 6 - Pré-processamento dos dados, para determinação do limiar de intensidade dos voxels (*threshold*) a serem selecionados.



Fonte: Cópia de tela do programa ITK-SNAP 2.4 ([www.itksnap.org](http://www.itksnap.org)).