

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
Faculdade de Odontologia
Colegiado de Pós-Graduação em Odontologia

Fábio Drumond de Menezes

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE
NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO ENTRE PEEK E MATERIAIS DE
REVESTIMENTO ESTÉTICO: *REVISÃO SISTEMÁTICA E META-
ANÁLISE***

Belo Horizonte
2023

Fábio Drumond de Menezes

**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE
NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO ENTRE PEEK E MATERIAIS DE
REVESTIMENTO ESTÉTICO: *REVISÃO SISTEMÁTICA E META-
ANÁLISE***

Dissertação apresentada ao Colegiado de Pós-Graduação em Odontologia da Faculdade de Odontologia da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do grau de Mestre em Odontologia - área de Concentração em Clínica Odontológica.

Orientadora: Profa. Dra. Thaís Yumi Umeda Suzuki

Coorientadora: Profa. Dra. Amália Moreno

Belo Horizonte

2023

Ficha Catalográfica

M543i Menezes, Fábio Drumond de.
2023 Influência de diferentes tratamentos de superfície na
T resistência de união entre peek e materiais de revestimento
estético: revisão sistemática e metaanálise / Fábio Drumond
de Menezes. -- 2023.

50 f. : il.

Orientadora: Thaís Yumi Umeda Suzuki.
Coorientadora: Amália Moreno.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de Minas
Gerais, Faculdade de Odontologia.

1. Resinas acrílicas. 2. Resinas compostas. 3.
Resistência ao cisalhamento. 4. Resistência à tração. I.
Suzuki, Thaís Yumi Umeda. II. Moreno, Amália. III.
Universidade Federal de Minas Gerais. Faculdade de
Odontologia. IV. Título.

BLACK - D047



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
FACULDADE DE ODONTOLOGIA
COLEGIADO DO CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ODONTOLOGIA

FOLHA DE APROVAÇÃO

INFLUÊNCIA DE DIFERENTES TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO ENTRE PEEK E MATERIAIS DE COBERTURA - REVISÃO SISTEMÁTICA E META-ANÁLISE

FÁBIO DRUMOND DE MENEZES

Dissertação submetida à Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em ODONTOLOGIA, como requisito para obtenção do grau de Mestre em ODONTOLOGIA, área de concentração CLÍNICA ODONTOLÓGICA.

Aprovada em 25 de setembro de 2023, pela banca constituída pelos membros:

Profa. Thais Yumi Umeda Suzuki - Orientadora
Faculdade de Odontologia da UFMG

Profa. Amália Moreno
Faculdade de Odontologia da UFMG

Profa. Cláudia Lopes Brilhante Bhering
Faculdade de Odontologia da UFMG

Profa. Bruna de Oliveira Reis
UniFacid Wyden

Belo Horizonte, 25 de setembro de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Thais Yumi Umeda Suzuki, Professora do Magistério Superior**, em 25/09/2023, às 16:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Claudia Lopes Brilhante Bhering, Professora do Magistério Superior**, em 25/09/2023, às 16:47, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Amalia Moreno, Professora do Magistério Superior**, em 27/09/2023, às 16:57, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Bruna de Oliveira Reis, Usuário Externo**, em 28/09/2023, às 15:43, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **2633719** e o código CRC **F63A813C**.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelas oportunidades que sempre me são dadas. Agradeço a Ele pela minha vida, por sempre me suportar, iluminar e dar força para lutar pelos meus objetivos. Agradeço por colocar em meu caminho pessoas tão especiais. Eu te amo, Senhor!

Agradeço à minha mãe pelo amor, apoio e fé incondicionais. Por ser exemplo de docente, de seriedade, de honestidade, de responsabilidade e de dedicação em tudo que faz. Agradeço ao meu pai pelo suporte, incentivo e amor incondicionais, por ser exemplo de fé. Agradeço ao meu pai e à minha mãe pelas oportunidades e pela valorização dos princípios, da família e de Deus, acima de tudo. Vocês, com certeza, são meus exemplos. Eu amo vocês.

Muito obrigado à minha orientadora Profa. Dra. Thaís Yumi Umeda Suzuki, pela paciência e disponibilidade. Pela capacidade técnica inquestionável e por me orientar de maneira humana e empática, fazendo questão de entender meus anseios e de ajudar a alcançá-los. Você, sem dúvidas, tornou esta jornada possível e também a tornou agradável. Foi muita sorte ter sido orientado por você.

Muito obrigado à Profa. Dra. Cláudia Lopes Brilhante Bhering por estar sempre disposta a ajudar e pelos ensinamentos teóricos e práticos de enorme valor em Prótese Parcial Removível. Você é exemplo de dedicação à odontologia.

Muito obrigado à Profa. Dra. Carolina Bosso André por ter aceitado o desafio, por ter dedicado seu tempo e por compartilhar o seu vasto conhecimento e experiência em revisões sistemáticas e meta-análises. Com certeza, sem você esse projeto não se concretizaria. Muito obrigado.

Agradeço à Luana pelo incentivo constante, por acreditar tanto nos meus projetos e por tratá-los como sua prioridade, por abrir mão de tantas coisas para estar sempre presente. Você também é parte disso. Eu te amo.

Obrigado ao servidor Victor Felipe e a todos os docentes do programa de Pós-graduação da Faculdade de Odontologia da UFMG. Cada um de vocês foi importante para que esse projeto se concretizasse. Muito obrigado.

RESUMO

Poliéter-éter-cetona (*Polyetheretherketone* - PEEK) é um polímero de excelentes propriedades mecânicas, o que o torna um potencial candidato para substituir ligas metálicas em diversas especialidades odontológicas. Quando utilizado como infraestrutura para confecção de próteses odontológicas, a adesão do PEEK ao material de revestimento estético é determinante para a longevidade do tratamento, embora a baixa energia de superfície e grande estabilidade química do polímero tornem essa adesão um desafio a ser superado. Objetivo: Responder à pergunta: “Outros tratamentos de superfície do PEEK geram resistências de união superiores ao adesivo comercial?” Métodos: A busca foi feita nas bases Pubmed, , LILACS, Scopus, Web of Science, EMBASE, ProQuest e Google Scholar em junho de 2023 e não houve restrição relativa ao idioma ou à data de publicação dos estudos. Foram utilizados os seguintes termos e operadores booleanos: "polyether ether ketone" [MH] OR "polyether ether ketone" OR "polyetheretherketone" OR "polyetherketoneketone" OR "PEEK" AND "shear strength" [MH] OR "shear strength" OR "shear bond strength" OR "tensile bond strength" OR "shear" OR "tensile" OR "microtensile" OR "microshear" OR "bonding" OR "bond strength" OR "microtensile strength" OR "microshear bond strength" OR "bond" OR "adhesion" OR "bond integrity" OR "bonded" OR "Bonding Strength" OR "Bonding Behavior" OR "Adhesive Performance" OR " surface bonding" OR "tensile strength" [MH] OR "tensile strength". Foram incluídos exclusivamente estudos *in vitro*. Resinas compostas e resinas acrílicas foram consideradas como materiais de revestimento para PEEK. A média e o desvio padrão expressos em MPa e obtidos a partir de testes de cisalhamento e tração foram utilizados para relatar a resistência de união entre o PEEK e os materiais de revestimento. As meta-análises foram realizadas e a ferramenta Cochrane Collaboration avaliou o risco de viés (RoBDEMAT). Resultados: Foram selecionados 23 estudos. A resistência de união entre PEEK e resina composta foi favorecida pelo uso do adesivo ($P < 0,00001$), independentemente do tipo de adesivo. O pré-tratamento com jato de areia Al_2O_3 ($P < 0,00001$), ácido sulfúrico ($P < 0,00001$), plasma frio ($P = 0,0006$) e laser ($P < 0,00001$) mostrou-se eficiente, embora o condicionamento com solução piranha não tenha tido efeito estatisticamente significativo ($P = 0,47$). Conclusão: A aplicação de ácido sulfúrico antes do adesivo apresentou melhores resultados de resistência de união em comparação ao uso isolado do adesivo.

Palavras-chave: PEEK; resina acrílica; resina composta; resistência ao cisalhamento; resistência à tração; plasma; laser; abrasão por ar; ácido sulfúrico; revisão sistemática; meta-análise.

ABSTRACT

The influence of different surface treatments on the bond strength between PEEK and aesthetic coating materials: A systematic review and meta-analysis

Polyether-ether-ketone (Polyetheretherketone - PEEK) is a polymer with excellent mechanical properties, which makes it a potential candidate to replace metallic alloys in several dental specialties. When used as an infrastructure for the manufacture of dental prostheses, the adhesion of PEEK to the aesthetic coating material is decisive for the longevity of the treatment, although the low surface energy and great chemical stability of the polymer make this adhesion a challenge to be overcome. Objective: Answer the question: "Do other PEEK surface treatments generate bond strengths superior to commercial adhesive?" Methods: The search was carried out in the Pubmed, LILACS, Scopus, Web of Science, and EMBASE, ProQuest and Google Scholar databases in June 2023 and there were no restrictions regarding the language or publication date of the studies. The following terms and boolean operators were used: "polyether ether ketone" [MH] OR "polyether ether ketone" OR "polyetheretherketone" OR "polyetherketoneketone" OR "PEEK" AND "shear strength" [MH] OR "shear strength" OR "shear bond strength" OR "tensile bond strength" OR "shear" OR "tensile" OR "microtensile" OR "microshear" OR "bonding" OR "bond strength" OR "microtensile strength" OR "microshear bond strength" OR "bond" OR "adhesion" OR "bond integrity" OR "bonded" OR "Bonding Strength" OR "Bonding Behavior" OR "Adhesive Performance" OR "surface bonding" OR "tensile strength" [MH] OR "tensile strength". Only in vitro studies were included. Composite resins and acrylic resins were considered as coating materials for PEEK. The mean and standard deviation expressed in MPa and obtained from shear and tensile tests were used to report the bond strength between PEEK and coating materials. Meta-analyses were performed and the Cochrane Collaboration tool assessed the risk of bias (RoBDEMAT). Results: 23 studies were selected. The bond strength between PEEK and composite resin was favored by the use of the adhesive ($P < 0,00001$), regardless of the type of adhesive. Pretreatment with Al₂O₃ sandblasting ($P < 0,00001$), sulfuric acid ($P < 0,00001$), cold plasma ($P = 0,0006$) and laser ($P < 0,00001$) proved to be efficient, although conditioning with piranha solution did not have a statistically significant effect ($P = 0,47$). Conclusion: The application of sulfuric acid before the adhesive showed better results in bond strength compared to the use of the adhesive alone.

Keywords: PEEK; acrylic resin; composite resin; shear strength; tensile strength; plasma; laser; air abrasion; sulfuric acid; meta-analysis; systematic review.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Tabela 1 – Estratégia de busca.....	16
Figura 1 – Diagrama das buscas e seleção dos estudos.....	21
Tabela 2 – Características dos estudos selecionados.....	22
Figura 2 – Risco de viés para cada estudo selecionado.....	31
Figura 3 - Gráfico <i>florest plot</i> contendo resultados de resistência de união entre PEEK e resina composta, com e sem aplicação de adesivo.....	33
Figura 4 - Gráfico <i>florest plot</i> contendo resultados de resistência de união entre PEEK e resina composta, variando-se apenas o tipo de adesivo utilizado.....	33
Figura 5 - Gráfico <i>florest plot</i> contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a jateamento com Al_2O_3 e resina composta.....	34
Figura 6 - Gráfico <i>florest plot</i> contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico e resina composta.....	35
Figura 7 - Gráfico <i>florest plot</i> contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido à aplicação de plasma frio e resina composta.....	36
Figura 8 - Gráfico <i>florest plot</i> contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a condicionamento com solução piranha e resina composta.....	36
Figura 9 - Gráfico <i>florest plot</i> contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido à aplicação de laser e resina composta.....	37
Figura 10 - Gráfico <i>florest plot</i> contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a jateamento com Al_2O_3 (sem adesivo) unido à resina acrílica.....	38
Figura 11 - Gráfico <i>florest plot</i> contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a jateamento com Al_2O_3 (sem adesivo) unido à resina composta.....	38
Figura 12 - Gráfico <i>florest plot</i> contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico comparado ao PEEK submetido a jateamento com Al_2O_3	39

Figura 13 - Gráfico <i>florest plot</i> contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico comparado ao PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico associado a jateamento com Al_2O_3	40
Figura 14 - Gráfico <i>florest plot</i> contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a aplicação de plasma frio isolado comparado ao PEEK submetido a jateamento com Al_2O_3 associado à aplicação de plasma frio.....	41
Figura 15 - Gráfico <i>florest plot</i> contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a aplicação de plasma frio isolado comparado ao PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico associado à aplicação de plasma frio.....	41
Figura 16 - Gráfico <i>florest plot</i> contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico isolado comparado ao PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico associado à aplicação de plasma frio.....	42

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

PEEK	<i>“Polyetheretherketone”</i>
PRISMA	<i>“Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis”</i>
PICOT	Participantes-Intervenção-Comparação-“ <i>Outcome</i> ”-Tipo de estudo
MPa	Mega Pascal
MH	MeSH <i>Term</i>
MMA	Metil Metacrilato
Er:YAG	Erbium-Doped Yttrium Aluminum Garnet
CO ₂	Dióxido de Carbono
Al ₂ O ₃	Óxido de Alumínio
Dra.	Doutora
Profa.	Professora
UFMG	Universidade Federal de Minas Gerais
DOI	<i>“Digital Object identifier”</i>
S	Segundos
H	Horas
Min	Minutos
Mm	Milímetros
C°	Graus Celsius
Nm	Nanômetros
Mw/cm ²	Miliwatts por Centímetro Quadrado

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral.....	14
2.2	Objetivos Específicos.....	14
3	MATERIAIS E MÉTODOS	15
3.1	Protocolo e registro.....	15
3.2	Fontes de informação e estratégias de busca.....	15
3.3	Crterios de elegibilidade, seleção de estudos e extração de dados.....	17
3.4	Risco de viés.....	18
3.5	Meta-análise e síntese dos resultados.....	18
4	RESULTADOS	20
4.1	Seleção dos estudos.....	20
4.2	Características dos estudos.....	21
4.3	Risco de viés.....	31
4.4	Meta-análises e síntese dos resultados.....	31
4.4.1	Influência do uso de adesivo na resistência de união entre PEEK e resina composta.....	32
4.4.2	Influência do tipo de adesivo na resistência de união entre PEEK e resina composta.....	33
4.4.3	PEEK submetido a jateamento com Al ₂ O ₃	33
4.4.4	PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico.....	34
4.4.5	PEEK submetido a aplicação de plasma frio.....	35
4.4.6	PEEK submetido a condicionamento com solução piranha.....	36
4.4.7	PEEK submetido a aplicação de laser.....	37
4.4.8	PEEK submetido a jateamento com Al ₂ O ₃ (sem adesivo) unido  resina acrílica.....	37
4.4.9	PEEK submetido a jateamento com Al ₂ O ₃ (sem adesivo) unido  resina composta.....	38

4.4.10 PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico comparado ao PEEK submetido a jateamento com Al ₂ O ₃	38
4.4.11 PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico isolado comparado ao PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico associado ao jateamento com Al ₂ O ₃	39
4.4.12 PEEK submetido a aplicação de plasma frio isolado comparado ao PEEK submetido a jateamento com Al ₂ O ₃ associado à aplicação de plasma frio.....	40
4.4.13 PEEK submetido a aplicação de plasma frio isolado comparado ao PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico associado à aplicação de plasma frio.....	41
4.4.14 PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico isolado comparado ao PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico associado à aplicação de plasma frio.....	41
5 DISCUSSÃO.....	43
6 CONCLUSÃO.....	46
REFERÊNCIAS.....	47

1 INTRODUÇÃO

Poliéter-éter-cetona (*Polyetheretherketone* - PEEK) é um polímero com excelentes propriedades mecânicas, cuja comercialização teve início em 1981, impulsionada pela facilidade de processamento, excelente estabilidade térmica e ótimas propriedades mecânicas (CHEMICAL; PLC, 2008). O PEEK possui características interessantes para a Odontologia, como módulo de elasticidade próximo ao do osso cortical e ao da dentina, ótima capacidade de polimento, pouca afinidade com biofilme bacteriano, baixo peso, biocompatibilidade, bioestabilidade, atividade osteocondutora, bioatividade, resistência à tração próxima à do osso, dentina e esmalte e ausência de sabor metálico (BATHALA *et al.*, 2019). Além dessas características, o polímero ainda se destaca pela boa resistência à flexão, à tração e à fadiga, boa estabilidade dimensional e compatibilidade com exames de imagem (JAHANDIDEH; FALAHCHAI; POURKHALILI, 2020b; MALÓ *et al.*, 2018). Essas características fazem o PEEK ser um excelente candidato a material para confecção de infraestrutura de prótese total fixa sobre implantes.

Apesar do bom desempenho do PEEK, a adesão entre ele e materiais de revestimento estético, necessários para proporcionar estética adequada, tem se mostrado um obstáculo a ser transposto (ATES; CAGLAR; YESIL DUYMUS, 2018; KEUL *et al.*, 2014; ROSENTRITT *et al.*, 2014; SCHMIDLIN *et al.*, 2010; STAWARCZYK, BOGNA; BEUER; *et al.*, 2013; STAWARCZYK, BOGNA; KEUL; *et al.*, 2013b). A dificuldade de obtenção de adesão satisfatória está relacionada à baixa energia de superfície e à grande estabilidade química do polímero (JAHANDIDEH; FALAHCHAI; POURKHALILI, 2020b; STAWARCZYK, BOGNA; BEUER; *et al.*, 2013). Os tratamentos de superfícies mais comumente utilizados na tentativa de melhorar a adesão ao PEEK são: jateamento com sílica, condicionamento ácido, plasma, jateamento com óxido de alumínio (Al_2O_3) e laser. No entanto, alguns resultados envolvendo essas técnicas foram controversos ou inconclusivos (JAHANDIDEH; FALAHCHAI; POURKHALILI, 2020b). O condicionamento da superfície do PEEK com Ácido Sulfúrico 98% apresentou os maiores valores de resistência ao microcisalhamento, embora a alta concentração da substância a torne um agente agressor em potencial para a pele e mucosa (JAHANDIDEH; FALAHCHAI; POURKHALILI, 2020b).

Em um estudo *in vitro*, Stawarczyk *et al.* (2013) encontraram valores para as falhas de adesão entre resina composta e PEEK, cuja superfície foi tratada de diferentes formas (ácido sulfúrico 98%, jato de Al_2O_3 ou sílica), iguais a 100% nos grupos que não foram condicionados com o Ácido Sulfúrico 98%. Maló *et al.* (2018) avaliaram o desempenho de 49 próteses totais fixas sobre implantes com infraestrutura fabricada em PEEK e cobertura (dentes e gengiva) em PMMA, onde reportaram 15,8% de intercorrências relacionadas à adesão. É possível observar que o uso de jateamento, com sílica ou Al_2O_3 , seguido ou não da aplicação de um primer, é uma técnica recorrente em trabalhos que abordam a adesão de algum material de revestimento estético ao PEEK, sendo que, de maneira geral, Al_2O_3 apresentou melhores resultados (ATES; CAGLAR; YESIL DUYMUS, 2018; MALÓ *et al.*, 2018; SCHMIDLIN *et al.*, 2010).

A adesão entre PEEK e os materiais de revestimento estético é determinante para a durabilidade do conjunto, independentemente da modalidade protética para a qual o PEEK está sendo utilizado com a infraestrutura (ATES; CAGLAR; YESIL DUYMUS, 2018; KEUL *et al.*, 2014; ROSENTRITT *et al.*, 2014; SCHMIDLIN *et al.*, 2010; STAWARCZYK, BOGNA; BEUER; *et al.*, 2013; STAWARCZYK, BOGNA; KEUL; *et al.*, 2013b).

2 OBJETIVOS

2.1 *Objetivo Geral*

O objetivo deste estudo foi realizar uma revisão sistemática a fim de comparar diferentes protocolos de pré-tratamento de superfície na resistência de união entre *Polyetheretherketone* (PEEK) e material de revestimento estético.

2.2 *Objetivos Específicos*

- a) Revisar sistematicamente a literatura para determinar qual protocolo de pré-tratamento de superfície do PEEK apresenta melhores valores de resistência de união;

- b) Revisar sistematicamente a literatura para determinar se a aplicação do adesivo favorece a resistência de união ao PEEK.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Protocolo e registro

Esta revisão sistemática foi realizada segundo as diretrizes da “*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysis*” (PRISMA). Por ser relativa a estudos *in vitro*, foi registrada na plataforma “*Open Science Framework*”.

3.2 Fontes de informação e estratégias de busca

Para nortear este estudo, foi elaborada a seguinte estratégia PICOT (Participantes-Intervenção-Comparação-Outcome-Tipo de estudo):

(P) PEEK

(I) Qualquer pré-tratamento de superfície diferente do controle

(C) Nenhum pré-tratamento de superfície ou aplicação isolada de adesivo

(O) Resistência de união (cisalhamento ou tração)

(T) *In vitro*

As palavras-chave foram definidas utilizando DeCS/MeSH (BIREME), termos livres e sinônimos adicionados com base em artigos sentinela, questão PICOT e conhecimento na área. A busca foi realizada nas principais bases de dados (Pubmed/Medline, Embase, Scopus, Web of Science e Lilacs) e na literatura cinzenta (Google Scholar e ProQuest). Não houve restrição relativa à data ou ao idioma da publicação. *Web of Science* foi a única base de dados para a qual foram utilizados filtros, quais sejam: *Dentistry Oral Surgery Medicine; Science Multidisciplinar; Polymer Science; Material Science Composites; Material Science Biomaterials*. A Tabela 1 apresenta a estratégia de busca específica para cada base de dados.

Resinas compostas e resinas acrílicas foram consideradas como materiais de revestimento para o PEEK. Média e desvio padrão expressos em MPa e obtidos a partir de testes de cisalhamento e tração foram utilizados para reportar a resistência de união entre o PEEK e os materiais de revestimento.

Tabela 1 - Estratégia de busca

Pubmed/Medline	
#1	#2
"polyether ether ketone" [MH] OR "polyether ether ketone" OR "polyetheretherketone" OR "polyetherketoneketone" OR "PEEK"	"shear strength" [MH] OR "shear strength" OR "shear bond strength" OR "tensile bond strength" OR "shear" OR "tensile" OR "microtensile" OR "microshear" OR "bonding" OR "bond strength" OR "microtensile strength" OR "microshear bond strength" OR "bond" OR "adhesion" OR "bond integrity" OR "bonded" OR "Bonding Strength" OR "Bonding Behavior" OR "Adhesive Performance" OR " surface bonding" OR "tensile strength" [MH] OR "tensile strength"
#1 AND #2	
Embase	
#1	#2
'polyether ether ketone' OR 'polyetheretherketone'/exp OR 'polyetheretherketone' OR 'polyetherketoneketone'/exp OR 'polyetherketoneketone' OR 'peek'	'shear strength'/exp OR 'shear strength' OR 'shear bond strength' OR 'shear bond strength'/exp OR 'tensile bond strength' OR 'tensile bond strength'/exp OR 'shear'/exp OR 'shear' OR 'tensile' OR 'microtensile' OR 'microshear' OR 'bonding'/exp OR 'bonding' OR 'bond strength' OR 'microtensile strength' OR 'microshear bond strength'/exp OR 'microshear bond strength' OR 'bond'/exp OR 'bond' OR 'adhesion'/exp OR 'adhesion' OR 'bond integrity' OR 'bonded' OR 'bonding strength'/exp OR 'bonding strength' OR 'bonding behavior' OR 'adhesive performance' OR 'surface bonding' OR 'tensile strength'/exp OR 'tensile strength'
#1 AND #2	
SCOPUS	
#1	#2
TITLE-ABS-KEY ("polyether ether ketone" [MH] OR "polyether ether ketone" OR "polyetheretherketone" OR "polyetherketoneketone" OR "PEEK")	TITLE-ABS-KEY ("shear strength" [MH] OR "shear strength" OR "shear bond strength" OR "tensile bond strength" OR "shear" OR "tensile" OR "microtensile" OR "microshear" OR "bonding" OR "bond strength" OR "microtensile strength" OR "microshear bond strength" OR "bond" OR "adhesion" OR "bond integrity" OR "bonded" OR "Bonding Strength" OR "Bonding Behavior" OR "Adhesive Performance" OR " surface bonding" OR "tensile strength" [MH] OR "tensile strength")
#1 AND #2	
Web of Science	
#1	#2
ALL= ("polyether ether ketone" [MH] OR "polyether ether ketone" OR "polyetheretherketone" OR "polyetherketoneketone" OR "PEEK")	ALL= ("shear strength" [MH] OR "shear strength" OR "shear bond strength" OR "tensile bond strength" OR "shear" OR "tensile" OR "microtensile" OR "microshear" OR "bonding" OR "bond strength" OR "microtensile strength" OR "microshear bond strength" OR "bond" OR "adhesion" OR "bond integrity" OR "bonded" OR "Bonding Strength" OR "Bonding Behavior" OR "Adhesive Performance" OR "surface bonding" OR "tensile strength" [MH] OR "tensile strength")
#1 AND #2	
LILACS	
#1	#2
[MH]: "polyether ether ketone" OR "polyether ether ketone" OR "polyetheretherketone" OR "polyetherketoneketone" OR "PEEK"	[MH]: "shear strength" OR "shear strength" OR "shear bond strength" OR "tensile bond strength" OR "shear" OR "tensile" OR "microtensile" OR "microshear" OR "bonding" OR "bond strength" OR "microtensile strength" OR "microshear bond strength" OR "bond" OR "adhesion" OR "bond integrity" OR "bonded" OR "Bonding Strength" OR "Bonding Behavior" OR "Adhesive Performance" OR "surface bonding" OR "tensile strength" [MH] OR "tensile strength"

#1 AND #2

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

3.3 Critérios de elegibilidade, seleção de estudos e extração de dados

Esta revisão sistemática foi realizada com base em estudos *in vitro* que avaliaram a influência de diferentes pré-tratamentos da superfície do PEEK. Para tal, esses estudos trataram a superfície do PEEK previamente à aplicação de um cilindro do material de revestimento estético (resina composta ou resina acrílica). Imediatamente após a presa do material de revestimento estético (ou após manter o espécime imerso em água destilada durante 24 horas) foi medida a resistência da união entre PEEK e material de revestimento estético por meio da aplicação de uma força de cisalhamento ou de tração, que incidiu no cilindro até a ruptura dessa união.

Para a seleção dos artigos, foram aplicados os seguintes critérios de inclusão: PEEK como substrato a ser tratado; resina composta ou resina acrílica como material de revestimento estético; presença de grupo controle sem nenhum tratamento (ou exclusivamente com aplicação de adesivo) e avaliação da resistência de união por meio de tração, microtração, cisalhamento ou microcisalhamento. Ademais, foram excluídos: estudos que não utilizaram grupo controle (ou cujo grupo controle foi submetido a um tratamento diferente de aplicação isolada do adesivo) e estudos que não realizaram testagem imediata (até 24 horas em água destilada) sem termociclagem.

Após as buscas, as referências foram exportadas de cada base de dados para o *software Rayyan*, onde as duplicatas foram removidas e a seleção dos artigos foi feita de modo cego por dois pesquisadores independentes (F.D.M. e T.Y.U.S.), a partir da análise dos títulos e resumos. Quando houve alguma discordância, um terceiro avaliador (C.B.A.) foi consultado. Feito isso, os artigos selecionados foram lidos em sua integralidade, para verificar sua compatibilidade com os critérios de inclusão e exclusão estabelecidos. Apenas os artigos que estavam de acordo com os critérios de inclusão e não continham nenhum dos critérios de exclusão foram selecionados para este estudo. A exemplo da fase de seleção dos estudos, a extração dos dados também foi feita por dois pesquisadores (F.D.M. e T.Y.U.S.) e contemplou os seguintes aspectos de cada estudo: título; autores; ano da publicação; revista; DOI; número de amostras por grupo; fabricante do PEEK; informações relativas ao adesivo

(quando pertinente); especificações do material utilizado como tarugo; condições de armazenamento (quando pertinente); teste realizado; características de cada grupo (incluindo o controle); média e desvio padrão obtidos pelo teste. Quando necessário, a média e o desvio padrão foram extraídos do gráfico com o auxílio do *Software WebPlotDigitizer 4.5* (Ankit Rohatgi).

3.4 Risco de viés

O documento *“RoBDEMAT: A risk of bias tool and guideline to support reporting of pre-clinical dental materials research and assessment of systematic reviews”* serviu como guia para atribuição de risco de viés a cada artigo utilizado neste estudo (DELGADO *et al.*, 2022). Bem como sugere o documento, os dois pesquisadores independentes (F.D.M. e T.Y.U.S.), de maneira cega, responderam como "suficientemente relatado/adequado", "insuficientemente relatado", "não relatado/não adequado" ou "não aplicável" cada uma das seguintes perguntas: O estudo empregou um ou mais grupos de controle (positivo ou negativo ou padrão) em seu desenho experimental?; A randomização foi adequadamente realizada e descrita?; O estudo forneceu uma justificativa para o tamanho da amostra ou apresentou uma análise de poder?; Amostras e materiais estão adequados aos objetivos do estudo?; As condições de experimentais, de armazenamento e tratamento foram padronizadas?; Os procedimentos de teste e medidas de resultado(s) foram explicados ou definidos com detalhes suficientes para permitir reprodutibilidade e avaliação crítica?; O operador estava cego para os grupos experimentais?; Análise estatística foi adequada e relatada com detalhes suficientes?; Todos os dados de resultados relevantes estão disponíveis com detalhes suficientes?. Portanto, não foi atribuída uma pontuação final resumida, no intuito de classificar cada estudo como alto, moderado ou baixo risco de viés. Essa análise foi feita pela avaliação da resposta dada a cada uma das nove perguntas, atribuídas a cada estudo utilizado nesta revisão, e nenhum deles foi considerado com risco significativo de viés.

3.5 Meta-análise e síntese dos resultados

As meta-análises foram realizadas usando o software Revman 5.3. Para isso, foram utilizadas as médias, os desvios-padrões (em Mpa) e o número amostral (discos de PEEK). Foi verificada a influência do uso do adesivo em discos de PEEK sem nenhum tipo de pré-tratamento, onde a variação foi relativa ao uso ou abstenção

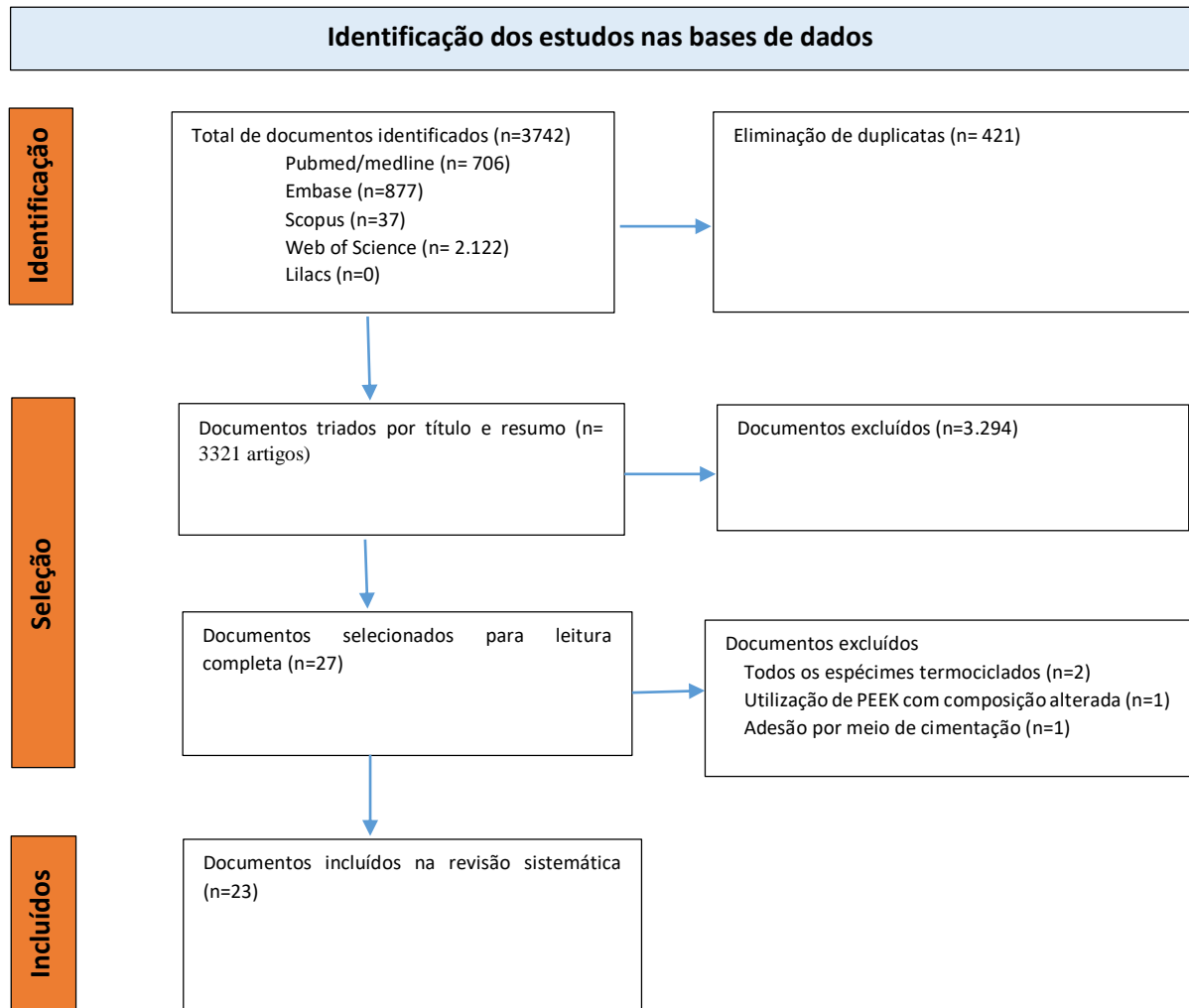
do adesivo. Verificou-se a influência do tipo de adesivo, onde os discos de polímero não receberam nenhum tipo de pré-tratamento, mas receberam adesivos diferentes (Visio.link ou Signum PEEK Bond I+II). Foi feita uma meta-análise para cada tipo de pré-tratamento (ácido sulfúrico, laser, jateamento com Al_2O_3 , plasma e solução piranha) em comparação com um grupo controle sem pré-tratamento, onde foi utilizado adesivo em todos os grupos (controle e teste). Outra meta-análise verificou a influência do jateamento com Al_2O_3 sem a utilização de adesivo (controle e teste) com resina acrílica e com resina composta. Por último, foi possível realizar a comparação entre diferentes tipos de pré-tratamento associados ao adesivo: ácido sulfúrico isolado comparado ao jateamento com Al_2O_3 ; ácido sulfúrico isolado comparado ao jateamento com Al_2O_3 associado ao ácido sulfúrico; ácido sulfúrico isolado comparado ao plasma associado ao ácido sulfúrico; plasma isolado comparado ao plasma associado ao jateamento e plasma isolado comparado ao plasma associado ao ácido sulfúrico). Para a meta-análise, foi utilizado um intervalo de confiança de 95%, um modelo de efeito randômico, e a heterogeneidade foi determinada pelo índice I^2 . Por ser uma análise de dados de estudos *in vitro*, a certeza da evidência utilizando o GRADE não foi realizada.

4 RESULTADOS

4.1 Seleção dos estudos

Em junho de 2023, a busca literária foi realizada nas bases de dados constantes na tabela 1, quando foram encontrados 3.742 artigos. As referências foram exportadas para o *software Rayyan*, onde foram removidas as duplicatas e os artigos cujo título e/ou resumo revelaram incompatibilidade com os critérios de inclusão/exclusão. Após a remoção das duplicatas foram mantidos 3321 artigos. A seleção dos artigos por meio de título e/ou resumo se deu de maneira cega pelos pesquisadores F.D.M. e T.Y.U.S. e os conflitos que se mantiveram foram solucionados por C.B.A., o que elegeu 27 artigos para a leitura completa. Após a leitura completa e cuidadosa, mais quatro artigos foram excluídos por ausência de dados relativos a testes realizados sem termociclagem, utilização de PEEK com alteração em sua composição básica ou realização de procedimento de adesão por meio de cimentação (BINHASAN *et al.*, 2022; ERJAVEC *et al.*, 2023; TAHA; SAFWAT; WAHSH, 2022; TURKKAL; CULHAOGLU; SAHIN, 2023). Como a busca na literatura cinzenta não revelou nenhum estudo a ser incluído neste trabalho, o número total de artigos selecionados foi igual a 23. A Figura 1 é a representação esquemática da etapa de busca e seleção dos artigos.

Figura 1 - Diagrama das buscas e seleção dos estudos



Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

4.2 Características dos estudos

A Tabela 2 enumera as principais características dos 23 estudos utilizados nesta revisão. Apenas um dos artigos não utilizou adesivo. Em relação ao material utilizado para constituir os cilindros para a resistência de união, vinte artigos utilizaram somente resina composta, dois artigos utilizaram somente resina acrílica e um artigo realizou os testes com resina composta e com resina acrílica. Os testes utilizados foram de cisalhamento (dezenove artigos) ou tração (quatro artigos)

Tabela 2 - Características dos estudos selecionados

	Fabricante PEEK e número de espécimes/grupo (n)	Adesivo	Material de revestimento estético	Grupo controle	Grupos	Teste
(WANG <i>et al.</i> , 2022)	Evonik VESTAKEEP®i4 G, Evonik Industries AG, Essen, Alemanha (n= 6)	Não foi utilizado adesivo. Após o tratamento de superfície foi feita a limpeza com ar comprimido por 20 segundos. Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h).	I. Resina acrílica (Xin Shi Ji, Shanghai, China) - ATR II. Resina composta (3M) - FR III. Cool Temp NATURAL (coltene) - CTN	Sem tratamento	- Controle + ATR - Controle + FR - Controle + CTN - Al ₂ O ₃ 100 µm 10mm 0,2 MPA 10" + ATR - Al ₂ O ₃ 100 µm 10mm 0,2 MPA 10" + FR - Al ₂ O ₃ 100 µm 10mm 0,2 MPA 10" + CTN - Lixa de carbeto de silício P600 (60 giros) + ATR - Lixa de carbeto de silício P600 (60 giros) + FR - Lixa de carbeto de silício P600 (60 giros) + CTN - Laser CO ₂ (λ1,6 x 0,1, 50Hz, 450W e 30W) + ATR - Laser CO ₂ (λ1,6 x 0,1, 50Hz, 450W e 30W) + FR - Laser CO ₂ (λ1,6 x 0,1, 50Hz, 450W e 30W) + CTN	Cisalhamento
(ADEM; BAL; KAZAZOĞLU, 2022)	Ketro Classics LCG PEEK, invivio (n=12)	Todos os grupos: visio.Link, Bredent (polimerização por 90s). Previamente à aplicação, os espécimes foram lavados com água destilada e secos à temperatura ambiente. Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h).	Resina Composta (Gradia)	Sem tratamento	- Controle - Al ₂ O ₃ 50 µm 10mm 2 MPA 10" - Ácido sulfúrico 98% 1' - Al ₂ O ₃ 50 µm 10mm 2 MPA 10" + Ácido sulfúrico 98% 1'	Cisalhamento
(KILIC <i>et al.</i> , 2023)	CopraPeek, Whitepeaks Dental Solutions GmbH & Co. KG, Essen, Germany (n=10)	Todos os grupos: Visio.Link, Bredent (220 mW/cm ² 90 s) + Opaco (Anaxdent) (220 mW/cm ² 90 s). Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h).	Resina composta (Anaxdent)	Sem tratamento	- Controle - Plasma (frequência 60 kh e potência 30W a 10mm por 90") - Ácido sulfúrico 98% 1' + lavagem 1' + secagem com ar - Al ₂ O ₃ 110 µm 10mm/ 2,5 BAR/ 10" - SiO _x -Al ₂ O ₃ 110 µm 10mm/ 2,5 BAR/ 10" - Ácido sulfúrico 98% 1' + Al ₂ O ₃ 110 µm 10mm/ 2,5 BAR/ 10" - Ácido sulfúrico 98% 1' + SiO _x -Al ₂ O ₃ 110 µm 10mm/ 2,5 BAR/ 10"	Cisalhamento

(ULGEY; GORLER; KARAHAN GUNDUZ, 2021)	Dentokeep, NT-Trading, Karlsruhe, Germany (n=8)	Todos os grupos: Quadrant Uni-SE-Bond, Cavex, Quadrant Uni-SE-Bond, Cavex, Haarlem, The Netherlands (aplicação por 20s + secagem por 5s). Previamente à aplicação do adesivo: limpeza com álcool isopropílico 96% por 3' + água por 5' + secagem com ar comprimido livre de óleo. Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h).	Resina composta (Quadrant universal LC)	Sem tratamento	- Controle - Er:YAG (2940nm 30") - Nd:YAG (1064nm 30") - Laser KTP (532nm 30")	Cisalhamento
(ZHANG <i>et al.</i> , 2021)	Vestakeep, Evonik, Essen, Germany (n=11)	Todos os grupos: Visio.link (bredent, Germany) aplicado com microbrush, espalhado com ar livre de óleo por 20s e polimerizado por 90s (370 – 400nm) Após condicionamento os espécimes foram limpos em ultrassom com água deionizada por 15' e secos com ar livre de óleo. Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h).	Resina composta (Shofu)	Sem tratamento (ácido sulfúrico 98% 0" - milled)	- Injetado controle (ácido sulfúrico 98% 0") - Injetado ácido sulfúrico 98% 5" - Injetado ácido sulfúrico 98% 30" - Injetado ácido sulfúrico 98% 60" - Injetado ácido sulfúrico 98% 90" - Injetado ácido sulfúrico 98% 120" - Injetado ácido sulfúrico 98% 300" - Impresso controle (ácido sulfúrico 98% 0") - Impresso ácido sulfúrico 98% 5" - Impresso ácido sulfúrico 98% 30" - Impresso ácido sulfúrico 98% 60" - Impresso ácido sulfúrico 98% 90" - Impresso ácido sulfúrico 98% 120" - Impresso ácido sulfúrico 98% 300"	Cisalhamento
(OZDOGAN; TOPDAGI, 2022)	CopraPeek; Whitepeaks Dental Solutions GmbH&Co, Essen, Germany (n=11)	Todos os grupos: Prime&Bond Universal; Dentsply DeTrey GmbH, Konstanz, Germany (aplicado com bolinha de algodão por 10s e polimerizado por 10s). Teste imediato sem período de armazenamento.	Resina composta (G-aenial; GC Dental Products Corp., Tokyo, Japan)	Sem tratamento	- Controle - Al ₂ O ₃ 50 µm/10 s (10mm; 4bar) + lavagem em água destilada e secagem 60s. - Al ₂ O ₃ 50 µm/15 s (10mm; 4bar) + lavagem em água destilada e secagem 60s. - Al ₂ O ₃ 50 µm/20 s (10mm; 4bar) + lavagem em água destilada e secagem 60s. - Revestimento com AL ₂ O ₃ silanizado 30 µm/10s (10mm; 2,8 bar)	Cisalhamento

					<ul style="list-style-type: none"> - Revestimento com AL2O3 silanizado 30 µm/15s (10mm; 2,8 bar) - Revestimento com AL2O3 silanizado 30 µm/20s (10mm; 2,8 bar) - Ácido sulfúrico 98% 10s + lavagem em água destilada e secagem 60s. - Ácido sulfúrico 98% 15s + lavagem em água destilada e secagem 60s. - Ácido sulfúrico 98% 20s) + lavagem em água destilada e secagem 60s 	
(KÜÇÜKEKENCİ; DEDE; KAHVECI, 2021)	CopraPeek, Whitepeaks Dental Solutions GmbH & Co. KG, Essen, Germany (n=10)	Todos os grupos: PEKkbond, Anaxdent, Stuttgart, Germany + espalhamento com ar por 5s + polimerização 90s + Anaxgum Opaquer Paste, Anaxdent, Stuttgart, Germany + polimerização 30s. Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h).	Resina composta laboratorial (Anaxdent, Stuttgart, Germany)	Sem tratamento	<ul style="list-style-type: none"> -Controle -Plasma 5' 60kHz/30W/10mm -Ácido sulfúrico 98% 1' + lavagem com água destilada 60s -Revestimento de SiOx-Al2O3 30 µm/10s/2,5bar/10mm + lavagem em ultrassom por 5' + secagem -Revestimento de SiOx-Al2O3 110 µm/10s/2,5bar/10mm + lavagem em ultrassom + secagem -Ácido sulfúrico 98% 1'+ enxague + Plasma 5' 60kHz/30W/10mm -Revestimento de SiOx-Al2O3 30 µm/10s/2,5bar/10mm + lavagem em ultrassom + secagem + Plasma 5' 60kHz/30W/10mm -Revestimento de SiOx-Al2O3 110 µm/10s/2,5bar/10mm + lavagem em ultrassom + secagem + Plasma 5' 60kHz/30W/10mm 	Cisalhamento
(SILTHAMPITAG <i>et al.</i> , 2016)	Nt-trading, Karlsruhe, Germany (n=10)	Todos os grupos: Heliobond® (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) aplicado com microbrush. Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h)	Resina composta (3M ESPE)	Sem tratamento	<ul style="list-style-type: none"> - Controle - Ácido sulfúrico 98% 1'+ enxague com água deionizada 30s + ultrassom 10' + secagem com ar - Solução piranha 30s (ácido sulfúrico 98%/peróxido de hidrogênio 30% proporção 10:3) + enxague com água deionizada 30s+ ultrassom 10' + secagem com ar - Al2O3 50 µm 0.2 MPa/10 mm/10 s + ultrassom 10' + secagem com ar - Heliobond sem tratamento+ ultrassom 10' + secagem com ar 	Cisalhamento

					<ul style="list-style-type: none"> - Heliobond + ácido sulfúrico 98% 1' + enxague com água deionizada 30s+ ultrassom 10' + secagem com ar - Heliobond + Solução piranha 30s (ácido sulfúrico 98%/peróxido de hidrogênio 30% proporção 10:3) + enxague com água deionizada 30s + ultrassom 10' + secagem com ar - Heliobond + Al₂O₃ 50 + ultrassom 10' + secagem com ar 	
(GOUVEIA <i>et al.</i> , 2022)	Vestakeep; Evonik (n=13)	Todos os grupos: visio.link; bredent GmbH & Co KG (370 nm-400 nm 90 s). Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h)	Resina composta (Kerr Corp)	Sem tratamento	<ul style="list-style-type: none"> - Controle - Al₂O₃ 110 μm/15s/0,2mpa/5mm/ângulo 45° 	Cisalhamento
(JAHANDIDEH; FALAHCHAI; POURKHALILI, 2020a)	Bio-HPP, Bredent, Germany (n=20)	Todos os grupos: Visio-Link, Bredent, Germany (1 movimento do microbrush + 90s de polimerização) + Crea.Lign Opaquer A2, Bredent GmbH, Senden, Germany (180s de polimerização). Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h)	Resina composta (Bredent)	Sem tratamento	<ul style="list-style-type: none"> - Controle - Laser CO₂ (4W/densidade de energia 159,22J/cm²/10600 nm/50s/4mm) - Laser Er:YAG (2940nm/150mJ/20s/1,5W/119,42/cm²/10Hz/700us/10mm) 	Cisalhamento
(KURAHASHI <i>et al.</i> , 2019)	(JUVORA)Invibio Biomaterial Solutions, Lancashire, UK (n=10)	Clearfil Ceramic Primer Plus (usado apenas em grupos nos quais está mencionado). Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h)	Resina acrílica I. Unifast II II. Palapress Vario	Sem tratamento	<ul style="list-style-type: none"> - Unifast II (NT) Controle sem tratamento - Unifast II (CP) Ceramic primer (microbrush + secagem com ar) - Unifast II (SB) Al₂O₃ 50 um/0.3 MPa/10 s/10 mm (lavagem em ultrassom com água destilada por 10' + secagem com ar) - Unifast II (RC) SiO₂-Al₂O₃ 110 um/0,3MPa/13s/10mm (secagem com ar por 5s) - Unifast II (RCC) Ceramic primer (secagem com ar) + SiO₂-Al₂O₃ 110 um/0,3MPa/13s/10mm (Secagem com ar) - Palapress Vario (NT) Controle sem tratamento - Palapress Vario (CP) Ceramic primer (microbrush + secagem com ar) - Palapress Vario (SB) Al₂O₃ 50 um/0.3 MPa/10 s/10 mm (lavagem em ultrassom com água destilada por 10' + secagem com ar) 	Cisalhamento

					<p>- Palapress Vario (RC) SiO₂-Al₂O₃ 110 um/0,3MPa/13s/10mm (secagem com ar por 5s)</p> <p>- Palapress Vario (RCC) Ceramic primer (secagem com ar) + SiO₂-Al₂O₃ 110 um/0,3MPa/13s/10mm (secagem com ar)</p>	
(CHAJAREENONT <i>et al.</i> , 2018)	Dentokeep (Nt-trading, Karlsruhe, Germany) (n=7)	Todos os grupos: Heliobond®, Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h)	Resina composta (3M ESPE)	Sem tratamento	<p>- Controle</p> <p>- Ácido sulfúrico 70%</p> <p>- Ácido sulfúrico 80%</p> <p>- Ácido sulfúrico 85%</p> <p>- Ácido sulfúrico 90%</p> <p>- Ácido sulfúrico 98%</p> <p>O ácido foi aplicado por 60s, os espécimes foram enxaguados com água deionizada por 10s, limpos em ultrassom com água destilada por 10' e secos na temperatura ambiente.</p>	Cisalhamento
(AKAY; ISRAFIL; PAT, 2022)	(CoproPeek light) Whitepeaks; Essen, Germany (N=10)	Visio.link Bredent; Senden, Germany (220 mw/cm ² ; 370–400 nm; 30 s). O adesivo foi utilizado apenas em grupos nos quais está mencionado. Não mencionou armazenamento	Resina composta (GC; Tokyo, Japan)	Sem tratamento	<p>- Controle</p> <p>- Plasma argônio (35 min at vacuum/10-6 atm/13.56 MHz)</p> <p>- 50%plasma argônio + 50%plasma oxigênio (35 min/789.10-3 atm/13.56 MHz)</p> <p>- 50%plasma argônio + 50% plasma nitrogênio (35 min/10-6 atm/13.56 MHz)</p> <p>- 75% plasma argônio + 12,5% plasma oxigênio + 12,5% plasma nitrogênio (35 min/10-6 atm/13.56 MHz)</p> <p>- Visio.Link + sem tratamento</p> <p>- (VL) Plasma argônio (35 min at vacuum/10-6 atm/13.56 MHz)</p> <p>- (VL)50%plasma argônio + 50%plasma oxigênio (35 min/789.10-3 atm/13.56 MHz)</p> <p>- (VL)50%plasma argônio + 50% plasma nitrogênio (35 min/10-6 atm/13.56 MHz)</p> <p>- (VL)75% plasma argônio + 12,5% plasma oxigênio + 12,5% plasma nitrogênio (35 min/10-6 atm/13.56 MHz)</p>	Cisalhamento
(BOTEL <i>et al.</i> , 2018)	Juvora Dental Disk (Invibio Ltd., Lancashire, UK);	Todos os grupos: Visio.link, Bredent GmbH & Co KG, Senden, Germany 10 µl espalhados com microbrush e polimerizados por 90s. Após a	Resina composta I. "Vita" (Vita VM LC, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany).	Jateamento (110m Al ₂ O ₃)	<p>- (1b) Gradia + sem plasma (control)</p> <p>- (1c) Gradia Flo + sem plasma (control)</p> <p>- (2a) Vita + O₂plasma por 3 min</p> <p>- (2b) Gradia + O₂ plasma por 3 min</p>	Cisalhamento

		adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h)	II. "Gradia"(GC GRADIA®, GC Europe, Leuven, Belgium). III. "Gradia Flo" (GC GRADIA®DIRECT Flo, GC Europe, Leuven,Belgium).		- (2c) Gradia Flo + O2 plasma por 3 min - (3a) Vita + O2plasma por 35 min - (3b) Gradia + O2plasma por 35 min - (3c) Gradia Flo + O2plasma por 35 min - (4a) Vita + Ar/O2plasma por 3 min - (4b) Gradia + Ar/O2plasma por 3 min - (4c) Gradia Flo + Ar/O2plasma por 3 min - (5b) Gradia + Ar/O2plasma por 35 min - (5c) Gradia Flo + Ar/O2plasma por 35 min	
(DEDE <i>et al.</i> , 2022)	CopraPeek, Whitepeaks Dental Solutions GmbH & Co. KG, Essen, Germany (n=16)	Todos os grupos: PEKKbond, Anaxdent, Stuttgart, Germany (220 mW/cm ² 90s) + Anaxgum Opaquer Paste, Anaxdent, Stuttgart, Germany (polimerizado por 5') Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h)	Resina composta (Anaxdent, Stuttgart, Germany)	Sem tratamento	- Controle - (DBD) Plasma (10 mm/90 s/31.6 kV/2.5 kHz/10 ls/13.5 W) - (APB) Plasma brush (90 s/10mm/60 kHz/30 W) - (TBC) Jateamento Triboquímico (110 mm tribochemical silica-coated alumina/2.5 MPa/10 s/10 mm) - (TBC_DBD) - (TBC_APB) - (SA) Ácido Sulfúrico 98% 60s - (SA_DBD) - (SA_APB)	Cisalhamento
(SOLIMAN <i>et al.</i> , 2023)	PEEK (Bre CAM Bio HPP) (n=10)	Todos os grupos: Visio.Link primer (Bredent GmbH & Co., Senden, Germany) (microbrush + polimerização por 20s). Não informou armazenamento, nem se houve limpeza após tratamento de superfície.	Resina composta (3M ESPE)	Sem tratamento	-Controle - (SB) AL2O3/10 s/10 mm/0.55 MPa - (SB-T) SB + 5000 termociclos (5 to 55 °C for dwell times of 30 s and transfer times of 10 s)	Cisalhamento
(YILDIZ; ÜNLÜ, 2023)	Novaloc peek matrix housing (Straumann) (n=10)	Bond resin material Universal bond Tokuyama (utilizado apenas em grupos nos quais está mencionado)	Resina acrílica (Panacryl, Rubydent, Istanbul, Turkey)	Sem tratamento	- Controle (NTP) - APAP (50 µm Al2O3/0.3 MPa/10 s /10 mm) + limpeza em ultrassom por 10' com água destilada + secagem com ar - UBP: UB (Universal bond: microbrush + secagem com ar) - APAUBP: (50 µm Al2O3/0.3 MPa/10 s /10 mm + limpeza em ultrassom por 10' com água destilada + secagem com ar) + (Universal bond: microbrush + secagem com ar) Especímenes foram imersos em água destilada por 24h à temperatura ambiente para completar polimerização	Tração

(ESCOBAR <i>et al.</i> , 2021)	TECAPEEK, Ensinger, Germany) (n=10)	Ambar Universal Adhesive, FGM, Brasil (LED light-curing at 1200nW/cm ² for 60 s). O adesivo foi utilizado apenas em grupos nos quais está mencionado. Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h)	Resina composta (FGM, Brasil)	Aplicação de adesivo (E, F e G)	A) Ácido Sulfúrico 98% 60s (enxague com água deionizada por 10') B) Ácido Sulfúrico 98% 60s + adesivo 1'(enxague com água deionizada por 10') C) Ácido Sulfúrico 98% 60s + adesivo 3'(enxague com água deionizada por 10') D) Ácido Sulfúrico 98% 60s + adesivo 5'(enxague com água deionizada por 10') E) CONTROLE adesivo 1' F) CONTROLE adesivo 3' G) CONTROLE adesivo 5'	Cisalhamento
(STAWARCZYK, BOGNA <i>et al.</i> , 2014)	Dentokeep, Batch No. 11DK14001; nt-trading (n=20)	Os adesivos foram utilizados apenas em grupos nos quais estão mencionados. I. Visio.link Bredent GmbH & Co KG (polimerização por 90s) II. Signum PEEK Bond I+II (experimental adhesive) Heraeus Kulzer (aplicação do líquido I e vaporização por 10s, seguida da aplicação do líquido II e polimerização por 90s) Após aplicação de ácido, foi feito enxague cuidadoso em uma direção constante com água deionizada por 30s. Os espécimes foram secos com ar por 10s. Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h)	Resina composta I. Sinfony (3M ESPE) II. VITA VM LC (VITA Zahnfabrik)	Sem tratamento	- Ácido sulfúrico 98% 60" + Visio.link + SINFONY - Ácido sulfúrico 98% 60" + Signum PEEK Bond I+II + SINFONY - Ácido sulfúrico 98% 60" + SINFONY - Solução Piranha 30" (ácido sulfúrico 98% + H ₂ O ₂ , na proporção 10:3) + Visio.link + SINFONY - Solução Piranha 30" (ácido sulfúrico 98% + H ₂ O ₂ , na proporção 10:3) + Signum PEEK Bond I+II + SINFONY - Solução Piranha 30" (ácido sulfúrico 98% + H ₂ O ₂ , na proporção 10:3) + SINFONY - Controle (sem tratamento) + Visio.link + SINFONY - Controle (sem tratamento) + Signum PEEK Bond I+II + SINFONY - Controle (sem tratamento) + SINFONY - Ácido sulfúrico 98% 60" + Visio.link + VITA - Ácido sulfúrico 98% 60" + Signum PEEK Bond I+II + VITA - Ácido sulfúrico 98% 60" + VITA - Solução Piranha 30" (ácido sulfúrico 98% + H ₂ O ₂ , na proporção 10:3) + Visio.link + VITA - Solução Piranha 30" (ácido sulfúrico 98% + H ₂ O ₂ , na proporção 10:3) + Signum PEEK Bond I+II + VITA - Solução Piranha 30" (ácido sulfúrico 98% + H ₂ O ₂ , na proporção 10:3) + VITA - Controle (sem tratamento) + Visio.link + VITA - Controle (sem tratamento) + Signum PEEK Bond I+II + VITA	Tração

					- Controle (sem tratamento) + VITA	
(ROSENTRITT <i>et al.</i> , 2014)	Juvora dental disc, Juvora, UK (n=10)	I. Espe Sil II. Signum Connector III. Solidex Solibond IV. Composite Primer V. New outline primer VI. Clearfill Alloy Primer VII. Clearfill Ceramic Primer VIII. New outline IX. Metal bonder X. Cera Resin Bond 1+2 XI. ML primer Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h)	Resina composta I. Sinfonya 3 M ESPE, USA II. Signuma Heraeus, G III. Solidexb Shofu, J IV. Gradiab GC, NL	H2SO4 98 % 1 min + Sinfony	-Rocatec Pre/Plus+ Espe Sil + Sinfony -Rocatec Pre/Plus + Espe Sil + opaque + Sinfony -Al203—50 µm/2 bar + Signum Connector + Signum -Al203—50 µm/2 bar + Signum Connector + Opaque + Signum -Rocatec Pre/Plus + Solidex Solibond + Flowapaque + Solidex -Al203—50 µm/2 bar + Composite Primer + Gradia -New outline primer + Anaxblend -Clearfill Alloy Primer + Clearfil Opaque + Sinfony -Clearfill Ceramic Primer + Sinfony -New outline + Anaxblend -Metal bonder + Anaxblend -Cera Resin Bond 1+2 + Solidex -ML primer + Flowapaque + Solidex -Al203 - 50 µm/ 2 bar + Metal primer II + GC Gradia -Al203 - 120 µm/ 2.8 bar + Plaquit; 5 min + Sinfony -Zirconia bond 1&2 + Signum -H2O2:H2SO4 1:1 30 s + Sinfony -(controle) H2SO4 98 % 1 min + Sinfony	Cisalhamento
(STAWARCZYK, BOGNA; KEUL; <i>et al.</i> , 2013a)	Dentokeep PEEK specimens (nt-trading, Karlsruhe, Germany) (n=16)	I. Z-Prime Plus (BISCO, Schaumburg, IL, USA), II. Ambarino P60 (Creamed, Marburg, Germany), III. Monobond Plus (Ivoclar Vivadent, Schaan, Liechtenstein) IV. Visio.link (Bredent, Senden, Germany), V. Signum PEEK Bond I+II (Heraeus Kulzer, Hanau, Germany).	Resina Composta I. Sinfony (3M ESPE, Seefeld, Germany) II. GC Gradia (GC Europe, Leuven, Belgium) III. VITA VM LC (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany).	Sem tratamento	-Z-Prime Plus + Sinfony -Z-Prime Plus + GC Gradia -Z-Prime Plus + VITA VM LC -Ambarino P60 + Sinfony -Ambarino P60 + GC Gradia -Ambarino P60 + VITA VM LC -Monobond Plus + Sinfony -Monobond Plus + GC Gradia -Monobond Plus + VITA VM LC -Visio.link + Sinfony -Visio.link + GC Gradia -Visio.link + VITA VM LC -Signum PEEK Bond I+II + Sinfony -Signum PEEK Bond I+II + GC Gradia	Tração

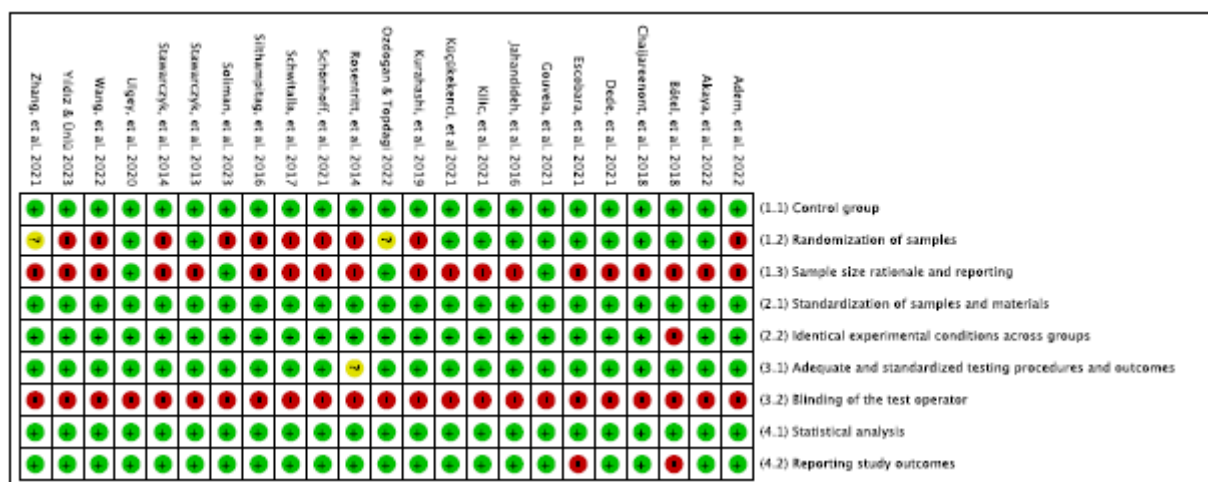
		Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h)			-Signum PEEK Bond I+II + VITA VM LC -Sem pré-tratamentot + sinfony -Sem pré-tratamento + GC Gradia -Sem pré-tratamento + VITA VM LC	
(SCHWITALLA <i>et al.</i> , 2017)	(Juvora Ltd., Lancastershire, UK) (n=30)	Visio.link, Bredent GmbH & Co KG, Senden,Germany foi utilizado em todos os grupos. Aplicado com microbrush e polimerizado por 90s. Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h)	Resina Composta (Vita VM LC, Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany)	Sem tratamento	1) Controle 2) Plasma (1:1 argon e oxygen/35 min at 70°C /0.3 mbar /100 kHz/200 W) 3) Jateamento (Al2O3 110 um/10 s/cm2/2.5 bar/10 mm) + limpeza em ultrassom por 5' com etanol 96% + secagem com ar 4) jateamento + plasma	Cisalhamento
(SCHÖNHOFF <i>et al.</i> , 2022)	Juvora Dental Disc DD-98-22-02 1 Unit (n=12)	Visio.link; bredent (seco com ar comprimido e polimerizado por 90s com comprimento de onda de 370 a 400nm) Após a adesão, foi feito armazenamento em água destilada (37°C 24h)	Resina composta (Ceramage Up; SHOFU DENTAL GmbH)	Sem tratamento	- airborne-particle abraded (Al2O3, 110 mm, 0.1 MPa)	Tração

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

4.3 Risco de viés

A Figura 2 apresenta os resultados de risco de viés para cada estudo avaliado. As principais falhas observadas se referem ao cegamento do operador dos testes e à justificativa para o tamanho da amostra e análise de poder. Nenhum dos estudos utilizados nesta revisão sistemática foi considerado com risco significativo de viés.

Figura 2 - Risco de viés para cada estudo selecionado



Legenda: vermelho indica “não reportado”; amarelo indica “reportado de forma insuficiente”; verde indica “reportado e adequado”.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

4.4 Meta-análises e síntese dos resultados

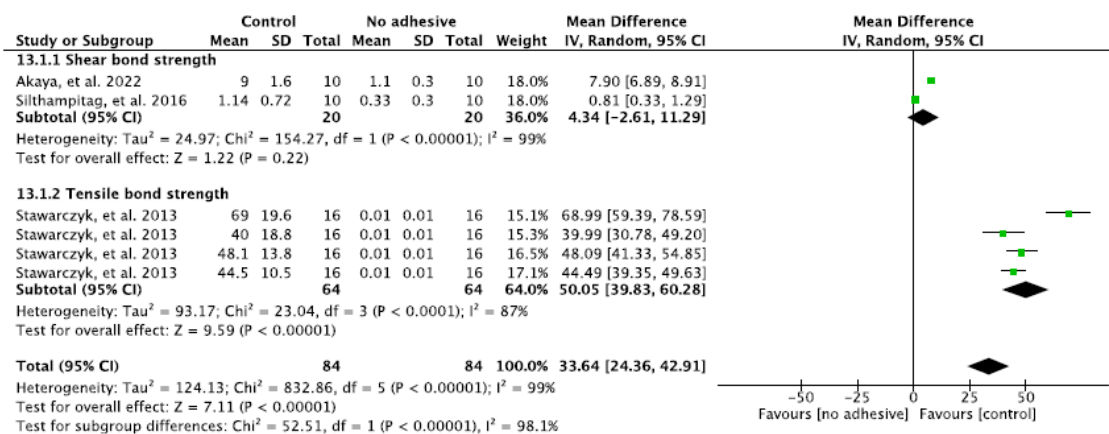
Os dados de resistência de união (MPa) entre PEEK e material de revestimento estético (resina composta ou resina acrílica) foram obtidos por meio de testes de cisalhamento ou tração. Dos 23 estudos, apenas quatro avaliaram tração e três utilizaram a resina acrílica como material constituinte do cilindro (KURAHASHI *et al.*, 2019; SCHÖNHOF *et al.*, 2022; STAWARCZYK, BOGNA *et al.*, 2014; STAWARCZYK, BOGNA; KEUL; *et al.*, 2013a; WANG *et al.*, 2022; YILDIZ; ÜNLÜ, 2023). Foi verificada a influência do uso de adesivo (AKAY; ISRAFIL; PAT, 2022; SILTHAMPITAG *et al.*, 2016; STAWARCZYK, BOGNA; KEUL; *et al.*, 2013a) e a

influência do tipo de adesivo (STAWARCZYK, BOGNA *et al.*, 2014; STAWARCZYK, BOGNA; KEUL; *et al.*, 2013a). Diferentes possibilidades de pré-tratamento foram comparadas a um grupo controle com adesivo e sem pré-tratamento (ADEM; BAL; KAZAZOĞLU, 2022; AKAY; ISRAFIL; PAT, 2022; CHAIJAREENONT *et al.*, 2018; DEDE *et al.*, 2022; GOUVEIA *et al.*, 2022; JAHANDIDEH; FALAHCHAI; POURKHALILI, 2020a; KILIC *et al.*, 2023; KÜÇÜKEKENCI; DEDE; KAHVECI, 2021; OZDOGAN; TOPDAGI, 2022; SCHÖNHOF *et al.*, 2022; SCHWITALLA *et al.*, 2017; SILTHAMPITAG *et al.*, 2016; STAWARCZYK, BOGNA *et al.*, 2014; ULGEY; GORLER; KARAHAN GUNDUZ, 2021; ZHANG *et al.*, 2021). Comparou-se também a resistência de união entre PEEK submetido a jateamento com Al₂O₃ (sem adesivo) e as duas possibilidades de material de revestimento estético (resina composta ou resina acrílica) (KURAHASHI *et al.*, 2019; SILTHAMPITAG *et al.*, 2016; WANG *et al.*, 2022; YILDIZ; ÜNLÜ, 2023). Finalmente, foi possível realizar a comparação entre pré-tratamentos (ADEM; BAL; KAZAZOĞLU, 2022; DEDE *et al.*, 2022; KILIC *et al.*, 2023; KÜÇÜKEKENCI; DEDE; KAHVECI, 2021; OZDOGAN; TOPDAGI, 2022; SCHWITALLA *et al.*, 2017; SILTHAMPITAG *et al.*, 2016; WANG *et al.*, 2022).

4.4.1 Influência do uso de adesivo na resistência de união entre PEEK e resina composta.

Dois estudos avaliaram o efeito da aplicação de adesivo sobre a resistência de união entre PEEK e resina composta por meio de teste de cisalhamento e um estudo o fez por meio de teste de tração. Nesta meta-análise, a comparação foi feita entre o(s) grupo(s) que recebeu(receberam) algum adesivo (grupo controle) e grupo(s) que não recebeu(receberam) nenhum adesivo. Para tal, em nenhum dos grupos avaliados nesta meta-análise foi utilizado pré-tratamento, variando-se apenas em relação ao uso ou abstenção de adesivo. Os resultados favoreceram a utilização do adesivo ($P < 0,00001$; Figura 3). A média da diferença total foi de 33,64 e houve uma heterogeneidade considerável ($I^2 = 99\%$).

Figura 3 - Gráfico *forest plot* contendo resultados de resistência de união entre PEEK e resina composta, com e sem aplicação de adesivo.

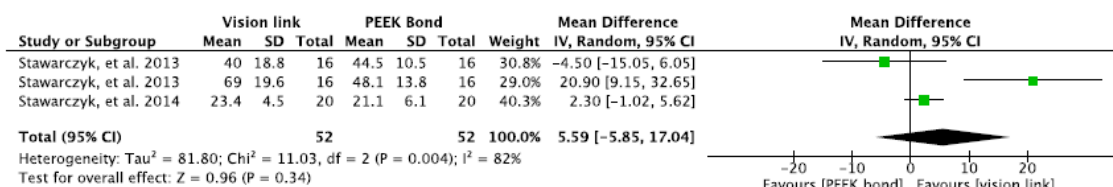


Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

4.4.2 Influência do tipo de adesivo na resistência de união entre PEEK e resina composta.

Dois estudos avaliaram a influência do tipo de adesivo sobre a resistência de união entre PEEK e resina composta por meio de tração. Nesta meta-análise, a comparação foi feita entre Visio.link (Bredent, Senden, Germany) e Signum PEEK Bond I+II (Heraeus Kulzer, Hanau, Germany). Para tal, em nenhum dos grupos avaliados nesta meta-análise foi utilizado pré-tratamento, variando-se apenas o tipo de adesivo. Os resultados não apontaram diferença estatisticamente significativa entre os adesivos (P=0,34; Figura 4). A média da diferença total foi de 5,59 e houve uma heterogeneidade considerável (I²=82%).

Figura 4 - Gráfico *florest plot* contendo resultados de resistência de união entre PEEK e resina composta, variando-se apenas o tipo de adesivo utilizado.



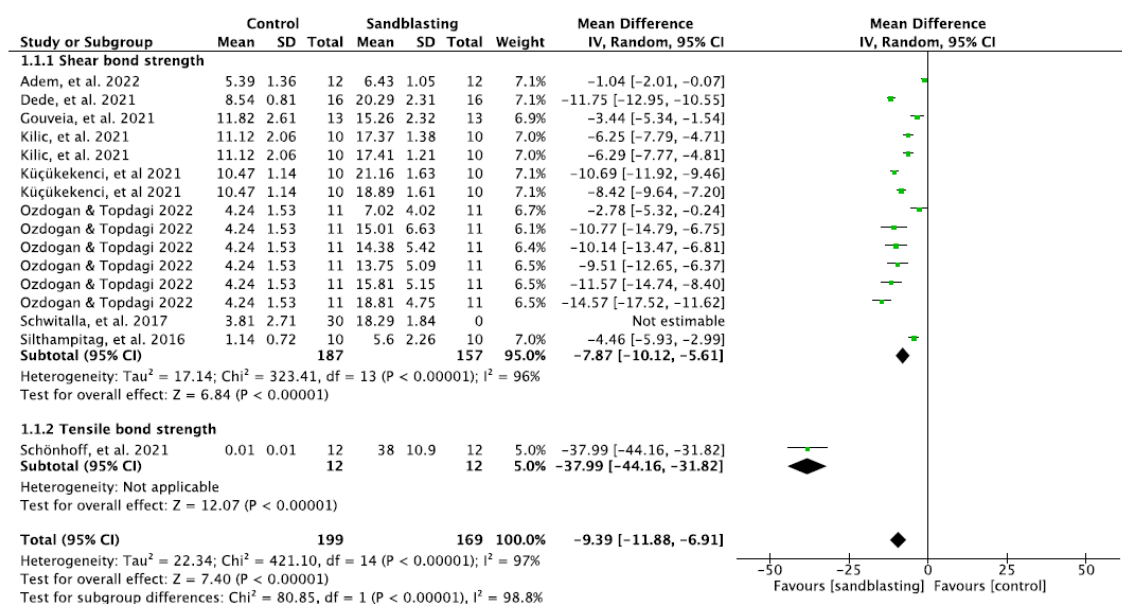
Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

4.4.3 PEEK submetido a jateamento com Al₂O₃

Oito estudos avaliaram o efeito do jateamento com Al₂O₃ sobre a resistência de união entre PEEK e resina composta por meio de cisalhamento e um

estudo o fez por meio de tração. Nesta meta-análise, a comparação foi feita entre grupo(s) que recebeu(receberam) o jateamento e grupo controle (sem pré-tratamento). Para tal, em todos os grupos desta meta-análise foi utilizado algum adesivo previamente à aplicação da resina composta. Os resultados favoreceram o jateamento, em detrimento do controle ($P < 0,00001$; Figura 5). A média da diferença total foi de -9,39 e houve uma heterogeneidade considerável ($I^2 = 97\%$).

Figura 5 - Gráfico *forest plot* contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a jateamento com Al_2O_3 e resina composta.

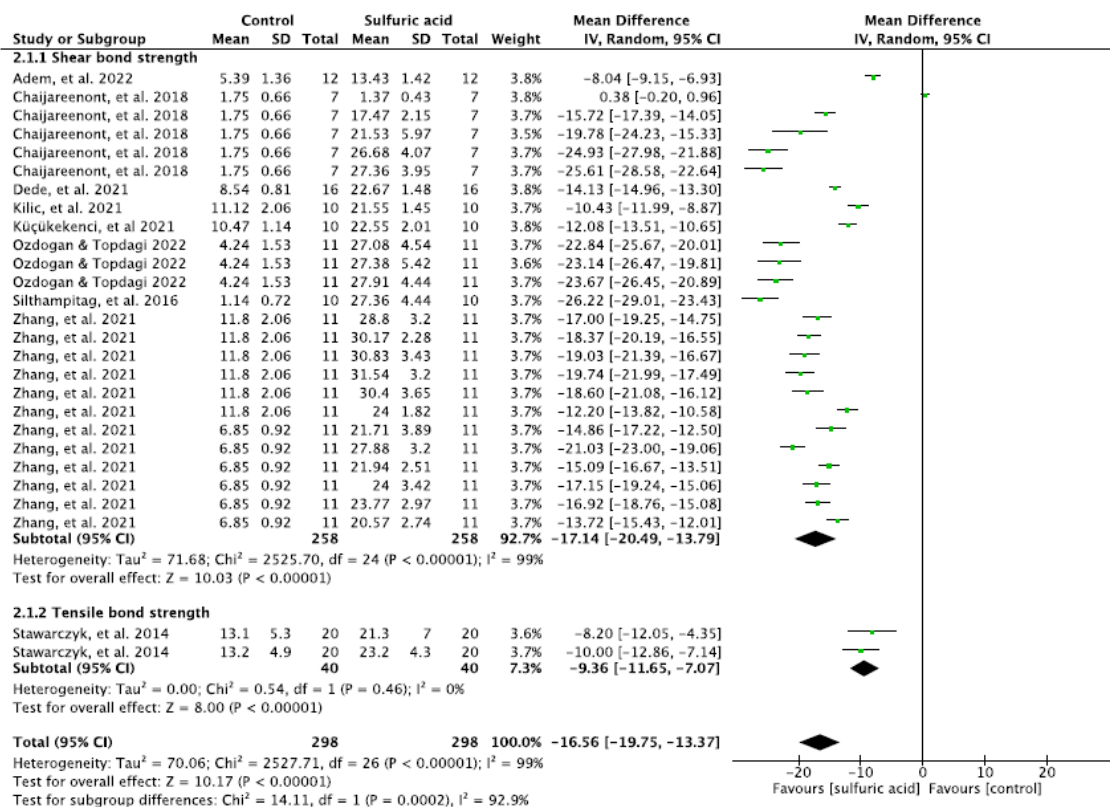


Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

4.4.4 PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico

Oito estudos avaliaram o efeito do condicionamento com ácido sulfúrico sobre a resistência de união entre PEEK e resina composta por meio de cisalhamento e um estudo o fez por meio de tração. Nesta meta-análise, a comparação foi feita entre os grupos que receberam o condicionamento e os grupos controle (sem pré-tratamento). Para tal, em todos os grupos desta meta-análise foi utilizado algum adesivo previamente à aplicação da resina composta. Os resultados favoreceram o condicionamento, em detrimento do controle ($P < 0,00001$; Figura 6). A média da diferença total foi de -16,56 e houve uma heterogeneidade considerável ($I^2 = 99\%$).

Figura 6 - Gráfico *forest plot* contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico e resina composta.

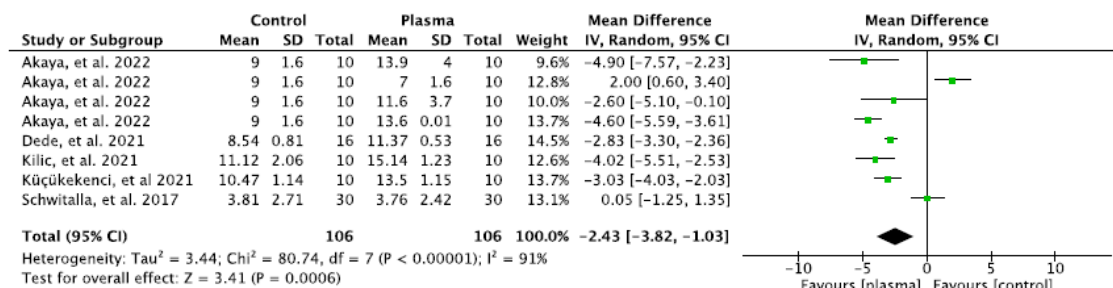


Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

4.4.5 PEEK submetido a aplicação de plasma frio

Cinco estudos avaliaram o efeito da aplicação de plasma frio sobre a resistência de união entre PEEK e resina composta por meio de teste de cisalhamento. Nesta meta-análise, a comparação foi feita entre os grupos que receberam o plasma frio e os grupos controle (sem pré-tratamento). Para tal, em todos os grupos desta meta-análise foi utilizado algum adesivo previamente à aplicação da resina composta. Os resultados favoreceram o uso do plasma, em detrimento do controle ($P < 0,00001$; Figura 7). A média da diferença total foi de $-2,43$ e houve uma heterogeneidade considerável ($I^2 = 91\%$).

Figura 7 - Gráfico *forest plot* contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido à aplicação de plasma frio e resina composta.

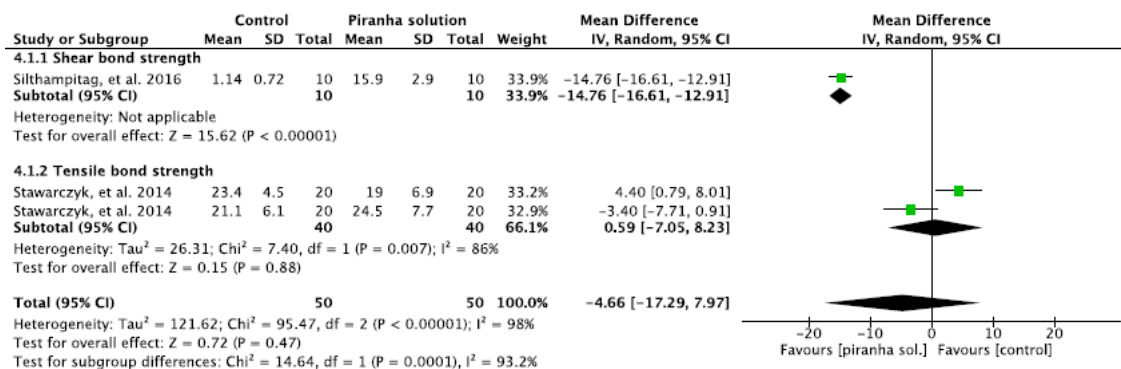


Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

4.4.6 PEEK submetido a condicionamento com solução piranha

Um estudo avaliou o efeito do condicionamento com solução piranha sobre a resistência de união entre PEEK e resina composta por meio de cisalhamento e outro estudo o fez por meio de tração. Nesta meta-análise, a comparação foi feita entre o(s) grupo(s) que foi recebeu(receberam) o condicionamento com a solução piranha e o grupo controle (sem pré-tratamento). Para tal, em todos os grupos desta meta-análise foi utilizado algum adesivo previamente à aplicação da resina composta. Os resultados não apontaram diferença estatisticamente significativa entre controle e condicionamento com solução piranha (P=0,47; Figura 8). A média da diferença total foi de -4,66 e houve uma heterogeneidade considerável (I²=98%).

Figura 8 - Gráfico *forest plot* contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido condicionamento com solução piranha e resina composta.

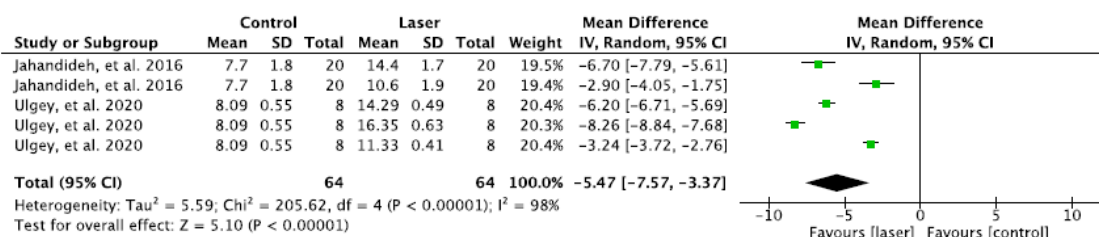


Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

4.4.7 PEEK submetido a aplicação de laser

Dois estudos avaliaram o efeito da aplicação de laser sobre a resistência de união entre PEEK e resina composta por meio de cisalhamento. Nesta meta-análise, a comparação foi feita entre os grupos que receberam a aplicação do laser e os grupos controle (sem pré-tratamento). Para tal, em todos os grupos desta meta-análise foi utilizado algum adesivo previamente à aplicação da resina composta. Os resultados favoreceram o uso do laser, em detrimento do controle ($P < 0,00001$; Figura 9). A média da diferença total foi de $-5,47$ e houve heterogeneidade considerável ($I^2=98\%$).

Figura 9 - Gráfico *forest plot* contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido à aplicação de laser e resina composta.

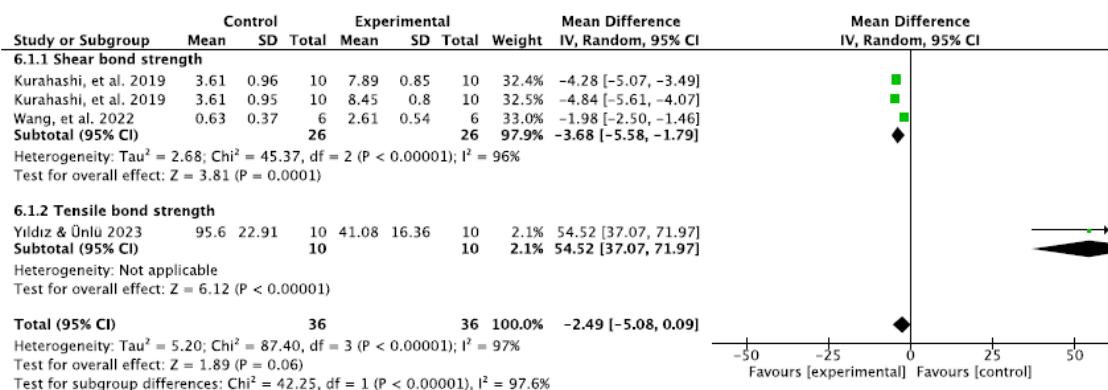


Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

4.4.8 PEEK submetido a jateamento com Al₂O₃ (sem adesivo) unido à resina acrílica

Dois estudos avaliaram o efeito do jateamento com Al₂O₃ sobre a resistência de união entre PEEK e resina acrílica por meio de cisalhamento e um estudo o fez por meio de tração. Nesta meta-análise, a comparação foi feita entre o(s) grupo(s) que recebeu(receberam) o jateamento com Al₂O₃ e o grupo controle (sem pré-tratamento). Para tal, em nenhum dos grupos avaliados nesta meta-análise foi utilizado adesivo previamente à aplicação da resina acrílica. Os resultados não apontaram diferença estatisticamente significativa entre os resultados do controle e dos grupos nos quais o PEEK passou pelo jateamento Al₂O₃, sem a utilização posterior de algum tipo de adesivo ($P=0,06$; Figura 10). A média da diferença total foi de $-2,49$ e houve uma heterogeneidade considerável ($I^2=97\%$).

Figura 10 - Gráfico *forest plot* contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a jateamento com Al₂O₃ (sem adesivo) unido à resina acrílica

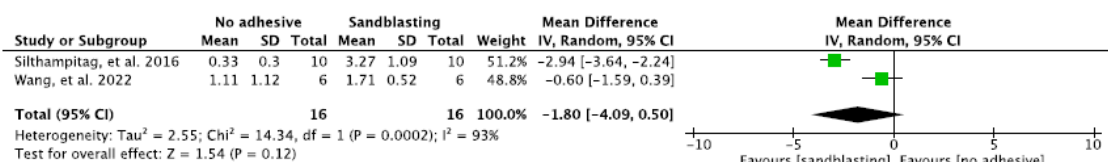


Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

4.4.9 PEEK submetido a jateamento com Al₂O₃ (sem adesivo) unido à resina composta

Dois estudos avaliaram o efeito do jateamento com Al₂O₃ sobre a resistência de união entre PEEK e resina composta por meio de cisalhamento. Nesta meta-análise, a comparação foi feita entre os grupos que receberam o jateamento com Al₂O₃ e os grupos controle (sem pré-tratamento). Para tal, em nenhum dos grupos avaliados nesta meta-análise foi utilizado adesivo previamente à aplicação da resina composta. Os resultados não apontaram diferença estatisticamente significativa entre os dados do controle e dos grupos nos quais o PEEK passou pelo jateamento Al₂O₃, sem a utilização posterior de algum tipo de adesivo (P=0,0002; Figura 11). A média da diferença total foi de -1,80 e houve uma heterogeneidade considerável (I²=93%).

Figura 11 - Gráfico *forest plot* contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a jateamento com Al₂O₃ (sem adesivo) unido à resina composta

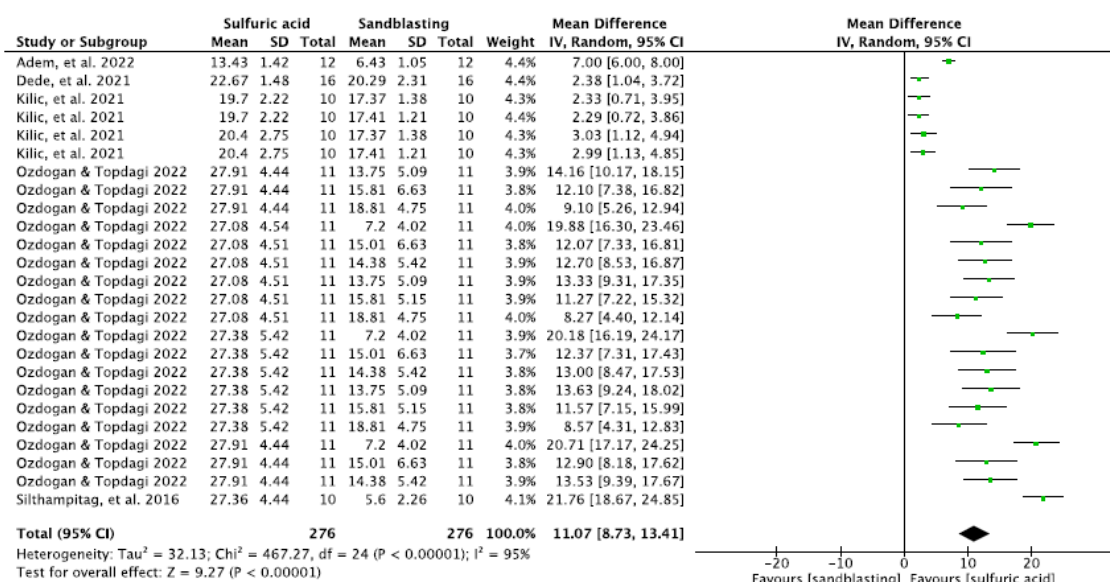


Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

4.4.10 PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico comparado ao PEEK submetido a jateamento com Al₂O₃

Nesta meta-análise, foram utilizados cinco estudos nos quais foi possível comparar o efeito do condicionamento com ácido sulfúrico ao efeito do jateamento com Al_2O_3 sobre a resistência de união entre PEEK e resina composta por meio de cisalhamento. Para tal, em todos os grupos avaliados nesta meta-análise foi utilizado adesivo previamente à aplicação da resina composta. Os resultados favoreceram o condicionamento com ácido sulfúrico, em detrimento do jateamento com Al_2O_3 ($P < 0,00001$; Figura 12). A média da diferença total foi de $-11,07$ e houve uma heterogeneidade considerável ($I^2 = 95\%$).

Figura 12 - Gráfico *forest plot* contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico comparado ao PEEK submetido a jateamento com Al_2O_3



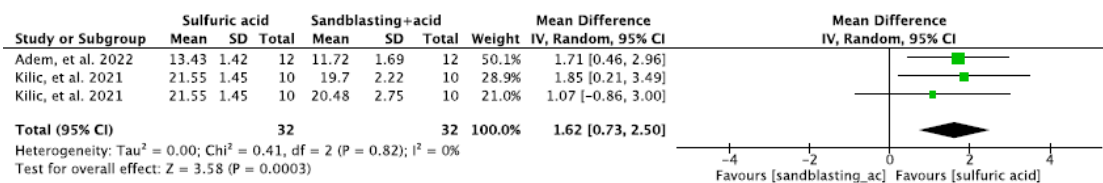
Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

4.4.11 PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico isolado comparado ao PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico associado ao jateamento com Al_2O_3

Nesta meta-análise, foram utilizados dois estudos nos quais foi possível comparar o efeito do condicionamento com ácido sulfúrico isolado ao efeito do condicionamento com ácido sulfúrico associado ao jateamento com Al_2O_3 sobre a resistência de união entre PEEK e resina composta por meio de cisalhamento. Para

tal, em todos os grupos avaliados nesta meta-análise foi utilizado adesivo previamente à aplicação da resina composta. Os resultados favoreceram o condicionamento com ácido sulfúrico isolado, em detrimento da associação dele ao jateamento com Al_2O_3 ($P < 0,0003$; Figura 13). A média da diferença total foi de 1,62 e heterogeneidade foi baixa ($I^2 = 0\%$).

Figura 13 - Gráfico *forest plot* contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico comparado ao PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico associado a jateamento com Al_2O_3

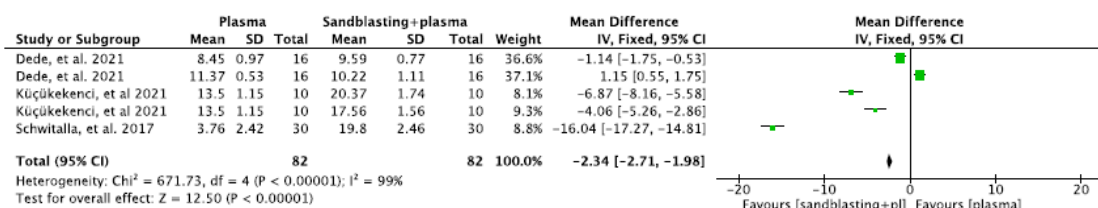


Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

4.4.12 PEEK submetido a aplicação de plasma frio isolado comparado ao PEEK submetido a jateamento com Al_2O_3 associado à aplicação de plasma frio.

Nesta meta-análise, foram utilizados três estudos nos quais foi possível comparar o efeito da aplicação de plasma frio isolado ao efeito do jateamento com Al_2O_3 associado à aplicação e plasma frio sobre a resistência de união entre PEEK e resina composta por meio de cisalhamento. Para tal, em todos os grupos avaliados nesta meta-análise foi utilizado adesivo previamente à aplicação da resina composta. Os resultados favoreceram a associação do jateamento com o plasma frio, em detrimento da aplicação isolada do plasma frio ($P < 0,00001$; Figura 14). A média da diferença total foi de -2,34 e heterogeneidade foi considerável ($I^2 = 99\%$).

Figura 14 - Gráfico *forest plot* contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a aplicação de plasma frio isolado comparado ao PEEK submetido a jateamento com Al_2O_3 associado à aplicação de plasma frio.

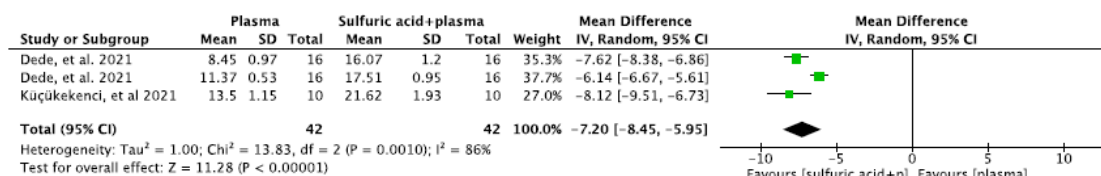


Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

4.4.13 PEEK submetido a aplicação de plasma frio isolado comparado ao PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico associado à aplicação de plasma frio.

Nesta meta-análise, foram utilizados dois estudos nos quais foi possível comparar o efeito da aplicação de plasma frio isolado ao efeito do condicionamento com ácido sulfúrico associado à aplicação e plasma frio sobre a resistência de união entre PEEK e resina composta por meio de cisalhamento. Para tal, em todos os grupos avaliados nesta meta-análise foi utilizado adesivo previamente à aplicação da resina composta. Os resultados favoreceram a associação do condicionamento com ácido sulfúrico e aplicação do plasma frio, em detrimento da aplicação isolada do plasma frio (P<0,00001; Figura 15). A média da diferença total foi de -7,20 e heterogeneidade foi considerável (I²=86%).

Figura 15 - Gráfico *forest plot* contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a aplicação de plasma frio isolado comparado ao PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico associado à aplicação de plasma frio.

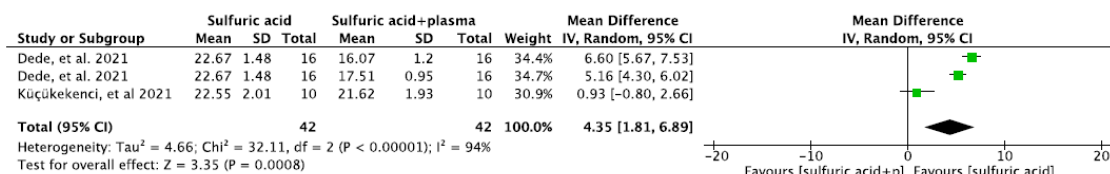


Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

4.4.14 PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico isolado comparado ao PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico associado à aplicação de plasma frio.

Nesta meta-análise, foram utilizados dois estudos nos quais foi possível comparar o efeito da aplicação de ácido sulfúrico isolado ao efeito do condicionamento com ácido sulfúrico associado à aplicação e plasma frio sobre a resistência de união entre PEEK e resina composta por meio de cisalhamento. Para tal, em todos os grupos avaliados nesta meta-análise foi utilizado adesivo previamente à aplicação da resina composta. Os resultados favoreceram o condicionamento com ácido sulfúrico isolado, em detrimento da associação entre condicionamento com ácido sulfúrico e aplicação e plasma frio ($P < 0,00001$;). A média da diferença total foi de 4,35 e heterogeneidade foi considerável ($I^2 = 94\%$).

Figura 16 - Gráfico *forest plot* contendo resultados de resistência de união entre PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico isolado comparado ao PEEK submetido a condicionamento com ácido sulfúrico associado à aplicação de plasma frio.



Fonte: Elaborada pelo autor, 2023

5 DISCUSSÃO

Esta revisão sistemática foi realizada com base em estudos *in vitro*, onde houve tratamento da superfície do PEEK previamente à aplicação de um cilindro do material de revestimento estético (resina composta ou resina acrílica). A resistência de união entre os materiais foi obtida a partir de testes de cisalhamento ou (micro)tração. Foram excluídos estudos que não apresentavam grupo controle sem tratamento (ou com aplicação de adesivo isolado) e estudos que não apresentaram dados relativos à análise imediata (até 24 horas em água destilada) sem termociclagem. De maneira geral, os estudos incluídos não apresentaram risco significativo de viés, embora nenhum deles tenha reportado cegamento do operador e a maioria não tenha fornecido uma justificativa para o tamanho da amostra ou apresentado uma análise de poder. A realização da meta-análise revelou uma heterogeneidade considerável entre alguns estudos, o que sugere cautela na interpretação dos resultados.

A utilização de adesivo previamente à aplicação de resina composta sobre a superfície do PEEK foi considerada pertinente ($P < 0,00001$; média da diferença total 33,64; $I^2 = 99\%$), assim como sugerem os fabricantes de PEEK e alguns estudos (AKAY; ISRAFIL; PAT, 2022; SILTHAMPITAG *et al.*, 2016; STAWARCZYK, B. *et al.*, 2014b). O monômero de metil metacrilato (MMA) é importante no aumento da força de união entre PEEK e resinas de revestimento, o que corrobora a efetividade do Visio.link e do Signum PEEK Bond I+II, cuja composição revela a presença desse monômero (STAWARCZYK, B. *et al.*, 2014b). Vale a pena ressaltar ainda, que a meta-análise não revelou diferença estatisticamente significativa entre esses dois adesivos ($P = 0,34$).

A comparação entre pré-tratamentos associados a adesivos e grupos sem pré-tratamento também associados a adesivos (controle) revelou maior resistência de união nos grupos nos quais o PEEK foi submetido ao pré-tratamento, exceto quando o condicionamento foi realizado com solução piranha, onde não houve diferença estatisticamente significativa. É importante destacar os pré-tratamentos que geraram diferença estatisticamente significativa em seu favor e as respectivas diferenças

médias totais: condicionamento com ácido sulfúrico (-16,56); aplicação de plasma frio (-2,43); aplicação de laser (-5,47) e jateamento com Al_2O_3 (-9,39).

O maior valor de diferença média total em favor do condicionamento com ácido sulfúrico pode ser justificado pela introdução de grupos SO_3H na superfície do PEEK, aumentando a sua porosidade e melhorando a sua molhabilidade, o que gera aumento na energia de superfície e melhora a difusão do adesivo (ZHANG *et al.*, 2021). Como confirma o resultado desta meta-análise, o plasma também tem se mostrado como uma opção viável de tratamento prévio ao processo adesivo em polímeros, pois pode ser capaz de aumentar a energia superficial do substrato e melhorar suas características de ligação (STAWARCZYK, BOGNA *et al.*, 2017; STRAZZI-SAHYON *et al.*, 2021). Plasma é um gás ionizado, que corresponde ao quarto estado da matéria, resultante da interação entre um gás (argônio, hélio, oxigênio, nitrogênio ou hidrogênio) e uma fonte de energia elétrica (STRAZZI-SAHYON *et al.*, 2021). Gases nobres têm sido misturados ao oxigênio, no intuito de promover um substrato mais reativo e um efeito antibacteriano adicional, que é particularmente interessante quando o plasma é utilizado para o condicionamento dentinário (STRAZZI-SAHYON *et al.*, 2021). O gás ionizado interage com a superfície a ser tratada de forma química e seca, resultando em uma camada superficial com maior energia de superfície (STAWARCZYK, B. *et al.*, 2014a).

O laser pode ser utilizado para aumentar a energia de superfície de polímeros e melhorar a adesão, como o Erbium-doped Yttrium Aluminum Garnet (Er:YAG) e o Dióxido de Carbono (CO_2) (JAHANDIDEH; FALAHCHAI; POURKHALILI, 2020b; KURKLU; YANIKOGLU, 2013). Ates *et al.* (2018) observaram que, somente quando associado ao jateamento com sílica ou com Al_2O_3 , o laser Er:YAG aumentou a resistência ao cisalhamento entre PEEK e resina composta, embora o valor tenha sido limítrofe. Por outro lado, corroborando os resultados desta meta-análise, Jahandideh *et al.* (2020) observaram aumento da resistência ao cisalhamento entre PEEK e resina composta para valores clinicamente aceitáveis quando o tratamento foi feito com Er:YAG e laser de CO_2 , sem nenhum tipo de jateamento. Jahandideh *et al.* (2020) e Ates *et al.* (2018) realizaram aplicação do adesivo recomendado pelo fabricante (Visio. Link - Bredent; Senden, Alemanha).

O jateamento com Al_2O_3 esteve presente em 13 dos 23 estudos que compuseram esta revisão sistemática, sendo assim um dos principais e mais frequentes pré-tratamentos utilizados quando se deseja avaliar a força de adesão entre PEEK e material de revestimento estético. O resultado da meta-análise que acusou a efetividade do jateamento com Al_2O_3 pode ser justificado pelo aumento da rugosidade superficial do polímero confirmado por microscopia eletrônica de varredura e perfilometria (ADEM; BAL; KAZAZOĞLU, 2022; WANG *et al.*, 2022). A maior rugosidade aumenta a superfície de contato e favorece o molhamento com o adesivo, o que culmina com o incremento da força de adesão (OZDOGAN; TOPDAGI, 2022; TAHA; SAFWAT; WAHSH, 2022).

6 CONCLUSÃO

A resistência de união entre PEEK e resina composta foi favorecida pelo uso de adesivo. Em relação ao tipo de adesivo, não houve diferença estatisticamente significativa entre Visio.link e Signum PEEK Bond I+II. O pré-tratamento realizado por meio de jateamento com Al_2O_3 , o condicionamento com ácido sulfúrico, a aplicação de plasma frio e a aplicação de laser se mostraram eficientes, embora o condicionamento com solução piranha não tenha surtido efeito estatisticamente significativo. O condicionamento com ácido sulfúrico isolado se mostrou superior ao jateamento com Al_2O_3 isolado, ao jateamento com Al_2O_3 associado ao ácido sulfúrico e ao ácido sulfúrico associado à aplicação de plasma frio. Plasma frio associado ao ácido sulfúrico ou ao jateamento com Al_2O_3 foi superior à sua utilização isolada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEM, Nora; BAL, Burcu; KAZAZOĞLU, Ender. Comparative Study of Chemical and Mechanical Surface Treatment Effects on Shear Bond Strength of PEEK to Veneering Ceramic. *The International Journal of Prosthodontics*, v. 35, n. 2, p. 201–207, 2022.

AKAY, Canan; ISRAFIL, Natiga; PAT, Suat. Enhancement of Adhesive Bonding Properties of Polyetheretherketone-based Materials using Plasma Surface Modifications. *The journal of adhesive dentistry*, v. 24, n. 1, p. 117–124, mar. 2022.

ATES, Sabit Melih; CAGLAR, Ipek; YESIL DUYMUS, Zeynep. The effect of different surface pretreatments on the bond strength of veneering resin to polyetheretherketone. *Journal of Adhesion Science and Technology*, v. 32, n. 20, p. 2220–2231, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01694243.2018.1468534>>.

BATHALA, Lakshmana *et al.* The Role of Polyether Ether Ketone (Peek) in Dentistry - A Review. *Journal of medicine and life*, v. 12, n. 1, p. 5–9, 2019.

BINHASAN, Mashael *et al.* Shear bond characteristics and surface roughness of poly-ether-ether-ketone treated with contemporary surface treatment regimes bonded to composite resin. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*, v. 38, n. January, p. 102765, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.pdpdt.2022.102765>>.

BOTEL, F *et al.* Influence of different low-pressure plasma process parameters on shear bond strength between veneering composites and PEEK materials. *DENTAL MATERIALS*, v. 34, n. 9, p. E246–E254, set. 2018.

CHAIJAREENONT, Pisaisit *et al.* Effects of different sulfuric acid etching concentrations on PEEK surface bonding to resin composite. *Dental materials journal*, v. 37, n. 3, p. 385–392, jun. 2018.

CHEMICAL, Imperial; PLC, Industries. POLYETHERETHERKETONES Introduction. *Encyclopedia of Polymer Science and Technology*, p. 1–9, 2008.

DEDE, Doğu Ömür *et al.* Influence of non-thermal plasma systems and two favorable surface treatments on the shear bond strength of PAEKs to composite resin. *Journal of Adhesion Science and Technology*, v. 36, n. 7, p. 748–761, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01694243.2021.1936784>>.

DELGADO, António HS *et al.* RoBDEMAT: A risk of bias tool and guideline to support reporting of pre-clinical dental materials research and assessment of systematic reviews. *Journal of Dentistry*, v. 127, n. October, 2022.

ERJAVEC, Anamarija Kuchler *et al.* Determination of Shear Bond Strength between PEEK Composites and Veneering Composites for the Production of Dental Restorations. *Materials (Basel, Switzerland)*, v. 16, n. 9, abr. 2023.

ESCOBAR, Mario *et al.* On the synergistic effect of sulfonic functionalization and

acidic adhesive conditioning to enhance the adhesion of PEEK to resin-matrix composites. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, v. 37, n. 4, p. 741–754, abr. 2021.

GOUVEIA, Diogo do Nascimento Machado *et al.* Effect of surface treatment and manufacturing process on the shear bond strength of veneering composite resin to polyetherketoneketone (PEKK) and polyetheretherketone (PEEK). *Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 128, n. 5, p. 1061–1066, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2021.02.003>>.

JAHANDIDEH, Yousef; FALAHCHAI, Mehran; POURKHALILI, Hossein. Effect of surface treatment with Er:Yag and CO2 lasers on shear bond strength of polyether ether ketone to composite resin veneers. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, v. 11, n. 2, p. 153–159, 2020a. Disponível em: <<https://doi.org/10.34172/jlms.2020.26>>.

JAHANDIDEH, Yousef; FALAHCHAI, Mehran; POURKHALILI, Hossein. Lasers on Shear Bond Strength of Polyether Ether. *Laser Application in Medical Sciences Research Center*, v. 11, n. 2, p. 153–159, 2020b. Disponível em: <<https://doi.org/10.34172/jlms.2020.26>>.

KEUL, Christine *et al.* Influence of PEEK surface modification on surface properties and bond strength to veneering resin composites. *Journal of Adhesive Dentistry*, v. 16, n. 4, p. 383–392, 2014.

KILIC, M *et al.* Comparing the shear bond strength of veneering materials to the PAEKs after surface treatments. *BMC ORAL HEALTH*, v. 23, n. 1, p. 185, mar. 2023.

KÜÇÜKEKENCI, Ahmet Serkan; DEDE, Doğu Ömür; KAHVECI, Çiğdem. Effect of different surface treatments on the shear bond strength of PAEKs to composite resin. *Journal of Adhesion Science and Technology*, v. 35, n. 22, p. 2438–2451, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1080/01694243.2021.1889840>>.

KURAHASHI, Kosuke *et al.* Effect of Surface Treatments on Shear Bond Strength of Polyetheretherketone to Autopolymerizing Resin. *Dentistry journal*, v. 7, n. 3, ago. 2019.

KURKLU, Duygu; YANIKOGLU, Nuran. SEM evaluation of surface morphologic analysis of restorative materials with three laser treatment. *Journal of Dental Lasers*, v. 7, n. 1, p. 9, 2013.

MALÓ, Paulo *et al.* Short-term report of an ongoing prospective cohort study evaluating the outcome of full-arch implant-supported fixed hybrid polyetheretherketone-acrylic resin prostheses and the All-on-Four concept. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, v. 20, n. 5, p. 692–702, 2018.

OZDOGAN, A; TOPDAGI, B. Effect of Different Surface Treatments and Application Times on Shear Bond Strength Between Polyetheretherketone and Composite Resin. *Journal of Dentistry Indonesia*, v. 29, n. 3, p. 187–193, 2022.

ROSENTRITT, Martin *et al.* Shear bond strength between veneering composite and PEEK after different surface modifications. 2014.

SCHMIDLIN, Patrick R *et al.* Effect of different surface pre-treatments and luting

materials on shear bond strength to PEEK. v. 6, p. 553–559, 2010.

SCHÖNHOFF, Lisa Marie *et al.* Three-dimensionally printed and milled polyphenylene sulfone materials in dentistry: Tensile bond strength to veneering composite resin and surface properties after different pretreatments. *Journal of Prosthetic Dentistry*, v. 128, n. 1, p. 93–99, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.prosdent.2020.12.042>>.

SCHWITALLA, Andreas Dominik *et al.* The impact of argon/oxygen low-pressure plasma on shear bond strength between a veneering composite and different PEEK materials. *Dental materials : official publication of the Academy of Dental Materials*, v. 33, n. 9, p. 990–994, set. 2017.

SILTHAMPITAG, Patcharawan *et al.* Effect of surface pretreatments on resin composite bonding to PEEK. *Dental materials journal*, v. 35, n. 4, p. 668–674, 2016.

SOLIMAN, Tarek Ahmed *et al.* Influence of surface treatment on repair bond strength of CAD/CAM long-term provisional restorative materials: an in vitro study. *BMC oral health*, v. 23, n. 1, p. 342, maio 2023.

STAWARCZYK, B. *et al.* Influence of plasma pretreatment on shear bond strength of self-adhesive resin cements to polyetheretherketone. *Clinical Oral Investigations*, v. 18, n. 1, p. 163–170, 2014a.

STAWARCZYK, B. *et al.* Influence of plasma pretreatment on shear bond strength of self-adhesive resin cements to polyetheretherketone. *Clinical Oral Investigations*, v. 18, n. 1, p. 163–170, jan. 2014b.

STAWARCZYK, Bogna *et al.* Bonding behaviour of polyetherketoneketone to methylmethacrylate- and dimethacrylate-based polymers. *Journal of Adhesive Dentistry*, v. 19, n. 4, p. 331–338, 2017.

STAWARCZYK, Bogna *et al.* PEEK surface treatment effects on tensile bond strength to veneering resins. *The Journal of prosthetic dentistry*, v. 112, n. 5, p. 1278–1288, nov. 2014.

STAWARCZYK, Bogna; BEUER, Florian; *et al.* Polyetheretherketone - A suitable material for fixed dental prostheses? *Journal of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, v. 101, n. 7, p. 1209–1216, 2013.

STAWARCZYK, Bogna; KEUL, Christine; *et al.* Tensile bond strength of veneering resins to PEEK: impact of different adhesives. *Dental materials journal*, v. 32, n. 3, p. 441–448, 2013a.

STAWARCZYK, Bogna; KEUL, Christine; *et al.* Tensile bond strength of veneering resins to PEEK: Impact of different adhesives. *Dental Materials Journal*, v. 32, n. 3, p. 441–448, 2013b.

STRAZZI-SAHYON, Henrico Badaoui *et al.* In vitro study on how cold plasma affects dentin surface characteristics. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, v. 123, n. June, p. 104762, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2021.104762>>.

TAHA, Doaa; SAFWAT, Farida; WAHSH, Marwa. Effect of combining different surface treatments on the surface characteristics of polyetheretherketone-based core materials and shear bond strength to a veneering composite resin. *The Journal of prosthetic dentistry*, v. 127, n. 4, p. 599.e1-599.e7, abr. 2022.

TURKKAL, Fatos; CULHAOGLU, Ahmet Kursad; SAHIN, Volkan. Composite-veneering of polyether-ether-ketone (PEEK): evaluating the effects of different surface modification methods on surface roughness, wettability, and bond strength. *Lasers in medical science*, v. 38, n. 1, p. 95, mar. 2023.

ULGEY, Melih; GORLER, Oguzhan; KARAHAN GUNDUZ, Cansu. Effects of laser modalities on shear bond strengths of composite superstructure to zirconia and PEEK infrastructures: an in vitro study. *Odontology*, v. 109, n. 4, p. 845–853, out. 2021.

WANG, Dingjie *et al.* Adhesive Property of 3D-Printed PEEK Abutments: Effects of Surface Treatment and Temporary Crown Material on Shear Bond Strength. *Journal of Functional Biomaterials*, v. 13, n. 4, 2022.

YILDIZ, Pınar; ÜNLÜ, Damla Güneş. Investigation of the effect of different surface treatments for preventing detachment of polyetheretherketone and titanium attachment matrix housings in overdentures: An in vitro study. *Journal of Indian Prosthodontic Society*, v. 23, n. 2, p. 142–149, 2023.

ZHANG, Jiaqi *et al.* Effect of Acid-Etching Duration on the Adhesive Performance of Printed Polyetheretherketone to Veneering Resin. *Polymers*, v. 13, n. 20, out. 2021.