

Artigo de Revisão de Literatura
Literature Review Article

Tratamentos de superfície para materiais CAD/CAM híbridos e poliméricos: uma revisão integrativa

Surface treatments for hybrid and polymeric CAD/CAM materials: an integrative review

Carine de Farias Florentino¹
Renally Bezerra Wanderley e Lima¹
Amanda Lira Rufino de Lucena¹
Isabelle Lins Macêdo de Oliveira¹
João Gabriel Regis da Silva¹
João Vitor do Nascimento Santos¹
Ísis de Araújo Ferreira Muniz²
Débora e Silva Campos²

Autor para correspondência:

João Gabriel Regis da Silva
Faculdades Nova Esperança
Avenida Frei Galvão, n. 12 – Gramame
CEP 58067-698 – João Pessoa – PB – Brasil
E-mail: regis0934@gmail.com

¹ Faculdades Nova Esperança – João Pessoa – PB – Brasil.

² Departamento de Odontologia, Universidade Federal da Paraíba – João Pessoa – PB – Brasil.

Data de recebimento: 7 fev. 2022. Data de aceite: 28 nov. 2022.

Palavras-chave:

CAD/CAM; restauração dentária; tratamento de superfície.

Resumo

Objetivo: Avaliar a evidência científica disponível sobre os tratamentos de superfície dos materiais CAD-CAM híbridos e poliméricos e sua influência nas propriedades de adesão a esses materiais dentários. **Material e métodos:** Foram realizadas buscas nas bases de dados PubMed, Embase, Web of Science e Scopus, com início no mês de agosto até setembro de 2021. A pergunta norteadora da pesquisa foi: quais os tratamentos de superfície utilizados nos materiais CAD-CAM híbridos e poliméricos e sua influência nas propriedades de adesão a esses materiais? Incluíram-se estudos *in vitro* que avaliaram as propriedades de adesão dos materiais CAD-CAM após aplicação de algum tratamento de superfície. Foram excluídos estudos

que utilizaram materiais que possuíam na sua composição apenas cerâmica e estudos que recorreram a tratamentos de superfície experimentais. Realizou-se análise da qualidade metodológica das pesquisas incluídas. Os dados extraídos dos resultados incluídos foram analisados qualitativamente de forma detalhada. **Resultados:** Após as etapas de seleção e leitura dos artigos, 31 estudos foram selecionados. O material CAD-CAM mais estudado foi a resina nanocerâmica (Lava Ultimate) e a cerâmica infiltrada por polímero (Vita Enamic). Os tratamentos mais usados para esses materiais foram o jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas ou não por sílica e o condicionamento com ácido fluorídrico, seguido da aplicação de um silano. As propriedades mais avaliadas nos estudos foram a rugosidade superficial e resistência de união. **Conclusão:** O jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas ou não por sílica, seguido da aplicação de um adesivo universal, parece ser o tratamento mais indicado para aumentar a rugosidade e obter adequada resistência de união aos materiais CAD/CAM poliméricos. Por outro lado, para as cerâmicas infiltradas por polímero, o uso do ácido fluorídrico, seguido pela aplicação do silano, parece ser o tratamento de superfície mais indicado.

Keywords:

CAD/CAM; dental restoration; surface treatment.

Abstract

Objective: To evaluate the available scientific evidence on the surface treatments of the new hybrid and polymeric CAD-CAM materials and their influence on the surface properties and bond strength of these dental materials. **Material and methods:** Searches were performed in PubMed, Embase, Web of Science and Scopus databases, beginning in August until September 2021. The guiding question of the research was: what are the surface treatments used in hybrid and polymeric CAD-CAM materials and their influence on the bond strength and surface properties of these materials? In vitro studies were included that evaluated the properties of bond strength, contact angle, surface energy and surface roughness of the new CAD-CAM materials after application of some surface treatment. Studies that used materials that had only ceramics in their composition and studies that used experimental surface treatments were excluded. The data extracted from the included results were qualitatively analyzed in detail. **Results:** After the steps of selecting and reading the articles, 31 studies were included in this integrative review. The most studied CAD-CAM material was nanoceramic resin (Lava Ultimate) and polymer-infiltrated ceramic (Vita Enamic). The most used treatments for these materials were sandblasting with aluminum oxide particles coated or not with silica and conditioning with hydrofluoric acid, followed by the application of a silane. The most evaluated properties in the studies were surface roughness and bond strength. **Conclusion:** Sandblasting with aluminum oxide particles coated or not with silica, followed by the application of silane, seems to be the most suitable treatment to increase roughness and obtain adequate bond strength to CAD/CAM materials. On the other hand, for polymer infiltrated ceramics, the use of hydrofluoric acid followed by the application of silane seems to be the most suitable surface treatment.

Introdução

O sistema CAD-CAM (*computer aided design*) é composto por um escâner que pode digitalizar um modelo, preparo ou impressão em que o *design* e o planejamento da restauração são feitos por meio de uma plataforma digital para posteriormente utilizar esse planejamento para fabricação da peça protética usando uma fresadora [14]. A confecção e o manejo de restaurações indiretas são em grande maioria realizados pelo laboratório, onde é mais fácil o controle de fatores como umidade, temperatura, entre outros. Em virtude de tais fatores e outros envolvidos no processamento dessas restaurações, elas podem apresentar superioridade quanto à estética e longevidade clínica, tornando-se uma preferência cada vez maior na escolha dos cirurgiões-dentistas e pacientes [5].

As restaurações indiretas podem ser do tipo *inlays*, *onlays*, *overlays*, coroas, facetas e pontes fixas. Diferentes tipos de materiais são empregados para sua confecção, como as cerâmicas odontológicas e os materiais híbridos (polímeros e cerâmicas infiltradas por polímeros). O método de processamento para confeccionar restaurações indiretas, utilizando cerâmicas e materiais híbridos, é a fresagem/usinagem (CAD-CAM) [36].

Com o avanço tecnológico e o aprimoramento dos materiais, esse sistema vem sendo empregado cada vez mais na prática clínica, fazendo com que haja melhor reprodutibilidade, precisão dimensional, menor tempo de produção e maiores possibilidades de utilização de novos sistemas cerâmicos [34].

Dentre os novos materiais indiretos, estão os materiais híbridos, cuja rede de cerâmica porosa é preenchida com resina, e os materiais poliméricos. Esses materiais apresentam tempo de fresagem e usinagem inferior ao de cerâmicas convencionais, assim como melhores propriedades [32]. Quando materiais híbridos e poliméricos são comparados ao dissilicato de lítio, por exemplo, por apresentarem módulo de elasticidade semelhante ao do dente e menor dureza, apresentam-se como uma boa opção como material restaurador. Além disso, a resina nanoparticulada (Lava Ultimate®) e a cerâmica infiltrada por polímero (Vita Enamic®), quando comparadas às vitrocerâmicas e à zircônia, demonstraram melhores resultados relacionados ao desgaste dos dentes antagonistas, seja comparativamente aos dentes naturais ou aos próprios materiais restauradores [27].

Existem diferentes tipos de tratamentos, como, por exemplo, o jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas ou não por sílica e aplicação de ácido fluorídrico (AF), cujo objetivo em comum é aumentar a união entre o material restaurador indireto e o substrato [27].

Por causa da grande diversidade de materiais restauradores indiretos disponíveis no mercado, os profissionais da área da Odontologia encontram dificuldades em escolher corretamente materiais e tratamentos de superfície para suas reabilitações. Além disso, a falta de consenso na literatura no que se diz respeito ao tratamento dos novos materiais CAD-CAM faz com que haja dificuldade na tomada de decisão dos cirurgiões-dentistas sobre qual protocolo seguir [20].

Um protocolo de tratamento de superfície adequado para cada tipo de material proporcionará uma melhor adesão ao substrato, tendo como consequência uma longevidade clínica das restaurações indiretas, o que beneficiará não apenas o operador, como também o paciente. Assim sendo, o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento da evidência científica sobre os tratamentos de superfície dos materiais CAD-CAM híbridos e poliméricos e sua influência nas propriedades de superfície e resistência de união a esses materiais dentários.

Material e métodos

Este trabalho caracterizou-se como uma revisão integrativa da literatura, realizada por meio da análise descritiva dos dados provenientes dos estudos incluídos sobre os diferentes tratamentos de superfície dos materiais CAD-CAM híbridos e poliméricos e sua influência nas propriedades de superfície e resistência de união a esses materiais dentários. Revisões integrativas proporcionam uma síntese de múltiplos estudos (qualitativos e quantitativos, experimentais e não experimentais) visando a um entendimento abrangente do estado do conhecimento de assunto complexo.

Estratégia de busca

A pergunta de pesquisa desta revisão integrativa foi: quais os tratamentos de superfície utilizados nos materiais CAD-CAM híbridos e poliméricos e sua influência nas resistências de união e propriedades

de superfície desses materiais? Foram realizadas buscas nas bases de dados PubMed, Scopus, Web of Science e Embase, com as seguintes palavras-chave: “polymer-based CAD-CAM materials”, “polymer infiltrated ceramic network”, “CAD-CAM materials”, “resin-ceramic CAD-CAM”, “hybrid ceramics”, “abrasion”, “surface treatment”, “silane”, “universal adhesive”, “hydrofluoric acid”, “bond strength”, “surface roughness”, “water angle” e “surface energy”. A estratégia de busca nas bases de dados foi: “polymer-based CAD-CAM materials” OR “polymer infiltrated ceramic network” OR “CAD-CAM materials” OR “resin-ceramic CAD-CAM” AND “hybrid ceramics” OR “abrasion” OR “surface treatment” OR “silane”, “universal adhesive” OR “hydrofluoric acid” AND “bond strength” OR “surface roughness” OR “water angle” OR “surface energy”.

Critérios de elegibilidade

Como critérios de inclusão nesta revisão integrativa foram utilizados estudos *in vitro* que avaliaram as seguintes propriedades: resistência de união, ângulo de contato, energia de superfície e rugosidade de superfície dos novos materiais CAD-CAM após aplicação de algum tratamento de superfície. Consideraram-se critérios de exclusão estudos que utilizaram materiais que possuíam na sua composição apenas cerâmica, estudos que recorreram a tratamentos de superfície experimentais, carta ao editor, revisões de literatura, relatos de casos e resumos de congressos.

Seleção dos estudos, extração e análise dos dados

Os estudos obtidos pela busca nas bases de dados foram coletados e transferidos para o *software* Rayyan (<https://rayyan.qcri.org/>), para seleção e remoção das duplicatas. Os artigos foram selecionados sem critérios de filtros de linguagem e ano de publicação. Em seguida, fez-se a leitura dos títulos e resumos categorizando-os de acordo com os critérios de elegibilidade. Os trabalhos incluídos foram selecionados para leitura completa e detalhada dos textos completos em PDF.

Utilizou-se uma planilha padronizada no Microsoft Excel® (Microsoft Corporation,

Redmon, Washington, USA) para coleta dos dados metodológicos mais importantes dos estudos incluídos. Os seguintes dados foram coletados: autor e ano de publicação, nome comercial, tratamento de superfície, propriedades físico-mecânicas e principais resultados. Os dados obtidos dos estudos selecionados foram avaliados por meio de uma síntese qualitativa e detalhada das evidências incluídas.

Análise da qualidade metodológica

A análise da qualidade metodológica dos artigos incluídos foi realizada por dois revisores independentes e baseada em revisões sistemáticas de estudos *in vitro* previamente publicadas [28]. Avaliaram-se os seguintes parâmetros de acordo com a descrição da metodologia dos estudos: randomização, cálculo amostral, grupos comparáveis, informações detalhadas das medidas, materiais utilizados de acordo com a instrução do fabricante, análise estatística apropriada, operador único e cegamento do operador. Classificaram-se os estudos de acordo com a quantidade de “sim” em: alto risco de viés (1 a 3), médio risco de viés (4 ou 5) e baixo risco de viés (6 a 8). Um terceiro revisor foi consultado em caso de divergências.

Resultados

O fluxograma representado na figura 1 sintetiza a estratégia de busca dos estudos pesquisados nesta revisão integrativa. No total, 468 artigos foram encontrados nas bases de dados. Após a remoção de duplicatas, 255 foram computados. Conforme os critérios de inclusão e exclusão, excluíram-se 219 estudos após a leitura de títulos e resumos. Com isso, 36 artigos foram selecionados para a leitura detalhada dos textos completos em PDF. Após a leitura completa, 31 estudos foram incluídos na análise qualitativa do presente trabalho e outros quatro foram excluídos de acordo com os critérios de elegibilidade, após a leitura do texto completo. Destes, dois não utilizaram materiais CAD-CAM híbridos e dois empregaram materiais experimentais. Desconsiderou-se um artigo porque não estava disponível para *download*. Solicitou-se o texto, via *e-mail*, ao autor principal, porém nenhuma resposta foi obtida.

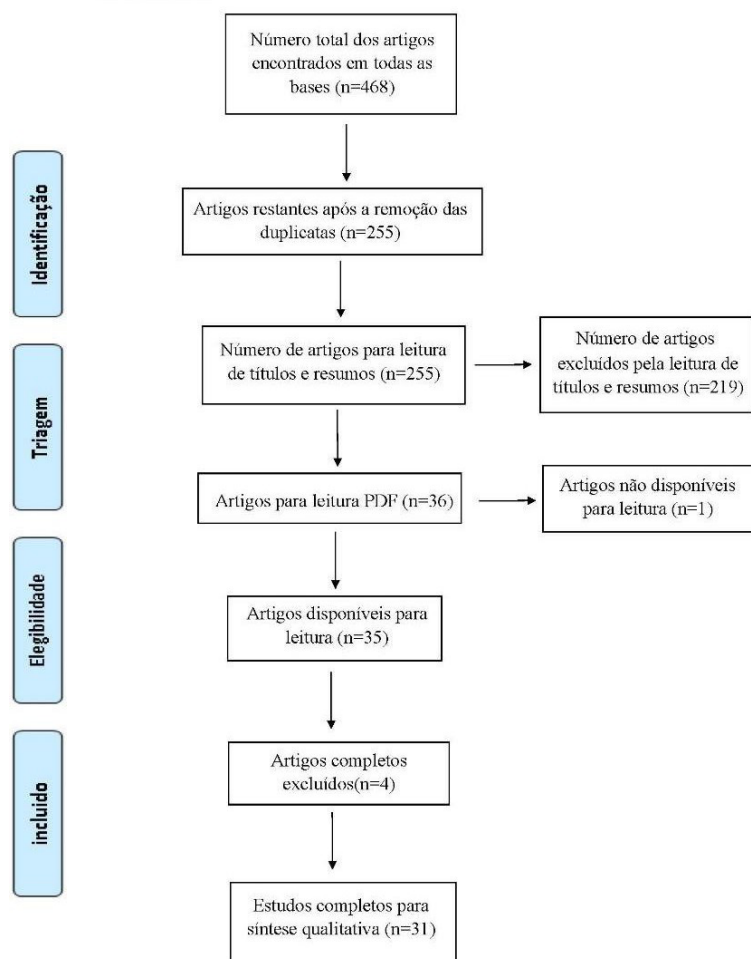


Figura 1 - Fluxograma resumindo o processo de seleção e identificação dos estudos

Análise qualitativa

De acordo com a análise qualitativa realizada com o levantamento dos dados metodológicos, os estudos foram publicados entre os anos de 2014 e 2021. Os tipos de materiais CAD-CAM estudados foram resina, empregada em 20 estudos, nanocerâmica, utilizada em 20 estudos [2, 4, 10, 13, 16, 18, 19, 21, 23, 30-32, 35, 36, 38, 40, 41, 46, 47, 50] e cerâmica infiltrada por polímero, em 22 estudos [1, 4, 8, 10, 13, 15-19, 21, 27, 29, 30, 32, 37-41, 47, 48]. As propriedades físico-mecânicas consideradas nos estudos incluídos foram: resistência união, avaliada em 21 estudos [1, 3, 10, 13-18, 23, 27, 31, 37, 39, 41-43, 46, 48-50], rugosidade de superfície, em 17 estudos [2, 8, 13, 15-17, 19, 21, 22, 29, 30, 32, 37, 41, 47, 46, 48], energia de superfície, em dois estudos [13, 38], e ângulo de contato, avaliado em um dos estudos [2]. De acordo com os estudos, os tipos de tratamentos de superfície utilizados foram: jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas ou não por sílica, realizado em 24 estudos [1, 3, 4, 8, 10, 13, 16, 18, 19, 21, 27, 30, 31, 32, 35, 37-41, 46-48, 50], condicionamento com ácido fluorídrico, em 17 estudos [1, 8, 13, 15-19, 21, 27, 29-32, 37, 38, 47], silanização, em 14 estudos [1, 13, 16, 18, 19, 21, 27, 30, 31, 39, 40, 43, 46, 48], aplicação de um *primer* cerâmico ou *primer* cerâmico autocondicionante, em nove estudos [1, 15-17, 29, 35, 38, 39, 47], aplicação de um adesivo universal, em sete estudos [8, 22, 23, 31, 35, 37, 45], *laser* de Er: YAG e Cr: YSGG, em três estudos [8, 16, 47], plasma não térmico, em um estudo [2], e plasma de argônio, em um estudo [10]. Os materiais CAD-CAM mais avaliados foram: cerâmica infiltrada por polímero Vita Enamic (Vita Zahnfabrik), em 22 estudos [1, 4, 8, 10, 13, 15-19, 21, 27, 29, 30, 32, 37, 38-41, 47, 48], e nanocerâmica Lava Ultimate (3M ESPE), em 20 estudos [2, 4, 10, 13, 16, 18, 19, 21, 23, 30-32, 35, 37, 38, 40, 41, 47, 49, 50]. Esses dados são exibidos na tabela I.

Tabela 1 - Quadro de extração dos dados metodológicos

| Nome do autor | Nome comercial | Tratamento de superfície | Propriedades físico-mecânicas | Principais resultados |
|-------------------------------|--|--|---|--|
| Porto <i>et al.</i> [32] | Lava Ultimate (3M ESPE) / Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) / Shofu Block HC (Shofu Dental) / IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent) | Tratamento 1: condicionamento com AF*; tratamento 2: jateamento com partículas de óxido de alumínio. | Rugosidade de superfície | Materiais com diferentes composições não apresentaram diferença significativa nos valores de rugosidade após aplicação dos diferentes tratamentos de superfície. No entanto o AF + silano foi o que gerou uma maior rugosidade. |
| Barutçigil <i>et al.</i> [8] | Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) | Tratamento 1: grupo controle (sem tratamento); tratamento 2: jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica; tratamento 3: jateamento com partículas de óxido de alumínio; tratamento 4: condicionamento com AF*; tratamento 5: aplicação de um adesivo universal; tratamento 6: aplicação de <i>laser</i> de Er:YAG e Cr:YSGG | Rugosidade de superfície | Todos os métodos de tratamento de superfície aumentaram a rugosidade de superfície comparativamente ao grupo controle. Não foram reveladas diferenças significativas entre os tratamentos de superfície realizados para os valores de resistência. |
| Elsaka [19] | Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) / Lava Ultimate (3M ESPE) | Tratamento 1: grupo controle (sem tratamento); tratamento 2: jateamento com partículas de óxido de alumínio; tratamento 3: jateamento com partículas de óxido de alumínio + silanização; tratamento 4: condicionamento com AF*; tratamento 5: condicionamento com AF* + sinalização. | Resistência de união e rugosidade de superfície | Todos os métodos de tratamento mostraram maior resistência em relação ao grupo controle. O jateamento com óxido de alumínio promoveu, nas superfícies tratadas, áreas elevadas e deprimidas, gerando fendas e depressões provavelmente ocasionadas pelo impacto das partículas de óxido de alumínio. |
| Sismanoglu <i>et al.</i> [37] | Brilliant Crios (Coltene) / Lava Ultimate (3M ESPE) / Shofu Block HC (Shofu Dental) / Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) | Tratamento 1: grupo controle (sem tratamento); tratamento 2: condicionamento com AF*; tratamento 3: jateamento com partículas de óxido de alumínio; tratamento 4: jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica. | Rugosidade de superfície e resistência de união | O jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas ou não por sílica revelou bons resultados para resinas nanocerâmicas. O adesivo universal com silano teve melhor resistência de união. A aplicação de adesivo universal após tratamento de superfície é recomendada para aumentar a resistência dos reparos. |

Continua...

Continuação da tabela I

| Nome do autor | Nome comercial | Tratamento de superfície | Propriedades físico-mecânicas | Principais resultados |
|-----------------------------|---|---|--|---|
| Alp <i>et al.</i> [4] | Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) / Lava Ultimate (3M ESPE) / Cerasmart (GC Corp) | Tratamento 1: jateamento com partículas de óxido de alumínio; tratamento 2: jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica. | Rugosidade de superfície e resistência de união | O tipo de cimento resinoso e o tratamento de superfície afetaram a união de todos os materiais. Os resultados de rugosidade mostraram que, exceto para os materiais LU e EN, o tratamento de superfície teve um efeito significativo na rugosidade da superfície do material CS (P = 0,006). O revestimento de sílica resultou em maior rugosidade da superfície do que a abrasão de partículas transportadas pelo ar para CS (P = 0,006). Ao combinar o jateamento com um cimento resinoso dual, o Lava Ultimate apresentou menores valores de união e ao combinar a silicatização com um cimento resinoso fotopolimerizável no Vita Enamic e Cerasmart. |
| Chuenjit <i>et al.</i> [13] | Block HC (Shofu Dental) / Cerasmart (GC Corp) / Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) / Lava Ultimate (3M ESPE) | Tratamento 1: grupo controle (sem tratamento); tratamento 2: jateamento com partículas de óxido de alumínio; tratamento 3: condicionamento com AF*; tratamento 4: silanização; tratamento 5: jateamento com partículas de óxido de alumínio + silanização; tratamento 6: condicionamento com AF* + silanização; tratamento 7: jateamento com partículas de óxido de alumínio + condicionamento com AF*; tratamento 8: jateamento com partículas de óxido de alumínio + condicionamento com AF* + silanização. | Resistência de união, rugosidade de superfície e energia de superfície | O jateamento, condicionamento com AF* e aplicação do silano e suas combinações aumentaram a resistência de união, rugosidade e energia de superfície dos materiais CAD/CAM. |

Continua...

Continuação da tabela I

| Nome do autor | Nome comercial | Tratamento de superfície | Propriedades físico-mecânicas | Principais resultados |
|---------------------------------------|--|--|---|--|
| El-Damanhoury e Gaintantzopoulou [17] | Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) / IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent) / Vita Blocs Mark II (Vita Zahnfabrik) | Tratamento 1: grupo controle (sem tratamento); tratamento 2: aplicação de um <i>primer</i> cerâmico; tratamento 3: condicionamento com AF* + aplicação de um <i>primer</i> cerâmico; tratamento 4: aplicação de um <i>primer</i> cerâmico autocondicionante. | Rugosidade de superfície e resistência de união | Todos os tratamentos aumentaram a rugosidade superficial em relação ao grupo controle. A utilização de uma <i>primer</i> autocondicionante teve resultados semelhantes ao AF* + <i>primer</i> cerâmico. |
| Papadopoulos <i>et al.</i> [30] | Shofu Block (Shofu Dental) / Lava Ultimate (3M ESPE) / Brilliant Crios (Coltene) / Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) | Tratamento 1: grupo controle (sem tratamento); tratamento 2: jateamento com partículas de óxido de alumínio; tratamento 3: condicionamento com AF* + silanização; tratamento 4: jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica + silanização. | Rugosidade de superfície | Todos os tratamentos de superfície resultaram em maior rugosidade de superfície em relação ao grupo controle. Diferenças insignificantes foram observadas entre os tratamentos de superfície, podendo não ter significado clínico |
| Elsaka e Elnaghy [18] | Grandio Blocs (VOCO) / Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) / Lava Ultimate (3M ESPE) | Tratamento 1: grupo controle (sem tratamento); tratamento 2: jateamento com partículas de óxido de alumínio; tratamento 3: jateamento com partículas de óxido de alumínio + silanização; tratamento 4: condicionamento com AF*; tratamento 5: condicionamento com AF* + silanização; tratamento 6: aplicação de solução de tetrafluoreto de titânio a 2%; tratamento 7: aplicação de solução de tetrafluoreto de titânio a 2% + silanização; tratamento 8: aplicação de solução de tetrafluoreto de titânio a 4%; tratamento 9: aplicação de solução de tetrafluoreto de titânio a 4% + silanização. | Resistência de união | O protocolo de união ideal para os sistemas Grandio/cimento resinoso de cura dupla e Lava Ultimate/cimento resinoso foi alcançado usando 2% de tetrafluoreto de titânio seguido pela aplicação de silano. A aplicação de silano melhorou a adesão entre o cimento resinoso e material CAD-CAM. |

Continua...

Continuação da tabela I

| Nome do autor | Nome comercial | Tratamento de superfície | Propriedades físico-mecânicas | Principais resultados |
|------------------------------------|--|--|---|---|
| Tekçe <i>et al.</i> [41] | Lava Ultimate (3M ESPE) / Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) | Tratamento 1: jateamento com partículas de óxido de alumínio. | Rugosidade de superfície e resistência de união. | Quanto mais tempo de jateamento, maior a rugosidade superficial dos materiais. Entretanto os valores de resistência de união foram diminuídos quando o jateamento ocorreu por mais de 30 segundos. Portanto, é clinicamente benéfico não exceder 30 segundos de jateamento para restaurações de resina CAD-CAM. |
| Cengiz-Yanardag <i>et al.</i> [47] | IPS e-max CAD (Ivoclar Vivadent) / Lava Ultimate (3M ESPE) / Cerasmart (GC Corp) / Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) | Tratamento 1: grupo controle (sem tratamento); tratamento 2: aplicação de <i>laser</i> de Er:YAG, Cr:YSGG com 2W; tratamento 3: aplicação de <i>laser</i> de Er:YAG, Cr:YSGG com 3W; tratamento 4: jateamento com partículas de óxido de alumínio; tratamento 5: condicionamento AF* + aplicação de um <i>primer</i> cerâmico. | Rugosidade de superfície | O tratamento com AF* a 5% é o melhor método de tratamento de superfície em relação à resistência de união para todos os materiais restauradores CAD-CAM. Morfológicamente, para esses materiais híbridos e polímeros estudados, quando tratados com <i>laser</i> , foram observadas irregularidades, como depressões rasas. |
| Adimci <i>et al.</i> [2] | Lava Ultimate (3M ESPE) / Vitablocks Mark II (Vita Zahnfabrik) / Telio CAD (Ivoclar Vivadent) | Tratamento 1: grupo controle (sem tratamento); tratamento 2: tratamento de plasma não térmico por 15 segundos; tratamento 3: tratamento de plasma não térmico por 30 segundos; tratamento 4: tratamento de plasma não térmico por 60 segundos; tratamento 5: tratamento de plasma não térmico por 90 segundos. | Molhabilidade, rugosidade de superfície e ângulo de contato | A rugosidade da superfície da resina nanocerâmica aumentou significativamente quando tratada com TPNT por 30 segundos. O tratamento com TPNT diminuiu de modo considerável o ângulo de contato. No entanto esse tratamento, após 30 segundos, não melhorou significativamente a molhabilidade da superfície do material. |

Continua...

| Continuação da tabela I | Nome do autor | Nome comercial | Tratamento de superfície | Propriedades físico-mecânicas | Principais resultados |
|-------------------------|----------------------------------|---|--|---|---|
| | El-Damanhoury <i>et al.</i> [16] | Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) / Cerasmart GC Corp) / Lava Ultimate (3M ESPE) / Shofu Block HC (Shofu Dental) / IPS e.max CAD (Ivoclar Vivadent) | Tratamento 1: aplicação de um primer cerâmico; tratamento 2: aplicação de <i>laser</i> de Er:YAG; tratamento 3: condicionamento com AF* + silanização; tratamento 4: aplicação de um <i>primer</i> cerâmico autocondicionante; tratamento 5: jateamento com partículas de óxido de alumínio + aplicação de um <i>primer</i> cerâmico. | Resistência de união e rugosidade de superfície | A eficácia do pré-tratamento é dependente do tipo de material. O condicionamento com ácido fluorídrico aumentou os valores de rugosidade e resistência de união z para materiais de rede de cerâmica infiltrada por polímero, sendo padrão ouro para esse tipo de material. O jateamento com alumina ou ablação a <i>laser</i> é mais eficaz para materiais compostos de resina. |
| | Ilie e Ruse [22] | Tetric CAD (Ivoclar Vivadent) | Tratamento 1: jateamento e aplicação de um adesivo universal. | Rugosidade de superfície | Danos significativos foram encontrados no material CAD-CAM à base de resina composta na maioria das amostras de 60 de granulção e em algumas amostras de 320. Para os testes de resistência de união nos materiais termociclados, foram identificados na superfície “danos subsuperficiais”, ou seja, trincas visíveis na superfície das amostras do material tratadas com 60 de granulção. |
| | Castro <i>et al.</i> [10] | Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) / Lava Ultimate (3M ESPE) / Cerasmart (GC corp) | Tratamento 1: tratados de acordo com as instruções do fabricante; tratamento 2: aplicação de plasma de argônio + jateamento com partículas de óxido de alumínio; tratamento 3: aplicação de plasma de argônio + jateamento com partículas de óxido de alumínio + aplicação de um agente de ligação (de acordo com o tipo de material). | Resistência de união | Nenhum benefício significativo na resistência de união foi visto com o uso do plasma sozinho ou em conjunto com um agente de união, independentemente do material indireto utilizado, cimento e tempo de armazenamento. Os tratamentos das cerâmicas CAD-CAM com matriz de resina (CCMR) antes da cimentação devem seguir as instruções do fabricante. |

Continua...

Continuação da tabela 1

| Nome do autor | Nome comercial | Tratamento de superfície | Propriedades físico-mecânicas | Principais resultados |
|----------------------------------|--|---|---|---|
| Donmez <i>et al.</i> [15] | Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) / IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent) / IPS e-max CAD (Ivoclar Vivadent) / Vita suprinity (Vita Zahnfabrik) | Tratamento 1: grupo controle (sem tratamento); tratamento 2: aplicação de um <i>primer</i> cerâmico autocondicionante por 60s; tratamento 3: aplicação de um <i>primer</i> cerâmico autocondicionante por 120s; tratamento 4: condicionamento com AF* 5% por 60s; tratamento 5: condicionamento com AF* 5% por 120s; tratamento 6: condicionamento com AF* 9,5% por 60s; tratamento 7: condicionamento com AF* 9,5% por 120s. | Resistência de união e rugosidade de superfície | Todos os tratamentos de superfície aumentaram a rugosidade superficial e levaram a um aumento da resistência ao cisalhamento em comparação ao grupo controle. A duração e concentração de ácido fluorídrico não tiveram efeito estatisticamente significativo na resistência ao cisalhamento. A aplicação do silano aumentou os valores de união. |
| Murillo-Gómez <i>et al.</i> [26] | Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) / IPS e-max CAD (Ivoclar Vivadent) / IPS Empress CAD (Ivoclar Vivadent) | Tratamento 1: grupo controle (sem tratamento); tratamento 2: condicionamento com AF* 5% por 20s; tratamento 3: condicionamento com AF* 5% por 60s; tratamento 4: condicionamento com AF* 10% por 20s; tratamento 5: condicionamento com AF* 10% por 60s; tratamento 6: aplicação de um <i>primer</i> cerâmico autocondicionante. | Rugosidade de superfície | Apenas os grupos AF* 5% 60s e AF* 10% 20s apresentaram valores de rugosidade estatisticamente maiores que o grupo controle para todos os materiais avaliados. Todos os tratamentos (exceto o <i>primer</i> cerâmico autocondicionante) produziram menores valores da razão Si/C/ do que o grupo controle. |
| Rosentritt <i>et al.</i> [35] | Shofu Block (Shofu Dental) / Lava Ultimate (3M ESPE) / Grandio Blocs (Voco Dental) / Tetric CAD (Ivoclar Vivadent) | Shofu Block: jateamento com partículas de óxido de alumínio + aplicação de um <i>primer</i> cerâmico; Lava Ultimate: jateamento com partículas de óxido de alumínio + aplicação de um adesivo universal; Grandio Blocs: jateamento com partículas de óxido de alumínio + aplicação de um <i>primer</i> cerâmico; Tetric CAD: aplicação de um adesivo universal. | Resistência de união | O tipo de material e o tratamento adequado foram fatores significativos na ocorrência de fratura e descimentação das coroas. Portanto, a correta escolha do material e tratamento de superfície é necessária. |

Continua...

Continuação da tabela I

| Nome do autor | Nome comercial | Tratamento de superfície | Propriedades físico-mecânicas | Principais resultados |
|-------------------------------|--|--|---|--|
| Tsukagoshi <i>et al.</i> [43] | Katana Avencia Block (Kuraray Noritake) | Tratamento 1: aplicação de solução de silano a 1% por 20s; tratamento 2: aplicação de uma mistura equivalente à solução de silano a 1% por 20s; tratamento 3: aplicação de solução de silano a 2% por 20s; tratamento 4: aplicação de uma mistura equivalente à solução de silano a 2% por 20s. | Resistência de união e ângulo de contato | Maiores valores de resistência de união foram observados com os tratamentos de silano a 2%. O ângulo de contato diminui com os tratamentos com silano a 2%. |
| Güngör <i>et al.</i> [21] | Lava Ultimate (3M ESPE) / Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) / Cerasmart (GC Corp) | Tratamento 1: grupo controle (sem tratamento); tratamento 2: jateamento com partículas de óxido de alumínio; tratamento 3: asperização da superfície do material com ponta diamantada com grãos de 125 µm; tratamento 4: condicionamento com AF* + silanização. | Resistência de união e rugosidade de superfície | A maior rugosidade foi observada nos grupos que foram tratados com a asperização. A menor rugosidade foi encontrada nos grupos controle e de condicionamento com ácido hidrofluorídrico, não havendo diferença estatisticamente significante entre eles. Os tratamentos de superfície aumentaram significativamente a resistência ao cisalhamento. Os maiores valores de resistência ao cisalhamento foram observados nos grupos de ácido + silano aplicado no grupo não termociclado. |
| Strasser <i>et al.</i> [38] | Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) / Cerasmart (GC Corp) / Shofu Block (Shofu Dental) / Lava Ultimate (3M ESPE) / Brilliant Crios (Coltene) / Grandio Blocs (Voco Dental) | Tratamento 1: condicionamento com AF*; tratamento 2: condicionamento com ácido fosfórico + aplicação de um primer cerâmico autocondicionante; tratamento 3: asperização da superfície do material com ponta diamantada com grãos de 80 µm; tratamento 4: jateamento com partículas de óxido de alumínio. | Rugosidade e energia de superfície | Os seguintes tratamentos melhoraram as propriedades de superfície de cada material: cerâmicas vítreas: condicionamento com AF* / zircônia; jateamento com partículas de óxido de alumínio / cerâmica infiltrada por polímero; jateamento ou condicionamento com AF* / polímeros; jateamento com partículas de óxido de alumínio. |

Continua...

Continuação da tabela 1

| Nome do autor | Nome comercial | Tratamento de superfície | Propriedades físico-mecânicas | Principais resultados |
|------------------------------|---|---|-------------------------------|---|
| Takahashi <i>et al.</i> [39] | Cerasmart (GC Corp) / Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) | Tratamento 1: jateamento com partículas de óxido de alumínio + silanização; tratamento 2: jateamento com partículas de óxido de alumínio + aplicação de um <i>primer</i> cerâmico; tratamento 3: jateamento com partículas de óxido de alumínio + silanização + aplicação de um <i>primer</i> cerâmico. | Resistência de união | Conclui-se que não apenas a aplicação de silano, como também as aplicações de <i>primer</i> cerâmico aumentaram os valores de resistência de união entre os cimentos resinosos ao bloco composto CAD / CAM. |
| Abdou <i>et al.</i> [1] | Estelite Block e Estelite P Block (Tokuyama Dental) / Katana Avencia (Kuraray Noritake) / KZR-CAD HR2 e HR3 (Yamamoto Precious Metal) / Tetric CAD (Ivoclar Vivadent) / Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) | Tratamento 1: condicionamento com AF* + silanização; tratamento 2: condicionamento com AF* + aplicação de um <i>primer</i> cerâmico; tratamento 3: jateamento com partículas de óxido de alumínio + silanização; tratamento 4: jateamento com partículas de óxido de alumínio + aplicação de um <i>primer</i> cerâmico. | Resistência de união | O jateamento e o ácido hidrofluorídico aumentaram a rugosidade superficial do bloco CAD-CAM de resina composta. A aplicação de <i>primers</i> cerâmicos melhorou o desempenho na rede de cerâmica infiltrada por polímero, mas seu efeito na superfície de carga dispersa do bloco CAD-CAM de resina composta foi limitado. O uso de adesivo universal antes da cimentação pode melhorar a resistência de união. A combinação de AF* e adesivo universal sem aplicação de <i>primer</i> cerâmico pode ser a melhor escolha para o pré-tratamento na superfície do bloco CAD-CAM de resina composta. |

Continua...

Continuação da tabela 1

| Nome do autor | Nome comercial | Tratamento de superfície | Propriedades físico-mecânicas | Principais resultados |
|----------------------------|---|---|---|---|
| Niizuma <i>et al.</i> [27] | Cerasmart (GC Corp) / Shofu HC (Shofu Dental) / Katana (Kuraray Noritake) / Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) | Tratamento 1: condicionamento com AF* + silanização; tratamento 2: condicionamento com AF* + aplicação de um adesivo universal; tratamento 3: jateamento com partículas de óxido de alumínio + silanização; tratamento 4: jateamento com partículas de óxido de alumínio + aplicação de um adesivo universal. | Resistência de união | O condicionamento com AF* aumenta os valores de resistência ao cisalhamento entre blocos de resina CAD/CAM e resina composta fluida. A concentração varia com o tipo e a composição do bloco de resina. A baixa concentração de AF* produz pequenas mudanças na composição da superfície do bloco, no entanto modifica a superfície. |
| Park e Choi [31] | Lava Ultimate (3M ESPE) | Tratamento 1: jateamento com partículas de óxido de alumínio; tratamento 2: jateamento com partículas de óxido de alumínio + aplicação de um adesivo universal; tratamento 3: condicionamento com AF* + aplicação de um adesivo universal; tratamento 4: condicionamento com AF* + silanização; tratamento 5: jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica; tratamento 6: jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica + aplicação de um adesivo universal. | Resistência de união | O revestimento triboquímico de sílica apresentou a maior rugosidade, seguido pelo jateamento e ataque ácido. O jateamento com adesivo universal apresentou a maior resistência de união, seguido pelo revestimento triboquímico de sílica com adesivo universal. O condicionamento AF* com adesivo universal apresentou a menor resistência de união. |
| Yano <i>et al.</i> [48] | Katana Avencia (Kuraray Noritake) / Cerasmart (GC Corp) / Shofu Block HC (Shofu Dental) / Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) | Tratamento 1: jateamento com partículas de óxido de alumínio + silanização. | Rugosidade de superfície e resistência de união | A análise demonstrou que o jateamento com partículas de óxido de alumínio aumentou a rugosidade e resistência de união dos materiais polímeros, mas não para os materiais cerâmicos infiltrados por polímeros. |

Continua...

Continuação da tabela 1

| Nome do autor | Nome comercial | Tratamento de superfície | Propriedades físico-mecânicas | Principais resultados |
|------------------------------|--|--|-------------------------------|---|
| Yoshihara <i>et al.</i> [50] | Cerasmart (GC Corp) / Katana Avencia (Kuraray Noritake) / KZR-CAD HR (Yamamoto Precious Metal) / Lava Ultimate (3M ESPE) / Shofu Block HC (Shofu Dental) | Tratamento 1: jateamento com partículas de óxido de alumínio. Metade dos espécimes passou por silanização e a outra não recebeu nenhum tratamento após o jateamento. | Resistência de união | O jateamento dos blocos CAD/CAM produziu não apenas uma superfície irregular, mas também rachaduras superficiais e internas do material. Portanto, CAD-CAM à base de polímeros devem ser jateados com pressão reduzida. O tratamento com silano após o jateamento melhorou a resistência da adesão. |
| Tekçe <i>et al.</i> [40] | Cerasmart (GC Corp) / Vita Enamic (Vita Zahnfabrik) / Lava Ultimate (3M ESPE) | Tratamento 1: grupo controle (sem tratamento); tratamento 2: jateamento com partículas de óxido de alumínio de 27 μm + silanização; tratamento 3: jateamento com partículas de óxido de alumínio de 30 μm + silanização; tratamento 4: jateamento com partículas de óxido de alumínio de 30 μm + silanização. | Resistência de união | O jateamento com partículas de óxido de alumínio aumentou significativamente os valores de rugosidade da superfície de cada restaurador CAD/CAM à medida que o tamanho das partículas aumentava. Após o jateamento, os valores de união de cada CAD/CAM restaurador para cimento adesivo de cura dupla aumentaram significativamente. A silicatização não aumentou ainda mais a adesão sobre Al ₂ O ₃ para o pré-tratamento de superfície de restaurações CAD/CAM à base de resina. |

Continua...

Continuação da tabela 1

| Nome do autor | Nome comercial | Tratamento de superfície | Propriedades físico-mecânicas | Principais resultados |
|-------------------------|--|--|---|---|
| Ali <i>et al.</i> [3] | Katana Avencia (Kuraray Noritake) | Tratamento 1: jateamento com partículas de óxido de alumínio sob pressão de 0,1 e 0,2 Mpa. Dividiu-se em três subgrupos de acordo com o tratamento de superfície: Clearfil Ceramic Primer; Clearfil Universal Bond e mistura de Clearfil Porcelain Bond Activador + Clearfil Tri-S Bond ND Quick. | Resistência de união | O jateamento com partículas de óxido de alumínio com silano separado melhorou a união. No entanto o armazenamento seco de uma semana teve um efeito negativo estatisticamente significativo sobre a resistência de união, com a exclusão de agentes silano não separados, como foi exibido pelo desempenho estável após armazenamento semelhante. |
| Wu <i>et al.</i> [46] | Lava Ultimate (3M ESPE) | Tratamento 1: jateamento com partículas de óxido de alumínio + silanização; tratamento 2: jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica + silanização; tratamento 3: jateamento com partículas de óxido de alumínio + aplicação de um adesivo universal; tratamento 4: jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas por sílica + aplicação de um adesivo universal. | Rugosidade de superfície e resistência de união | A combinação de pré-silanização e adesivos universais melhorou a adesão da resina de cerâmicas nanocompósitos. O revestimento triquímico de sílica não é superior ao jateamento com alumina para cerâmicas nanocompósitos pré-tratadas. |
| Keul <i>et al.</i> [23] | artBloc Temp (Merz Dental) / Telio CAD (Ivoclar Vivadent) / Nano Composite CFI-C (Creamed) / Lava Ultimate (3M ESPE) / CAD/CAM nanohybrid composite (experimental) | Todos os espécimes passaram por jateamento com partículas de óxido de alumínio. Em seguida foram divididos de acordo com o tipo de tratamento adesivo: tratamento 1: aplicação do <i>primer</i> Ambarino P60; tratamento 2: aplicação de um <i>primer</i> Monobond Plus, seguida da aplicação do adesivo Heliobond; tratamento 3: aplicação do <i>primer</i> Vision. link; tratamento 4: aplicação do <i>primer</i> VP connect | Resistência de união | O presente estudo mostra que outros fatores, como componentes polares e dispersos da resina, precisam ser considerados. Além disso, métodos de teste destrutivos são necessários para testar a força de ligação real, simulando condições intraorais por meio de procedimentos de envelhecimento artificial. |

AF* (ácido fluorídrico)

Síntese dos resultados

Para a maioria dos blocos nanocerâmicos avaliados, o tratamento de superfície realizado com o jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas ou não por sílica (30 a 50 μm), com pressão de 2 bar sob distância de 10 mm e aplicação de um adesivo universal por 60s, favoreceu melhores valores de rugosidade de superfície e melhor resistência de união. Já para as cerâmicas infiltradas por polímero, o uso de ácido fluorídrico 9% durante 60s, seguido pela aplicação de silano, produziu uma maior rugosidade superficial e resistência de união para esses materiais. Tais tratamentos também proporcionaram um aumento da energia de superfície em dois estudos que avaliaram essa propriedade [13, 38]. Apenas um estudo [2] avaliou ângulo de contato e observou que o tratamento com plasma diminui os valores do ângulo na superfície dos materiais híbridos cerâmicos e resinosos.

Análise da qualidade metodológica

A tabela II demonstra a análise da qualidade metodológica dos estudos incluídos. Todas as pesquisas apresentaram a descrição dos parâmetros acerca do detalhamento das mensurações e análise estatística apropriada. Operador único, cegamento do operador e cálculo amostral foram os parâmetros menos descritos nas metodologias. A maioria dos artigos apresentou a qualidade metodológica classificada como média ($n=26$). O baixo risco de viés foi identificado em cinco estudos, e nenhum teve alto risco de viés.

Tabela II - Análise da qualidade metodológica dos estudos incluídos

| Autor e ano | Randomização | Cálculo Amostral | Grupos comparáveis | Informações detalhadas das medidas | Instruções do fabricante | Análise estatística apropriada | Operador único | Operador cego | Risco de viés |
|----------------------------------|--------------|------------------|--------------------|------------------------------------|--------------------------|--------------------------------|----------------|---------------|---------------|
| Abdou <i>et al.</i> [1] | Sim | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Adimci <i>et al.</i> [2] | Sim | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Ali <i>et al.</i> [3] | Sim | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Alp <i>et al.</i> [4] | Não | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Médio |
| Barutçigil <i>et al.</i> [8] | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Baixo |
| Castro <i>et al.</i> [10] | Não | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Chuenjit <i>et al.</i> [13] | Sim | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Donmez <i>et al.</i> [15] | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| El-Damanhoury <i>et al.</i> [16] | Não | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |

Continua...

Continuação da tabela II

| Autor e ano | Randomização | Cálculo Amostral | Grupos comparáveis | Informações detalhadas das medidas | Instruções do fabricante | Análise estatística apropriada | Operador único | Operador cego | Risco de viés |
|---------------------------------------|---------------------|-------------------------|---------------------------|---|---------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|
| El-Damanhoury e Gaintantzopoulou [17] | Sim | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Elsaka [19] | Não | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Elsaka e Elnaghy [18] | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Baixo |
| Güngör <i>et al.</i> [21] | Não | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Ilie e Ruse [22] | Não | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Keul <i>et al.</i> [23] | Não | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Murillo-Gómez <i>et al.</i> [26] | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Niizuma <i>et al.</i> [27] | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Papadopoulos <i>et al.</i> [30] | Não | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Park e Choi [31] | Não | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Porto <i>et al.</i> [32] | Sim | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Rosentritt <i>et al.</i> [35] | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Baixo |
| Sismanoglu <i>et al.</i> [37] | Não | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Médio |
| Strasser <i>et al.</i> [38] | Não | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Takahashi <i>et al.</i> [39] | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Baixo |
| Tekçe <i>et al.</i> [40] | Não | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Tekçe <i>et al.</i> [41] | Não | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Tsukagoshi <i>et al.</i> [43] | Não | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Wu <i>et al.</i> [46] | Sim | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Yanardag <i>et al.</i> [47] | Sim | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Sim | Baixo |
| Yano <i>et al.</i> [48] | Não | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |
| Yoshihara <i>et al.</i> [50] | Não | Não | Sim | Sim | Sim | Sim | Não | Não | Médio |

Discussão

Os estudos incluídos nesta revisão integrativa avaliaram os efeitos de diferentes tratamentos de superfície para materiais CAD-CAM na adesão entre esses materiais e os cimentos resinosos [5, 47]. Os resultados do levantamento deste estudo demonstram que, para a maior parte dos materiais nanocerâmicos avaliados, o jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas ou não por sílica, seguido da aplicação de um adesivo universal, foi o mais utilizado e parece contribuir para o aumento da rugosidade superficial e resistência de união. Contudo, para as cerâmicas infiltradas por polímero, o tratamento mais aplicado foi o ácido fluorídrico, seguido pela aplicação de silano, produzindo melhores valores de rugosidade superficial e resistência de união.

Com relação aos tipos de materiais CAD-CAM, os mais avaliados nos estudos encontrados foram as nanocerâmicas Lava Ultimate (3M ESPE) [2, 4, 10, 13, 16, 18, 19, 21, 23, 30-32, 35, 37, 38, 40, 41, 47, 49, 50] e as cerâmicas infiltradas por polímero Vita Enamic (VITA Zahnfabrik) [1, 4, 8, 10, 13, 15-19, 21, 27, 29, 30, 32, 37-41, 47, 48]. Esses materiais foram desenvolvidos recentemente com o intuito de suprir as desvantagens mecânicas e estéticas dos materiais cerâmicos, levando a um material de comportamento biomecânico semelhante ao dente natural e com tempo de fresagem mais rápido [20, 42]. Poucas informações acerca dos tratamentos de superfície para os materiais à base de polímero estão disponíveis na literatura, dificultando ao clínico escolher um tratamento de superfície que vai proporcionar uma maior longevidade clínica para as restaurações [42].

Nos estudos incluídos nesta revisão integrativa, diversos tipos de tratamentos de superfície foram empregados para melhorar as propriedades físico-mecânicas de superfície e, conseqüentemente, melhorar a adesão entre material restaurador CAD-CAM e o cimento resinoso. Dentre os tratamentos de superfície, jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas ou não por sílica [1, 3, 4, 8, 10, 13, 16, 18, 19, 21, 27, 30-32, 35, 37-41, 46-48, 50], silanização [1, 13, 16, 18, 19, 21, 27, 30, 31, 39, 40, 43, 46, 48], condicionamento com ácido fluorídrico [1, 8, 13, 15-19, 21, 27, 29, 30-32, 37, 38, 47], plasma de argônio [2], plasma não térmico [10], laser de Er: YAG, laser de Cr: YSGG [8, 16, 47] e adesivos universais foram utilizados [8, 22, 23, 27, 31, 35, 45]. Para as nanocerâmicas, o jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas ou não por sílica, seguido da aplicação

de um adesivo universal, foi o tratamento que conferiu melhores propriedades físico-mecânicas. Já para as cerâmicas infiltradas por polímero, o tratamento foi o condicionamento com ácido fluorídrico, seguido de silanização [23].

A escolha do tratamento de superfície está relacionada com o tipo de material a ser tratado. Existem materiais ácido-sensíveis, como as cerâmicas infiltradas por polímero, e ácido-resistentes, como as nanocerâmicas [27]. As nanocerâmicas possuem pouco ou quase nenhuma partícula vítrea, sendo o jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas ou não por sílica um tratamento que proporcionará limpeza da superfície, aumento da energia de superfície e área para adesão, pelo aumento da rugosidade superficial, gerada pelo abrasionamento [29].

Por outro lado, as cerâmicas infiltradas por polímero possuem em sua composição um conteúdo vítreo mais acentuado. Com isso, por meio do condicionamento ácido fluorídrico, uma remoção seletiva das partículas vítreas é observada, criando microporosidades na superfície, favorecendo a união micromecânica [33, 44]. Além do tratamento micromecânico, o silano é empregado a fim de formar uma ligação química entre o material restaurador e o agente de cimentação resinoso. Isso porque o silano é uma molécula bifuncional, que se unirá ao polímero ou à fase vítrea do material restaurador e a monômeros metacrilatos presentes na matriz orgânica do agente cimentante [9].

O tipo de silano mais comum utilizado na prática odontológica é o γ - metacriloxipropiltrimetoxisilano (MPTS). Essa molécula de silano contém dois grupos reativos funcionais: um grupo reage com os grupamentos metacrilatos do compósito e o outro reage quimicamente com a sílica presente na estrutura da cerâmica. Para que o *primer* contendo silano possa estabelecer uma ligação quimicamente estável com a superfície da cerâmica, os grupamentos alcoxi da molécula do silano devem ser ativados via hidrólise. Após tal processo, os grupamentos químicos silanol (Si-OH) são formados e reagem aos grupamentos hidroxílicos (OH) presentes da superfície da cerâmica, liberando água como subproduto [25, 49]. Além disso, as moléculas de silano também reagem entre si por meio de uma condensação horizontal, resultando em uma rede tridimensional de ligações cruzadas. A formação de uma camada de ligações químicas hidrófoba entre o *primer* contendo silano e a superfície de cerâmica é extremamente importante para a adesão com os compósitos usados para a cimentação de peças protéticas em cerâmica vítrea [13, 25].

Para obter uma alta resistência de união, a tensão interfacial deve ser mínima, permitindo uma boa molhabilidade da superfície do material restaurador. Isso pode ser alcançado por intermédio do aumento da energia de superfície [13]. A diferença entre os átomos da camada mais profunda e a camada superficial é representada pela energia de superfície [8]. Para alcançar esses resultados, os materiais híbridos, estudados nesta revisão, receberam diferentes tipos de tratamentos de superfície, entre eles o jateamento com partícula de óxido de alumínio com silano e o condicionamento com ácido fluorídrico com silano para os materiais resinosos e cerâmicos, respectivamente. Tais tratamentos foram os responsáveis por aumentar a energia de superfície desses materiais restauradores [13,38]. A medição da molhabilidade e, portanto, da energia de superfície pode ser feita por meio do método do ângulo de contato. Esse ângulo é medido com diferentes líquidos e, quanto maior o ângulo de contato, menor é a energia de superfície do material e pior o molhamento [12]. Nesta revisão integrativa, dois estudos avaliaram o ângulo de contato [2, 43] e observaram que o tratamento de superfície com plasma diminui o ângulo de contato, assim como o tratamento com silano em maiores concentrações.

Embora os tratamentos de superfícies supracitados foram os que produziram melhores propriedades de superfície para gerar adequada união entre os materiais restauradores e o agente cimentante, notou-se uma heterogeneidade nos tipos de protocolos de tratamentos de superfícies utilizados, bem como dos cimentos resinosos. Com isso, vê-se a necessidade do desenvolvimento de mais estudos laboratoriais e clínicos para confirmar os achados desta revisão integrativa, objetivando padronizar os protocolos de tratamento de superfície para obter longevidade clínica dos procedimentos restauradores com materiais CAD/CAM.

Conclusão

O jateamento com partículas de óxido de alumínio revestidas ou não por sílica, com partículas de 30 a 50 μm , com pressão de 2 bar com distanciamento de 10 mm, seguido de aplicação de um adesivo universal por 60s, foi o mais utilizado nos estudos incluídos desta revisão integrativa. Além disso, esses tratamentos demonstraram ser os melhores para as nanocerâmicas avaliadas, produzindo maior rugosidade, resistência de união, energia de superfície e menores valores de ângulo de contato.

Para as cerâmicas infiltradas por polímero, o uso de ácido fluorídrico 9% durante 60s, seguido pela aplicação de silano, foi o tratamento mais usado, parecendo ser a melhor alternativa, por ter produzido maior rugosidade superficial, resistência de união e energia de superfície.

Referências

1. Abdou A, Takagaki T, Alghamdi A, Tichy A, Nikaido T, Tagami J. Bonding performance of dispersed filler resin composite CAD/CAM blocks with different surface treatment protocols. *Dent Mater J.* 2021;40(1):209-19.
2. Adimci P, İbiş F, Ercan UK, Bagis B. Evaluation of effects of non-thermal plasma treatment on surface properties of CAD/CAM materials. *J Adhes Sci Technol.* 2019;33(1):35-49.
3. Ali A, Takagaki T, Nikaido T, Abdou A, Tagami J. Influence of ambient air and different surface treatments on the bonding performance of a CAD/CAM composite block. *J Adhes Dent.* 2018;20(4):317-24.
4. Alp G, Subaşı MG, Johnston WM, Yilmaz B. Effect of different resin cements and surface treatments on the shear bond strength of ceramic-glass polymer materials. *J Prosthet Dent.* 2018;120(3):454-61.
5. Andrade AO, Silva IVS, Vasconcelos MG, Vasconcelos RG. Dental ceramics: classification, properties and clinical considerations. *Rev Salusvita.* 2017;36(4):1129-52.
6. Awada A, Nathanson D. Mechanical properties of resin-ceramic CAD/CAM restorative materials presented at the American Association of Dental Research/Canadian Association of Dental Research Annual Meeting, Charlotte, NC, March 2014. *J Prosthet Dent.* 2015;114(4):587-93.
7. Baier RE. Principles of adhesion. *Operative Dentistry.* 1992.
8. Barutçigil K, Barutçigil Ç, Kul E, Özarslan MM, Buyukkaplan US. Effect of different surface treatments on bond strength of resin cement to a CAD/CAM restorative material. *J Prosthodont.* 2019;28(1):71-8.
9. Brentel AS, Özcan M, Valandro LF, Alarça LG, Amaral R, Bottino MA. Microtensile bond strength of a resin cement to feldspathic ceramic after different etching and silanization regimens in dry and aged conditions. *Dent Mater.* 2007;23(11):1323-31.

10. de Castro EF, Azevedo VLB, Nima G, Andrade OS, Dias CTS, Giannini M. Adhesion, mechanical properties, and microstructure of resin-matrix CAD-CAM ceramics. *J Adhes Dent.* 2020;22(4):421-31.
11. Della Bona A. Characterizing ceramics and the interfacial adhesion to resin: II – the relationship of surface treatment, bond strength, interfacial toughness and fractography. *J Appl Oral Sci.* 2005;13:101-9.
12. Cappelletti G, Ardizzone S, Meroni D, Soliveri G, Ceotto M, Biaggi C et al. Wettability of bare and fluorinated silanes: a combined approach based on surface free energy evaluations and dipole moment calculations. *J Colloid Interface Sci.* 2012; 389(1):284-91.
13. Chuenjit P, Suzuki M, Shinkai K. Effect of various surface treatments on the bond strength of resin luting agent and the surface roughness and surface energy of CAD/CAM materials. *Dent Mater J.* 2021;40(1):16-25.
14. Correia ARM, Sampaio Fernandes JCA, Cardoso JAP, Leal da Silva CFC. CAD-AM: a informática a serviço da prótese fixa. *Rev Odontol da Unesp.* 2006;35(2):183-9.
15. Donmez MB, Okutan Y, Yucel MT. Effect of prolonged application of single-step self-etching primer and hydrofluoric acid on the surface roughness and shear bond strength of CAD/CAM materials. *Eur J Oral Sci.* 2020;128(6):542-9.
16. El-Damanhoury HM, Elsahn NA, Sheela S, Gaintantzopoulou MD. Adhesive luting to hybrid ceramic and resin composite cad/cam blocks: Er:Yag laser versus chemical etching and micro-abrasion pretreatment. *J Prosthodont Res.* 2021;65(2): 225-34.
17. El-Damanhoury HM, Gaintantzopoulou MD. Self-etching ceramic primer versus hydrofluoric acid etching: Etching efficacy and bonding performance. *J Prosthodont Res.* 2018;62(1):75-83.
18. Elsaka SE, Elnaghy AM. Effect of surface treatment and aging on bond strength of composite cement to novel CAD/CAM nanohybrid composite. *J Adhes Dent.* 2020;22(2):195-204.
19. Elsaka SE. Bond strength of novel CAD/CAM restorative materials to self-adhesive resin cement: the effect of surface treatments. *J Adhes Dent.* 2014;16(6):531-40.
20. Gracis S, Thompson V, Ferencz J, Silva N, Bonfante E. A new classification system for all-ceramic and ceramic-like restorative materials. *Int J Prosthodont.* 2016;28(3):227-35.
21. Güngör MB, Nemli SK, Bal BT, Ünver S, Doğan A. Effect of surface treatments on shear bond strength of resin cement to hybrid ceramic materials. *J Adv Prosthodont.* 2016;14(1):125-35.
22. Ilie N, Ruse ND. Shear bond strength vs interfacial fracture toughness –adherence to CAD/CAM blocks. *Dent Mater.* 2019;35(12):1769-75.
23. Keul C, Müller-Hahl M, Eichberger M, Liebermann A, Roos M, Edelhoff D et al. Impact of different adhesives on work of adhesion between CAD/CAM polymers and resin composite cements. *J Dent.* 2014;42(9):1105-14.
24. Lise DP, Van Ende A, De Munck J, Vieira LCC, Baratieri LN, Van Meerbeek B. Microtensile bond strength of composite cement to novel CAD/CAM materials as a function of surface treatment and aging. *Oper Dent.* 2017;42(1):73-81.
25. Matinlinna JP, Lung CYK, Tsoi JKH. Silane adhesion mechanism in dental applications and surface treatments: a review. *Dent Mater* 2018;34: 13-28.
26. Murillo-Gómez F, Palma-Dibb RG, De Goes MF. Effect of acid etching on tridimensional microstructure of etchable CAD/CAM materials. *Dent Mater.* 2018;34(6):944-55.
27. Niizuma Y, Kobayashi M, Toyama T, Manabe A. Effect of etching with low concentration hydrofluoric acid on the bond strength of CAD/CAM resin block. *Dent Mater J.* 2020;39(6):1000-8.
28. Onofre RS, Skupien JA, Cenci MS, Moraes RR, Pereira-Cenci T. The role of resin cement on bond strength of glass-fiber posts luted into root canals: a systematic review and metaanalysis of in vitro studies. *Oper Dent.* 2014; 39:31-44.
29. Oyagüe RC, Osorio R, Silveira BL, Toledano M. Comparison of bond stability between dual-cure resin cements and pretreated glass-infiltrated alumina ceramics. *Photomed Laser Surg.* 2011;29(7):465-75.
30. Papadopoulos K, Pahinis K, Saltidou K, Dionysopoulos D, Tsitrou E. Evaluation of the surface characteristics of dental CAD/CAM materials after different surface treatments. *Materials (Basel).* 2020;13(4):1-15.

31. Park J-H, Choi Y-S. Microtensile bond strength and micromorphologic analysis of surface-treated resin nanoceramics. *J Adv Prosthodont.* 2016;8(4):275-84.
32. Porto T, Park S, Faddoul A, Faddoul F, Cesar P. Evaluation of the surface roughness and accelerated aging of CAD/CAM materials. *Int J Prosthodont.* 2020;33(4):418-28.
33. Pospiech P. All-ceramic crowns: bonding or cementing? *Clin Oral Investig.* 2002;6(4):189-97.
34. Raposo LHA, Davi LR, Simamoto Júnior PC, Neves FD, Soares PV, Simamoto VRN et al. Restaurações totalmente cerâmicas: características, aplicações clínicas e longevidade. *Pró-odonto Prótese Dent.* 2012;2(6):9-74.
35. Rosentritt M, Krifka S, Strasser T, Preis V. Fracture force of CAD/CAM resin composite crowns after in vitro aging. *Clin Oral Investig.* 2019;24(7):2395-401.
36. Santos GC, Boksman L, Santos MJMC. CAD/CAM technology and esthetic dentistry: a case report. *Compend Contin Educ Dent.* 2013;34(10):764-8.
37. Sismanoglu S, Yildirim-Bilmez Z, Erten-Taysi A, Ercal P. Influence of different surface treatments and universal adhesives on the repair of CAD-CAM composite resins: an in vitro study. *J Prosthet Dent.* 2020;124(2):1-9.
38. Strasser T, Preis V, Behr M, Rosentritt M. Roughness, surface energy, and superficial damages of CAD/CAM materials after surface treatment. *Clin Oral Investig.* 2018;22(8):2787-97.
39. Takahashi N, Yabuki C, Kurokawa H, Takamizawa T, Kasahara Y, Saegusa M et al. Influence of surface treatment on bonding of resin luting cement to CAD/CAM composite blocks. *Dent Mater J.* 2020;39(5):834-43.
40. Tekçe N, Tuncer S, Demirci M, Kara D, Baydemir C. Microtensile bond strength of CAD/CAM resin blocks to dual-cure adhesive cement: the effect of different sandblasting procedures. *J Prosthodont.* 2019;28(2):1-9.
41. Tekçe N, Tuncer S, Demirci M. The effect of sandblasting duration on the bond durability of dual-cure adhesive cement to CAD/CAM resin restoratives. *J Adv Prosthodont.* 2018;10(3):211-7.
42. Tsujimoto A, Barkmeier WW, Takamizawa T, Latta MA, Miyazaki M. Influence of thermal cycling on flexural properties and simulated wear of computer-aided design/computer-aided manufacturing resin composites. *Oper Dent.* 2017;42(1):101-10.
43. Tsukagoshi K, Hirota M, Nomoto R, Hayakawa T. Bond strength and computational analysis for silane coupling treatments on the adhesion of resin block for CAD/CAM crowns. *Dent Mater J.* 2020;39(5):844-54.
44. Venturini AB, Prochnow C, May LG, Bottino MC, Felipe Valandro L. Influence of hydrofluoric acid concentration on the flexural strength of a feldspathic ceramic. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2015;48(1):241-8.
45. Wendler M, Belli R, Petschelt A, Mevec D, Harrer W, Lube T et al. Chairside CAD/CAM materials. Part 2: flexural strength testing. *Dent Mater.* 2017;33(1):99-109.
46. Wu X, Xie H, Meng H, Yang L, Chen B, Chen Y et al. Effect of tribochemical silica coating or multipurpose products on bonding performance of a CAD/CAM resin-based material. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2019;90(1):417-25.
47. Cengiz-Yanardag E, Kurtulmus Yilmaz S, Karakaya I, Ongun S. Effect of different surface treatment methods on micro-shear bond strength of CAD-CAM restorative materials to resin cement. *J Adhes Sci Technol.* 2019;33(2):110-23.
48. Takesue Yano H, Ikeda H, Nagamatsu Y, Masaki C, Hosokawa R, Shimizu H. Effects of alumina airborne-particle abrasion on the surface properties of CAD/CAM composites and bond strength to resin cement. *Dent Mater J.* 2021;40(2):431-8.
49. Ying Kei C, Matinlinna JP. Aspects of silane coupling agents and surface conditioning in dentistry: an overview. *Dent Mater.* 2012;28(5):467-77.
50. Yoshihara K, Nagaoka N, Maruo Y, Nishigawa G, Irie M, Yoshida Y et al. Sandblasting may damage the surface of composite CAD-CAM blocks. *Dent Mater.* 2017;33(3):e124-35.