

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o
texto completo desta tese será
disponibilizado somente a partir de
09/08/2025.



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Adriana Souza de Jesus

**Avaliação tridimensional utilizando sobreposição por equivalência de voxel da
expansão rápida maxilar assistida por mini-implantes**

Araraquara

2023



UNESP - Universidade Estadual Paulista
Faculdade de Odontologia de Araraquara



Adriana Souza de Jesus

**Avaliação tridimensional utilizando sobreposição por equivalência de voxel da
expansão rápida maxilar assistida por mini-implantes**

Tese apresentada à Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" – UNESP, Faculdade de Odontologia de Araraquara para obtenção do título de Doutora em Ciências Odontológicas, na área de Ortodontia.

Orientador: Ary dos Santos-Pinto

Araraquara

2023

J58a

Jesus, Adriana Souza de

Avaliação tridimensional utilizando sobreposição por equivalência de voxel da expansão rápida maxilar assistida por mini-implantes / Adriana Souza de Jesus. -- Araraquara, 2023
77 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp),
Faculdade de Odontologia, Araraquara
Orientador: Ary dos Santos Pinto

1. Técnica de expansão palatina. 2. Procedimentos de ancoragem ortodôntica. 3. Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da
Faculdade de Odontologia, Araraquara. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

Adriana Souza de Jesus

Avaliação tridimensional utilizando sobreposição por equivalência de voxel da expansão rápida maxilar assistida por mini-implantes

Comissão julgadora

Tese para obtenção do grau de Doutora em Ciências Odontológicas, área de Ortodontia.

Presidente e Orientador: Prof. Dr. Ary dos Santos Pinto

2º Examinador: Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Júnior

3º Examinador: Profa. Dra. Carolina Carmo de Menezes

4º Examinador: Profa. Dra. Cibele Braga de Oliveira

5º Examinador: Profa. Dra. Daniela Gamba Garib Carreira

Araraquara, 09 de Agosto de 2023.

DADOS CURRICULARES

Adriana Souza de Jesus

Nascimento:	25/08/1992 – Belém/PA
Filiação:	Vera Lucia Souza de Jesus Evandro José de Jesus
2010-2015:	Curso de Graduação em Odontologia pela Universidade Federal do Pará – UFPA.
2015-2017:	Curso de Especialização em Ortodontia pela Universidade Estadual Vale do Acaraú, UVA, Brasil
2016-2018:	Curso de Especialização na modalidade Residência Multiprofissional com área de concentração em Atenção à Clínica Integrada pelo Hospital Universitário João de Barros Barreto, HUJBB, Brasil.
2018-2020:	Curso de Pós-graduação em Ciências Odontológicas, área de concentração em Ortodontia, nível Mestrado pela Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr – UNESP
2020-2023:	Curso de Pós graduação em Ciências Odontológicas, área de concentração em Ortodontia, nível Doutorado pela Faculdade de Odontologia de Araraquara – FOAr – UNESP

AGRADECIMENTOS

A finalização deste trabalho é o resultado de um longo caminho que começou com os conhecimentos adquiridos na base da minha iniciação científica na graduação da UFPA no Pará, evoluiu na UNESP de Araraquara e segue em evolução pois na vida somos eternos aprendizes. Por isso, há uma longa lista de pessoas que fizeram parte do meu crescimento e, por tanto, agradeço a todos que de alguma forma passaram pela minha vida e contribuíram para a construção de quem eu sou hoje.

A Deus, que permitiu que tudo isso acontecesse ao longo de minha vida e que em todos os momentos é o maior mestre e doutor que alguém pode conhecer.

A meus pais, Evandro e Vera de Jesus, pela determinação e luta pela minha formação e por abrirem mão e postergarem muitos de seus sonhos para que eu pudesse realizar os meus.

À toda minha família que, com muito carinho me apoiou para que eu chegasse até esta etapa de minha vida, em especial, minha avó materna Benedita Ferreira de Souza pelo incentivo e por sempre demonstrar seu amor e orgulho.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Ary dos Santos-Pinto, por dar-me a oportunidade de ser sua orientada, pela confiança depositada em mim, pelos conhecimentos e experiências transmitidos para realização deste trabalho e em outras situações, aprendo muito a seu lado.

Aos amigos de turma do doutorado, Julianna Parizotto e Karina Borsato pelo compartilhamento não só dos conhecimentos ortodônticos mas pelo convívio, solidariedade e amizade. Julianna, nossa amizade foi muito especial pra mim durante esses anos de pós, espero que ela dure para sempre, do mesmo jeito que nasceu: cheia de risos, muito respeito e carinho. À Cibele Braga, doutoranda quando eu comecei essa trajetória, obrigada por confiar, ensinar sua linha de pesquisa e ceder suas amostras, esse trabalho não seria possível sem seu apoio e orientação. Ao Jonas Bianchi, doutorando quando entrei na FOAr e que atualmente é professor da casa, obrigada pela paciência em me ensinar as metodologias para este projeto. Estar tão longe de casa nos distancia do convívio com nosso núcleo familiar, portanto, não posso deixar de citar os nomes dos amigos que me acolheram em seu núcleo e em

diversos momentos cuidaram e me fizeram sentir parte de sua família: Raimundo Pinto, Celi Oliveira, Anderson Pinto e Rayane Pinto (família querida de Bauru); Jéssica Katarine, Lucas Portela e Júlia Pazos (meu amado grupo tóxico); Bruna Furquim, Júlia Ferrazoli, Gerson Trujillo e Henrique Manaia (meus queridos vizinhos do Residencial Amarílis).

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, nas pessoas de seu Magnífico Reitor Dr. Pasqual Barelli e do Excelentíssima Senhora Vice-Reitora Dra. Maysa Furlan.

À Faculdade de Odontologia de Araraquara, da Universidade Estadual Paulista “Júlio Mesquita Filho” (FOAr-UNESP), em nome da seu Diretor Prof. Dr. Edson Alves de Campos e da Vice-Diretora Profa. Dra. Patricia Petronili Nordi Sasso Garcia .

Ao Programa de Pós Graduação em Ciências Odontológicas, representado pela Coordenadora Profa. Dra. Andreia Bufalino.

Ao Departamento de Clínica Infantil, em nome do seu Chefe de Departamento Prof. Dr. Fabio Abreu e Lima.

Aos docentes da Disciplina de Ortodontia da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, Prof. Dr. Ary dos Santos Pinto, Prof. Dr. Dirceu Barnabé Raveli, Prof. Dr. João Roberto Gonçalves, Profa. Dra. Lídia Parsekian Martins, Prof. Dr. Jonas Bianchi, Prof. Dra. Carolina Carmo de Menezes e Prof. Dr. Luiz Gonzaga Gandini Júnior.

Aos demais colegas de pós-graduação, sejam do mestrado ou doutorado, pelo auxílio na forma de conselhos e ensinamentos valiosos que ajudaram a compor meus conhecimentos ortodônticos.

Aos funcionários do Departamento de Clínica Infantil da Faculdade de Odontologia de Araraquara - UNESP, Totó, Diego, Pedrinho, Flávia e Dulce, aos funcionários da Seção de Pós-Graduação Cristiano e José Alexandre, pela disposição em ajudar nas questões relacionadas ao cursos.

Aos funcionários do GESTOS, onde tive a oportunidade de frequentar enquanto estive em Araraquara, vivenciando e aprendendo como funciona uma escola de

especialização em ortodontia de alto nível: Márcia, Vanessa, Ariela, Pamela, Érica e em especial Dona Vilma, obrigada por todas as marmitas!!

À CAPES: O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

Jesus AS. Avaliação tridimensional utilizando sobreposição por equivalência de voxel da expansão rápida maxilar assistida por mini-implantes [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2023.

RESUMO

O objetivo deste estudo é avaliar as alterações esqueléticas produzidas pela expansão rápida do palato assistida por miniparafusos (ERMAMI) com e sem corticopunção. Foi utilizada uma amostra de tomografias computadorizadas de feixe cônico (TCFCs), realizadas em pacientes que já atingiram a maturidade óssea para avaliar e comparar as mudanças tridimensionais de forma e posição na maxila foi realizada sobreposição tomográfica. Foram analisadas também as associações de sucesso ou insucesso da técnica com a morfologia do processo zigomático, estágio de maturação da sutura zigomaticomaxilar, a angulação e abertura da sutura pterigopalatina. Além disso, alguns casos de ERMAMI onde ocorreram complicações foram selecionados para serem relatados. Foram selecionadas tomografias de 36 indivíduos tratados por ERMAMI, adolescentes e adultos, com atresia maxilar, mordida cruzada posterior bilateral ou unilateral. Para as avaliações, foram utilizadas TCFCs antes (T0) e após o término da expansão (T1). Foi avaliado o desempenho das diferentes técnicas de ERMAMI comparando as médias de cada variável antes e depois do tratamento, empregando o test t-Student para comparar as médias de dois grupos com amostras dependentes. Já o teste t-Student para amostras independentes foi realizado para comparar as alterações entre os grupos. A correlação entre o efeito ortopédico de abertura ou não da sutura palatina mediana (sucesso e insucesso) com a morfologia do processo zigomático, estágio de maturação da sutura zigomaticomaxilar, a angulação e abertura da sutura pterigopalatina foram avaliados utilizando o teste de correlação de Pearson. Quando realizada a corticopunção da sutura palatina mediana, menor quantidade de expansão esquelética foi obtida e observou-se melhor paralelismo da abertura sutural. O estágio maturacional da sutura zigomático-maxilar, altura, espessura e angulação do osso zigomático e angulação da sutura pterigopalatina não foram significativamente relacionados ao sucesso da ERMAMI. A partir do manejo dos casos, sugere-se que um protocolo de higiene ideal para os pacientes seja melhor estabelecido para prevenir a formação de lesões e inflamação; A sutura frontonasal pode se romper durante a expansão com ERMAMI causando expansão assimétrica e desnivelamento do lado onde ocorreu a ruptura; Em pacientes com espessura palatina fina combinar o método de corticopuntura e alterar o protocolo de ativação para apenas $\frac{1}{4}$ de volta por dia (0,25mm) pode ajudar a enfraquecer a sutura palatina mediana e promover sua ruptura.

Palavras Chave: Técnica de expansão palatina. Procedimentos de ancoragem ortodôntica. Tomografia Computadorizada de Feixe Cônico.

Jesus AS. Three-dimensional evaluation using voxel equivalence superimposition of miniscrew-assisted rapid maxillary expansion [tese de doutorado]. Araraquara: Faculdade de Odontologia da UNESP; 2023.

ABSTRACT

The aim of this study is, to evaluate the skeletal changes produced by miniscrew assisted rapid palatal expansion (MARPE) with and without corticopuncture. A sample of CBCTs, performed in patients who have already reached bone maturity was used. Tomographic superimposition to assess and compare three-dimensional shape and position changes in the maxilla was performed. In addition, to analyze the association (success or failure of the technique) with the morphology of the zygomatic process, stage of maturation of the zygomaticomaxillary suture, angulation and opening of the pterygopalatine suture. Furthermore, some cases of MARPE where complications occurred were selected to be reported. CT scans of 36 individuals treated by MARPE were analysed in adolescents and adults, with maxillary atresia, bilateral or unilateral posterior crossbite. For the evaluations, cone beam computed tomography were used before (T0) and after the end of the expansion (T1). The performance of different MARPE techniques was evaluated by comparing the means of each variable before and after treatment, using the t-Student test to compare the means of two groups with dependent samples. The t-Student test for independent samples was performed to compare changes between groups. The correlation between the orthopedic effect of opening or not opening of the midpalatal suture (success and failure) with the morphology of the zygomatic process, stage of maturation of the zygomaticomaxillary suture, angulation and opening of the pterygopalatine suture were evaluated using Pearson's correlation test. When corticopuncture of the midpalatal suture was performed, a smaller amount of skeletal expansion was obtained and better parallelism of the sutural opening was observed. The maturational stage of the zygomaticomaxillary suture, height, thickness and angulation of the zygomatic bone, opening and angulation of the pterygopalatine suture were not significantly related to the success of MARPE. From the case management, it is suggested that an ideal hygiene protocol for patients should be better established to prevent the formation of lesions and inflammation; The frontonasal suture can disrupt during expansion with MARPE causing asymmetrical expansion and unevenness on the side where the rupture occurred; In patients with thin palate thickness, combining the corticopuncture method and changing the activation protocol to just $\frac{1}{4}$ turn per day (0.25mm) may help to weaken the midpalatal suture and promote its rupture.

Keywords: Palatal expansion technique. Orthodontic anchorage procedures. Cone-beam computed tomography.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVO.....	13
2.1	Objetivos Específicos.....	13
3	PUBLICAÇÕES.....	14
3.1	Artigo 1	14
3.2	Artigo 2	30
3.3	Artigo 3	46
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	71
	REFERÊNCIAS	72
	ANEXO A - CERTIFICADO DE COMITÊ DE ÉTICA	74

1 INTRODUÇÃO

O correto relacionamento transversal entre os arcos dentários é essencial para a obtenção de uma oclusão estável e funcional. As discrepâncias transversais envolvem alterações dentárias, esqueléticas ou a combinação de ambas^{1,2}. A expansão rápida da maxila (ERM) é um método estabelecido de tratamento das discrepâncias transversais que aumenta o perímetro do arco, principalmente, pelo rompimento da sutura palatina mediana, e esta se reorganiza por meio do reparo do tecido conjuntivo e formação óssea. Geralmente é utilizada para tratar a constrição da maxila, mordida cruzada posterior, discrepâncias no comprimento do arco em pacientes em crescimento³.

A idade é um fator muito importante na ERM. Em adultos, devido à maturação das suturas palatina mediana e resistência do pilar zigomático, a resposta à expansão palatal com ERM não é bem sucedida. O alargamento resultante da largura maxilar ocorre mais devido à flexão óssea alveolar e inclinação dentária em adultos⁴. Além de sua incapacidade de produzir expansão esquelética completa em adultos, a ERM pode trazer efeitos colaterais indesejáveis, como falha na expansão do arco, inclinação vestibular da coroa, deiscência do osso alveolar, reabsorção radicular, redução da espessura óssea vestibular e perda óssea marginal^{5,6}.

A ERM assistida cirurgicamente (ERMAC) é o principal método cirúrgico para tratamento das deficiências transversais da maxila nos pacientes adultos. Frequentemente utilizada para superar as limitações acima mencionadas por meio da liberação cirúrgica das suturas fechadas que resistem às forças de expansão nesses pacientes⁷. No entanto, os pacientes tendem a relutar em submeter-se a múltiplos procedimentos cirúrgicos e a demanda para o tratamento não cirúrgico tem aumentado⁸.

Com a finalidade de prevenir os efeitos dentoalveolares indesejáveis e otimizar o potencial de expansão esquelética em indivíduos com estágios avançados de maturação óssea, a técnica de expansão rápida da maxila assistida por mini-implantes (ERMAMI) foi proposta por Lee e colaboradores em 2010⁹ e já tem sido utilizada como abordagem menos invasiva, clinicamente eficaz e estável para a correção não cirúrgica da discrepância transversal em pacientes adultos^{8,10}. No entanto, mesmo usando a ERMAMI, a expansão maxilar ortopédica pode não ocorrer em alguns casos.

Ainda não está claro por que alguns casos de ERMAMI falham, mas estudos recentes apontam a idade e diferenças nos padrões de arquitetura palatina como principais fatores para maior resistência¹¹.

Um procedimento cirúrgico minimamente invasivo denominado de corticopuntura foi apresentado por Suzuki e colaboradores¹² como adjuvante da técnica ERMAMI em pacientes adultos que apresentam resistência da sutura palatina mediana e suturas adjacentes devido à alta interdigitação dessas estruturas. Eles concluíram que a corticopuntura na região de sutura palatina mediana foi capaz de enfraquecer a interdigitação da sutura, facilitando a divisão. Essa técnica ainda foi pouco explorada e mais estudos acerca de sua eficácia e protocolos de utilização precisam ser realizados.

Os avanços tecnológicos levaram a mudanças no método de avaliação dos efeitos do tratamento da ERM, passando de 2D para 3D e de abordagens lineares e angulares para volumétricas. O uso da tomografia computadorizada (TC) e, posteriormente, com feixe cônico (TCFC) tem sido de grande interesse e ajudam os clínicos que tentam adquirir imagens em 3D e reconstruções de objetos, a fim de poder aplicar medidas 3D e volumétricas¹³. Nesse contexto, a TCFC vem sendo utilizada para avaliar sobreposição de imagens pré e pós tratamento. Um dos objetivos da sobreposição tridimensional é entender as mudanças de forma, tamanho e posição espacial em um determinado padrão esquelético, a partir da avaliação do crescimento ou dos resultados de um tratamento. A distância entre as superfícies dos diferentes tempos avaliados pode ser usada para identificar e quantificar valores e direção das mudanças obtidas^{14–16}. Magnusson e colaboradores¹⁷ (2012) utilizaram a técnica de sobreposição 3D para avaliar as alterações esqueléticas transversais após ERMAMI e observaram que a expansão ocorria paralela anteriormente, mas posteriormente houve inclinação considerável dos segmentos maxilares. Eles concluíram que o método de sobreposição tridimensional baseado no registro da base do crânio mostrou-se confiável, prevenindo projeções e erros de medidas. Até o momento, existem poucos estudos acerca do padrão de expansão após ERMAMI utilizando sobreposição de imagens¹⁸.

O objetivo deste estudo é, a partir das TCFC, avaliar as alterações esqueléticas produzidas pela expansão rápida da maxila assistida por mini-implantes ortodônticos (ERMAMI) realizada em pacientes que já atingiram a maturidade óssea utilizando a

sobreposição tomográfica para avaliar e comparar as mudanças de forma e posição tridimensional em maxila.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quando realizada a corticopunção da sutura palatina mediana, menor quantidade de expansão esquelética foi obtida com MARPE, porém, observou-se melhor paralelismo da abertura sutural.

Fatores como estágio maturacional da sutura zigomático-maxilar, altura, espessura e angulação do osso zigomático e angulação da sutura pterigopalatina não foram significativamente relacionados ao sucesso do MARPE.

A partir do manejo dos casos, os autores sugerem que um protocolo de higiene ideal para pacientes com MARPE seja melhor estabelecido para prevenir a formação de lesões e inflamação; A sutura frontonasal pode se romper durante a expansão do MARPE causando expansão assimétrica e desnivelamento do lado onde ocorreu a ruptura; Em pacientes com espessura palatina fina combinar o método de corticopuntura e alterar o protocolo de ativação para apenas $\frac{1}{4}$ de volta por dia (0,25mm) pode ajudar a enfraquecer a sutura palatina mediana e promover sua ruptura.

REFERÊNCIAS*

1. Haas AJ. The treatment of maxillary deficiency by opening the midpalatal suture. *Angle Orthod.* 1965; 35: 200-17.
2. Bishara SE, Staley RN. Maxillary expansion: clinical implications. *Am. J. Orthod. Dentofac. Orthop.* 1987; 91(1): 3–14.
3. McNamaraa JA. Maxillary transverse deficiency. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2000; 117(5): 567–70.
4. Handelman C. Palatal expansion in adults: the nonsurgical approach. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2011; 140(4): 462–8.
5. Garib DG, Henriques JFC, Janson G, de Freitas MR, Fernandes AY. Periodontal effects of rapid maxillary expansion with tooth-tissue-borne and tooth-borne expanders: a computed tomography evaluation. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006; 129(6): 749–58.
6. Garrett BJ, Caruso JM, Rungcharassaeng K, Farrage JR, Kim JS, Taylor GD. Skeletal effects to the maxilla after rapid maxillary expansion assessed with cone-beam computed tomography. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2008; 134(1): 8.e1-8.e11.
7. Cureton SL, Cuenin M. Surgically assisted rapid palatal expansion: orthodontic preparation for clinical success. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 1999; 116(1): 46–59.
8. Choi S-H, Shi K-K, Cha J-Y, Park Y-C, Lee K-J. Nonsurgical miniscrew-assisted rapid maxillary expansion results in acceptable stability in young adults. *Angle Orthod.* 2016; 86(5): 713–20.
9. Lee K-J, Park Y-C, Park J-Y, Hwang W-S. Miniscrew-assisted nonsurgical palatal expansion before orthognathic surgery for a patient with severe mandibular prognathism. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2010; 137(6): 830–9.
10. Lim H-M, Park Y-C, Lee K-J, Kim K-H, Choi YJ. Stability of dental, alveolar, and skeletal changes after miniscrew-assisted rapid palatal expansion. *Korean J. Orthod.* 2017; 47(5): 313–22.
11. Shin H, Hwang CJ, Lee KJ, Choi YJ, Han SS, Yu HS. Predictors of midpalatal suture expansion by miniscrew-assisted rapid palatal expansion in young adults: a preliminary study. *Korean J. Orthod.* 2019; 49(6): 360–71.
12. Suzuki SS, Braga LFS, Fujii DN, Moon W, Suzuki H. Corticopuncture facilitated microimplant-assisted rapid palatal expansion. *Case Rep Dent.* 2018. 2018: 1392895.
13. Bouserhal J, Bassil-Nassif N, Tauk A, Will L, Limme M. Three-dimensional changes of the naso-maxillary complex following rapid maxillary expansion. *Angle Orthod.* 2014. 84(1): 88-95.
14. Ruellas ACO, Yatabe MS, Souki BQ, Benavides E, Nguyen T, Luiz RR et al. 3D mandibular superimposition: Comparison of regions of reference for voxel-based registration. *PLoS One.* 2016;11(6): e0157625.

15. Cevidanes LHS, Styner MA, Proffit WR. Image analysis and superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2006; 129(5): 611-8.
16. Cevidanes LHC, Heymann G, Cornelis MA, DeClerck HJ, Tulloch JFC. Superimposition of 3-dimensional cone-beam computed tomography models of growing patients. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2009; 136(1): 94-9.
17. Magnusson A, Bjerklin K, Kim H, Nilsson P, Marcusson A. Three-dimensional assessment of transverse skeletal changes after surgically assisted rapid maxillary expansion and orthodontic treatment: a prospective computerized tomography study. *Am J Orthod Dentofac Orthop.* 2012; 42(6): 825-33.
18. Cantarella D, Dominguez-Mompell R, Mallya SM, Moschik C, Pan HC, Miller J et al. Changes in the midpalatal and pterygopalatine sutures induced by micro-implant-supported skeletal expander, analyzed with a novel 3D method based on CBCT imaging. *Prog Orthod.* 2017;18(1): 34.