



CATÓLICA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

UISEU

**AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TIPO DE RESINA
COMPOSTA NA CONFEÇÃO DE ATTACHMENTS
NO TRATAMENTO ORTODÔNTICO COM
ALINHADORES INVISÍVEIS - UMA REVISÃO
SISTÉMÁTICA**

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para obtenção do grau de mestre em Medicina Dentária.

Por: Larissa Dornelas da S. Santana

Visou, 2024



CATÓLICA
FACULDADE DE MEDICINA DENTÁRIA

VISEU

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DO TIPO DE RESINA COMPOSTA NA CONFEÇÃO DE ATTACHMENTS NO TRATAMENTO ORTODÔNTICO COM ALINHADORES INVISÍVEIS - UMA REVISÃO SISTÊMÁTICA

Dissertação apresentada à Universidade Católica Portuguesa para obtenção do grau de mestre em Medicina Dentária.

Por: Larissa Dornelas da S. Santana

Orientador:

Professora Doutora Anna Carolina Volpi Mello-Moura

Co-Orientadores:

Professora Doutora Rita Pereira

Professor Doutor Pedro Campos

Viseu, 2024

DEDICATÓRIA:

A Deus em primeiro lugar, aos meus pais, minha irmã e aos meus queridos amigos pelo apoio, carinho e dedicação não me deixando desistir dos meus sonhos.

AGRADECIMENTOS:

Primeiramente agradecer à minha orientadora, a professora Anna Moura, por todo o apoio, consideração e paciência nos momentos mais críticos, obrigada por me transmitir confiança e não deixar desistir.

Agradecer com muito carinho ao meu coorientador professor Pedro Lopes pela paciência, tranquilidade, alegria e disponibilidade, sempre pronto a me ajudar tirando minhas dúvidas, as quais não foram poucas, com bastante dedicação. Obrigada por toda a ajuda, apoio e também por não me deixar desistir.

A coorientadora Rita Pereira pelos ensinamentos, não só nesta tese, mas em todo o meu percurso académico na Universidade Católica.

Aos meus queridos amigos de Viseu, que serão para a vida pois tive muita sorte em conhecê-los e em especial a Karine por ter sido meu porto seguro, a qual compartilhei tantos momentos alegres e tristes e por sempre ter palavras de conforto e esperança para me dá independente da situação.

Aos meus grandes amigos do Brasil e Dublin, que são minha segunda família pois estamos sempre juntos apesar da distância e com eles sempre aprendo, vivo bons momentos, rio e choro (muito por sinal). Devido a vocês sou uma pessoa melhor pois me ensinaram o verdadeiro significado de amizade. Obrigada por tantos anos juntos.

As minhas primas Michele e Mariana que me dão carinho e suporte sempre, em todos os momentos principalmente ajudando e amparando meus pais nos períodos que estou distante e todas minhas tias sejam elas de sangue ou de coração pelo mesmo.

A minha irmã que tem o dom de me irritar sempre. Mas também faz com que acredite em mim e tenha confiança para continuar, além de agradecer pelo lindo presente que ela me deu, que é meu grande amor a minha sobrinha Zoe.

Aos meus pais que sempre fizeram de tudo para que meu percurso académico fosse possível tanto no Brasil quanto em Portugal. A minha mãe Mara essa mulher guerreira que não desiste nunca mesmo com tantas dificuldades já vividas. Sempre me apoiam e fazem questão de estar presente da maneira que é possível, ensinando o valor de cada conquista e que sempre temos de agradecer a deus por estarmos vivos e com saúde para seguir em frente.

RESUMO

Introdução: O aparecimento dos alinhadores transparentes como nova técnica promoveu mudanças estéticas no tratamento ortodôntico e o aumento da procura pelos pacientes adultos. Os attachments surgiram para auxiliar esses tratamentos e sendo botões confeccionados em resina fixados no dente. As alterações na superfície e função dos attachments varia com o tipo de resina utilizada. **Objetivos:** Analisar se diferentes tipos de resinas compostas vão afetar a eficiência/eficácia dos attachments. Encontrando o material ideal para a sua confecção. **Materiais e Métodos:** Revisão sistemática dos estudos disponíveis na literatura utilizando as bases de dados Pubmed, Scopus e Cochrane e além da pesquisa manual para identificação de mais artigos com relevância. **Resultados:** A revisão sistemática identificou 224 artigos relevantes os quais, depois da aplicação dos critérios de exclusão e leitura do texto completo excluiu-se os que apresentaram resultados errados, ausência do texto completo, erro no design do estudo e com erro de população, resultando em 9 artigos selecionados sendo 3 estudos clínicos e 6 estudo *in vitro*, os quais foram analisados descritivamente. **Conclusão:** Resinas fluidas nano híbridas/particuladas, apresentam melhores características de uso em casos clínicos de baixa e media complexidade. Nos casos mais complexos e demorados as resinas nano híbridas/particuladas compactáveis apresentam menor desgaste superficial o evitando mudanças na direção e na força dos movimentos durante do tratamento. Contudo mais estudos clínicos são necessários.

Palavras-chaves: alinhadores transparentes, resinas, attachments

ABSTRACT

Introduction: Introduction of transparent aligners as a new technique has brought to aesthetic changes in orthodontic treatment and increase demand from adult patients. Attachments have emerged to aid these treatments and are resin buttons fixed to tooth. Changes to the surface and function of attachments depend according to the type of resin used. **Objectives:** To analyze whether different types of resins will affect the efficiency/ effectiveness of attachments. Finding the ideal material for their manufacture. **Materials and Methods:** Systematic search of studies available in the literature using the Pubmed, Cochrane and Scopus databases, as well as manual search to identify more relevant articles. **Results:** The systematic research identified 224 relevant articles that, after applying the exclusion criteria and reading of the full text, those that presented wrong outcome, in full text, wrong study design and wrong population were excluded and resulted in 9 selected articles, 3 clinical studies and 6 in vitro studies, which were analyzed descriptively **Conclusion:** Nano hybrid/particulate fluid resins have better characteristics of use in low and medium complexity clinical cases. In the most complex and time-consuming cases, compactable nano hybrid/particulate resins present less surface wear, avoiding changes in the direction and force of movements during treatment. However, more clinical studies are needed.

Keywords: orthodontic attachment, clear aligner, composite resins

ÍNDICE

1. INTRODUÇÃO	2
1.1. Tipos e formas dos attachments	4
1.2. Características e composição das resinas	5
1.3. Classificação das Resinas de acordo ao tamanho das partículas	6
2. MATERIAIS E MÉTODOS	10
2.1. Questão de investigação.....	10
2.2. Critérios de inclusão exclusão	10
2.3. Estratégia de busca e seleção de estudos	11
2.4. Extração de dados e análise descritiva	11
3. RESULTS	13
3.1. Seleção dos estudos	13
3.2. Análise descritiva dos estudos	15
4. DISCUSSÃO.....	19
5. CONCLUSÃO	24
6. BIBLIOGRAFIA	26

ANEXO

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Alinhadores transparentes com attachments adaptados	4
Figura 2: Attachments convencional e optimizados.....	5

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Tipos de resinas compostas.....	7
Tabela 2: Questão PICO.....	14

INTRODUÇÃO

1. INTRODUÇÃO

A Ortodontia é um ramo da Medicina Dentária que estuda o desenvolvimento e crescimento da face conjuntamente com os dentes, prevenindo e retificando as más oclusões dentárias. O principal objetivo do tratamento ortodôntico é o restabelecimento da oclusão dentária, promovendo mudanças estéticas e funcionais com grande impacto na qualidade de vida dos indivíduos (1,2).

Nos últimos anos a quantidade de pacientes adultos que passaram a procurar tratamento ortodôntico aumentou exponencialmente. Os alinhadores transparentes surgiram a partir do desenvolvimento de novos materiais dentários e da tecnologia 3D aplicada na medicina dentária, quando vários fabricantes pretendiam satisfazer o conforto e as exigências estéticas dos pacientes adultos (3–6). Dessa forma, foram introduzidos os alinhadores como uma opção de correção ortodôntica sem a necessidade de brackets fixados na superfície dos dentes (7).

Os sistemas para movimentação dentária apresentam dois métodos, os aparelhos tradicionais com brackets e fios metálicos e os alinhadores transparentes removíveis, os quais tem se tornado bastante populares e vantajosos pela aparência estética, promoção de maior conforto, simplicidade de uso, facilidade de higienização (2) tornando-os melhores para a saúde do periodonto que os aparelhos ortodônticos convencionais (8), e por serem fundamentados no uso sequencial de moldeiras removíveis que permitem um alinhamento gradual dos dentes por 1 a 2 semanas (4,6,7,9). Esta técnica ortodôntica baseia-se na movimentação com forças contínuas de baixa intensidade para alcançar resultados clínicos seguindo os princípios biológicos (10). Atualmente, existem diversas marcas de alinhadores que se diferenciam principalmente no material de fabricação, no tempo de uso e no desenho da margem gengival. Com a introdução de novos materiais termoplásticos, os alinhadores transparentes tornaram-se mais flexíveis, adaptáveis à arcada dentária e constantes em resistência ortodôntica e, portanto, podem ser usados para mais do que simples casos ortodônticos (3,4,6,9). Relativamente aos materiais utilizados para a confecção dos alinhadores, eles têm sofrido uma grande evolução, e são fabricados por impressão 3D de polímeros termoplásticos como o poliuretano (2,6,11).

Inicialmente, os alinhadores eram aplicados apenas para movimentos simples, porém, a evolução das técnicas de impressão juntamente com desenvolvimento de novos softwares permitiu que esses aparelhos passassem a ser planejados e aplicados para solucionar uma vasta gama de problemas ortodônticos simples e complexos (2,4). As tecnologias digitais de scaneamento, planejamento e moldagem tridimensional utilizando sistemas computadorizados, preveem e simulam virtualmente os resultados do tratamento, fabricando alinhadores sob medida usando a impressão digital (4,10,12).

Referente aos attachments esses são definidos como botões confeccionados em resina composta, que são fixados na superfície vestibular ou lingual dos dentes (13,14). Os micromovimentos ortodônticos ocorrem nas superfícies de contato entre os attachments e os alinhadores ortodônticos gerando atrito nas superfícies e, portanto, pode ocorrer desgaste. As alterações da superfície dos attachments durante os primeiros seis meses de tratamento variam com a resina composta utilizada (11,13,14). São fatores que influenciam o desgaste, (i) a magnitude da carga da resina (ii) os movimentos realizados, (iii) as alterações na composição química e propriedades mecânicas dos materiais resinosos. O desgaste aumenta com a colocação e remoção diária dos alinhadores pelos pacientes. O atrito e o desgaste podem causar a perda de material com alterações no design e volume desses attachments usados nos alinhadores transparentes, resultando em mudanças significativas na distribuição e direção das forças durante o tratamento ortodôntico (9,11,15).

É importante salientar que a introdução dos attachments foi um dos avanços mais significativos para melhorar o funcionamento e a eficácia dos alinhadores transparentes, (figura 1), pois possibilitaram movimentos que antes não eram alcançados. A presença deles e as diferentes formas e configurações, permitiram o aumento da força nos movimentos distais e torque dos incisivos, influenciando ou complementando os movimentos de inclinação mesio-distal/movimento corporal, vestibulo-lingual anterior/torque raiz; expansão vestibulo-lingual posterior; rotação intrusão e extrusão, estes últimos precisam de mais estudos e evidências. Devemos também levar em consideração o número de attachments planejados e fixados nos dentes, o tamanho, a forma e posição pois isso influencia/auxilia na retenção e efetividade do movimento ortodôntico. (3-5,9,11,12,14,15).

Os attachments produzem vetores que são específicos e complementam o movimento, mas não atuam como agentes ativos na produção da força, eles agem passivamente dentro do movimento do plástico, o qual é o responsável pelo movimento. (12,16).



Figura 1. Alinhador transparente com attachments (17).

Relativamente ao tamanho, quanto menor o tamanho do attachment, mais estético, entretanto essa diminuição reduz a previsibilidade da força devido a uma área de superfície menor. Infelizmente os polímeros dos alinhadores atuais apresentam limitações como: distensão por stress e deformação plástica gerando em alguns casos a perda da direção do movimento. Por essa razão a diminuição do tamanho dos acessórios deve ser realizada cautelosamente (13,16,18).

1.1 Tipos e formas:

- Attachments convencionais (figura 2):
 - Elipsoide: confeccionados em dentes com área de superfície limitada dando retenção e ancoragem (16).
 - Retangular: passivos verticais ou horizontais, geralmente colocados no meio da coroa do dente (16).
 - Retangular biselado: o bisel feito nos attachments retangulares podem ser colocados na oclusal, gengival, mesial ou distal (16).

- Attachments otimizados

Foram projetados para a obtenção de uma força ideal no movimento dentário, feito sob medida para: longo eixo, largura e contornos específicos, (figura 2). A sua colocação é precisa, fornecendo assim forças necessárias e eliminando as interferências. Temos com exemplo os de rotação, extrusão, movimento multiplano anterior, controle de raiz, ancoragem, extrusão posterior, multiplano posterior entre outros (16).



Figura 2. Attachments convencionais e otimizados, adaptado de (16).

1.2 Características e composição das resinas

O comportamento de desgaste dos materiais utilizados em Medicina Dentária deve ser semelhante ao do esmalte. As resinas não devem danificar os dentes naturais (19,20) e são constituídas por uma matriz orgânica, que resulta de uma mistura de monómeros, dos quais os mais frequentes são, Bis-EMA, Bis-GMA, UDMA, TEGDMA e por partículas inorgânicas, tendo como exemplo a sílica coloidal, silicato de bário, óxido de zinco e zircônio (13,21–24).

- Bis-GMA: Monômero mais empregado nas resinas. Possui alta resistência com baixa contração de polimerização e apresenta como problema uma viscosidade excessiva (23).
- Bis-EMA: Apresenta baixa contração de polimerização e viscosidade, tornando-se um bom diluente, substituiu o TEGDMA (23)
- TEGDMA: Usado como diluente da matriz orgânica pela baixa viscosidade. Quando esta junto ao Bis-GMA obtém-se resinas com boas características mecânicas (23) .
- UDMA: Viscosidade maior quando comparado ao TEGDMA e Bis-EMA,

entretanto menor que a do Bis-GMA. Surge nas resinas atuais como um substituto parcial ou total do Bis-GMA. (23).

1.3 Classificação das Resinas de acordo ao tamanho das partículas:

- Macro Particuladas: Primeiras a serem classificadas de acordo com o conteúdo de carga. Os tamanhos variavam de 10 a 50 micrómetros e apresentava a característica de ter alta resistência, entretanto, a baixa lisura superficial, dificuldade para polimento e facilidade de incorporar pigmentos levaram ao desenvolvimento de outros compósitos e ao seu desuso (24–26).
- Micro particuladas: Surgiram para suprir as propriedades estéticas inadequadas dos compósitos macro particulados. Apresentam tamanho médio de 0,04 micrómetros. Possui bom polimento, brilho e boa lisura superficial graças a menores partículas, no entanto, tem baixa capacidade mecânica (23,26). Suas indicações são restritas a áreas que não exigem grande esforço mecânico (24,25).
- Híbridas e Micro híbridas: Surgiram para melhorar as propriedades mecânicas das resinas micro particuladas aliados a estética e polibilidade, (24). Sendo a diferença na composição das resinas micro híbridas para as híbridas apenas a maior quantidade de partículas menores (25). As resinas híbridas apresentam partículas de tamanho médio maior que 1 micrómetro e sílica de 40 nanômetros (26). As altas cargas inorgânicas permitem uma baixa contração de polimerização, alta resistência e um fácil acabamento e por isso é considerada uma resina universal (25–27). As micro híbridas são compostas por partículas com um tamanho de 0,4 – 1 micrómetro em associação com porções de sílica de 0,04 micrómetro (26).
- Nano Particuladas e nano híbridas: As partículas de carga nanométricas fornecem melhores polimento e estética aliadas ao menor desgaste. A incorporação de nanopartículas nas resinas melhorou a resistência a fratura, flexibilidade e adesão ao tecido (23), em sua composição o tamanho das partículas esta entre 1 e 100 nanômetros (26,28). Os nanos compósitos se apresentam de duas formas: os nanos particulados constituídos exclusivamente de partículas inorgânicas nanométricas e os nanos híbridos constituídos pela mistura de partículas nanométricas e partículas de

enchimento convencional em tamanhos micrométricos (28,29).

- Resinas Bulk- fill: Desenvolvidas recentemente, para facilitar a prática clínica (30). Dentre as modificações, temos uma translucidez elevada e foto iniciadores mais reativos o que permitem uma maior profundidade de polimerização proporcionando propriedades mecânicas satisfatórias e longevidade. Também possuem menor stress na interface adesiva e uma baixa contração de polimerização (30,31).

A resina convencional é utilizada com incrementos de 2mm de espessura para evitar o seu stress durante a contração de polimerização(23,25), enquanto a Bulk-fill com incrementos de 4-5 mm, tabela 1, apresentam menor stress na polimerização permitindo um único incremento (30)

Tabela 1. Tipos resinas compostas

Resinas	Vantagens	Desvantagens
Resinas convencionais:	Estética, lisura superficial, estabilidade de cor	Profundidade de polimerização limitada, Maior contração de polimerização e quantidade de incrementos.
Resinas Bulk- Fill compactáveis:	Incremento único, rápida polimerização com baixa contração, alta resistência	Menor estética
Resinas fluidas:	Adequado para pequenas áreas	Difíceis de serem controlados Baixa resistência
Resinas Bulk- Fill fluidas:	Simplicidade de inserção	Baixa resistência

Com o uso de alinhadores transparentes no ambiente clínico criou-se um cenário com diferentes materiais aplicados, ao quais geram o desenvolvimento de fricção e atrito entre os attachments e o material do alinhador, que nas condições adversas da cavidade oral, promovem o envelhecimento desses materiais (32). Devido ao extenso envolvimento do esmalte na fixação, liberação de fatores do complexo alinhador-anexador durante o tratamento, o envelhecimento desses objetos no ambiente bucal, o trabalhoso processo de descolagem/desgaste das resinas, juntamente com a natureza perigosa do aerossol produzido durante a sua remoção, temos uma limitação de attachments colados no esmalte ao estritamente necessário (32,33).

Existem protocolos a serem seguidos na clínica para diminuir esses efeitos adversos: a primeira etapa é a instalação dos attachments, confeccionados em uma placa de acetato (0,3-0,5 mm), estampada no modelo inicial do paciente (33), depois é realizada uma profilaxia prévia, nas faces dos dentes selecionados para a sua colocação (32,33). A superfície do dente deve ser lavada e seca; colocar isolamento relativo e realizar o procedimento utilizando resina (32–34). A perda de fixação do attachment durante a terapia ortodôntica com alinhadores transparentes é um evento adverso que ocorre frequentemente. As taxas mais altas ocorrem nos molares e as mais baixas nos pré-molares, sendo o tipo de resina utilizada, os hábitos de mastigação, o desgaste do alinhador e da resina, o tempo de uso, a troca das moldeiras dos alinhadores e posição dos dentes, fatores que influenciam na perda dos attachments durante o tratamento ortodôntico. Além disso os hábitos de mastigação unilateral podem aumentar o risco de perda dos attachments. A maioria dos fatores de risco está relacionados ao paciente e podem ser evitados após uma melhor educação dos mesmos (18,32,34).

Existem vários tipos, formas e funções dos attachments no tratamento ortodôntico invisível, mas, para expressar esses movimentos específicos com precisão, eles devem ser confeccionados com resinas que tenham boa durabilidade. Saber identificar qual a ideal para a confecção dos attachments nos seus diferentes movimentos e posições garante um tratamento correto e eficaz, com menor duração para o paciente e tempo de trabalho para o profissional.

Portanto, a presente investigação avaliou através de uma revisão sistemática da literatura, se os diferentes tipos de resinas usadas para a confecção de attachments no tratamento ortodôntico com alinhadores transparentes, afetam a eficácia desses alinhadores. São avaliados parâmetros como: composição, resistência ao cisalhamento, desgaste, dureza, viscosidade, estabilidade de cor e forma de aplicação, para resistir as ações de forças deletérias da movimentação ortodôntica.

MATERIAIS E MÉTODOS

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Questão de investigação

Esta revisão sistemática foi baseada e conduzida nas diretrizes Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta análise (PRISMA). Registada na plataforma OSF com o link <https://osf.io/wh5z4/>: visa responder a questão específica construída no formato PICO (Population, Intervention, Control, Outcomes): “Pacientes em tratamento ortodôntico com alinhadores transparentes, utilizando diferentes resinas compostas na confecção dos attachments terão diferentes respostas relacionadas a sua eficácia/função?”

Tabela 2. Questão PICO	
Population	Paciente em tratamento ortodôntico com alinhadores transparentes usando attachments.
Intervention	Utilizando resinas Bulk fill ou fluidas na confecção dos attachments.
Control	Em comparação as resinas convencionais restauradoras.
Outcomes	Eficiência/ eficácia dos attachments no tratamento ortodôntico.

2.2. Critérios de inclusão e exclusão

Os estudos dessa revisão sistemática foram selecionados com base nos critérios de elegibilidade. Foram definidos como critérios de inclusão: (1) artigos publicados em inglês ou em português, (2) artigos que se refiram a alinhadores, attachments e resinas compostas, (3) que relatam alterações de eficiência dos attachments como a resistência ao descolamento e desgaste, força de cisalhamento, precisão de reprodução, estabilidade da cor, alterações de superfície da resina dos attachments e modulo de elasticidade, (4) artigos dos últimos 10 anos. Foram excluídos os artigos que apresentavam pelo menos um dos seguintes critérios: (1)

artigos sem resumo; (2) artigos que não indicam o tipo de resina utilizado na confecção dos attachments (3) artigos que não avaliam parâmetros da eficácia dos attachments; (4) revisões ou críticas/narrativas e cartas ao editor.

2.3. Estratégia de busca e seleção de estudos

A pesquisa efetuada na PubMed, Cochane e Scopus, coletou artigos publicados nos últimos 10 anos, com os idiomas inglês e português.

A estratégia utilizada para a Pubmed foi ((orthodontic attachment OR attachment) AND (composite resins OR composite) AND (clear aligner OR aligner OR Invisaling)).

A estratégia usada para Cochane foi ((orthodontic attachment OR attachment) AND (composite resins OR composite) AND (clear aligner OR aligner OR Invisaling)).

A estratégia usada no Scopus foi ((orthodontic attachment OR attachment) AND (composite resins OR composite) AND (clear aligner OR aligner OR Invisaling)).

Uma pesquisa manual também foi realizada tendo a referências de artigos incluídos para serem identificados publicações relevantes.

2.4. Extração dos dados e análise descritiva

Finalizada a pesquisa na literatura, dois pesquisadores independentes (LS e PL) procederam à seleção dos artigos relevantes que se enquadram no estudo analisando o título e o resumo e posteriormente o texto completo para seleção do estudo. As divergências entre os revisores foram discutidas com um terceiro autor (AMM),

Os revisores extraíram dados para análise. As informações retiradas na recolha de dados foram as seguintes: título do artigo, ano de publicação, autores, guidelines, desenho do estudo, critérios de inclusão e exclusão e tipo de materiais. A plataforma Rayyan foi utilizada para seleção dos artigos (35) .

RESULTADOS

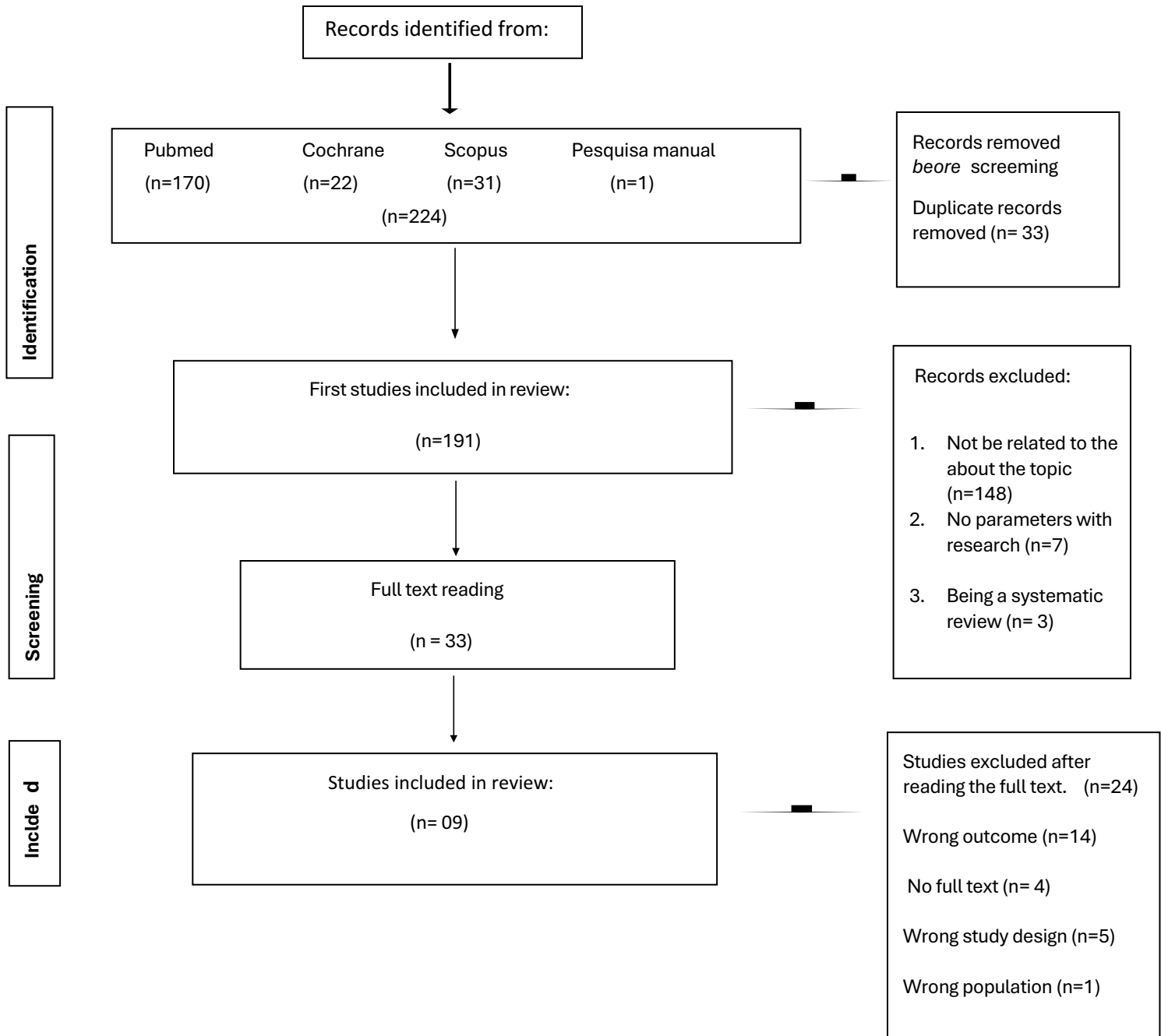
3. RESULTADOS

3.1 Seleção dos estudos

Foram identificados 224 artigos nas bases de dados eletrônicas, Pubmed (n=170); Cochrane (n=22); Scopus (n=31); pesquisa manual (n=1). Antes da seleção, 33 artigos duplicados foram removidos. Dos 191 artigos selecionados mediante os termos de pesquisa, foram excluídos 158 por: não estarem relacionados ao tema (n=148), sem parâmetros com a pesquisa (n=7), ou por serem revisões (n=3). Dos 33 artigos avaliados para elegibilidade e considerados para leitura integral, 24 artigos foram excluídos após análise do texto completo por apresentarem resultados errados, ausência do texto completo, desenho do estudo errado, população errada, sendo essa a avaliação crítica. Concluída essa avaliação 9 artigos foram considerados, sendo que os mesmos respeitavam os critérios de inclusão e exclusão.



PRISMA FLOW DIAGRAM



Fluxograma para seleção dos estudos

3.2 Análise descritiva dos estudos

Os artigos incluídos são de 2017 até 2023. O objetivo foi avaliar artigos que relacionassem resinas, attachments e alinhadores invisíveis além de terem o auxílio de guidelines referentes aos estudos propostos. Dos artigos selecionados três são estudos clínicos sendo que dois deles utilizaram diferentes tipos de resinas compostas na construção dos attachments para tratamento com alinhadores em indivíduos com idade média entre de 15 a 59. O período de acompanhamento foi de 6 meses à um ano, observando e comparando o tempo de trabalho, o tempo de fixação na boca, as diferentes modificações existentes nas texturas de superfície e forma, e os diferentes tipos de resinas compostas sendo elas compactáveis e fluidas, o terceiro artigo de estudo clinico utilizou um paciente e dele extraiu 26 modelos para comparar as diferentes variáveis na reprodução da forma dos attachments de acordo com a viscosidade das resinas. Referente aos seis artigos que são estudo *in vitro* eles utilizaram dentes humanos para medir a eficiência e eficácia das diferentes resinas de acordo com a sua classificação no tamanho das partículas inorgânicas da sua composição e o seu tipo de escoamento, ou seja, fluida ou compactável. Esses artigos avaliaram critérios como: estabilidade da cor em diferentes soluções o que é muito importante para manutenção da estética, os pacientes precisam ser avisados no inicio do tratamento para poder educar seus hábitos alimentares evitando grandes descolorações, além disso o médico dentista pode escolher utilizar resinas que possuam menor alteração de cor na ingestão de alguns alimentos, (resinas nano particuladas fluidas são as mais recomendadas principalmente na região anterior); diferentes viscosidade e o tempo de manipulação, existe diminuição do tempo de trabalho com o uso de resinas fluidas mas o excesso de pressão nos templates durante a polimerização reduz a fidelidade de reprodução desses attachments confeccionados em resinas de baixa viscosidade, é importante salientar que nas resinas ortodônticas existe um menor escoamento comparada com as fluidas; no desgaste de superfície de acordo com a fluidez as resinas compactáveis são mais regulares e com melhor módulo de elasticidade, sendo essa rigidez potencializada com a utilização de luz apropriada, melhorando a polimerização e suas características, dando a elas melhor durabilidade durante o tratamento; No cisalhamento um dos estudos comparou diferentes tipos de resinas, diferentes condicionamentos e agentes de união em superfícies cerâmicas, sendo que as

resinas com abrasão de superfície com ar, adesivo universal e obteve melhores resultados na rugosidade de superfície e resistência ao cisalhamento (Anexo).

DISCUSSÃO

4. DISCUSSÃO

Hoje na Medicina Dentária Moderna uma alternativa de tratamento ortodôntico são os alinhadores transparentes os quais apresentam uma crescente procura, principalmente entre os pacientes adultos por proporcionarem maior conforto, estética, menor número de consultas aliados a excelentes resultados (1–6). Ao médico dentista essa prescrição permite menor tempo de cadeira com maior produtividade e menos desgaste físico. Os estudos dos diferentes tipos e composições das resinas na confecção dos attachments, desempenham um papel importante, justamente por esses alinhadores serem uma alternativa de tratamento estética e eficaz tanto para casos simples como complexos (2,11–13,36). A importância desse estudo é justamente comparar as resinas, mostrando diferentes parâmetros para sua utilização na tentativa de amenizar ou solucionar problema referentes a alterações de superfície e resistência a fratura, o que gera problemas de ordem mecânica como o aumento do tempo do tratamento e do tempo de consultório do medico dentista (37), e os problemas de ordem estética relacionados as mudanças de coloração (8,38).

Foi comprovado em estudos *in vitro*, utilizando dentes humanos digitalizados, que os attachments podem sofrer alterações de cor com facilidade, com café, coca-cola, chá preto, solução de curcuma, vinho tinto e água destilada (8,38). Na comparação entre duas resinas nano particuladas, a convencional restauradora Filtek Ultimate obteve uma alteração mais pronunciada do que a resina fluida G-aenial independente do design do attachment (convencional ou otimizado), dessa forma essa resina pode ser recomendada, especialmente na região anterior, onde a estética é importante para o paciente (38). Na outra pesquisa referente a descoloração com as resinas Omnicroma-convencional restauradora supra nano, GC Alinegr- ortodôntica e Tetric power flow-bulk fill- fluida restauradora a coloração com café ocorreu em maior quantidade na seguinte ordem Tetric power flow, GC Aligner e nano particulada Omnicroma, a GC Aligner teve significativa diferença de coloração nas soluções de coca cola e água destilada quando comparada a Omnicroma e Tetric power flow (8). É importante sempre advertir os pacientes sobre essas soluções no início do tratamento (38).

Na confecção dos attachments é de grande importância ter a resistência ao cisalhamento, o tempo de manipulação e a viscosidade das resinas com valores

compatíveis a uma boa fixação delas ao dente durante a sua reprodução (14,37); e também observar a posição aonde serão implementados conjuntamente com um bom planeamento da configuração (14). Quando em 150 dentes pré molares extraídos se fixou attachments e se comparou as resinas Tetric Evo Ceram bulk fill; Tetric N-Ceram- nano híbrida convencional- ambas de alta viscosidade, Tetric N-Flow, G-aenial Universal Injectable e GC Aligner Connect- ambas fluidas com diferentes cargas de partículas, obtivemos, nesse estudo, o resultado de que a força de cisalhamento e o tempo de manipulação testados mesmo sendo diferentes, ultrapassaram o valor considerado suficiente para serem usados clinicamente. Além disso a resina fluída exigiu menos tempo de manipulação do que a de alta viscosidade (37), contudo no estudo, aonde apenas a viscosidade foi analisada em relação a posição e forma dos attachments (o qual também utiliza modelos com attachments em dentes extraídos e posterior impressão) as resinas Enamel plus HRi®Flow HF Fluida, Bracepaste® resina ortodôntica, Enamel plus HRi®Enamel microhíbrida foram consideradas adequadas para sua confecção no quesito fidelidade de reprodução pois não houve significante diferença no volume e forma dos attachments, entretanto constatou-se que a resina ortodôntica menor transbordamento que a resina fluída. (14). É importante salientar que na avaliação da precisão na reprodução dos attachments feita em um estudo clínico com 1 paciente que teve sua arcada digitalizada para confecção 26 modelos com fixação dos attachments com as resinas Enaflow fluída de baixa viscosidade e a Enamel plus dentina de alta viscosidade verificou-se influência do tipo do material usado na confecção do template e da aplicação de pressão neles durante o processo ou seja quanto maior a pressão durante o processo de polimerização menor a precisão de reprodução com a resina de baixa viscosidade (39). Nos estudos *in vitro* que utilizaram apenas duas nano resinas, tivemos no que usou Tetric EvoFlow- fluída e a Assure® Plus All Sur- compactável, para avaliação da fixação durante o processo de polimerização em dentes o resultado que as resinas nano compactáveis obtiveram superfícies mais regulares no contorno dos attachments e que o uso adicional de um guia de luz menor permite melhorar e maximizar a irradiância da luz, melhorando o processo de polimerização e a integridade das características durante o tratamento (40). Enquanto o outro estudo das resinas 3M Filtek™ Z350 XT convencionais nano particulada usadas em superfície cerâmica de dissilicato de lítio, comparou o efeito do condicionamento com ácido fosfórico, fluorídrico e abrasão

com ar, o sistema adesivo universal e os tipos de resinas na rugosidade superficial e na resistência de cisalhamento desses attachments colados nessa superfície. Dessa forma obtivemos que a combinação de abrasão com ar, adesivo universal e Filtek Z350 convencional produziu a resistência de cisalhamento mais alta, seguido por ácido fluorídrico, sistema adesivo universal e Filtek Z350 convencional (41).

Nas pesquisas randomizadas com pacientes adultos, avaliou-se a sobrevivência dos attachments usando compósitos fluidos ou compactáveis e o desgaste superficial dessas resinas, sendo que a superfície desses attachments não pode ser polida após remoção dos templates na sua construção (13,36). No estudo no qual durante 6 meses 10 pessoas entre 15 e 50 anos com os attachments confeccionados nas resinas Filtek Z350 XT- Nanofilled, Amelogen Plus TW- Micro-hybrid foram acompanhadas para observar as alterações de forma e textura durante o uso dos alinhadores conclui-se que alterações na superfície dos attachments durante os seis primeiros meses de tratamento varia de acordo com a resina utilizada sendo encontrada diferenças estatisticamente significativas para o desgaste superficial na Amelogen plus, relativo a forma não houve modificações significativas em ambos materiais, desse modo o desempenho clínico foi considerado aceitável (13). O estudo realizado com Cinquenta e cinco pacientes entre 24 e 59 anos acompanhados por um ano com as resinas Filtek Z350XT Flowable Restorative e Filtek Z350XT Universal Restorative foi demonstrado que as resinas fluidas economizam tempo de trabalho do profissional comparadas as compactáveis relacionadas pela facilidade de inserção, com relação ao tempo de sobrevivência em boca não houve diferença significativa e nenhuma das variáveis como sexo, arco, localização do dente, tipo de fixação, presença de sobre mordida, ocorrência de extração dentária afetou ou danificou os attachments (36).

Avaliando esses estudos observa-se que foram utilizados em sua grande maioria resinas nano particuladas tanto fluidas quanto compactáveis sendo elas as que apresentaram melhores desempenhos em comparação as outras resinas na perda coloração, as resinas fluidas nano particuladas/híbridas e bulk-fill foram as que apresentam o menor tempo de trabalho do médico dentista além características aceitáveis nos outros quesitos mesmo apresentando um pouco mais de desgaste com o uso diário dos alinhadores que as compactáveis.

Essa pesquisa foi baseada nas diretrizes do PRISMA, sigla para Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses, um padrão reconhecido

no relato de evidências em revisões sistemáticas e meta-análises. Essa diretriz é usada na organização de revistas de ciências e saúde o que melhora a qualidade metodológica. Após as diretrizes PRISMA terem sido seguidas, criou-se o registo na plataforma OSF (Open Software Foundation) a qual é uma ferramenta aonde se promove o desenvolvimento da ideia de pesquisa, desenho do estudo, arquivamento, análise dos dados coletados e a redação e publicação dos relatórios ou documentos. Optou-se por essa plataforma justamente por ela ser amplamente aceita, rápida e de fácil utilização.

Essa revisão sistemática buscou uma resposta para a seguinte pergunta (PICO): Pacientes em tratamento ortodôntico com alinhadores transparentes, utilizando diferentes resinas compostas na confecção dos attachments terão diferentes respostas relacionadas a sua eficácia/função?

Por se tratar de um tema inovador, apenas foram selecionados nove artigos, dois em pacientes com respectivo acompanhamento, um apresentando um paciente aonde seus modelos foram avaliados e seis *in vitro* avaliando os critérios selecionados. Para responder a essa pergunta especificamente gerando uma maior credibilidade à revisão criamos critérios de inclusão e exclusão. Três estratégias de pesquisa foram utilizadas: PubMed, Scopus e Cochrane. Realizou-se também uma pesquisa manual identificando publicações relevantes. Como passo seguinte, os pesquisadores (LD e PC) realizaram independentemente uma busca por artigos apropriados para o estudo, analisando principalmente o título e o resumo. Para avaliar a correspondência entre esses dois pesquisadores, utilizamos um terceiro revisor (AMM). Todas essas etapas foram importantes na melhoria da qualidade metodológica da revisão sistemática.

Mesmo com um número pequeno de artigos, por ser um assunto recente, os estudos clínicos são relevantes. Dessa forma essa revisão sistemática é importante para trazer o nível de evidências e melhorar as decisões clínicas. A maioria dos estudos *in vitro* precisa de mais estudos clínicos, entretanto alguns já foram feitos analisando fatores/variáveis em relação aos attachments como tempo de trabalho, alteração de cor, força de adesão, precisão de reprodução, resistência ao desgaste e cisalhamento, e viscosidade.

CONCLUSÃO

5. CONCLUSÃO

- O uso das resinas fluidas nano híbridas/particuladas, apresentam melhor estabilidade de cor; boa reprodução, boa fixação e desgaste superficial aceitável, menor tempo de trabalho sendo recomendado em casos clínicos de baixa e media complexidade. Para casos mais complexos as resinas nano híbridas/particuladas compactáveis além de apresentam as mesmas vantagens da fluida com exceção ao menor tempo de trabalho, apresentam menor desgaste superficial o que seria de grande valia para não ocorrer mudanças na direção e na força dos movimentos durante o tratamento. Além disso nos casos aonde há necessidade de fixação sobre peças cerâmicas, as resinas compactáveis também apresentam melhor desempenho.
- Contudo, precisamos de mais estudos clínicos para aumentar o nível de evidências científica sobre a longevidade dos attachments nesse tipo de tratamento.

BIBLIOGRAFIA

6. BIBLIOGRAFIA

- (1) Brandão, R. C. B., & Brandão, L. B. C. (2008). Ajuste oclusal na Ortodontia: por que, quando e como? *Rev. Dent. Press Ortodon. Ortop. Facial.* 13, 124 -156.
- (2) Sousa, H. A. de F.; Nascimento, J. J. P. N. F. do; Sousa, M. A. de F.; Gerani, B.; Souza, A. O.; Degrazia, F. W. Invisible orthodontic aligners: a review. *Research, Society and Development, [S. I.]*, v. 10, n. 1, p. e5510111259, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i1.11259.
- (3) Malik OH, McMullin A, Waring DT. Invisible Orthodontics Part 1: Invisalign. *dent Update.* 2013 Apr;40(3):203–15.
- (4) Hennessy J, Al-Awadhi EA. Clear aligners generations and orthodontic tooth movement. *JOrthod.* 2016;43(1):68–76.
- (5) Choi NC, Park YC, Jo YM, Lee KJ. Combined use of miniscrews and clear appliances for the treatment of bialveolar protrusion without conventional brackets. *Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet].* 2009;135(5):671–81.
- (6) Krieger E, Seiferth J, Marinello I, Jung BA, Wriedt S, Jacobs C, et al. Invisalign® treatment in the anterior region: were the predicted tooth movements achieved? *J Orofac Orthop.* 2012 Sep;73(5):365–76.
- (7) Vlaskalic V. and Boyd R. Orthodontic treatment of a mildly crowded malocclusion using the Invisalign system. *Aust Orthod J* 2001; 17:41-46.
- (8) Erçin Ö, Kurnaz M, Kopuz D. Evaluation of the color stability of attachments made with different resin composites. *Am J Orthod Dentofacial Orthop.* 2023 Oct;164(4):e121-e128. doi: 10.1016/j.ajodo.2023.07.008. Epub 2023 Aug 12. PMID: 37565944.
- (9) Dasy H, Dasy A, Asatrian G, Rózsa N, Lee HF, Kwak JH. Effects of variable attachment shapes and aligner material on aligner retention. *Angle Orthod.* 2015;85(6):934–40.
- (10) Brusveen EMG, Brudvik P, Bøe OE, Mavragani M. Apical root resorption of incisors after orthodontic treatment of impacted maxillary canines: A radiographic study. *Am J Orthod Dentofac Orthop [Internet].* 2012;141(4):427–35.
- (11) Papadopoulou AK, Cantele A, Polychronis G, Zinelis S, Eliades T. Changes in Roughness and Mechanical Properties of Invisalign® Appliances after One- and Two-Weeks Use. *Materials (Basel).* 2019 Jul 28;12(15):2406.

- (12) Papadimitriou, A., Mousoulea, S., Gkantidis, N., & Kloukos, D. (2018). Clinical effectiveness of Invisalign® orthodontic treatment: a systematic review. *Progress in Orthodontics*, 19(1), 37.
- (13) Barreda GJ, Dzierewianko EA, Muñoz KA, Piccoli GI. Surface wear of resin composites used for Invisalign® attachments. *Acta Odontol Latinoam*. 2017 Aug;30(2):90-95.
- (14) D'Antò, V., Muraglie, S., Castellano, B., Candida, E., Sfondrini, M. F., Scribante, A., & Grippaudo, C. (2019). Influence of Dental Composite Viscosity in Attachment Reproduction: An Experimental in Vitro Study. *Materials (Basel, Switzerland)*, 12(23).
- (15) Nucera R, Dolci C, Bellocchio AM, Costa S, Barbera S, Rustico L, Farronato M, Militi A, Portelli M. Effects of Composite Attachments on Orthodontic Clear Aligners Therapy: A Systematic Review. *Materials (Basel)*. 2022 Jan 11;15(2):533.
- (16) Gomes DC, Descrição dos attachments utilizados no tratamento com alinhadores ortodônticos. Faculdade odontologia, Universidade Federal de Minas Gerais UFMG, 2022 Fev 24. Disponível em: <http://hdl.handle.net/1843/44755>
- (17) Foto de paciente de ortodontia da clinica externa da Faculdade de Medicina dentária UCP .
- (18) Ayidağa C, Kamiloğlu B. Effects of Variable Composite Attachment Shapes in Controlling Upper Molar Distalization with Aligners: A Nonlinear Finite Element Study. *J Healthc Eng*. 2021 Aug 20;2021:5557483. doi: 10.1155/2021/5557483. PMID: 34457219; PMCID: PMC8397573.
- (19) Wimmer T, Huffmann AM, Eichberger M, Schmidlin PR, Stawarczyk B. Two-body wear rate of PEEK, CAD/CAM resin composite and PMMA: Effect of specimen geometries, antagonist materials and test set-up configuration. *Dent Mater*. 2016 Jun;32(6): e127-36.
- (20) Souza, J. C. M., Bentes, A. C., Reis, K., Gavinha, S., Buciumeanu, M., Henriques, B., Silva, F. S., & Gomes, J. R. (2016). Abrasive and sliding wear of resin composites for dental restorations. *Tribology International*, 102, 154–160.
- (21) Osiewicz, M. A., Werner, A., Pytko-Polonczyk, J., Roeters, F. J. M., & Kleverlaan, C.J. (2015). Contact- and contact-free wear between various resin composites. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 31(2), 134–140.
- (22) Koottathape, N., Takahashi, H., Iwasaki, N., Kanehira, M., & Finger, W. J. (2012).

Two-and three-body wear of composite resins. *Dental Materials: Official Publication of Academy of Dental Materials*, 28(12), 1261–1270.

- (23) Pratap B, Gupta RK, Bhardwaj B, Nag M. Resin based restorative dental materials: characteristics and future perspectives. *Jpn Dent Sci Rev*. 2019 Nov;55(1):126-138.
- (24) Severo, B. G. de M.; Reis, T. A. dos. (2022). Classification of composite resins and finishing and polishing methods. *Research, Society and Development*, 11 (7), e54711730257.
- (25) Melo, P. C. et al. (2011). Selecting correctly the composite resins. *International Journal of Dentistry*, 10 (2), 91-96.
- (26) Ferracane, J. L. (2011). Resin composite--state of the art. *Dental Materials: Official Publication of the Academy of Dental Materials*, 27(1), 29–38.
- (27) Margeas, R. (2012). Composite resin: a versatile, multi-purpose restorative material. *Compendium of Continuing Education in Dentistry (Jamesburg, N.J.: 1995)*, 33(1), 42–45.
- (28) Alzraikat, H., Burrow, M. F., Maghaireh, G. A., & Taha, N. A. (2018). Nanofilled Resin Composite Properties and Clinical Performance: A Review. *Operative Dentistry*, 43(4), E173–E190.
- (29) Maran, B. M., de Geus, J. L., Gutiérrez, M. F., Heintze, S., Tardem, C., Barceleiro, M. O., Reis, A., & Loguercio, A. D. (2020). Nanofilled/nanohybrid and hybrid resin-based composite in patients with direct restorations in posterior teeth: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dentistry*, 99, 103407.
- (30) Rodrigues, B. B. et al. (2021). Bulk fill resin composite properties: a literature review. *Research, Society and Development*, 10 (13), e136101320852.
- (31) Veloso SRM, Lemos CAA, de Moraes SLD, do Egito Vasconcelos BC, Pellizzer EP, deMelo Monteiro GQ. Clinical performance of bulk-fill and conventional resin composite restorations in posterior teeth: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Investig*. 2019 Jan;23(1):221-233.
- (32) Eliades T, Papageorgiou SN, Ireland AJ. The use of attachments in aligner treatment: Analyzing the "innovation" of expanding the use of acid etching-mediated bonding of composite to enamel and its consequences. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*. 2020 Aug;158(2):166-174.
- (33) Guedes, F. (2021). Clinical protocol for attachments bonding in cases treated with aligners - Technique Description. *Digital Dentistry in Science*. 2021; 1(2):32-43, 1(2),

32–43.

- (34) Yaosen C, Mohamed AM, Jinbo W, Ziwei Z, Al-Balaa M, Yan Y. Risk Factors of Composite Attachment Loss in Orthodontic Patients during Orthodontic Clear Aligner Therapy: A Prospective Study. *Biomed Res Int*. 2021 Jan 23; 2021.
- (35) Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. *Syst Rev* 2016; 5:210.
- (36) Lin S, Huang L, Li J, Wen J, Mei L, Xu H, Zhang L, Li H. Assessment of preparation time and 1-year Invisalign aligner attachment survival using flowable and packable composites. *Angle Orthod*. 2021 Sep 1;91(5):583-589.
- (37) Özsoy S, Pamukçu H, Polat-Özsoy Ö, Ateş EM. Color changes of nanocomposites used for clear aligner attachments: an in vitro study. *J Orofac Orthop*. 2023 Oct;84(Suppl 3):266-275.
- (38) Kircelli BH, Kilinc DD, Karaman A, Sadry S, Gonul EY, Gögen H. Comparison of the bond strength of five different composites used in the production of clear aligner attachments. *J Stomatol Oral Maxillofac Surg*. 2023 Dec;124(6):101481.
- (39) Bellocchio AM, Portelli M, Ciralo L, Ciancio E, Militi A, Peditto M, Barbera S, Nucera R. Evaluation of the Clinical Variables Affecting Attachment Reproduction Accuracy during Clear Aligner Therapy. *Materials (Basel)*. 2023 Oct 23;16(20):6811.
- (40) Alsaud BA, Hajjaj MS, Masoud AI, Abou Neel EA, Abuelenain DA, Linjawi AI. Bonding of Clear Aligner Composite Attachments to Ceramic Materials: An In Vitro Study. *Materials (Basel)*. 2022 Jun 10;15(12):4145.
- (41) Gazzani F, Bellisario D, Quadrini F, Danesi C, Alberti A, Cozza P, Pavoni C. Light-curing process for clear aligners' attachment reproduction: comparison between two nanocomposites cured by the auxiliary of a new tool. *BMC Oral Health*. 2022 Sep 5;22(1):376.

Article number	Authors/ year	Title	Objetive	Study design	Metodology	Groups/Composite types	Outcomes/Results	Conclusions
1	Özelem et. al., 2023	Evaluation of the color stability of attachments made with different resin composite sites	To compare color changes of orthodontic attachments made with 3 different composite resins.	ex-vivo study design	A total of 90 premolar teeth extracted for orthodontic reasons were used. All teeth were embedded in plaster models to imitate the arch shape and scanned with an intraoral scanner. Horizontal rectangular attachments were placed on each tooth by printing the attachment template obtained using digital models.	Three composite resins(Omnichroma, GC Aligner Connect, and Tetric PowerFlow) each composite group were divided into subgroups and kept in 3 different solutions (coffee, cola, and distilled water) .	The most discoloration was in coffee solutions: Tetric PowerFlow (10.8), GC Aligner Connect (9), and Omnichroma (6.8), Omnichroma group were lower than Tetric PowerFlow and GC Aligner Connect groups (p<0.05). In the cola and distilled water groups, there was no difference in color measurements between Omnichroma and Tetric PowerFlow (p>0.05), there were differences between GC Aligner Connect (p<0.05).	Attachments can be colored easily. Patients should be warned against coloring solutions at the beginning of the treatment, and their eating and drinking habits should be regulated. Further studies are needed in oral conditions and simulating the aging procedure.
2	Özsoy et al., 2023	Color changes of nanocomposites used for clear aligner attachments : an in vitro study	To compare the color changes of two different nanocomposites used for two different designs of clear aligner attachments.	in vitro experiment study	120 human premolars were embedded in 12 upper dental models with 10 premolars in each model. The premolars were embedded in 12 acrylic upper dental models with the help of an orthodontic acrylic resin (Orthocryl®, Dentaaurum, Ispringen, Germany), with 10 premolars in each model (Fig. 1). The models were scanned with an intraoral scanner (İtero Element 2, Align® Technology, San Jose, CA, USA) and STL (stereolithography) files were created.	Two different types of attachments (conventional or optimized multiplane) were digitally designed with the Orthero Planner® Software , according to groups with the following dimensions : Conventional rectangular attachments and Optimized multiplane attachments	When E*ab (color difference) values were examined, no significant difference was observed between the groups according to the attachment type (P> 0.05). After the coloration process, the flowable composite group showed less coloration than the packable composite group for both attachment designs (P< 0.05). Color difference values after the staining procedure were significantly higher in the CA-PC and OA-PC groups compared to the CA-FC and OA-FC groups (P< 0.05).	Color change of the packable nanocomposite was more pronounced than that of the flowable nanocomposite for both attachment designs. Therefore, clear aligner attachments created using flowable nanocomposite can be recommended, especially in the anterior region where esthetics are important for the patient.

3	Kircelli et al., 2023	<p>Comparison of the bond strength of five different composite sites used in the production of clear aligner attachments</p>	<p>to measure and compare shear bond strength (SBS) and manipulation time (MT) among five different composite resins (two flowable and three highly viscous) which are used in the production of clear aligner attachments.</p>	<p>in vitro experiment study</p>	<p>150 extracted premolars which were divided into 5 equal groups</p>	<p>Composite Group Group 1. Tetric Evo Ceram Group 2. Tetric N-Ceram Group 3. Tetric N-Flow Group 4. G-aenial Universal Injectable Group 5. GC Aligner Connect</p>	<p>Shear bond strength was statistically different between study groups ($p < 0.001$). The average SBS values for each CR group. The values in the Tetric Evo Ceram group were significantly lower than the Tetric N-Ceram group ($p = 0.004$) and the Tetric N-Flow group ($p = 0.001$). Mean value of shear bond strength in the GC Aligner connect group were significantly lower than in the Tetric NCeram group ($p = 0.047$) and in the Tetric N-Flow group ($p = 0.017$). Flowable composite had a significantly shorter manipulation time than the high viscous</p>	<p>Although SBSs of CRs tested in the study was found to be statistically different, they all quite exceeded the accepted clinically sufficient value of 6–8 MPa. Besides, flowable composite required substantially less time to manipulate than the high viscosity composite.</p>
4	Gazzani et al., 2022	<p>Light-curing processes for clear aligners' attachment reproduction: comparison between</p>	<p>Compare the macroscopic morphology of attachments reproduced with flowable (FNC) and conventional (CNC)</p>	<p>in vitro experiment study</p>	<p>10 vestibular attachments Replaced on both upper and lower arches of each model with CNC (Models A, B) and FNC (Models C, D). Each composite was cured by means of the same LED lamp with both regular light-guide (Models A, B) and push and light tool® (Models C, D).</p>	<p>4 resin casts from the same patient were obtained. 10 vestibular attachments were replaced with conventional (CNC) (Models A, B) and flowable (FNC) (Models C, D). Each composite was cured of the same LED lamp with both regular light-guide</p>	<p>Significant differences were found between CNC and FNC samples in terms of surface roughness and waviness. Model A showed lower values of surface roughness ($Ra = 1.41 \mu\text{m}$, $Rt = 3.46 \mu\text{m}$) and waviness ($Wa = 2.36 \mu\text{m}$, $Wt = 10.95 \mu\text{m}$) when compared with Model C. Significant reduction of waviness ($Wa = 3.85 \mu\text{m}$, $Wt = 4.90 \mu\text{m}$) was observed on Model B when compared with Model D. Significant increase of roughness and waviness</p>	<p>CNC resins determine more regular surfaces of attachments profiles. The additional use of a smaller light-guide of the LED push and light tool® allows to improve the macroscopic morphology of the attachments and to maximize light</p>

		<p>en two nanocomposites cured by the auxiliary of a new tool</p> <p>composites and the effects on them of two lightguide tips with different dimensions</p>		<p>(Models A, B) and push and light tool® (Models C, D). Surface roughness and waviness measurements were assessed by contact probe surface profiler</p>	<p>parameters (Ra 3.88 µm, Rt 21.07, Wa 2.89 µm, Wt 14.74 µm) was found when CNC sample (Model A) was cured with regular light-guide tip. Higher values (Ra 2.33 µm, Rt 24.07 µm, Wa 1.67 µm, Wt 20.79 µm) were observed after regular light-guide tips curing on FNC sample (Model C).</p>	<p>irradiance delivering by enhancing the polymerization process and the integrity of the features during the treatment.</p>	
5	D'Antò et al., 2019	<p>Influence of Dental Composite Viscosity in Attachment Reproduction: An Experimental in Vitro Study</p> <p>To evaluate the role of different composite materials in the correct reproduction of attachment shape and position</p>	<p>in vitro experiment study</p>	<p>The attachments were created on three models of extracted teeth. Once the impressions were performed, 25 attachments of different shapes were added onto each virtual model to obtain the necessary templates to make the attachments.</p>	<p>Three composite resins based on three different degrees of viscosity: a low-viscosity flowable resin, a medium-viscosity orthodontic composite, and a high-viscosity dental restorative material</p>	<p>The present study compares the role of different composite materials in the correct reproduction of attachment shape and position. No statistically significant results were found between the three groups regarding the maximum value in defect, the maximum value in excess, and the minimum value as control, while a statistically significant difference was found between the overflow of orthodontic resin when compared to the flowable composite.</p>	<p>The three materials that were used in this study were appropriate for attachment fabrication. The fidelity of attachment reproduction was similar when using the three different composites. The orthodontic composite showed more overflow when compared with the flowable one</p>
6	Alsaoud et al., 2022	<p>Bonding of Clear Aligner Composite Attachments to Ceramic</p> <p>To evaluate the effect of surface conditioning, bonding agents and composite types on</p>	<p>in vitro experiment study</p>	<p>One hundred and eighty IPS e.max CAD specimens were prepared. For SR, 60 specimens were divided according to surface conditioning (n = 15) into four groups: control, 9.6% hydrofluoric acid (HFA), 37% phosphoric acid (PhA),</p>	<p>Dimethacrylate resins, HEMA; Matrix: Bis-GMA, TEGDMA, procrylat resin; acrylic resin</p>	<p>The study compares effect of surface conditioning, bonding agents and composite types on surface roughness (SR) and shear bond strength (SBS) of clear aligner composite attachments bonded to ceramics. AA had the highest SR, while the control had the lowest SR (p < 0.05). HFA had the</p>	<p>The combination of AA, AUB, and Filtek Z350 produced the highest SBS, followed by HFA, AUB, and Filtek Z350.</p>

7	Bellocchio et al., 2023	Evaluation of the Clinical Variables Affecting Attachment Reproduction Accuracy during Clear Aligner Therapy	To evaluate some of the clinical variables that influence the accuracy of reproducing the planned attachment shape	Clinical study	The 26 models included in the study were imported into the 3 Shape Ortho System 2022 (ver. 85.0.20 3 Shape, Denmark), and attachments were virtually placed on the dental elements of the first premolar and on both sides of the first upper molars. Three physical models were obtained: model A (MA), which was printed with attachments; model B (MB) with attachments made with a PE template; and model C (MC) with attachments made with a PET-G template.	Two types of composite resins: Enaflow (lightcuring low-viscosity composite resin) and Enamel plus dentina HRI (light-curing high-viscosity composite resin).	To compare PE and PET-G, flow composite was considered the gold standard in attachment reproduction because of its widespread use among clinicians. The results showed statistically significant differences ($p < 0.05$) between the PE and PET-G templates with greater precision using the PETG template. Statistically significant differences ($p < 0.05$) were found among the high-viscosity composite and low-viscosity composite with pressure curing	In light of the obtained data, using a PET-G template is recommended. The pressure application during composite curing reduces the reproduction accuracy with a low-viscosity composite.
		Materials: An In Vitro Study	surface roughness (SR) and shear bond strength (SBS) of clear aligner composite attachments bonded to ceramics		air abrasion (AA). SR was measured using a Profilometer and Atomic Force Microscopy. For SBS, 120 specimens were divided according to conditioning methods ($n = 40$) (9.6% HFA and 37% PhA or AA), then according to bonding agents ($n = 20$) (Assure universal bond (AUB) or Single bond universal (SBU)) and then according to composite type ($n = 10$): Filtek™ Z350 and Filtek™ Z350 XT flowable composite.		highest, but insignificant SBS, followed by AA ($p > 0.05$). AUB had higher SBS than SBU ($p < 0.001$). Filtek™ Z350 produced higher SBS than Filtek™ Z350 XT flowable composite ($p < 0.01$).	

8	Lin et al., 2021	<p>Assessment of preparation time and 1-year Invisalign aligner attachment survival using flowable and packable composites: A split-mouth clinical study</p> <p>To compare preparation time and 1-year Invisalign aligner attachment survival between a flowable composite (FC) and a packable composite (PC).</p>	Split-mouth clinical study	<p>Fifty-five participants (13 men and 42 women). Ipsilateral quadrants (maxillary and mandibular right, or vice versa) of attachments were randomly assigned to the FC group (Filtek Z350XT Flowable Restorative) and the PC group (Filtek Z350XT Universal Restorative)</p>	Flowable composites (FCs) and packable composites (PCs)	<p>The primary outcome was preparation time. The secondary outcome was time to the first damage of an attachment. The attachment damage rates were 14.79% for the FC and 9.70% for the PC. When the FC was used, the average preparation time per attachment was 6.26 ± 0.2 seconds, and when the PC was used, it was 32.86 ± 2.2 seconds per attachment. The total time saved with FC amounted to 7.3 minutes per patient, with an average of 16.5 attachments. The data from 52 patients were used to assess the outcomes of attachment damage. At the end of 1 year, the overall damage rate was 14.79% (63 attachments) for the FC group and 9.70% (42 attachments) for the PC group.</p>	<p>The use of a FC may save time as compared with the use of a PC. With regard to attachment survival, there was no significant difference between the two composites. None of the covariates of attachment materials (sex, arch, tooth location, attachment type, presence of overbite, prior occurrence of tooth extraction) affected attachment damage.</p>
---	------------------	--	----------------------------	---	---	---	--

Surface wear of resin composites used for Invisalign® attachments

To evaluate surface wear over six months in two resin composites (Filtek Z350 XT, 3M ESPE and Amelogen Plus TW, Ultradent Products Inc.) used for making Invisalign® attachments.

Clinical study

Ten subjects were selected, male or female, aged 15 to 50 years, who required orthodontic treatment, with full upper dentition and mild or moderate crowding. Patients with mixed dentition, maxillary crown restorations, active periodontal disease and/or edentulous spaces in upper maxillary were excluded.

two resin composite types: Filtek Z350 XT, 3M ESPE or Amelogen Plus TW, Ultradent Products Inc., which have different mechanical and esthetic properties. Materials with high ceramic filler content were selected for their translucency and physical properties. Forty attachments were made with Invisalign® Templates on upper maxillary teeth. Materials were randomized for each attachment

Comparison of initial and final images showed that all samples underwent some degree of modification of the surface texture, but there was never total destruction of the attachment. Statistically significant differences ($p < 0.001$) were found for surface wear, with greater changes in Amelogen Plus. Attachment shape showed no significant change ($p > 0.05$).

According to the results of this study, the alteration of the attachment surface during the first six months of treatment depends on the composite used, while attachment shape does not appear to be affected, so the clinical performance of the materials evaluated could be considered acceptable.