




IMPLANTES PTERIGOIDEOS E ZIGOMÁTICOS COMBINADOS: ANÁLISE DE ANCORAGEM E COMPLICAÇÕES SINUSAIS

COMBINED PTERYGOID AND ZYGOMATIC IMPLANTS: ANALYSIS OF ANCHORAGE AND SINUS COMPLICATIONS

IMPLANTES COMBINADOS PTERIGOIDEOS Y CIGOMÁTICOS: ANÁLISIS DEL ANCLAJE Y COMPLICACIONES SINUSALES

 <https://doi.org/10.56238/levv16n55-114>

Data de submissão: 22/11/2025

Data de publicação: 22/12/2025

Diego César Marques

Especialista em Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais

Instituição: Centro Universitário de Iporá (UNIPORÁ)

E-mail: drdiegobucomaxilo@gmail.com

Alicio Macedo Faria

Especializando em Implantodontia

Instituição: Associação Brasileira de Odontologia (ABO) - Uberlândia, Universidade de Itaúna

E-mail: aliciomacedo@hotmail.com

Patrícia de Hollanda Cavalcanti Aragão Costa

Doutora

Instituição: Universidade Federal Fluminense

E-mail: patriciahollandah@gmail.com

Bianca de Cássia Almeida da Rocha Ferreira

Especialista em Geriatria

Instituição: Universidade Santo Amaro

E-mail: biancaodontologia@hotmail.com

Eduardo Luna Soliz Filho

Mestre em Ortodontia

Instituição: Instituto Orofacial das Américas (IOA)

E-mail: eduardosoliz@hotmail.com

Thaís Rime Romagna Ventre

Especialista em Implantodontia, Especialista em Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Facial

Instituição: Universidade Paulista (UNIP), Faculdade de Odontologia da USP (FO-USP)

E-mail: thaisrimerventre@gmail.com



Leonara de Oliveira Moura

Cirurgiã-Dentista

Instituição: Afya São João del-Rei

E-mail: leonaram@protonmail.com

Julianne de Oliveira Forti

Bacharel em Odontologia

Instituição: Centro Universitário Newton Paiva

E-mail: fortijulianne@gmail.com

Gabriel Marchiori Galani

Cirurgião-Dentista

Instituição: Fundação Hermínio Ometto (FHO/Uniararas)

E-mail: drgabrielmarchiorigalani@gmail.com

Waliston Moreira dos Santos

Cirurgião-Dentista

Instituição: UNIFASC

E-mail: walistonmds@gmail.com

Cecilia de Oliveira Costa Amorim

Especialista em Cirurgia e Traumatologia Buco-Maxilo-Faciais

Instituição: Associação Brasileira de Odontologia (ABO)

E-mail: cecicostaamorim@gmail.com

Ivalter José Furbino Ferreira

Especialista em Periodontia, Especialista em Implantodontia

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN)

E-mail: ivalterjose@gmail.com

Alex Sandro de Oliveira Martins

Especialista em Implantodontia

Instituição: UNIFEB

E-mail: alequitoalex@gmail.com

Flávio Eduardo Brandão

Especialista em Implantodontia

Instituição: Universidade Vale do Rio Verde (UNINCOR)

E-mail: feduardobrandao@yahoo.com.br

Giordanna Bomfim Vitorino

Pós-graduada em Endodontia

Instituição: UNICEPLAC

E-mail: dannabomfim@gmail.com

Lucas Giovanne Carlos Pinheiro Fernandes

Graduando em Odontologia

Instituição: Universidade Potiguar (UNP)

E-mail: lcgiovanne97@gmail.com



Lilian Figueiredo Martins

Cirurgiã-Dentista

Instituição: Universidade Metodista de São Paulo (UMESP)

E-mail: lilianfmartins.cd@gmail.com

Graziele Rodrigues

Mestre em Biofotônica

Instituição: Universidade Nove de Julho (UNINOVE)

E-mail: dragrazielerodrigues@gmail.com

Luiz Felipe Silva Novy

Mestre em Clínica Odontológica

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Faculdade Modal

E-mail: luiznovyy@yahoo.com.br

Rafael Muglia Moscatiello

Mestre em Implantodontia

Instituição: Universidade Paulista

E-mail: rafael@implantodontista.com

Marcelo Vitale

Doutor em Implantodontia

Instituição: IOA Piracicaba

E-mail: marvitale@uol.com.br

Thayná Roberta Dias Santos

Cirurgiã-Dentista

Instituição: Faculdade de Odontologia da Universidade Federal do Pará (FO-UFPA)

E-mail: thayrobs25@gmail.com

José da Silva Júnior

Doutor em Implantodontia

Instituição: São Leopoldo Mandic

E-mail: jrsilvacmk79@gmail.com

Itamar Júnio Vilhena Storck

Mestrando em Odontologia Legal

Instituição: São Leopoldo Mandic

E-mail: juniostorck@hotmail.com

Fabyana Vasconcelos de Souza Arruda

Cirurgiã-Dentista

Instituição: UNIFAVIP Wyden

E-mail: sapatariasouzass@gmail.com

RESUMO

A reabilitação da maxila severamente atrófica permanece um desafio clínico relevante na implantodontia, especialmente em situações nas quais a densidade e o volume ósseo são insuficientes para a instalação de implantes convencionais. Nesse cenário, os implantes zigomáticos e pterigoideos surgem como alternativas biomecanicamente estáveis e com potencial de carga imediata, reduzindo a necessidade de enxertos ósseos extensos. Este estudo realizou uma revisão integrativa da literatura publicada entre 2015 e 2025, com o objetivo de reunir e analisar criticamente as evidências clínicas, biomecânicas e sinusais associadas ao uso isolado ou combinado desses implantes na reabilitação de

maxilas atroficas. A busca foi realizada nas bases PubMed, SciELO, Scopus e Web of Science, por meio de descritores controlados MeSH/DeCS e operadores booleanos. Após triagem segundo critérios de elegibilidade, vinte estudos foram incluídos. As evidências demonstraram taxas de sucesso entre 93% e 98%, estabilidade primária elevada e viabilidade da carga imediata, especialmente quando as ancoragens zigomática e pterigoidea foram utilizadas em conjunto. As complicações sinusais apresentaram ocorrência baixa (3–6%) e, na maioria dos casos, resolução conservadora. Limitações metodológicas foram observadas, incluindo variabilidade nos desenhos dos estudos, ausência de padronização de critérios e seguimentos reduzidos. Conclui-se que a técnica apresenta elevada previsibilidade clínica, embora sejam necessários ensaios clínicos prospectivos e estudos multicêntricos para padronização definitiva de condutas.

Palavras-chave: Implantes Zigomáticos. Implantes Pterigoideos. Maxila Atrófica. Reabilitação Oral. Complicações Sinusais.

ABSTRACT

The rehabilitation of severely atrophic maxillae remains a relevant clinical challenge in implant dentistry, particularly when bone volume and density are insufficient for conventional implant placement. In this context, zygomatic and pterygoid implants have emerged as biomechanically stable alternatives capable of supporting immediate loading protocols and reducing the need for extensive bone grafting. This integrative review analyzed the scientific evidence published between 2015 and 2025 regarding the isolated or combined use of zygomatic and pterygoid implants in maxillary rehabilitation. A structured search was conducted in PubMed, SciELO, Scopus, and Web of Science using MeSH/DeCS controlled descriptors and Boolean operators. Twenty eligible studies were included after screening. The findings demonstrated high success rates (93–98%), strong primary stability, and clinical feasibility of immediate loading, particularly when both implant types were used synergistically. Reported sinus-related complications were low (3–6%) and predominantly resolved through conservative management. Methodological limitations were identified, including heterogeneity in study design, lack of standardization of clinical criteria, and short follow-up periods. Overall, the combined technique demonstrates high clinical predictability; however, further multicenter prospective trials and long-term investigations are required to establish standardized clinical protocols.

Keywords: Zygomatic Implants. Pterygoid Implants. Atrophic Maxilla. Oral Rehabilitation. Sinus Complications.

RESUMEN

La rehabilitación de maxilares severamente atroficos sigue siendo un desafío clínico relevante en implantología dental, especialmente en situaciones donde la densidad y el volumen óseos son insuficientes para la colocación de implantes convencionales. En este escenario, los implantes cigomáticos y pterigoideos emergen como alternativas biomecánicamente estables con potencial de carga inmediata, reduciendo la necesidad de injertos óseos extensos. Este estudio realizó una revisión integrativa de la literatura publicada entre 2015 y 2025, con el objetivo de recopilar y analizar críticamente la evidencia clínica, biomecánica y sinusal asociada con el uso aislado o combinado de estos implantes en la rehabilitación de maxilares atroficos. La búsqueda se realizó en las bases de datos PubMed, SciELO, Scopus y Web of Science utilizando descriptores controlados MeSH/DeCS y operadores booleanos. Tras la selección según los criterios de elegibilidad, se incluyeron veinte estudios. La evidencia demostró tasas de éxito entre el 93% y el 98%, alta estabilidad primaria y viabilidad de carga inmediata, especialmente cuando se utilizaron anclajes cigomáticos y pterigoideos conjuntamente. Las complicaciones sinusales fueron poco frecuentes (3-6%) y, en la mayoría de los casos, se resolvieron de forma conservadora. Se observaron limitaciones metodológicas, como la variabilidad en los diseños de los estudios, la falta de estandarización de los criterios y los cortos periodos de seguimiento. Se concluye que la técnica presenta una alta predictibilidad clínica, aunque



se necesitan ensayos clínicos prospectivos y estudios multicéntricos para la estandarización definitiva de los procedimientos.

Palabras clave: Implantes Cigomáticos. Implantes Pterigoideos. Maxilar Atrófico. Rehabilitación Oral. Complicaciones Sinusales.

1 INTRODUÇÃO

A reabilitação de pacientes com maxila severamente atrófica representa um dos maiores desafios da implantodontia contemporânea. A perda óssea posterior, frequentemente associada à pneumatização do seio maxilar e à reabsorção progressiva da crista alveolar, limita a instalação de implantes convencionais e compromete a estabilidade protética. Estima-se que até 60% dos pacientes edêntulos apresentem algum grau de reabsorção maxilar significativa, podendo ultrapassar 80% da altura alveolar em casos avançados (Balaji, 2017). Tradicionalmente, o tratamento incluía enxertos ósseos autógenos e levantamento do seio maxilar, abordagens eficazes, porém associadas à maior morbidade, alto custo e tempo prolongado de cicatrização.

Nesse cenário, os implantes zigomáticos e, posteriormente, os pterigoideos emergiram como alternativas menos invasivas e biomecanicamente favoráveis. Os implantes pterigoideos, inicialmente descritos por Tulasne (1992), são instalados com ancoragem bicortical na placa pterigoidea do esfenóide, dispensando enxertos e proporcionando suporte posterior eficiente. Estudos recentes demonstram taxas de sobrevivência superiores a 95%, estabilidade primária e baixa incidência de complicações pós-operatórias (Konstantinović et al., 2023; Mirdah, 2025).

Os implantes zigomáticos, por sua vez, permitem a instalação em casos de atrofia severa anterior ou total da maxila, ancorando-se no osso zigomático. Revisões sistemáticas relatam taxas de sucesso entre 95% e 97% e complicações sinusais variando entre 4% e 6%, principalmente sinusite maxilar, perfuração da mucosa ou inflamação peri-implantar (Muñoz et al., 2021; Di Cosola et al., 2021).

Embora ambas as técnicas apresentem resultados consistentes de forma isolada, pesquisas recentes investigam o uso combinado das duas abordagens, com o objetivo de otimizar a distribuição das cargas mastigatórias, aumentar a estabilidade tridimensional e possibilitar reabilitação imediata com próteses fixas (Leoncavallo, 2023; Germana, 2023). Análises biomecânicas avançadas, como modelagem por elementos finitos e testes extensométricos, demonstram menor concentração de tensões e melhor dissipação de forças quando os implantes são utilizados de maneira integrada (Bakay, 2025; Koga & Curi, 2025).

No entanto, a literatura ainda apresenta lacunas relevantes, como heterogeneidade metodológica, ausência de padronização de critérios clínicos, variação nos protocolos cirúrgicos e escassez de seguimentos clínicos de longo prazo. As complicações sinusais, embora pouco frequentes, constituem o principal ponto crítico de atenção e demandam planejamento tridimensional e profundo conhecimento anatômico (Lazarov, 2020; Aalam et al., 2023).

Diante desses aspectos, torna-se necessário sistematizar as evidências existentes para orientar decisões clínicas e apoiar a padronização de protocolos.

Assim, **o objetivo deste estudo foi realizar uma revisão integrativa da literatura publicada entre 2015 e 2025 sobre o uso combinado de implantes pterigoideos e zigomáticos**, analisando taxas de sucesso, estabilidade biomecânica, carga imediata e complicações sinusais associadas.

2 METODOLOGIA

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, conduzida com o objetivo de reunir, analisar e sintetizar evidências científicas recentes sobre o uso combinado de implantes pterigoideos e zigomáticos na reabilitação de maxilas severamente atroficas. A escolha deste tipo de revisão fundamenta-se na necessidade de integrar achados provenientes de diferentes delineamentos metodológicos, clínicos, experimentais, revisões sistemáticas e relatos de caso, permitindo uma compreensão ampla, crítica e comparativa do tema. O processo metodológico seguiu as etapas propostas por Whitemore e Knafl (2005), bem como as recomendações do Joanna Briggs Institute (JBI, 2020) aplicáveis a esse formato investigativo.

A pergunta norteadora foi estruturada com base no modelo PICO adaptado: *“Quais são as evidências publicadas nos últimos dez anos sobre estabilidade biomecânica, taxa de sucesso e complicações sinusais relacionadas ao uso isolado ou combinado de implantes pterigoideos e zigomáticos na reabilitação de maxilas severamente atroficas?”* A partir desta questão, estabeleceram-se os objetivos específicos de: (1) identificar publicações relevantes na área; (2) descrever suas características metodológicas; (3) analisar os resultados clínicos, biomecânicos e sinusais; e (4) integrar tendências, lacunas e perspectivas para padronização futura.

A busca bibliográfica foi realizada entre 1º e 15 de dezembro de 2025 nas bases PubMed/MEDLINE, SciELO, Scopus e Web of Science. Foram empregados descritores controlados dos vocabulários MeSH e DeCS, associados a termos livres e operadores booleanos. As combinações utilizadas incluíram: *(“zygomatic implants” OR “implantes zigomáticos”) AND (“pterygoid implants” OR “implantes pterigoideos”) AND (“anchorage” OR “stability” OR “sinus complications” OR “maxillary sinus”)*. Adicionalmente, realizou-se busca complementar por meio da técnica *snowballing*, analisando-se referências dos estudos previamente selecionados.

Foram incluídos estudos publicados entre 2015 e 2025, em inglês, português ou espanhol, que abordassem implantes zigomáticos e/ou pterigoideos aplicados à maxila atrofica, com dados clínicos, biomecânicos ou relatos de complicações sinusais. Excluíram-se revisões narrativas, estudos não disponíveis em texto completo, publicações duplicadas e artigos sem relação direta com o tema.

A triagem e seleção dos estudos ocorreram em três etapas: (1) leitura de títulos e resumos; (2) leitura completa dos textos elegíveis; e (3) inclusão final conforme os critérios definidos. O software Rayyan QCRI® foi utilizado para organização e remoção automática de duplicidades. Divergências entre revisores foram resolvidas por consenso.

A extração dos dados foi realizada por meio de planilha estruturada no Microsoft Excel® 365, contemplando autor, ano, país, tipo de estudo, desenho metodológico, características dos implantes, protocolo cirúrgico, tipo de carga, resultados biomecânicos, taxas de sucesso e complicações sinusais. A análise dos dados ocorreu de forma qualitativa, com categorização em três eixos: (1) estabilidade biomecânica e ancoragem; (2) complicações sinusais; e (3) taxas de sucesso e sobrevida dos implantes.

A qualidade metodológica dos estudos foi avaliada de acordo com o tipo de delineamento: para estudos clínicos, observou-se clareza dos critérios de inclusão, tempo de seguimento e descrição dos desfechos; para estudos experimentais, foram considerados a validade do modelo, metodologia analítica e reprodutibilidade; e para relatos de caso, a completude descritiva dos aspectos cirúrgicos e funcionais. A síntese dos resultados foi apresentada de forma narrativa, sem metanálise estatística, em função da heterogeneidade dos estudos incluídos.

Reconhece-se como limitação desta revisão a restrição às bases selecionadas e à variabilidade metodológica entre os estudos incluídos, o que dificultou análises quantitativas comparativas. Ainda assim, o rigor na seleção contribuiu para minimizar viés e fortalecer a consistência da síntese final.

3 RESULTADOS

Após as etapas de identificação, triagem, elegibilidade e inclusão dos estudos, foram selecionados **20 artigos publicados entre 2015 e 2025**. A busca inicial recuperou **87 estudos potencialmente relevantes**, dos quais **24 foram excluídos por duplicidade** e **43 foram excluídos após leitura de títulos e resumos** por não atenderem aos critérios de inclusão previamente estabelecidos. Assim, foram incluídos na síntese final apenas estudos com relevância clínica e metodológica para o tema da reabilitação da maxila atrófica utilizando implantes pterigoideos e zigomáticos.

3.1 CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS ESTUDOS INCLUÍDOS

Os estudos selecionados apresentaram diversidade metodológica, contemplando diferentes delineamentos e abordagens. Entre os artigos incluídos, **9 eram estudos clínicos prospectivos (45%)**, **5 retrospectivos (25%)**, **3 revisões sistemáticas ou meta-análises (15%)**, **2 estudos biomecânicos experimentais (10%)** e **1 relato de caso (5%)**. Observou-se predominância de publicações oriundas da **Europa (55%)**, seguida da **Ásia (30%)** e **Américas (15%)**, refletindo o crescente interesse global no uso de implantes extra-alveolares nos últimos dez anos.

Em termos de desfechos, os estudos apresentaram **taxas de sucesso variando entre 93% e 98%**, com destaque para protocolos de **carga imediata**, que mostraram desempenho semelhante ou superior aos protocolos convencionais. A frequência de complicações sinusais reportada foi baixa (**3–**

6%) e, quando presente, demonstrou caráter leve e manejável sem necessidade de remoção dos implantes ou reintervenção cirúrgica.

De forma geral, a análise descritiva indica tendência crescente na adoção de implantes pterigoideos e zigomáticos como alternativa previsível aos procedimentos de enxertia em maxilas severamente reabsorvidas.

3.2 SÍNTESE DOS ACHADOS

A síntese comparativa dos estudos permitiu identificar os seguintes padrões:

- A maioria dos autores relatou **elevadas taxas de sucesso clínico (>93%)** para implantes zigomáticos, pterigoideos e sua combinação.
- Os **protocolos de carga imediata** foram utilizados em aproximadamente **65% dos estudos**, apresentando desempenho favorável.
- Modelagens biomecânicas demonstraram que o **uso combinado dos implantes resulta em melhor distribuição de tensões mastigatórias**, reduzindo micromovimentos e sobrecarga protética.
- As complicações sinusais foram **pouco frequentes**, leves e geralmente manejadas de forma conservadora.

3.3 DESEMPENHO CLÍNICO E TAXAS DE SUCESSO

O desempenho clínico dos implantes avaliados demonstrou **alta previsibilidade e estabilidade funcional**, com taxas médias de sucesso entre **93% e 98%**, especialmente quando associados a protocolos de carga imediata (Konstantinović et al., 2023; Germana, 2023; Leoncavallo, 2023). Os implantes pterigoideos apresentaram **taxas entre 88,6% e 97,3%**, variando conforme o tempo de acompanhamento e as condições anatômicas (Mirdah, 2025; Balaji, 2017). Os implantes zigomáticos apresentaram resultados semelhantes, com **sucesso superior a 95%**, reforçando sua eficácia em reabilitações extensas (Muñoz et al., 2021; Di Cosola et al., 2021).

Os estudos que avaliaram o uso combinado indicaram **desempenho superior**, redução da necessidade de enxertos ósseos e melhor suporte protético, com taxas acima de **96%** em acompanhamentos de até 48 meses (Leoncavallo, 2023; Germana, 2023).

3.4 ESTABILIDADE BIOMECÂNICA

Os resultados biomecânicos evidenciaram que a previsibilidade clínica está diretamente associada ao padrão de ancoragem multicortical quando os dois implantes são utilizados conjuntamente (Bakay, 2025). Modelos de elementos finitos demonstraram **redução expressiva da concentração de tensões** quando comparado ao uso isolado dos implantes (Koga & Curi, 2025). Essas

evidências sugerem que o sistema combinado melhora a dissipação das forças oclusais, reduz micromovimentos e favorece a viabilidade da carga imediata.

3.5 COMPLICAÇÕES SINUSAIS E INTERCORRÊNCIAS

As complicações relatadas foram **pouco frequentes e de baixa gravidade**, com taxa variando de **3% a 6%**, sendo a sinusite maxilar leve a ocorrência mais citada (Muñoz et al., 2021; Di Cosola et al., 2021). Em estudo multicêntrico, Lazarov (2020) relatou **preservação da integridade sinusal em 98% dos casos**, mesmo após longo acompanhamento. Nenhum estudo relatou complicações severas ou falhas irreversíveis relacionadas ao uso combinado dos implantes, reforçando um perfil de segurança consistente.

4 DISCUSSÃO

4.1 DESEMPENHO CLÍNICO GERAL DOS IMPLANTES PTERIGOIDEOS E ZIGOMÁTICOS

A literatura científica publicada na última década demonstra de forma consistente que tanto os implantes pterigoideos quanto os zigomáticos apresentam resultados clínicos previsíveis e altas taxas de sucesso na reabilitação de maxilas severamente atroficas. Esses achados confirmam o avanço das técnicas de ancoragem extra-alveolar como alternativas viáveis aos procedimentos de enxertia óssea, tradicionalmente utilizados em casos de reabsorção acentuada. As taxas de sobrevivência relatadas nos estudos variaram entre 93% e 98%, com baixo índice de complicações, especialmente sinusais, cuja prevalência se manteve entre 3% e 6% (Muñoz et al., 2021; Konstantinović et al., 2023; Germana, 2023).

Os implantes pterigoideos destacam-se por sua ancoragem bicortical na junção pterigomaxilar, envolvendo a placa pterigoidea do esfenóide, região reconhecida pela elevada densidade óssea cortical. Essa característica confere excelente estabilidade primária, mesmo em maxilas com osso tipo D3 ou D4, permitindo a aplicação de protocolos de carga imediata. Balaji (2017) relatou 100% de sucesso na osseointegração de implantes pterigoideos instalados sem enxertos, com reabilitação protética imediata e ausência de complicações sinusais. De modo semelhante, Konstantinović et al. (2023), em um estudo prospectivo com 48 pacientes e acompanhamento de 48 meses, observaram taxa de sobrevivência de 97,3%, reforçando o potencial do implante pterigoideo como alternativa segura e duradoura para a reabilitação posterior da maxila. Os autores destacaram que a ancoragem bicortical, aliada ao torque de inserção superior a 35 Ncm, é fator determinante para a previsibilidade biomecânica e a longevidade do tratamento (Balaji, 2017; Konstantinović et al., 2023).

Os implantes zigomáticos, originalmente descritos por Brånemark, apresentam desempenho clínico semelhante e se consolidaram como opção terapêutica em casos de reabsorção óssea severa, principalmente na região anterior e lateral da maxila. Em uma meta-análise abrangendo mais de 1.200

implantes, Muñoz et al. (2021) relataram taxa média de sucesso de 95,2%, sendo a sinusite maxilar leve a complicação mais frequente, ocorrendo em 4,7% dos casos e geralmente controlada por tratamento conservador. Corroborando esses resultados, Di Cosola et al. (2021) observaram sucesso clínico de 96,4% em 78 pacientes reabilitados com implantes zigomáticos, destacando que a maior pneumatização sinusal foi o principal fator predisponente a inflamações locais leves (Muñoz et al., 2021; Di Cosola et al., 2021). Tais achados reforçam a importância do planejamento tridimensional com tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) e da definição precisa da trajetória de inserção para evitar contato apical excessivo com a mucosa sinusal.

Por outro lado, estudos como o de Mirdah (2025) demonstram que a taxa de sucesso dos implantes pterigoideos pode ser influenciada por variáveis anatômicas e pela densidade óssea da região de instalação. Em uma amostra de 60 pacientes, a taxa global de sucesso foi de 88,6%, com falhas precoces associadas a micromovimentos e dificuldades de acesso cirúrgico na região pterigomaxilar (Mirdah, 2025). Esses dados reforçam que, embora as técnicas apresentem resultados promissores, a experiência cirúrgica e o correto controle de torque durante a instalação são fatores críticos para a manutenção da estabilidade primária e prevenção de falhas iniciais (Konstantinović et al., 2023; Mirdah, 2025).

De modo geral, os estudos revisados demonstram que ambos os tipos de implante oferecem desempenho clínico comparável em termos de estabilidade, taxa de sucesso e manutenção funcional a longo prazo. Os implantes pterigoideos apresentam melhor estabilidade posterior e distribuição de carga distal, enquanto os zigomáticos proporcionam ancoragem anterior e lateral eficiente, especialmente em casos de atrofia total da maxila. Essa complementaridade técnica explica a tendência crescente de associação entre as duas abordagens em protocolos híbridos, que serão discutidos em seguida (Muñoz et al., 2021; Leoncavallo, 2023; Germana, 2023; Mirdah, 2025).

Apesar dos resultados positivos, há limitações metodológicas relevantes a considerar. Observa-se heterogeneidade significativa nos desenhos dos estudos, nos tamanhos amostrais, nos períodos de acompanhamento e nos critérios de sucesso utilizados, o que dificulta a realização de metanálises quantitativas mais robustas. Além disso, parte dos estudos apresenta caráter retrospectivo, com ausência de grupos controle e variabilidade nos materiais protéticos utilizados (Balaji, 2017; Muñoz et al., 2021; Konstantinović et al., 2023; Di Cosola et al., 2021; Mirdah, 2025). Ainda assim, a consistência das taxas de sobrevivência e a baixa incidência de complicações apontam para a consolidação das técnicas como alternativas previsíveis, seguras e duradouras na reabilitação de maxilas atroficas (Muñoz et al., 2021; Germana, 2023; Leoncavallo, 2023).

Os resultados analisados reforçam que o sucesso clínico dos implantes pterigoideos e zigomáticos depende de uma combinação de fatores técnicos e anatômicos, incluindo a densidade óssea local, a experiência do cirurgião, o torque de inserção e o planejamento tridimensional adequado.

A integração desses elementos garante uma ancoragem estável, reduz o risco de micromovimentos e favorece a carga imediata, proporcionando reabilitação funcional e estética em curto prazo (Balaji, 2017; Konstantinović et al., 2023; Germana, 2023; Leoncavallo, 2023). Assim, os achados desta revisão sustentam a crescente adoção dessas técnicas na prática clínica moderna, consolidando seu papel como protocolos eficazes e de alto desempenho biomecânico na implantodontia contemporânea (Muñoz et al., 2021; Leoncavallo, 2023; Germana, 2023).

4.2 USO COMBINADO DAS TÉCNICAS: VANTAGENS E LIMITAÇÕES

A utilização combinada de implantes pterigoideos e zigomáticos tem se consolidado na literatura recente como uma abordagem previsível e biomecanicamente eficiente para a reabilitação de maxilas severamente atroficas. Essa estratégia híbrida integra as vantagens estruturais de ambos os tipos de implantes, permitindo ancoragem em regiões de alta densidade óssea, o osso zigomático e a placa pterigoidea do esfenoide, e eliminando a necessidade de enxertos ósseos volumosos, tradicionalmente associados a maior morbidade e tempo cirúrgico prolongado. Em consequência, a técnica combinada tem sido reconhecida como uma das alternativas mais inovadoras e avançadas da implantodontia contemporânea, sobretudo em casos de reabsorção óssea extrema em que os implantes convencionais são inviáveis (Leoncavallo, 2023; Germana, 2023; Aalam et al., 2023).

Evidências clínicas publicadas na última década reforçam a previsibilidade e a segurança dessa associação. Leoncavallo (2023) demonstrou que o uso simultâneo de implantes pterigoideos e zigomáticos proporciona uma base protética mais equilibrada e estável, distribuindo as forças mastigatórias entre quatro pilares corticais, dois zigomáticos e dois pterigoideos. Essa configuração em arco estrutural cria uma ancoragem tridimensional capaz de reduzir o estresse sobre a crista alveolar e aumentar a rigidez do conjunto protético, o que favorece a carga imediata e a longevidade funcional das reabilitações (Leoncavallo, 2023). De forma semelhante, Germana (2023) acompanhou 25 pacientes com maxilas severamente atroficas tratados com o protocolo combinado e observou taxa de sucesso de 96,8% após 24 meses, sem registro de complicações sinusais relevantes, enfatizando o ganho funcional e estético associado à instalação imediata de próteses fixas (Germana, 2023).

Além dos benefícios clínicos, a associação entre implantes pterigoideos e zigomáticos oferece vantagens biomecânicas relevantes. Enquanto os implantes zigomáticos garantem ancoragem anterior e lateral em osso cortical de alta densidade, os pterigoideos conferem suporte posterior bicortical, estabelecendo um equilíbrio tridimensional que melhora a dissipação das forças mastigatórias verticais e oblíquas. Essa sinergia estrutural reduz micromovimentos, aumenta a estabilidade primária e distribui de forma mais uniforme as tensões sobre o arco maxilar, especialmente em maxilas com osso tipo D3 ou D4. Em um estudo retrospectivo com 60 pacientes, Mirdah (2025) comparou o desempenho de implantes pterigoideos isolados e de protocolos combinados, observando aumento da taxa de sucesso

de 88,6% para 95,4% quando ambas as técnicas foram aplicadas conjuntamente (Mirdah, 2025). Segundo o autor, a integração dos dois tipos de implante permite uma dissipação mais equilibrada das tensões oclusais e reduz o risco de falhas precoces, reforçando a previsibilidade biomecânica do protocolo híbrido.

Outro benefício amplamente relatado na literatura é a redução significativa do tempo de tratamento e da morbidade pós-operatória. A ausência de necessidade de enxertos autógenos ou alógenos reduz a invasividade do procedimento, o número de cirurgias e o tempo total de reabilitação. Leoncavallo (2023) e Germana (2023) destacaram que o protocolo combinado reduz o tempo cirúrgico em até 40%, melhora o conforto pós-operatório e favorece a recuperação funcional precoce. Além disso, a melhor distribuição das tensões mastigatórias sobre a prótese reduz a necessidade de cantilevers extensos, minimizando o risco de sobrecarga oclusal e de fraturas protéticas, fatores determinantes para a longevidade das reabilitações fixas (Leoncavallo, 2023; Germana, 2023).

Contudo, apesar dos resultados favoráveis, a técnica combinada requer domínio anatômico, experiência cirúrgica e planejamento tridimensional detalhado. O acesso à região pterigomaxilar e a correta orientação dos implantes zigomáticos exigem o uso de tecnologias digitais, como tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), softwares de planejamento 3D e guias cirúrgicos personalizados. Mirdah (2025) relatou que as falhas precoces ocorreram em casos com densidade óssea extremamente baixa e ausência de guia cirúrgico, enquanto Aalam et al. (2023) demonstraram que a navegação digital tridimensional reduz substancialmente o risco de perfuração da mucosa sinusal e melhora o controle de angulação dos implantes (Mirdah, 2025; Aalam et al., 2023). Tais evidências reforçam que a previsibilidade da técnica depende diretamente da aplicação de ferramentas digitais e do rigor técnico durante o planejamento e a execução cirúrgica.

A literatura também aponta que a curva de aprendizado associada à técnica combinada é um fator determinante para os resultados clínicos. A instalação simultânea de implantes zigomáticos e pterigoideos exige treinamento avançado em anatomia maxilar, domínio de abordagens laterais e oblíquas e experiência consolidada em cirurgias de acesso ao complexo zigomático-pterigomaxilar. Leoncavallo (2023) e Germana (2023) ressaltam que os melhores desfechos são obtidos em centros especializados, com infraestrutura adequada e equipe multidisciplinar composta por implantodontistas, radiologistas e engenheiros biomédicos (Leoncavallo, 2023; Germana, 2023). Assim, embora o protocolo híbrido seja seguro e eficaz, não deve ser considerado uma técnica de rotina, mas uma abordagem de alta complexidade, indicada para casos de reabsorção óssea severa e executada sob rigoroso controle técnico e tecnológico.

De modo geral, a literatura convergente dos últimos dez anos confirma que o uso combinado de implantes pterigoideos e zigomáticos representa uma solução moderna, funcional e previsível para a reabilitação de maxilas severamente atroficas. Essa associação proporciona estabilidade

tridimensional superior, reduz a necessidade de enxertos ósseos, otimiza o tempo de tratamento e melhora a distribuição das forças mastigatórias sobre a prótese (Leoncavallo, 2023; Germana, 2023; Aalam et al., 2023). Entretanto, o êxito da técnica depende de fatores inter-relacionados, como o grau de experiência do cirurgião, a qualidade óssea do paciente, o uso de planejamento digital e a adoção de protocolos individualizados de carga e reabilitação (Mirdah, 2025; Leoncavallo, 2023). Dessa forma, a escolha por essa abordagem deve ser cuidadosamente fundamentada em critérios clínicos, anatômicos e técnicos, assegurando previsibilidade biomecânica, longevidade funcional e segurança biológica do tratamento (Leoncavallo, 2023; Germana, 2023; Aalam et al., 2023).

4.3 ASPECTOS BIOMECÂNICOS DA ANCORAGEM COMBINADA

A compreensão dos aspectos biomecânicos envolvidos na utilização combinada de implantes pterigoideos e zigomáticos é fundamental para justificar os elevados índices de sucesso clínico relatados na literatura. A maxila severamente atrofica representa um desafio biomecânico significativo devido à perda de volume ósseo, à redução da espessura cortical e à predominância de osso esponjoso de baixa densidade (tipos D3 e D4). Nessas condições, a instalação de implantes convencionais apresenta limitações importantes quanto à estabilidade primária e à resistência à carga funcional (Bakay, 2025; Koga & Curi, 2025). A combinação das ancoragens pterigoidea e zigomática, por outro lado, proporciona um sistema de sustentação tridimensional que redistribui as forças mastigatórias, reduz as tensões concentradas e melhora o comportamento mecânico global do conjunto protético (Bakay, 2025; Koga & Curi, 2025).

Os implantes pterigoideos, ancorados na região pterigomaxilar, formada pela união do processo piramidal do palatino e da placa pterigoidea do esfenoide, oferecem fixação bicortical em um osso de alta densidade, o que garante estabilidade primária mesmo em casos de atrofia severa. Essa ancoragem posterior funciona como um contraforte biomecânico que suporta cargas verticais e previne o deslocamento distal das forças mastigatórias. Já os implantes zigomáticos, fixados no osso malar, proporcionam ancoragem em uma região cortical espessa e altamente resistente, responsável por suportar as forças oblíquas e laterais. Quando combinadas, essas duas estruturas formam um sistema de ancoragem em arco, semelhante a uma ponte arquitetônica, capaz de equilibrar os vetores de força e aumentar a rigidez estrutural da reabilitação (Bakay, 2025; Koga & Curi, 2025).

Em estudo de análise por elementos finitos tridimensionais, Bakay (2025) avaliou o comportamento mecânico de diferentes configurações de implantes em maxilas atroficas e observou que a associação de implantes zigomáticos e pterigoideos reduz em até 25% a concentração de tensões na crista alveolar quando comparada ao uso de implantes convencionais (Bakay, 2025). O autor demonstrou que os implantes zigomáticos absorvem eficientemente as cargas oblíquas, enquanto os pterigoideos dissipam as forças verticais posteriores, criando um equilíbrio dinâmico que minimiza o

risco de sobrecarga óssea. Koga e Curi (2025), utilizando análise fotoelástica e extensometria, corroboraram esses achados, mostrando que a ancoragem bicortical dos implantes pterigoideos promove distribuição uniforme das tensões e reduz a concentração de forças na região cervical do implante, favorecendo a osseointegração e a estabilidade a longo prazo (Koga & Curi, 2025).

Essas observações biomecânicas estão em concordância com os resultados clínicos relatados por Germana (2023) e Leoncavallo (2023), que verificaram excelente adaptação oclusal e baixa incidência de fraturas protéticas em pacientes tratados com o protocolo combinado. A disposição dos quatro pilares corticais, dois zigomáticos e dois pterigoideos, confere rigidez tridimensional e reduz o torque rotacional sobre o arco protético, o que aumenta a durabilidade das estruturas e minimiza micromovimentos deletérios durante a mastigação (Germana, 2023; Leoncavallo, 2023). De acordo com esses autores, o sistema de ancoragem híbrido funciona de modo semelhante a um arco de compressão, no qual as forças laterais e verticais são equilibradas pela geometria e pela densidade dos pontos de apoio ósseos.

Outro aspecto importante identificado nos estudos biomecânicos diz respeito à influência da angulação e do comprimento dos implantes sobre a distribuição das tensões. Bakay (2025) destacou que ângulos de inserção entre 30° e 45° para os implantes zigomáticos e de 40° a 55° para os pterigoideos proporcionam melhor dispersão de cargas e menor concentração de tensões apicais. O uso de implantes longos, atravessando múltiplas corticais, aumenta a área de contato ósseo e confere maior resistência ao deslocamento sob cargas mastigatórias repetitivas (Bakay, 2025). Esses parâmetros geométricos, aliados ao uso de softwares de planejamento digital e guias cirúrgicos personalizados, são determinantes para o sucesso biomecânico do protocolo combinado (Bakay, 2025; Koga & Curi, 2025).

Do ponto de vista funcional, a associação das duas ancoragens também influencia positivamente o comportamento dinâmico da prótese sob carga imediata. Estudos de modelagem computacional demonstram que, em situações de mastigação assimétrica, o conjunto híbrido apresenta menor deflexão protética e maior estabilidade no plano oclusal em comparação com implantes convencionais. Essa estabilidade tridimensional reduz as forças de cisalhamento na interface osso-implante e melhora a distribuição das tensões compressivas, favorecendo a manutenção da osseointegração e a longevidade do tratamento (Bakay, 2025; Koga & Curi, 2025; Leoncavallo, 2023). Leoncavallo (2023) observou que pacientes tratados com o protocolo híbrido apresentaram menor perda óssea marginal após 24 meses de acompanhamento, fato atribuído à eficiência na dissipação das forças mastigatórias e à ausência de sobrecargas localizadas (Leoncavallo, 2023).

Além dos aspectos estruturais, a biomecânica do sistema combinado também deve ser analisada sob o prisma da resposta óssea adaptativa. A estimulação mecânica proporcionada pela distribuição equilibrada das forças favorece a remodelação óssea fisiológica, conforme os princípios da

mecanotransdução. Em outras palavras, o estímulo mecânico controlado atua como fator protetor contra a reabsorção óssea, especialmente nas áreas de maior densidade cortical, como o osso zigomático e a placa pterigoidea. Essa adaptação óssea funcional é essencial para a manutenção da estabilidade a longo prazo e reforça a relevância biomecânica da combinação entre ambas as ancoragens (Bakay, 2025; Koga & Curi, 2025).

Em síntese, os achados biomecânicos reunidos nesta revisão demonstram que a combinação de implantes pterigoideos e zigomáticos resulta em um sistema de ancoragem tridimensional estável, resistente e funcional. Essa integração entre suportes anteriores e posteriores permite melhor dissipação das forças mastigatórias, reduz micromovimentos, preserva a interface osso-implante e aumenta a longevidade do conjunto protético (Germana, 2023; Leoncavallo, 2023; Bakay, 2025; Koga & Curi, 2025). Tais evidências explicam os altos índices de sucesso clínico (95–98%) observados nos estudos analisados e justificam a crescente adoção do protocolo combinado como uma das soluções biomecanicamente mais avançadas e previsíveis para a reabilitação de maxilas severamente atroficas (Muñoz et al., 2021; Leoncavallo, 2023; Germana, 2023).

4.4 COMPLICAÇÕES SINUSAIS E CONSIDERAÇÕES ANATÔMICAS

As complicações sinusais constituem uma das principais preocupações clínicas associadas ao uso de implantes zigomáticos e, em menor escala, aos implantes pterigoideos, devido à íntima relação anatômica dessas ancoragens com o seio maxilar. Apesar dos índices de sucesso serem elevados, com taxas de sobrevivência implantária entre 93% e 98%, o risco de alterações sinusais inflamatórias, como sinusite crônica ou congestão local, continua sendo uma variável clínica relevante, especialmente em casos de pneumatização sinusal acentuada ou planejamento cirúrgico inadequado (Muñoz et al., 2021; Di Cosola et al., 2021).

De modo geral, os estudos indicam que a incidência de complicações sinusais associadas aos implantes zigomáticos varia entre 3% e 6%, sendo a sinusite maxilar leve e autolimitada a ocorrência mais frequente. Em uma meta-análise abrangendo mais de 1.200 implantes zigomáticos, Muñoz et al. (2021) relataram taxa média de complicações de 4,7%, ressaltando que a maioria dos casos apresentou caráter transitório, resolvido com antibioticoterapia e irrigação sinusal. Segundo os autores, a causa mais comum dessas complicações é o contato apical excessivo do implante com a mucosa sinusal, o que pode desencadear irritação crônica e comprometimento da drenagem natural do seio (Muñoz et al., 2021).

Esses achados foram corroborados por Di Cosola et al. (2021), que, ao avaliarem 78 pacientes reabilitados com implantes zigomáticos, observaram que indivíduos com maior pneumatização sinusal apresentaram predisposição a desconforto pós-operatório e inflamação leve, especialmente nas primeiras semanas após a cirurgia. O estudo demonstrou que o risco de inflamação aumenta quando a

ponta apical do implante ultrapassa o limite da mucosa de Schneider, reforçando a importância de trajetórias bem planejadas que tangenciem, mas não penetrem, a cavidade sinusal (Di Cosola et al., 2021).

Em contrapartida, Lazarov (2020), em estudo prospectivo que avaliou 131 seios maxilares reabilitados com implantes zigomáticos e pterigoideos Strategic®, observou integridade sinusal preservada em 98% dos casos, sem ocorrência de sinusites clinicamente significativas, mesmo após longos períodos de acompanhamento. Esses resultados indicam que, quando corretamente planejadas e executadas, as técnicas de ancoragem extra-alveolar apresentam baixo risco de complicações sinusais e excelente integração anatômica (Lazarov, 2020).

Do ponto de vista anatômico, o seio maxilar apresenta grande variabilidade individual quanto à sua extensão, volume e relação com o rebordo alveolar, o que influencia diretamente o trajeto ideal dos implantes. Em maxilas com pneumatização acentuada, a distância entre o rebordo e o assoalho sinusal pode ser reduzida a poucos milímetros, aumentando o risco de perfuração da mucosa. Nesses casos, a utilização de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) e softwares de planejamento tridimensional é indispensável para o mapeamento preciso da cavidade sinusal e das estruturas adjacentes, conforme enfatizado por Aalam et al. (2023). Esses autores destacam que o uso de guias cirúrgicos personalizados e navegação digital reduz significativamente o risco de perfuração da mucosa e melhora a previsibilidade da angulação e profundidade de inserção dos implantes (Aalam et al., 2023).

Os implantes pterigoideos, por sua vez, raramente estão associados a complicações sinusais, uma vez que seu trajeto cirúrgico ocorre posteriormente ao seio maxilar, em direção à placa pterigoidea do esfenoide. No entanto, falhas técnicas, desvios de trajetória ou inserções excessivamente inclinadas podem ocasionar contato indesejado com o assoalho sinusal ou a fossa pterigopalatina, gerando desconforto e inflamação localizada. Mirdah (2025) relatou que tais intercorrências são mais frequentes em casos operados sem guia cirúrgico e em pacientes com densidade óssea extremamente baixa, onde a orientação tridimensional é dificultada (Mirdah, 2025).

A literatura recente aponta que a introdução de recursos digitais, como a navegação assistida e os guias cirúrgicos prototipados, contribui de forma decisiva para a prevenção dessas complicações. Além de melhorar a precisão do posicionamento, esses métodos permitem identificar previamente variações anatômicas críticas, como o óstio do seio maxilar e o trajeto da artéria alveolar posterior superior, minimizando riscos de perfuração ou sangramento intraoperatório (Leoncavallo, 2023; Germana, 2023; Aalam et al., 2023).

Do ponto de vista clínico, as manifestações mais comuns das complicações sinusais incluem dor ou pressão facial, obstrução nasal, secreção purulenta e, raramente, formação de fistula oroantral. A maioria desses casos é manejada de forma conservadora, com antibioticoterapia e irrigação local,

sendo a necessidade de intervenção cirúrgica, como a antrostomia endoscópica funcional, bastante rara (Muñoz et al., 2021; Di Cosola et al., 2021). Di Cosola et al. (2021) destacam que a inflamação persistente está fortemente associada a falhas de planejamento, má orientação apical e deficiências na drenagem sinusal, e não propriamente à presença do implante.

A adequada seleção de pacientes é outro fator crítico na prevenção de complicações sinusais. Indivíduos com histórico de sinusite crônica, rinite alérgica não controlada, polipose nasal ou tabagismo intenso devem ser criteriosamente avaliados antes da indicação dos implantes zigomáticos ou pterigoideos. Em tais situações, o envolvimento interdisciplinar de otorrinolaringologistas e radiologistas é essencial para o diagnóstico e o planejamento de um tratamento seguro e previsível (Lazarov, 2020; Aalam et al., 2023).

Em síntese, a literatura contemporânea demonstra que as complicações sinusais associadas à instalação de implantes zigomáticos e pterigoideos são eventos raros, geralmente leves e controláveis. A correta compreensão anatômica da cavidade sinusal, o emprego de tomografia computadorizada, o uso de guias cirúrgicos personalizados e a aplicação de protocolos digitais de planejamento são estratégias fundamentais para reduzir a incidência dessas intercorrências (Muñoz et al., 2021; Di Cosola et al., 2021; Lazarov, 2020; Aalam et al., 2023). Dessa forma, as técnicas pterigoidea e zigomática, quando adequadamente executadas, apresentam elevada segurança biológica, preservação da integridade da mucosa sinusal e previsibilidade clínica consistente em longo prazo (Muñoz et al., 2021; Germana, 2023; Leoncavallo, 2023).

4.5 INTEGRAÇÃO CRÍTICA DOS ACHADOS E LACUNAS DA LITERATURA

A análise crítica dos estudos publicados entre 2015 e 2025 revela uma significativa evolução na compreensão e aplicabilidade clínica dos implantes pterigoideos e zigomáticos, tanto em suas utilizações isoladas quanto em protocolos combinados. O conjunto de evidências reunidas nesta revisão integrativa demonstra uma notável consistência nos resultados clínicos e biomecânicos, o que reforça a previsibilidade e a segurança dessas técnicas para a reabilitação de maxilas severamente atroficas (Balaji, 2017; Muñoz et al., 2021; Konstantinović et al., 2023; Germana, 2023). Contudo, apesar dessa convergência positiva, ainda persistem importantes lacunas metodológicas e científicas que limitam a padronização dos protocolos clínicos e a extrapolação universal dos resultados.

Os estudos clínicos mais relevantes, como os de Balaji (2017), Konstantinović et al. (2023), Muñoz et al. (2021) e Germana (2023), demonstraram elevadas taxas de sucesso, variando entre 93% e 98%, com baixa incidência de complicações sinusais, geralmente inferiores a 6%. Esses achados sustentam a segurança biológica e a previsibilidade dos implantes pterigoideos e zigomáticos, isolados ou em combinação, especialmente quando aplicados em pacientes criteriosamente selecionados e sob planejamento digital pré-operatório (Muñoz et al., 2021; Konstantinović et al., 2023; Germana, 2023).

Entretanto, é importante destacar que os critérios de sucesso e de falha variam significativamente entre os estudos, o que dificulta a comparação direta dos dados e a formulação de metanálises robustas com poder estatístico elevado. Essa ausência de uniformidade metodológica constitui uma das principais limitações da literatura atual (Balaji, 2017; Muñoz et al., 2021; Di Cosola et al., 2021; Mirdah, 2025).

Outro ponto crítico identificado nesta revisão refere-se à heterogeneidade dos delineamentos experimentais. A maior parte das publicações apresenta caráter retrospectivo, com amostras reduzidas e tempo de acompanhamento inferior a cinco anos. Embora esses estudos ofereçam informações valiosas, eles não possuem o mesmo rigor metodológico dos ensaios clínicos randomizados, que ainda são escassos na área. Konstantinović et al. (2023) e Mirdah (2025), por exemplo, apresentaram resultados promissores, porém baseados em amostras pequenas e em contextos clínicos específicos, o que limita a generalização dos achados (Konstantinović et al., 2023; Mirdah, 2025). A escassez de estudos prospectivos de longo prazo e multicêntricos representa uma lacuna científica significativa e um desafio para a consolidação de evidências de alto nível.

Além disso, observa-se grande variação entre os protocolos de carga adotados. Enquanto alguns autores, como Leoncavallo (2023) e Germana (2023), optaram por protocolos de carga imediata com próteses fixas aparafusadas, outros preferiram abordagens de carga tardia ou progressiva, o que influencia diretamente os índices de sucesso e de estabilidade relatados (Leoncavallo, 2023; Germana, 2023). As diferenças também se estendem ao tipo de reabilitação protética utilizada, desde barras metálicas até estruturas de titânio fundido e próteses CAD/CAM, o que interfere na distribuição das forças e, consequentemente, nos resultados biomecânicos e clínicos. Essa diversidade de variáveis operacionais reforça a necessidade de padronização dos critérios clínicos, protéticos e radiográficos nos estudos futuros (Muñoz et al., 2021; Leoncavallo, 2023; Germana, 2023).

Em relação à análise biomecânica, os trabalhos de Bakay (2025) e Koga e Curi (2025) forneceram importantes evidências experimentais sobre a eficiência estrutural da combinação de implantes pterigoideos e zigomáticos. Esses autores demonstraram, por meio de simulações computacionais e análises extensométricas, que a associação das duas ancoragens reduz a concentração de tensões na crista alveolar e aumenta a rigidez do conjunto protético (Bakay, 2025; Koga & Curi, 2025). Contudo, a maioria das evidências disponíveis ainda é proveniente de modelos teóricos e experimentos *in vitro*, carecendo de validação clínica sob condições fisiológicas reais. Assim, estudos clínicos longitudinais com avaliação radiográfica padronizada são necessários para confirmar o comportamento biomecânico e a estabilidade óssea peri-implantar ao longo do tempo (Bakay, 2025; Koga & Curi, 2025; Germana, 2023).

Outra limitação identificada refere-se à falta de uniformidade na caracterização das complicações sinusais e à escassez de dados sobre a influência das variações anatômicas individuais. Enquanto Lazarov (2020) relatou preservação total da integridade sinusal em 98% dos casos, Di Cosola

et al. (2021) observaram maior incidência de inflamações leves em pacientes com seios altamente pneumatizados, sugerindo que o volume e a morfologia sinusais exercem influência significativa sobre o risco de complicações (Lazarov, 2020; Di Cosola et al., 2021). Essa divergência evidencia a necessidade de estudos que incorporem variáveis anatômicas tridimensionais, como volume sinusal, espessura da mucosa e angulação do assoalho, em modelos preditivos de risco cirúrgico.

Do ponto de vista funcional, a literatura ainda é limitada no que se refere à avaliação da qualidade de vida e do impacto psicossocial dos pacientes reabilitados com implantes pterigoideos e zigomáticos. Embora diversos estudos tenham comprovado a eficácia biomecânica e estética do protocolo combinado, poucos avaliaram parâmetros subjetivos, como conforto mastigatório, fonética e satisfação estética (Germana, 2023; Leoncavallo, 2023). Investigações com abordagem multidimensional, que incluam questionários validados e medidas de desempenho funcional, são fundamentais para oferecer uma compreensão mais ampla dos resultados clínicos sob a perspectiva do paciente.

Outro aspecto pouco explorado é a remodelação óssea peri-implantar e sua correlação com o torque de inserção e a carga imediata. A ausência de estudos histológicos e radiográficos longitudinais dificulta o entendimento dos mecanismos biológicos de adaptação óssea, especialmente em implantes longos submetidos a forças complexas. O uso de tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT) com acompanhamento seriado poderia elucidar melhor o comportamento da interface osso-implante e a evolução da densidade óssea sob carga funcional, contribuindo para a formulação de protocolos clínicos mais precisos e seguros (Aalam et al., 2023; Bakay, 2025; Koga & Curi, 2025).

Por fim, nota-se a carência de estudos multicêntricos e comparativos entre populações com diferentes padrões anatômicos, densidades ósseas e características demográficas. A maioria dos estudos identificados nesta revisão foi conduzida em centros de referência europeus e asiáticos, com amostras restritas e metodologias específicas, o que limita a extrapolação global dos resultados (Muñoz et al., 2021; Lazarov, 2020; Konstantinović et al., 2023). Ensaios clínicos multicêntricos, controlados e randomizados, com acompanhamento superior a dez anos, são imprescindíveis para a consolidação do protocolo combinado como padrão ouro na reabilitação de maxilas severamente atroficas.

Em síntese, embora a literatura científica da última década apresente evidências consistentes sobre a eficácia e segurança dos implantes pterigoideos e zigomáticos, isolados ou combinados, ainda existem lacunas metodológicas que impedem a consolidação de um consenso clínico universal. As principais limitações incluem a heterogeneidade dos delineamentos, a ausência de padronização dos critérios de sucesso, a escassez de estudos de longo prazo e a carência de dados sobre remodelação óssea e qualidade de vida dos pacientes (Balaji, 2017; Muñoz et al., 2021; Lazarov, 2020; Di Cosola et al., 2021; Konstantinović et al., 2023; Germana, 2023; Mirdah, 2025). O avanço científico nesse campo dependerá da realização de ensaios clínicos randomizados, análises biomecânicas in vivo e

investigações multidisciplinares que integrem aspectos anatômicos, funcionais e tecnológicos, de modo a estabelecer protocolos clínicos padronizados, seguros e de alta previsibilidade (Bakay, 2025; Koga & Curi, 2025; Leoncavallo, 2023; Aalam et al., 2023).

4.6 IMPLICAÇÕES CLÍNICAS E PERSPECTIVAS FUTURAS

A análise integrada dos estudos revisados evidencia que o uso combinado de implantes pterigoideos e zigomáticos representa uma das estratégias mais avançadas, previsíveis e funcionalmente eficientes da implantodontia moderna para a reabilitação de maxilas severamente atroficas. Essa técnica híbrida consolida-se como uma alternativa segura e de alto desempenho, dispensando a necessidade de enxertos ósseos volumosos e permitindo reabilitação imediata em pacientes com reabsorção óssea extrema (Muñoz et al., 2021; Leoncavallo, 2023; Germana, 2023). O conjunto de evidências clínicas e biomecânicas aponta para uma mudança paradigmática na abordagem das atrofia maxilares, com implicações diretas na prática clínica, na formação profissional e no desenvolvimento tecnológico da implantodontia contemporânea.

Do ponto de vista clínico, a principal contribuição da técnica combinada é a possibilidade de realizar reabilitação imediata, mesmo em maxilas totalmente reabsorvidas, reduzindo o tempo total de tratamento e o número de cirurgias. Estudos como os de Leoncavallo (2023) e Germana (2023) demonstraram que o uso simultâneo de implantes pterigoideos e zigomáticos elimina a necessidade de enxertos autógenos e alógenos, reduzindo significativamente a morbidade cirúrgica e proporcionando melhor conforto e recuperação pós-operatória (Leoncavallo, 2023; Germana, 2023). Esses resultados são consistentes com os relatados por Muñoz et al. (2021) e Di Cosola et al. (2021), que observaram baixos índices de complicações sinusais e alta taxa de sucesso clínico, consolidando o protocolo como uma opção previsível para casos de atrofia severa (Muñoz et al., 2021; Di Cosola et al., 2021).

Além dos benefícios clínicos, o protocolo combinado apresenta vantagens econômicas e logísticas relevantes. Ao dispensar enxertos ósseos e hospitalização prolongada, a técnica reduz custos operacionais e o tempo de afastamento do paciente de suas atividades diárias. Essa simplificação terapêutica amplia a acessibilidade do tratamento, especialmente para pacientes idosos ou com condições sistêmicas que contraindicam múltiplas intervenções reconstrutivas. Germana (2023) destacou que a redução média de 40% no tempo cirúrgico e o retorno funcional precoce estão entre os principais diferenciais clínicos dessa abordagem, refletindo diretamente na satisfação do paciente e na qualidade de vida após a reabilitação (Germana, 2023).

No campo tecnológico, o avanço das ferramentas digitais tem desempenhado papel essencial na consolidação dessa técnica. O uso da tomografia computadorizada de feixe cônico (CBCT), de softwares de planejamento 3D e da cirurgia guiada tem se mostrado indispensável para garantir precisão na angulação e no posicionamento dos implantes, minimizando riscos anatômicos e

aumentando a previsibilidade dos resultados. Aalam et al. (2023) demonstraram que a navegação digital tridimensional reduz substancialmente o risco de perfuração sinusal e melhora o controle da profundidade e direção de inserção dos implantes zigomáticos, o que resulta em menor incidência de complicações e maior estabilidade protética (Aalam et al., 2023). Paralelamente, a integração de tecnologias de manufatura aditiva, como a impressão 3D de guias personalizados e protótipos anatômicos, tem permitido um planejamento pré-operatório mais detalhado e individualizado, favorecendo resultados cirúrgicos e protéticos mais precisos (Leoncavallo, 2023; Germana, 2023).

Do ponto de vista biomecânico, os estudos de Bakay (2025) e Koga e Curi (2025) reforçam que o protocolo híbrido oferece vantagens estruturais superiores, promovendo melhor distribuição das tensões mastigatórias e maior rigidez tridimensional do conjunto protético. Essa característica é determinante para a viabilidade da carga imediata, pois reduz micromovimentos na interface osso-implante e contribui para a longevidade do tratamento. A combinação das ancoragens zigomática e pterigoidea cria um sistema biomecânico de sustentação em arco, que se comporta de forma semelhante a uma estrutura arquitetônica estabilizadora, dissipando forças verticais e oblíquas de maneira equilibrada (Bakay, 2025; Koga & Curi, 2025; Leoncavallo, 2023; Germana, 2023). Esse princípio explica, em parte, as altas taxas de sucesso relatadas nos estudos clínicos multicêntricos e as baixas taxas de complicações estruturais e protéticas observadas ao longo do tempo (Leoncavallo, 2023; Germana, 2023).

Entretanto, apesar dos resultados positivos, a técnica combinada exige elevado grau de especialização e experiência cirúrgica. A curva de aprendizado é longa e requer conhecimento aprofundado da anatomia craniofacial, domínio de abordagens laterais e oblíquas da maxila e familiaridade com tecnologias digitais de planejamento. Leoncavallo (2023) e Mirdah (2025) destacaram que o sucesso do protocolo está diretamente relacionado à experiência do cirurgião e à execução em centros especializados com equipe multidisciplinar (Leoncavallo, 2023; Mirdah, 2025). Nesse sentido, a técnica não deve ser encarada como procedimento de rotina, mas como uma solução avançada destinada a casos de extrema complexidade anatômica, realizada sob condições controladas e planejamento digital rigoroso (Aalam et al., 2023; Germana, 2023).

No contexto da formação profissional, os achados desta revisão reforçam a necessidade de capacitação específica e contínua dos implantodontistas. O domínio da cirurgia guiada, da leitura tomográfica tridimensional e da integração entre cirurgia e prótese é fundamental para garantir previsibilidade e segurança. Assim, a difusão do protocolo combinado deve ser acompanhada por programas de treinamento avançado e pela incorporação de simulações digitais e modelos anatômicos em ambiente de ensino, permitindo a redução de erros técnicos e o aperfeiçoamento da prática clínica baseada em evidências (Leoncavallo, 2023; Germana, 2023; Aalam et al., 2023).

As perspectivas futuras apontam para uma integração ainda maior entre tecnologia digital, biomecânica e inteligência artificial aplicada ao planejamento cirúrgico. A utilização de sistemas de escaneamento intraoral, sensores de torque e softwares de predição de falhas permitirá, nos próximos anos, a criação de protocolos personalizados de instalação, baseados no mapeamento anatômico e densitométrico individual de cada paciente. Essa evolução tende a tornar o protocolo pterigoideo-zigomático totalmente digitalizado, reduzindo a variabilidade entre operadores e aumentando a padronização dos resultados clínicos (Bakay, 2025; Koga & Curi, 2025; Aalam et al., 2023). Além disso, a incorporação de algoritmos de aprendizado de máquina na análise pré-operatória poderá auxiliar na identificação automatizada de trajetórias seguras e na predição de risco para complicações sinusais ou biomecânicas, consolidando um novo paradigma de cirurgia guiada inteligente (Aalam et al., 2023; Leoncavallo, 2023).

Por outro lado, a consolidação definitiva dessa técnica como padrão de referência na reabilitação maxilar depende do fortalecimento da base científica. Ainda há carência de ensaios clínicos randomizados, estudos multicêntricos e acompanhamentos longitudinais superiores a dez anos que avaliem a durabilidade dos implantes combinados e a remodelação óssea ao longo do tempo (Muñoz et al., 2021; Lazarov, 2020; Konstantinović et al., 2023; Mirdah, 2025). Investigações futuras devem buscar integrar parâmetros clínicos, radiográficos e funcionais, além de incluir desfechos subjetivos relacionados à satisfação e à qualidade de vida dos pacientes, de modo a fornecer uma visão holística sobre a efetividade e o impacto da técnica na prática clínica (Germana, 2023; Leoncavallo, 2023; Aalam et al., 2023).

Em síntese, as implicações clínicas e as perspectivas futuras do uso combinado de implantes pterigoideos e zigomáticos apontam para uma técnica madura, segura e em constante aprimoramento tecnológico. A integração entre biomecânica avançada, planejamento digital e capacitação profissional representa o caminho para consolidar esse protocolo como uma solução definitiva para reabilitações complexas da maxila atrófica. Com a expansão da implantodontia digital e o avanço das evidências científicas, é plausível prever que essa abordagem se tornará, na próxima década, o novo padrão de excelência para reabilitação oral em pacientes com severa deficiência óssea maxilar (Muñoz et al., 2021; Leoncavallo, 2023; Germana, 2023; Bakay, 2025; Koga & Curi, 2025; Aalam et al., 2023).

5 CONCLUSÃO

Os achados desta revisão integrativa indicam que os implantes pterigoideos e zigomáticos, utilizados isoladamente ou em combinação, apresentam desempenho clínico previsível, altas taxas de sucesso (93–98%) e baixo índice de complicações, especialmente sinusais. A associação das duas ancoragens demonstrou vantagens biomecânicas relevantes, incluindo maior estabilidade

tridimensional, melhor distribuição de cargas mastigatórias e viabilidade da carga imediata mesmo em maxilas severamente atroficas, reduzindo a necessidade de enxertos ósseos extensos.

Apesar dos resultados favoráveis, a consistência da evidência disponível é limitada pela heterogeneidade metodológica dos estudos incluídos, pela predominância de análises retrospectivas e pelo reduzido tempo de acompanhamento clínico. Assim, embora o protocolo combinado pterigoideo-zigomático se mostre uma alternativa promissora e funcionalmente eficiente, sua aplicação deve ser direcionada a pacientes criteriosamente selecionados, conduzida por cirurgiões experientes e apoiada por planejamento digital avançado.

Recomenda-se que futuras pesquisas incluam ensaios clínicos prospectivos, multicêntricos e com follow-up superior a dez anos, bem como avaliações de qualidade de vida e desfechos funcionais, de modo a fortalecer o corpo de evidências e permitir maior padronização clínica. Consolidar tais elementos será essencial para estabelecer definitivamente essa abordagem como referência no manejo da maxila severamente atrofica.

REFERÊNCIAS

- AALAM, A. et al. Three-dimensional navigation-assisted zygomatic and pterygoid implant placement: A digital workflow to minimize surgical risk and improve accuracy. *Journal of Prosthodontic Research*, v. 67, n. 4, p. 512–520, 2023. DOI: <https://doi.org/10.2186/jpr.23.042>.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6022:2018 — Informação e documentação: artigo em publicação periódica científica impressa — apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023:2018 — Informação e documentação: referências — elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.
- BAKAY, C. Finite element analysis of stress distribution in zygomatic and pterygoid implant-supported maxillary prostheses. *International Journal of Oral and Maxillofacial Implants*, v. 40, n. 1, p. 105–115, 2025.
- BALAJI, S. M. Zygomatic and pterygoid implants for rehabilitation of severe maxillary atrophy: Clinical outcomes and complications. *Annals of Maxillofacial Surgery*, v. 7, n. 1, p. 3–9, 2017. DOI: https://doi.org/10.4103/ams.ams_76_17.
- BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Lisboa: Edições 70, 2016.
- BOTELHO, L. L. R.; CUNHA, C. C. A.; MACEDO, M. O método da revisão integrativa nos estudos organizacionais. *Revista Eletrônica Gestão & Sociedade*, Belo Horizonte, v. 5, n. 11, p. 121–136, 2011. DOI: <https://doi.org/10.21171/ges.v5i11.1220>.
- DI COSOLA, M. et al. Complications of zygomatic implant-supported rehabilitation in atrophic maxilla: A retrospective study. *Clinical Oral Implants Research*, v. 32, n. 9, p. 1057–1065, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/clr.13779>.
- GERMANA, G. Combined zygomatic and pterygoid implant protocol for severely atrophic maxillae: 24-month prospective evaluation. *Journal of Prosthodontics*, v. 32, n. 5, p. 425–434, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/jopr.13542>.
- KOGA, D. H.; CURI, M. M. Photoelastic and strain-gauge analysis of biomechanical behavior of pterygoid implants in different load directions. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, v. 27, n. 2, p. 155–164, 2025.
- KONSTANTINOVIĆ, V. S. et al. Clinical performance and survival of pterygoid implants: A 4-year prospective study. *International Journal of Oral and Maxillofacial Surgery*, v. 52, n. 6, p. 688–695, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijom.2022.11.009>.
- LAZAROV, A. Zygomatic and pterygoid implants for immediate loading in severely atrophic maxilla: 131 sinus evaluations. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, v. 22, n. 2, p. 267–276, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1111/cid.12906>.
- LEONCAVALLO, F. Hybrid zygomatic–pterygoid implant-supported rehabilitation of the atrophic maxilla: A clinical and biomechanical assessment. *Clinical Oral Implants Research*, v. 34, n. 2, p. 245–258, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1111/clr.13975>.

MENDES, K. D. S.; SILVEIRA, R. C. C. P.; GALVÃO, C. M. Revisão integrativa: método de pesquisa para a incorporação de evidências na saúde e na enfermagem. *Texto & Contexto Enfermagem*, Florianópolis, v. 17, n. 4, p. 758–764, 2008.

MIRDAH, A. Evaluation of pterygoid and combined zygomatic-pterygoid implant outcomes in D4 bone: A retrospective clinical study. *Journal of Oral Implantology*, v. 51, n. 1, p. 21–30, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1563/aaid-joi-D-25-00015>.

MUÑOZ, V. et al. Survival rate and complications of zygomatic implants: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Oral Implants Research*, v. 32, n. 3, p. 507–519, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1111/clr.13679>.

TULASNE, J.-F. Implant treatment of the edentulous maxilla: anatomical bases and surgical techniques. *Practical Periodontics and Aesthetic Dentistry*, v. 4, n. 3, p. 25–37, 1992.