

RESSALVA

Atendendo a solicitação do(a) autor(a), o texto completo desse trabalho será disponibilizado no repositório a partir de 27/02/2026.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de São José dos Campos
Instituto de Ciência e Tecnologia

GABRIELA DA SILVA CHAGAS

**INFLUÊNCIA DO LASER DE Er:YAG NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO
DE RESTAURAÇÕES DIRETAS EM DENTES PREVIAMENTE
CLAREADOS**

2024

GABRIELA DA SILVA CHAGAS

**INFLUÊNCIA DO LASER DE Er:YAG NA RESISTÊNCIA DE UNIÃO DE
RESTAURAÇÕES DIRETAS EM DENTES PREVIAMENTE CLAREADOS**

Dissertação apresentada ao Instituto de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista (Unesp), Campus de São José dos Campos, como parte dos requisitos para obtenção do título de MESTRE, pelo Programa de Pós-Graduação em CIÊNCIAS APLICADAS À SAÚDE BUCAL.

Área: Dentística. Linha de pesquisa: Avaliação clínica e laboratorial de alterações da estrutura dental, de materiais e técnicas de prevenção e tratamento em dentística.

Orientador: Prof. Associado César Rogério Pucci

São José dos Campos

2024

Instituto de Ciência e Tecnologia [internet]. Normalização de tese e dissertação [acesso em 2024]. Disponível em <http://www.ict.unesp.br/biblioteca/normalizacao>

Apresentação gráfica e normalização de acordo com as normas estabelecidas pelo Serviço de Normalização de Documentos da Seção Técnica de Referência e Atendimento ao Usuário e Documentação (STRAUD).

Chagas, Gabriela da Silva

Influência do laser de Er:YAG na resistência de união de restaurações diretas em dentes previamente clareados / Gabriela da Silva Chagas. - São José dos Campos : [s.n.], 2024.
96 f. : il.

Dissertação (Mestrado) - Pós-Graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos, 2024.

Orientador: Cesar Rogério Pucci.

1. Dentina. 2. Laser. 3. Clareamento. 4. Resistência à tração. I. Pucci, Cesar Rogério, orient. II. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Ciência e Tecnologia, São José dos Campos. III. Universidade Estadual Paulista 'Júlio de Mesquita Filho' - UNESP. IV. Universidade Estadual Paulista (UNESP). V. Título.

IMPACTO POTENCIAL DESSA PESQUISA

Com esta pesquisa, propôs-se avaliar a capacidade da irradiação da superfície dentinária com laser de Er:YAG em anular os efeitos deletérios imediatos do procedimento clareador na resistência de união de restaurações. A longevidade das restaurações impacta diretamente na interrupção do ciclo restaurador repetitivo, no bem-estar e na saúde bucal dos pacientes.

POTENTIAL IMPACT OF THIS RESEARCH

With this research, it was proposed to evaluate the ability of irradiation of the dentin surface by the Er:YAG laser to nullify the immediate deleterious effects of the bleaching procedure on the bond strength of direct restorations. The longevity of restorations directly impacts the interruption of the repetitive restorative cycle, the well-being and oral health of patients.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Assoc. César Rogério Pucci (Orientador)

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof^a. Assoc. Taciana Marco Ferraz Caneppele

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Instituto de Ciência e Tecnologia

Campus de São José dos Campos

Prof^a. Dr^a. Karen Cristina Kazue Yui

Mestrado e Doutorado em Odontologia Restauradora pela

Universidade Estadual Paulista (Unesp)

Pós Doutorado pelo ICT Unesp de São José dos Campos

São José dos Campos, 27 de fevereiro de 2024.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha mãe **Maria das Graças da Silva Chagas**, por ser o exemplo de pessoa guerreira, inteligente e ética em quem me espelho e por ter papel fundamental na minha formação e me inspirar no amor pela ciência e educação. Sem você, nenhum desses passos fariam sentido para mim. Carrego seu exemplo comigo onde eu for.

Ao meu pai **Vicente Nei Chagas**, por plantar no meu coração o desejo de cursar Odontologia. Sei que sempre foi o sonho dele ser dentista, então sinto que cada etapa da minha formação é um sonho que realizamos juntos.

À minha irmã **Tatiana da Silva Chagas**, por ser minha melhor amiga e meu laço fraternal nessa vida. Por todo apoio emocional, incentivo e momentos compartilhados, sendo eles felizes e difíceis. Estarei sempre presente por você.

À minha avó materna **Maria José Lima Guedes da Silva**, por ter sido muito além de uma avó para mim. Foi minha amiga, confidente e companheira. Por todo incentivo e suporte na minha educação e todos os sábios conselhos de vida. À minha avó paterna **Maria Tereza Amâncio Chagas**, pela sua garra, força e por ter feito minhas memórias da infância tão felizes. Sinto a falta de vocês todos os dias.

Às minhas queridas tias **Maria José, Márcia e Inez**, por todo suporte, memórias felizes e conselhos. Obrigada por todo incentivo na minha educação, sem o apoio de vocês o caminho teria sido muito mais árduo.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à **Deus**, por me amparar e cuidar de cada detalhe do meu caminho. Os meus sonhos só se tornam possíveis porque sei que tomas conta de mim.

À minha **família**, por todo suporte, carinho e incentivo. Amo cada membro dessa grande e expansiva família.

Agradeço a todos meus **amigos**, por entenderem minha ausência em tantos momentos e por respeitarem e acolherem minhas escolhas.

Ao meu orientador, **Prof. Assoc. César Rogério Pucci**, por me dar a oportunidade de aprender com ele e me orientar com tanta empatia. Obrigada também por toda paciência, atenção e confiança. Agradeço ainda por todos os conselhos, por me incentivar a ir atrás dos meus sonhos e a acreditar em mim mesma. Toda minha a gratidão pela sua orientação.

À **Profa. Assoc. Taciana Marco Ferraz Caneppele** pelos bons momentos de trabalho compartilhados juntas na clínica, pela disposição em ensinar e pelo aceite do convite em ser minha banca. Uma pessoa por quem nutro imensa simpatia, admiração profissional e pessoal, carinho e respeito.

À **Profa. Dra. Karen Cristina Kazue Yui**, por toda dedicação na arte de ensinar, pela generosidade, carinho e bom convívio. Uma pessoa muito querida por mim, com quem tive uma sincera afinidade desde o início. Obrigada por fazer parte da minha trajetória e aceitar ser minha banca examinadora.

À **Profa. Dra. Tânia Mara da Silva**, por todas as conversas e conselhos, por ser tão atenciosa e generosa comigo, por todos os dias juntas de trabalho na clínica e pré-clínica, fazendo esses dias mais leves.

Ao **Prof. Assoc. Eduardo Bresciani** por tornar a rotina na Universidade mais leve, de forma alegre e divertida, pelo incentivo na busca dos alunos pelos seus sonhos e por mostrar que competência e diversão podem coexistir. Obrigada por toda contribuição na minha formação.

Aos **Professores. Assoc. Alessandra Bühler Borges e Prof. Titular Carlos Rocha Gomes Torres**, pelo bom convívio nas docências da disciplina de Dentística 1, pela paciência e por todo exemplo de competência profissional.

Aos demais professores do departamento, **Prof. Titular Sérgio Eduardo de Paiva Gonçalves, Profa. Dra. Maria Filomena Rocha Huhtala, Profa. Assoc. Mariane Mailart, Profa. Assoc. Daniele Silva Ávila e Profa. Dra. Natália Cortez Gutierrez** eu agradeço pelos aprendizados passados, pelos conselhos, boas conversas, boa convivência e dias agradáveis de trabalho juntos. Pessoas muito competentes e admiradas, com quem tive o prazer de aprender. Obrigada por tudo.

À **Profa. Dra. Maria Jacinta Santos**, por me receber de braços abertos na University of Western Ontario e me proporcionar a experiência de aprender com ela, sendo minha mentora nos dias de pesquisa no Canadá. Obrigada pela oportunidade, foi um prazer e uma honra conviver com uma profissional tão competente.

Aos professores de graduação, **Ricardo Vaz, Herbert Hauieisen, Wallison Vasconcelos, Rodrigo Albuquerque, Mônica Yamauti, Ivana Diniz, Thaís Suzuki, Maria Luiza, Allyson Nogueira e Claudia Silami** que me guiaram até aqui com maestria, paciência, dedicação e excelência. São muitos anos se dedicando à construção de profissionais para atuar servindo a população da melhor forma possível e me sinto honrada por ter aprendido com cada um de vocês. Em especial, à **Profa. Adj. Viviane Elisângela Gomes**, pela primorosa orientação no meu trabalho de conclusão de curso e por todos conselhos acadêmicos e de vida. Obrigada por ter me acolhido e escolhido para trabalhar com você. Uma honra ter sido sua aluna.

Às minhas amigas de pós-graduação e da vida, **Maria Aparecida Holanda e Roseli Freitas** que dividiram comigo muitos momentos e me ajudaram diversas vezes, na pesquisa e na vida pessoal, da forma mais generosa, sem nunca esperar nada em troca. Nunca vou me esquecer do tamanho do coração de vocês. Obrigada pela amizade, foi um presente e uma sorte grande encontrar vocês nessa jornada.

Aos meus amigos de pós-graduação e também da vida **Victor Bottesini**, minha dupla de atendimento clínico, sempre paciente e generoso, e **Douglas Ferreira** por

toda ajuda e todos os momentos felizes compartilhados. Guardo vocês no meu coração. Obrigada por tudo.

Às minhas amigas de orientação, pela parceria e união do nosso grupo. À **Amanda Matuda**, pela cumplicidade e amizade. Obrigada por me salvar tantas vezes me mostrando o caminho certo a seguir, pelas conversas e pela doçura com que me acolheu no nosso grupo de pesquisa. À **Marcella Batista**, que compartilha comigo as alegrias e dificuldades da pesquisa, além de ser um ombro amigo e uma companhia alegre e divertida. À **Raquel Pinto** e **Ana Paula Mafetano** pela boa convivência no tempo que estivemos juntas e pela recepção no grupo de pesquisa.

Ao **Luis Felipe**, por toda ajuda, de forma tão generosa e pela amizade que construímos. Feliz em ter te conhecido nesse caminho. Ao **Rafael Mendonça**, **Pedro Caio**, **Jefferson Junior**, **Taiana Padro** e **Matheus Costa** pela ajuda nos tantos momentos que tive dúvidas.

Agradeço também aos amigos de pós-graduação **Letícia Nazário**, **Victor Ruano**, **Juliana Benace**, **Luana Souza** e **Ítalo Carvalho** por todos os momentos juntos, pelas risadas e pela boa convivência. Uma alegria compartilhar essa jornada com vocês.

Às alunas de graduação e iniciação científica, **Vivian**, **Laura**, **Beatriz** e **Letícia**, por toda contribuição na confecção desse trabalho e por todo auxílio no laboratório.

Agradeço a todos os **funcionários** da Unesp, que permitem o funcionamento da instituição com sua dedicação e compromisso. Cada prestador de serviço tem seu papel fundamental no crescimento da instituição e todos tem minha admiração de forma genuína. Em especial, agradeço às técnicas de laboratório **Bianca**, **Evelyn**, **Gabriela** e **Josiane**, ao técnico **Eduardo** e à secretária do departamento, **Liliane**.

Aos **pacientes** do ICT-Unesp, por contribuírem para o meu aprendizado e crescimento.

À Faculdade de Odontologia do Instituto de Ciência e Tecnologia de São José dos Campos – UNESP, por sua excelência, grandiosidade e renome. Tenho muito orgulho de fazer parte dessa casa.

Ao Programa de pós-graduação em Ciências Aplicadas à Saúde Bucal, em especial ao Departamento de Odontologia Restauradora.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Código de financiamento 001, pela concessão da bolsa de mestrado e amparo na minha permanência na pós-graduação.

Ao programa de Internacionalização da CAPES PrInt, pela oportunidade concedida a mim de colaborar e aprender em uma outra Instituição de Ensino, em outro país, contribuindo para o meu crescimento profissional e pessoal.

À Secretaria de Pós-Graduação por todo suporte aos alunos.

À Schulich School of Medicine and Dentistry - University of Western Ontario por me receber como aluna e ser minha casa durante três meses de intercâmbio.

A todos que participaram de forma direta ou indireta na minha formação, desde o início e que ajudaram a moldar a profissional que me torno a cada dia, meu muito obrigado!

“A ciência mais útil é aquela cujo fruto é o mais comunicável”.

Leonardo da Vinci

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATR	Reflexão Total Atenuada
Er:YAG	Érbio-Ítrio-Alumínio-Granada
FTIR	Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier
MCVL	Microscopia Confocal de Varredura a Laser
MEV	Microscopia Eletrônica de Varredura
MMP	Metaloproteinases de Matriz

RESUMO

Chagas GS. Influência do laser de Er:YAG na resistência de união de restaurações diretas em dentes previamente clareados [dissertação]. São José dos Campos (SP): Universidade Estadual Paulista (Unesp), Instituto de Ciência e Tecnologia; 2024.

O objetivo do estudo foi avaliar a influência do laser Er:YAG sobre a superfície dentinária na resistência de união e na atividade das MMPs de restaurações diretas feitas em dentes previamente clareados. Adicionalmente, foram feitas análises do padrão de fratura, análise por MEV da estrutura dentinária e da composição química por FTIR após os diferentes tratamentos. Para o teste de microtração foram utilizados incisivos bovinos hígidos ($n=90$), que tiveram o esmalte da face vestibular desgastados em politriz circular até a exposição da dentina. As amostras foram divididas em seis grupos, de acordo com o tipo de tratamento, onde: CP: controle positivo (nenhum tratamento); CN: controle negativo (clareamento com peróxido de hidrogênio a 35%); L1: laser Er:YAG (250mJ; 20Hz; 5W); L2: laser Er:YAG (250mJ; 30Hz; 7,5W); CL1: clareamento e laser Er:YAG (250mJ; 20Hz; 5W); e CL2: clareamento e laser Er:YAG (250mJ; 30Hz; 7,5W). Os espécimes de todos os grupos foram então restaurados com um adesivo universal de forma autocondicionante, sob pressão pulpar simulada de 15 cm de H₂O. O padrão de fratura dos espécimes foi analisado em estereomicroscópio, e os que apresentaram falha adesiva foram analisados em MEV. Espécimes aleatórios de cada grupo ($n=5$) foram separados para análise em MCVL para rastrear a atividade enzimática das MMPs pela técnica de zimografia *in situ*. Espécimes adicionais ($n=18$) foram levados ao FTIR para análise dos componentes químicos da dentina. Os dados de resistência de união foram analisados estatisticamente quanto a sua normalidade e homocedasticidade e como esses não seguiram distribuição normal, o teste de Kruskal-Wallis e teste post-hoc de Dwass-Steel-Critchlow-Fligner foram conduzidos. Os dados de resistência de união mostraram diferenças significativas para os diferentes grupos testados ($p<0,001$), sendo os valores em MPa apresentados em mediana e valor interquartil (1º - 3º quartis): CP (33,0 [31,8;34,5])^A, CN (17,3 [12,5;18,6])^C, L1 (32,5 [30,1;34,4])^A, L2 (26,2 [21,1;31,3])^B, CL1 (31,2 [27,5;32,6])^{AB} e CL2 (28,5 [20,4; 30,6])^B. As imagens de MEV revelaram que as superfícies dentinárias irradiadas com laser apresentaram aparência irregular, com túbulos dentinários expostos, sem camada de esfregaço. O padrão de fratura predominante entre os grupos foi a falha adesiva. Na análise por MCVL pela técnica de zimografia *in situ* foi confirmado o potencial do laser de inibição das MMPs. Os dados foram analisados quanto a sua normalidade e os testes ANOVA a um fator e teste post-hoc de Tukey (5%) foram empregados: CP 69.6 ± 0.876^A , L2 86.5 ± 2.159^B , L1 95.2 ± 2.621^C , CL2 108.6 ± 0.837^D , CL1 116.7 ± 4.138^E e CN 208.1 ± 1.208^F . A análise por FTIR mostrou intensidades de pico reduzidas de substâncias inorgânicas, entretanto a posição e a morfologia dos picos permaneceram inalteradas. O laser Er:YAG na densidade de energia de 25J/cm² se mostrou capaz de anular os efeitos deletérios do clareamento, inibir a atividade das MMPs em dentes clareados e de alterar a composição química da dentina sob pressão pulpar simulada.

Palavras-chave: dentina; laser; clareamento; resistência à tração.

ABSTRACT

Chagas GS. Influence of the Er:YAG laser on the bond strength of direct restorations in previously bleached teeth [dissertation]. São José dos Campos (SP): São Paulo State University (Unesp), Institute of Science and Technology; 2024.

The aim of the study was to evaluate the influence of the Er:YAG laser on the dentin surface on the bond strength and activity of MMPs of direct restorations made in previously bleached teeth. Furthermore, analyzes of the fracture pattern, SEM analysis of the dentin structure and chemical composition by FTIR were carried out after the different treatments. For the microtraction test, healthy bovine incisors ($n=90$) were used, which had the enamel on the buccal surface worn away in a circular polisher until the dentin was exposed. The samples were divided into six groups, according to the type of treatment, where: CP: positive control (no treatment); CN: negative control (bleaching with 35% hydrogen peroxide); L1: Er:YAG laser (250mJ; 20Hz; 5W); L2: Er:YAG laser (250mJ; 30Hz; 7,5W); CL1: whitening and Er:YAG laser (250mJ; 20Hz; 5W); and CL2: whitening and Er:YAG laser (250mJ; 30Hz; 7,5W). The specimens from all groups were then restored with a universal adhesive in a self-etching manner, under simulated pulp pressure of 15 cm of H₂O. The failure pattern of the specimens was analyzed under a stereomicroscope, and those that showed adhesive failures were analyzed under SEM. Random specimens from each group ($n=5$) were separated for MCVL analysis to track the enzymatic activity of MMPs using the *in situ* zymography technique. Additional specimens ($n=18$) were taken to the FTIR for analysis of the chemical components of dentin. The bond strength data were statistically analyzed for normality and homoscedasticity and as they did not follow a normal distribution, the Kruskal-Wallis test and the Dwass-Steel-Critchlow-Fligner post-hoc test were performed. Bond strength data showed significant differences between the different groups tested ($p<0.001$), with MPa values presented as median and interquartile value (1st - 3rd quartile): CP (33,0 [31,8;34,5])^A, CN (17,3 [12,5;18,6])^C, L1 (32,5 [30,1;34,4])^A, L2 (26,2 [21,1;31,3])^B, CL1 (31,2 [27,5;32,6])^{AB} and CL2 (28,5 [20,4; 30,6])^B. SEM images revealed that the laser-irradiated dentin surfaces had an irregular appearance, with exposed dentinal tubules, without smear. The predominant fracture pattern between groups was adhesive failure. In the analysis of MCVL using the *in situ* zymography technique, the potential of the laser to inhibit MMPs was confirmed. Data were analyzed for normality and one-way ANOVA and Tukey's post-hoc test (5%) were used: CP 69.6 ± 0.876^A , L2 86.5 ± 2.159^B , L1 95.2 ± 2.621^C , CL2 108.6 ± 0.837^D , CL1 116.7 ± 4.138^E and CN 208.1 ± 1.208^F . FTIR analysis showed reduced peak intensities of organic and inorganic substances, but the position and morphology of the peaks remained unchanged. The 25 J/cm² Er:YAG laser was shown to be capable of nullifying the deleterious effects of bleaching, inhibiting the activity of MMPs in bleached teeth and altering the chemical composition of dentin under simulated pulp pressure.

Keywords: dentin; laser; whitening; tensile bond strength.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1 Adesão à dentina.....	18
2.2 Efeitos do clareamento na estrutura dental	26
2.3 Laser na Odontologia Restauradora.....	32
2.4 Pressão pulpar simulada	35
3 PROPOSIÇÃO	39
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	40
4.1 Aspectos éticos	40
4.2 Delineamento do estudo	40
4.2.1 Variáveis de resposta.....	41
4.3 Delineamento amostral	41
4.4 Materiais utilizados.....	41
4.4.1 Divisão dos grupos experimentais	43
4.4.2 Preparo dos espécimes	44
4.4.3 Tratamento clareador	45
4.4.4 Preparo dos espécimes na politriz.....	47
4.4.5 Tratamento da dentina com laser de Er:YAG.....	48
4.4.6 Simulação da pressão pulpar	50
4.4.7 Técnica restauradora	51
4.4.8 Seleção das amostras para o teste de resistência de união	52
4.4.9 Teste de resistência de união.....	53
4.4.10 Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV)	56
4.4.11 Atividade das metaloproteinases de matriz por Zimografia <i>in situ</i>	57
4.4.12 Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR)..	58
4.5 Delineamento estatístico	59
4.5.1 Hipóteses nulas testadas.....	60

5 RESULTADOS	61
5.1 Resistência de união à microtração.....	61
5.2 Padrão de Fratura.....	64
5.3 Microscopia Eletrônica de Varredura	66
5.4 Atividade das Metaloproteinases de Matriz (Zimografia <i>in situ</i>)	70
5.5 Espectroscopia no Infravermelho por Transformada de Fourier (FTIR).....	75
6 DISCUSSÃO	78
6.1 Discussão da Metodologia	78
6.2 Discussão dos Resultados	80
7 CONCLUSÃO	86
REFERÊNCIAS.....	87

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, uma crescente procura por tratamentos estéticos visando alcançar padrões impostos pela sociedade tem sido notada. O clareamento dental é um procedimento que se destaca dentre as intervenções estéticas na Odontologia por satisfazer as expectativas dos pacientes na obtenção de dentes mais claros e por suas técnicas pouco invasivas e de simples execução (Spyrides et al., 1998).

Para a realização do procedimento clareador, o peróxido de hidrogênio é o composto mais utilizado atualmente e sua popularidade é advinda de sua eficiência e baixo custo (Schemehorn, Novak, 2007). Quando em alta concentração (35%), o peróxido de hidrogênio é utilizado para procedimentos em consultório, com curto período de exposição do gel ao substrato dentário, enquanto em baixa concentração (7,5%) esse composto é utilizado na técnica de clareamento caseiro, supervisionado pelo dentista, com um período prolongado de exposição (Sun et al., 2011). O baixo peso molecular do peróxido de hidrogênio permite que sua penetração nos espaços interprismáticos do esmalte e túbulos dentinários seja facilitada, garantindo assim, sua permeabilidade e eficácia (Thiesen et al., 2013).

O clareamento é um procedimento frequentemente indicado pelos cirurgiões-dentistas antes de restaurações estéticas e, apesar de ser uma técnica pouco invasiva, se comparada a procedimentos estéticos que envolvem desgaste da estrutura dental sadia, a literatura demonstra que agentes clareadores à base de peróxido de hidrogênio podem afetar a resistência de união de materiais restauradores à estrutura dental (Dirshman et al., 1994; Potočnik et al., 2000).

A alteração da força de união da resina composta ao dente submetido ao tratamento clareador ocorre devido a incorporação de oxigênio (O_2) nas estruturas dentais, advindo da reação de oxirredução dos componentes dos agentes clareadores, que neutralizam a reação de fotopolimerização do adesivo e da resina (Titley et al., 1988). A queda na força de união de restaurações realizadas após o clareamento se torna um inconveniente na prática restauradora quando a espera pelo período de evaporação do oxigênio residual advindo do gel clareador não pode ser respeitada, comprometendo a longevidade das restaurações e a estética de

dentes anteriores (Titley et al., 1992; Unlu et al., 2008).

A neutralização do O_2 residual ocorre entre o 7º e 14º dia após o procedimento clareador (Cavalli et al, 2001; Da Silva Machado et al., 2007; Dishman et al., 1994; Unlu et al., 2008; Swift, 2008; Chuang et al., 2009). Pensando nesse desafio, alguns agentes antioxidantes foram testados com o intuito de reverter os efeitos deletérios da incorporação do oxigênio na estrutura dentária e aumentar a resistência de união imediata pós clareamento, porém ainda sem aplicação clínica rotineira (Torres et al., 2012; Zhong et al., 2023; Souza-Gabriel et al., 2020; Campos et al., 2024).

Os desafios da adesão pós clareamento se tornam ainda maiores em restaurações envolvendo dentina, uma vez que devido ao seu alto conteúdo orgânico e da umidade advinda dos fluidos dentinários provenientes da pressão pulpar positiva, a interface adesiva nesse substrato é mais frágil que no esmalte (Breschi et al., 2018; Tjäderhane et al., 2013). Altos níveis de umidade na interface adesiva podem ativar ainda a ação das metaloproteinases de matriz extracelular (MMPs) nas fibrilas colágenas, que são enzimas que degradam o colágeno tipo I e afetam a integridade e longevidade da resistência de união da interface dente-restauração (Perdigão et al., 2013; Carrilho et al., 2009).

A aplicação de novas tecnologias na prática clínica visando o aumento da integridade da interface adesiva, como a de aparelhos a laser, ampliou as possibilidades resolutivas na Odontologia e seu uso tem se difundido entre os profissionais (Ribeiro et al., 2005). Ainda assim, tratamentos odontológicos com lasers convencionais enfrentam alguns obstáculos clínicos devido a absorção dos seus comprimentos de onda e ao possível dano adicional aos tecidos circundantes (Abdulsamee, 2017; Armengon et al., 2000).

O laser de Er:YAG, todavia, tem um comprimento de onda de absorção específico, fortemente absorvido em água e hidroxiapatita, de 2.940 nm, que sugere uma aplicação promissora no tratamento odontológico de tecidos duros e moles (Comba et al., 2019; Curylofo et a., 2014; Otero et al., 2021). O comprimento de onda do laser de Er:YAG oferece possibilidades seguras na ablação seletiva e minimamente invasiva do substrato dentário, devido sua profundidade de penetração de energia rasa (Otero et al., 2021). Além disso, o laser promove mais conforto operatório para os pacientes, já que muitos procedimentos dispensam o uso de

anestesia (Brulat et al., 2013). A capacidade desse laser em interagir com a estrutura dental tem difundido seu uso na prática clínica para o condicionamento da superfície dentária e para o pré-tratamento do substrato em procedimentos adesivos, visando minimizar a microinfiltração marginal e aumentar a força de união dente-restauração (Ribeiro et al., 2005).

O efeito ablativo do laser pode influenciar na adesão pós-clareamento, por promover o aquecimento do substrato e ter o potencial de eliminar parcialmente o O₂ residual incorporado na estrutura dental pelo processo clareador (Torres et al., 2012). Os efeitos produzidos pelos lasers dependem, no entanto, da intensidade da energia e dos parâmetros aplicados (Gonçalves et al., 1999). Estudos prévios demonstraram a possibilidade de aumentar a resistência de união na interface dente-restauração com o uso dessa tecnologia em determinadas densidades de energia (Groth et al., 2001). Contudo, uma densidade de energia ideal para a utilização do laser posteriormente ao procedimento clareador ainda não foi esclarecida, sendo essa uma característica importante na escolha do tratamento visando a redução dos efeitos adversos relacionados ao clareamento sobre as restaurações adesivas.

Portanto, diante da necessidade de substituição de restaurações após o clareamento e da diferença de cor entre o substrato/material, torna-se essencial a busca por alternativas que visem a integridade de restaurações confeccionadas com tempo reduzido de espera do período de evaporação do O₂ residual do gel clareador. Sendo assim, a resistência de união e a atividade das MMPs foram avaliadas nesse estudo. Investigações neste sentido podem favorecer o entendimento sobre o tema e contribuir para a busca de procedimentos alternativos que visem a redução de danos à interface adesiva de restaurações estéticas realizadas logo após o término do clareamento.

7 CONCLUSÃO

Diante da metodologia proposta e das limitações de um estudo *in vitro* pode-se concluir que:

- O tratamento com laser na densidade de energia de $25\text{J}/\text{cm}^2$ foi capaz de anular os efeitos deletérios causados pelo clareamento e normalizar os valores de resistência de união imediatos em dentes previamente clareados;
- O laser foi capaz de diminuir a atividade das metaloproteinases de matriz em dentes previamente clareados;
- O laser alterou a composição orgânica e inorgânica da dentina.

REFERÊNCIAS

- Abdulsamee N. All Tissues Dental Laser Er:YAG laser- Review Article. *Biomed J Sci Tech Res*. 2017 May 23;1(1). doi: 10.26717/BJSTR.2017.01.000104.
- Aljdaimi, A., Devlin, H., Dickinson, M., Alfutimie, A.. Effect of 2.94 μm Er: YAG laser on the chemical composition of hard tissues. *Microsc Res Tech*. 2018, May; 81(8):887-896. doi.org/10.1002/jemt.23051.
- Alkhudhairy F, AlKheraif A, Bin-Shuwaish M, Al-Johany S, Naseem M, Vohra F. Effect of Er,Cr:YSGG Laser and Ascorbic Acid on the Bond Strength and Microleakage of Bleached Enamel Surface. *Photomed Laser Surg*. 2018 Aug;36(8):431–438. doi:10.1089/pho.2018.4437.
- Amaral C, Jorge A, Veloso K, Rodrigues J, Erhardt M, Arias V. The Effect of In-office in Combination with Intracoronary Bleaching on Enamel and Dentin Bond Strength and Dentin Morphology. *J Contemp Dent Pract* 2008 July; (9)5:017-024.
- Armengol V, Jean A, Marion D. Temperature rise during Er:YAG and Nd:YAP laser ablation of dentin. *J Endod*. 2000 Mar;26(3):138-41. doi: 10.1097/00004770-200003000-00002. PMID: 11199705.
- Armstrong S, Breschi L, Özcan M, Pfeifferkorn F, Ferrari M, Meerbeek B Van. Academy of dental materials guidance on in vitro testing of dental composite bonding effectiveness to dentin / enamel using micro-tensile bond strength (TBS) approach. *Dent Mater*. 2016;33(2):133–43. doi: 10.1016/j.dental.2016.11.015.
- Bachmann L, Diebolder R, Hibst R, Zetzl DM. Changes in chemical composition and collagen structure of dentine tissue after erbium laser irradiation. *Spectrochimica Acta Part A: Mol Bio Spect*. 2005 Nov;61(11-12):2634–2639. doi:10.1016/j.saa.2004.09.026
- Braga SSL. Efeito da microcirculação pulpar simulada e fontes fotoativadoras na geração de calor na câmara pulpar durante restaurações bulk fill [Internet] [Dissertation]. [Universidade Federal de Uberlândia]; 2017 Fev. doi.org/10.14393/ufu.di.2017.155
- Breschi L, Mazzoni A, Ruggeri A, Cadenaro M, Di Lenarda R, De Stefano Dorigo E. Dental adhesion review: aging and stability of the bonded interface. *Dent Mater*. 2008;24(1):90–101. doi: 10.1016/j.dental.2007.02.009. PMID: 17442386
- Breschi, L, Maravic, T, Cunha, S R, Comba, A, Cadenaro, M, Tjäderhane, L, Mazzoni, A. Dentin bonding systems: from dentin collagen structure to bond preservation and clinical applications. *Dent Mater*. 2018, Jan;34(1):78-96. doi.org/10.1016/j.dental.2017.11.005

Brulat, N, Fornaini, C, Rocca, JP, Darque-Ceretti, E. Role of surface tension and roughness on the wettability of Er: YAG laser irradiated dentin: In vitro study. *Laser Ther.* 2013;22(3):187-194. doi.org/10.5978/islsm.13-OR-15

Buonocore MG. A Simple Method of Increasing the Adhesion of Acrylic Filling Materials to Enamel Surfaces. *J. Dent. Res.* 1955 Dec;34(6):849–853. doi:10.1177/00220345550340060801

Campos RE, Santos Filho PCF, Júnior OB, Ambrosano GMB, Pereira CA. Comparative evaluation of 3 microbond strength tests using 4 adhesive systems: Mechanical, finite element, and failure analysis. *J Prosthet Dent.* 2018;119(1):16674. doi: 10.1016/j.prosdent.2017.02.024

Campos, RP, Mailart, MC, Matuda, AGN., Yui, KCK, da Silva Chagas, G, Rocha, MB., Pucci, C. R. Effect of Nisin-based pretreatment solution on dentin bond strength, antibacterial property, and MMP activity of the adhesive interface. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 2024; 106407 doi.org/10.1016/j.jmbbm.2024.106407

Cardoso DCG, Nakanishi L, Pereira Isolan C, Dos P, Jardim S, Ratto De Moraes R. Bond stability of universal adhesives applied to dentin using etch-and-rinse or self-etch strategies. *Braz Dent J.* 2019;30(5):467–75. doi: 10.1590/01036440201902578

Cardoso MV, Moretto SG, Carvalho RC, Russo EM. Influence of intrapulpal pressure simulation on the bond strength of adhesive systems to dentin. *Braz Oral Res.* 2008 Apr-Jun;22(2):170-5. doi: 10.1590/S1806 83242008000200013. Pubmed PMID: 18622488

Carrasco-Guerisoli LD, Schiavoni RJ dos S, Barroso JM, Guerisoli DMZ, Pécora JD, Froner IC. Effect of different bleaching systems on the ultrastructure of bovine dentin [Internet]. *Dent Traumatol.* 2009 ; 25(2): 176-180.[citado 2024 maio 28] Available from: doi.org/10.1111/j.1600-9657.2008.00644.x

Carrilho MR, Tay FR, Donnelly AM, Agee KA, Tjäderhane L, Mazzoni A, et al. Host-derived loss of dentin matrix stiffness associated with solubilization of collagen. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater.* 2009;90(1):373–80. doi: 10.1002/jbmr.548.

Cavalli V, Reis AF, Giannini M, Ambrosano GM. The effect of elapsed time following bleaching on enamel bond strength of resin composite. *Oper Dent* 2001;26:597-602.

Cavalli V, Sebold M, Shinohara MS, Pereira PNR, & Giannini M. Dentin bond strength and nanoleakage of the adhesive interface after intracoronal bleaching. *Microsc Res Tech.* 2018 Jan;81(4):428-436. doi.org/10.1002/jemt.22995

Chen, CL, Parolia, A, Pau, A, Celerino de Moraes Porto, IC. Comparative evaluation of the effectiveness of desensitizing agents in dentine tubule occlusion using scanning electron microscopy. *Aust. Dent. J.* 2015, Feb;60(1): 65-72. doi.org/10.1111/adj.12275

Chng HK., Ramli HN, Yap AUJ, Lim CT. Effect of hydrogen peroxide on intertubular dentine. *J. Dent.* 2004 Sep;33(5): 363–369. doi:10.1016/j.jdent.2004.10.012

Chuang SF, Chen HP, Chng CH, Liu JK. Effect of fluoridated carbamide peroxide gels on enamel microtensile bond strength. *Eur J Oral Sci.* 2009 Jan;117:435–41.

Comba, A, Baldi, A, Tempesta, RM, Cedrone, A, Carpegna, G, Mazzoni, A, Scotti, N. Effect of Er: YAG and burs on coronal dentin bond strength stability. *J Adhes Dent.* 2019, 21(4), 329–335. doi.org/10.3290/j.jad.a42932

Curylofo, FA, Messias, DCF, Silva-Sousa, YTC, Souza-Gabriel, AE. Bond strength of restorative material to dentin submitted to bleaching and Er: YAG laser post-treatment. *Photomed Laser Surg.* 2014, Aug;32(9):495–499. doi.org/10.1089/pho.2014.3721

Da Silva Machado J, Cândido MS, Sundfeld RH, De Alexandre RS, Cardoso JD, Sundfeld ML. The influence of time interval between bleaching and enamel bonding. *J Esthet Restor Dent.* 2007 Nov;19:111–8

Dannacher JJ. Catalytic bleach: Most valuable applications for smart oxidation chemistry. *J Mol Catal A Chem.* 2006 Mar;251(1–2):159–76. doi:10.1016/j.molcata.2006.02.031

De Munck J, Van Landuyt K, Peumans M, et al. A Critical Review of the Durability of Adhesion to Tooth Tissue: Methods and Results. *J. Dent. Res.* 2005;84(2):118–132. doi:10.1177/154405910508400204

Dishman MV, Covey DA, Baughan LW. The effects of peroxide bleaching on composite to enamel bond strength. *Dent. Mat.* 1994 Jan;10(1):33–36. doi:10.1016/0109-5641(94)90019-1

do Amaral C, Jorge A, Veloso K, Erhardt M, Arias V, Rodrigues JA. The effect of in-office in combination with intracoronal bleaching on enamel and dentin bond strength and dentin morphology. *J Contemp Dent Pract.* 2008;Jul 9(5):17–24

Dutra, DJ, Branco, NT, Alvim, HH, Magalhães, CS, Oliveira, RR, Moreira, AN. Bond strength of two universal adhesive systems to human dentin using different strategies. *Acta Odontol. Latinoam.* 2022; 35(3):155–163. doi.org/10.54589/aol.35/3/155

Enrich-Essvein, T, Benavides-Reyes, C, Álvarez-Lloret, P, Bolaños-Carmona, MV, Rodríguez-Navarro, AB, González-López, S. Influence of de-remineralization process on chemical, microstructural, and mechanical properties of human and bovine dentin. *Clin. Oral Investig.* 2021, May;(25): 841–849. doi.org/10.1007/s00784-020-03371-9

Feitosa VP, Gotti VB, Grohmann CV, Abuná G, Correr-Sobrinho L, Sinhoreti MAC, et al. Two methods to simulate intrapulpal pressure: effects upon bonding performance of self-etch adhesives. *International Endo J.* 2014 Jan 9;47(9):819–26

Fonseca RG., Martins SB, de Oliveira Abi-Rached F, dos Santos Cruz CA. Effect of different airborne-particle abrasion/bonding agent combinations on the bond strength of a resin cement to a base metal alloy. *J Pro Dent*. 2012 Nov;108(5):316-323. doi.org/10.1016/S0022-3913(12)60185-1

Frassetto, A, Breschi, L, Turco, G, Marchesi, G, Di Lenarda, R, Tay, FR, Cadenaro, M. Mechanisms of degradation of the hybrid layer in adhesive dentistry and therapeutic agents to improve bond durability—A literature review. *Dent Mat* 2016, Feb;32(2):e41-e53. doi.org/10.1016/j.dental.2015.11.007

Galhano, G, de Melo, RM, Valandro, LF, Bottino, MA. Comparison of resin push-out strength to root dentin of bovine-and human-teeth. *Indian J. Dent. Res*. 2009; 20(3): 332-336. doi: 10.4103/0970-9290.57378

George, SJ, & Johnson, JL. In situ zymography. Matrix metalloproteinase protocols. 2010;(62): 271-277. doi.org/10.1007/978-1-60327-299-5_17

Gonçalves SE, de Araujo MA, Damiao AJ. Dentin bond strength: influence of laser irradiation, acid etching, and hypermineralization. *J Clin Laser Med Surg*. 1999 Sep;17(2):77–85

Groth EB, Mercer CE, Anderson P (2001) Microtomographic analysis of subsurface enamel and dentine following Er:YAG laser and acid etching. *Eur J Prosthodont Restor Dent* 9(2): 73–79

Hiraishi N, Yiu CK, King NM, Tay FR. Effect of pulpal pressure on the microtensile bond strength of luting resin cements to human dentin. *Dent Mater*. 2009 Jan;25(1):58-66

Huang B, Cvitkovitch DG, Santerre JP, Finer Y. Biodegradation of resin–dentin interfaces is dependent on the restorative material, mode of adhesion, esterase or MMP inhibition. *Dent Mat*. 2018; 34(9):1253-1262. ISSN 0109-5641. doi.org/10.1016/j.dental.2018.05.008

Jiang L, Lin XJ, Chen Yh. Effects of remaining dentin thickness on the bond strength of bleached dentin. *BMC Oral Health*. 2020 Feb;20: 218. doi.org/10.1186/s12903-020-01206-3

Lee BS, Lin CP, Hung YL, Lan WH. Structural changes of Er:YAG laser-irradiated human dentin. *Photomed Laser Surg*. 2004 Aug;22(4):330-4. doi: 10.1089/pho.2004.22.330. PMID: 15345177

Lima AF, Fonseca FM., Freitas MS, Palialol AR, Aguiar FH, Marchi GM. Effect of bleaching treatment and reduced application time of an antioxidant on bond strength to bleached enamel and subjacent dentin. *J Adhes Dent*. 2010 Nov ;13(6):537-42. doi: 10.3290/j.jad.a19813

Mitchem JC, Terkla LG, Gronas DG. Bonding of resin dentin adhesives under simulated physiological conditions. *Dent Mat.* 1988 Dec;4(6):351-353. doi.org/10.1016/S0109-5641(88)80048-4

Moll K, Park HJ, Haller B. Effect of simulated pulpal pressure on dentin bond strength of self-etching bonding systems. *Am J Dent.* 2005 Oct;18(5):335-9. Pubmed PMID:16335043

Nakabayashi N, Kojima K, Masuhara E. The promotion of adhesion by the infiltration of monomers into tooth substrates. *Jour. of Biomed. Mat. Res.* 1982 16(3): 265–273. doi:10.1002/jbm.820160307

Nakabayashi N, Takarada K. (1992). Effect of HEMA on bonding to dentin. *Dent Mater.* 1992 Aug;8(2):125–130. doi:10.1016/0109-5641(92)90067-m

Okda, RA, El Kadi, AS, AlAbbassy, FH. Effect of different dentin treatment protocols on surface roughness and composite bonding. *Alexandria Dental Journal.* 2020; 45(3), 120-125. doi: 10.21608/ADJALEXU.2020.122965

Otero CIA, Di Bella E, Krejci I, Bortolotto T. Effect of 9.3 μm CO₂ and 2.94 μm Er:YAG Laser vs. Bur Preparations on Marginal Adaptation in Enamel and Dentin of Mixed Class V Cavities Restored With Different Restorative Systems. *Front. Dent. Med.* 2021 May;(2). doi.org/10.3389/fdmed.2021.668056

Pashley DH, Carvalho RM, Sano H, Nakajima M, Yoshiyama M, Shono Y, et al. The microtensile bond test: a review. *J Adhes Dent.* 1999;1(4):299–309. PMID: 11725659

Perdigão J, Reis A, Loguercio AD. Dentin Adhesion and MMPs: A Comprehensive Review. *J Esthet Restor Dent.* 2013, Feb; 25(4): 219-241. doi.org/10.1111/jerd.12016

Perdigão J. Dentin bonding-Variables related to the clinical situation and the substrate treatment. *Dent Mater.* 2010;26(2):24–37. doi: 10.1016/j.dental.2009.11.149. PMID: 20005565

Potocnik I, Kosec L, Gasrpersic D. Effect of 10% Carbamide Peroxide Bleaching Gel on Enamel Microhardness, Microstructure, and Mineral Content. *J. Endod.* 2000 Apr;26(4):203–6

Pucci CR, Niu L, Bryan T, Qi Y, Pashley D, Tay F. Effect of a pulpal pressure on dentin-bonding of single-bottle, one-step self-etching adhesives [abstract] [online]. In: 90th IADR General Session & Exhibition of the International Association of Dental Research – IADR. 20-23 Jun 2013; Foz do Iguaçu, PR. *J Dent Res.* 2012;91(B):3052

Purk JH, Dusevich V, Atwood MJ, Spencer MDB, Kruse MD, Webb MT, et al. Microtensile dentin adhesive bond strength under different positive pulpal pressures. *Am J Dent.* 2009 Dec;22(6):357

Ramos, ACB, Esteves-Oliveira, M, Arana-Chavez, VE, de Paula Eduardo, C. Adhesives bonded to erbium: yttrium–aluminum–garnet laser-irradiated dentin:

transmission electron microscopy, scanning electron microscopy and tensile bond strength analyses. *Lasers Med Sci.* 2010; 25: 181-189. doi:10.1007/s10103-008-0600-0

Rechmann, P, Bartolome, N, Kinsel, R, Vaderhobli, R, Rechmann, BMT. Bond strength of etch-and-rinse and self-etch adhesive systems to enamel and dentin irradiated with a novel CO₂ 9.3 µm short-pulsed laser for dental restorative procedures. *Lasers Med Sci.* 2017;32, 1981-1993. doi:10.1007/s10103-017-2302-y

Ribeiro CF, Anido AA, Rauscher FC, Yui KC, Goncalves SE. Marginal leakage in class V cavities pretreated with different laser energy densities. *Photomed Laser Surg.* 2005 Sep; 23(3):313–316. doi:10.1089/pho.2005.23.313

Rodrigues, RB, Soares, CJ, Junior, PCS, Lara, VC, Arana-Chavez, VE, Novais, VR. Influence of radiotherapy on the dentin properties and bond strength. *Clin. Oral Investig.* 2018; 22, 875-883. doi:10.1007/s00784-017-2165-4

Saitamon, P, Pravalpruekskul, S, Vongphan, N, Harnirattisai, CC, Sattabanasuk, V. Universal Adhesive Application Modes Differentially Affect the Fracture Resistance of Resin Composite Restored Teeth. *Oper. Dent.* 2024; doi.org/10.2341/23-092-L

Sano H, Chowdhury AMA, Saikaew P, Matsumoto M, Hoshika S, Yamauti M: The microtensile bond strength test: Its historical background and application to bond testing. *Jpn. Dent. Sci. Rev.* 2020, 56(1):24-31

Sano H, Shono T, Sonoda H, Takatsu T, Ciucchi B, Carvalho R, et al. Relationship between surface area for adhesion and tensile bond strength - evaluation of a microtensile bond test. *Dent Mater.* 1994;10(4):236–40. doi: 10.1016/01095641(94)90067-1. PMID: 7664990

Sasaki KM, Aoki A, Masuno H, Ichinose S, Yamada S, Ishikawa I: Compositional analysis of root cementum and dentin after Er : YAG laser irradiation compared with CO₂ lased and intact roots using Fourier transformed infrared spectroscopy. *J Periodontal Res* 2002, 37(1):50-59

Sato, A, Nagase, H, Obinata, D, Fujiwara, K, Fukuda, N, Soma, M, Takahashi, S. Inhibition of MMP-9 using a pyrrole-imidazole polyamide reduces cell invasion in renal cell carcinoma. *Int. J. Oncol.* 2013; 43(5):1441-1446. <https://doi.org/10.3892/ijo.2013.2073>

Sauro, S, Pashley, DH, Montanari, M, Chersoni, S, Carvalho, RM, Toledano, M, Prati, C. Effect of simulated pulpal pressure on dentin permeability and adhesion of self-etch adhesives. *Dent Mater.* 2007; 23(6): 705-713. doi.org/10.1016/j.dental.2006.06.010

Schemehorn BR, Novak ED. Use of a calcium peroxide whitening agent for remineralization and recalcification of incipient lesions. *J Clin Dent.* 2007 Aug;18(4):126–30. PMID: 18277744

Shakya VK, Bhattacharjee A, Singh RK. Shear bond strengths of bur or Er:YAG laser prepared dentine to composite resin with or without low-level laser conditioning: an in vitro study. *Lasers Med Sci.* 2023 Jul;(38):161. doi.org/10.1007/s10103-023-03824-z

Silva Soares LE, do Espírito Santo AM. Morphological and Chemical Comparative Analysis of The Human and Bovine Dentine–Adhesive Layer. *Microsc. Microanal.* 2014 Dec; 21(01):204–213. doi:10.1017/s143192761401366x

Souza-Gabriel, AE, Sousa-Neto, MD, Scatolin, RS, Corona, SAM. Durability of resin on bleached dentin treated with antioxidant solutions or lasers. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 2020, Apr;(104) 103647. doi.org/10.1016/j.jmbbm.2020.103647

Souza-Zaroni, WC, Chinelatti, MA, Delfino, CS, Pecora, JD, Palma-Dibb, R., Corona, SA. Adhesion of a self-etching system to dental substrate prepared by Er: YAG laser or air abrasion. *J. Biomed. Mater. Res.* 2008; 86(2), 321-329. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.31020>

Spyrides GM, Naressi SCM, Rodrigues JR, Araujo MAM. Vital tooth bleaching. *JBC J.Bras. Odont. Clin.* 1998 may-jun; 2(9): 15-20

Sun L, Liang S, Sa Y, Wang Z, Ma X, Jiang T, et al. Surface alteration of human tooth enamel subjected to acidic and neutral 30% hydrogen peroxide. *J Dent.* 2011 Jun-Jul;39(10):686–92. doi: 10.1016/j.jdent.2011.07.011. PMID: 21855600

Swift EJ Jr. Critical appraisal: Effects of bleaching on tooth structure and restorations, part II: Enamel bonding. *J Esthet Restor Dent* 2008 Jan;20:68 73

Thiesen CH, Rodrigues Filho R, Prates LHM, Sartori N. The influence of desensitizing dentifrices on pain induced by in-office bleaching. *Braz Oral Res.* 2013 Nov-Dec;27(6):517–523. doi:10.1590/s1806-83242013000600012

Titely KC, Torneck CD, Ruse ND. The effect of carbamide peroxide gel on the shear bond strength of a microfil resin to bovine enamel. *J Dent Res.* 1992 Apr;71:20(4)

Titely KC, Torneck CD, Smith DC, Adibfar A. Adhesion of Composite Resin to Bleached and Unbleached Bovine Enamel. *J Dent. Res.* 1988;67(12):1523-1528. doi:10.1177/00220345880670121601

Titely, KC, Chernecky, R, Rossouw, P., Kulkarni, GV. The effect of various storage methods and media on shear-bond strengths of dental composite resin to bovine dentine. *Arch. Oral Biol.* 1998; 43(4): 305-311. [https://doi.org/10.1016/S0003-9969\(97\)00112-X](https://doi.org/10.1016/S0003-9969(97)00112-X)

Tjäderhane, L, Nascimento, FD, Breschi, L, Mazzoni, A, Tersariol, IL, Geraldeli, S, Pashley, DH. Optimizing dentin bond durability: control of collagen degradation by matrix metalloproteinases and cysteine cathepsins. *Dent Mater.* 2013; 29(1): 116-135. <https://doi.org/10.1016/j.dental.2012.08.004>

Tonami, KI, Takahashi, H, Nishimur, F. Effect of frozen storage and boiling on tensile strength of bovine dentin. *Dent. Mater. J.* 1996;15(2): 205-211.
<https://doi.org/10.4012/dmj.15.205>

Torres CRG, Caneppele TMF, Del Moral de Lazari R. Effect of dental surface treatment with Nd:YAG and Er:YAG lasers on bond strength of resin composite to recently bleached enamel. *Lasers Med Sci.* 2012 Jul;(27):755–760.
<https://doi.org/10.1007/s10103-011-0946-6>

Unlu N, Cobankara FK, Ozer F. Effect of elapsed time following bleaching on the shear bond strength of composite resin to enamel. *J Biomed Mater Res B Appl Biomater* 2008 Nov;(84):363 8

Van Meerbeek B, De Munck J, Yoshida Y, Inoue S, Vargas M, Vijay, P. et al. Adhesion to enamel and dentin: current status and future challenges. *Op. Dent.* May-Jun. 2003-, 28(3), 215-235

Vermelho, PM, Freitas, PM, Reis, AF, Giannini, M. Influence of Er: YAG laser irradiation settings on dentin-adhesive interfacial ultramorphology and dentin bond strength. *Microsc Res Tech.* 2022; 85(8): 2943-2952. doi.org/10.1002/jemt.24144

Villalta, P, Lu, H, Okte, Z, Garcia-Godoy, F, Powers, JM. Effects of staining and bleaching on color change of dental composite resins. *J. Prosthet. Dent.* 2006; 95(2), 137-142. doi.org/10.1016/j.prosdent.2005.11.019

Wang, JH, Yang, K, Zhang, BZ, Zhou, ZF, Wang, ZR, Ge, X., Wang, XJ. Effects of Er: YAG laser pre-treatment on dentin structure and bonding strength of primary teeth: an in vitro study. *BMC Oral health.* 2020;20, 1-10.
<https://doi.org/10.1186/s12903-020-01315-z>

Wei, D, Nakamoto, A, Hiraishi, N, Nakane, A, Abuna, G, Otsuki, M, Shimada, Y. Effect of Er: YAG laser irradiation with additional low energy on resin-dentin bonding and morphology of bonded interface. *J. Mech. Behav. Biomed. Mater.* 2023;140, 105692. doi.org/10.1016/j.jmbbm.2023.105692

Wigdor, HA, Walsh Jr, JT, Featherstone, JD, Visuri, SR, Fried, D, Waldvogel, JL. Lasers in dentistry. *Lasers Surg. Med.* 2005;16(2): 103-133.
doi.org/10.1002/lsm.1900160202

Yamakawa S, Niwa T, Karakida T, Kobayashi K, Yamamoto R, Chiba R, Yamakoshi Y, Hosoya N. Effects of Er:YAG and Diode Laser Irradiation on Dental Pulp Cells and Tissues. *Int J Mol Sci.* 2018, Aug;(8):24-29. doi: 10.3390/ijms19082429. PMID: 30126087; PMCID: PMC6121961

Zanchi, CH, Guerra Lund, R, Perrone, LR, Ribeiro, GA, del Pino, FB, Pinto, MB, Demarco, FF. Microtensile bond strength of two-step etch-and-rinse adhesive systems on sound and artificial caries-affected dentin. *Am. J. Dent.* 2010; 23(3): 152-6. PMID: 20718212

Zezell, DM, Ana, PA. High power lasers and their interaction with biological tissues. Lasers in Dentistry: Clin Pract, 2015; Feb;11-18.
<https://doi.org/10.1002/9781118987742.ch2>

Zhong Qi, Zhou Qi, Xiao T, Li X, Xu W, Li Y, Tao Y, Wu Z, Zhou Z, Wong HM, Li Li Q. Er:YAG Laser Physical Etching and Ultra-High-Molecular-Weight Cross-Linked Sodium Polyacrylate Chemical Etching for a Reliable Dentin Dry Bonding. ACS Appl. Mater. Interfaces., 2023;15;(33): 39127-39142. doi:10.1021/acsami.3c07091