


EVIDÊNCIAS CIENTÍFICAS QUANTO A REMOÇÃO DE TECIDO CARIADO COM A UTILIZAÇÃO DE LASERS DE ESTADO SÓLIDO: UMA REVISÃO DE ESCOPO

SCIENTIFIC EVIDENCE FOR CARIOUS TISSUE REMOVAL USING SOLID-STATE LASERS: A SCOPING REVIEW

EVIDENCIA CIENTÍFICA SOBRE LA ELIMINACIÓN DE TEJIDO CARIOSO MEDIANTE LÁSERES DE ESTADO SÓLIDO: UNA REVISIÓN DEL ALCANCE

 <https://doi.org/10.56238/arev7n11-342>

Data de submissão: 26/11/2025

Data de publicação: 26/11/2025

Sabrina Fernandes Martins

Graduanda em Odontologia

Instituição: Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

E-mail: sabrina.fernandes@estudante.ufjf.br

Orcid: 0009-0009-0298-1635

Flávia Beatriz Gomes Côrrea

Professor

Instituição: Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

E-mail: 15508880640@estudante.ufjf.br

Orcid: 0009-0007-6096-1144

Luiz Eduardo de Almeida

Professor

Instituição: Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

E-mail: luiz.almeida@ufjf.br

Orcid: 0000-0002-4980-6422

Valéria de Oliveira

Professor

Instituição: Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

E-mail: oliveira.valeria@ufjf.br

Orcid: 0000-0003-4720-0491

Michelle Inês e Silva

Professor

Instituição: Centro Universitário FAMINAS

E-mail: msodontologiaintegrada@gmail.com

Orcid: 0000-0002-6995-2670

Milene de Oliveira

Professor

Instituição: Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

E-mail: milene.oliveira@ufjf.br

Orcid: 0000-0003-2096-7502

Werônica Jaernevay Silveira Mitterhofer

Professor

Instituição: Universidade Federal de Juiz de Fora (UFJF)

E-mail: weronicajaernevay.silveira@ufjf.br

Orcid: 0000-0002-5367-9411

RESUMO

Objetivo: Mapear as evidências científicas disponíveis sobre a utilização dos lasers de alta potência, especialmente os lasers de estado sólido, na remoção de tecido cariado em dentes permanentes. **Metodologia:** Esta revisão de escopo seguiu as recomendações do Joanna Briggs Institute (JBI) e do checklist PRISMA-ScR. Foram realizadas buscas nas bases PubMed (MEDLINE) e Biblioteca Virtual da Saúde (BVS/BIREME), sem restrição de data. Incluíram-se estudos publicados em periódicos indexados que abordassem o emprego de lasers de alta potência ou lasers de estado sólido na remoção de tecido cariado em dentes permanentes. Excluíram-se duplicatas, estudos não indexados, publicações não científicas, trabalhos acadêmicos e estudos envolvendo dentes decíduos. A seleção e a extração dos dados foram realizadas por dois revisores independentes, com resolução de divergências por um terceiro revisor. **Resultados:** Foram analisados 1.816 estudos, dos quais 43 atenderam aos critérios de elegibilidade. O período de publicação dos estudos selecionados variou de 1995 a 2024, com predominância de artigos em língua inglesa e de delineamento laboratorial. Os lasers Er:YAG e Er,Cr:YSGG foram os mais investigados, demonstrando efetividade na remoção seletiva do tecido cariado, preservação da dentina sadia e produção de superfícies microretentivas e livres de smear layer. Diversos estudos relataram redução significativa de microrganismos cariogênicos e boa aceitação pelos pacientes, com menor desconforto e redução da necessidade de anestesia. Entretanto, o tempo clínico tende a ser maior quando comparado à instrumentação rotatória, e a eficácia depende diretamente dos parâmetros operatórios adotados. Os achados indicam que os lasers de estado sólido representam uma alternativa minimamente invasiva e biologicamente segura, especialmente em cáries incipientes e em pacientes pediátricos. Todavia, limitações como maior tempo clínico, custo elevado dos equipamentos e predominância de estudos laboratoriais restringem sua ampla adoção. **Conclusão:** Conclui-se que os lasers Er:YAG e Er,Cr:YSGG apresentam potencial clínico relevante, com evidências consistentes de efetividade e conforto ao paciente, embora sejam necessários ensaios clínicos adicionais para fortalecer sua aplicabilidade na prática odontológica cotidiana.

Palavras-chave: Lasers de Estado Sólido. Preparo da Cavidade Dentária. Cárie Dentária.

ABSTRACT

Objective: To map the scientific evidence available on the use of high-power lasers, particularly solid-state lasers, for the removal of carious tissue in permanent teeth. **Methodology:** This scoping review followed the methodological guidance of the Joanna Briggs Institute (JBI) and the PRISMA-ScR reporting standards. Searches were conducted in the PubMed (MEDLINE) and Virtual Health Library (BVS/BIREME) databases with no date restrictions. Eligible studies included those published in indexed scientific journals addressing the use of high-power or solid-state lasers for the removal of carious tissue in permanent human teeth. Duplicate records, non-indexed publications, non-scientific materials, academic theses, and studies involving primary teeth were excluded. Study selection and data extraction were performed independently by two reviewers, with disagreements resolved by a third reviewer. **Results:** A total of 1,816 studies were screened, of which 43 met the eligibility criteria. The publication period of the included studies ranged from 1995 to 2024, with a predominance of English-language articles and laboratory-based designs. Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers were the most extensively investigated, demonstrating effectiveness in selectively removing carious dentin while preserving sound tissue and producing smear-free, micro-retentive surfaces. Several studies also

reported significant reductions in cariogenic microorganisms and high patient acceptance, including reduced discomfort and decreased need for local anesthesia. However, laser-based procedures generally required longer clinical time compared with rotary instrumentation, and their performance depended heavily on the operational parameters employed. The findings indicate that solid-state lasers constitute a minimally invasive and biologically safe alternative, particularly for incipient lesions and pediatric patients. Nevertheless, limitations such as longer clinical time, high equipment costs, and the predominance of laboratory research limit their widespread implementation in routine dental practice. Conclusion: Overall, Er:YAG and Er,Cr:YSGG lasers demonstrate relevant clinical potential, supported by consistent evidence of effectiveness and patient comfort, although additional well-designed clinical trials are required to strengthen their applicability in contemporary restorative dentistry.

Keywords: Solid-State Lasers. Dental Cavity Preparation. Dental Caries.

RESUMEN

Objetivo: Mapear la evidencia científica disponible sobre el uso de láseres de alta potencia, especialmente láseres de estado sólido, en la eliminación de tejido cariado en dientes permanentes. **Metodología:** Esta revisión exploratoria siguió las recomendaciones del Instituto Joanna Briggs (JBI) y la lista de verificación PRISMA-ScR. Se realizaron búsquedas en las bases de datos PubMed (MEDLINE) y Biblioteca Virtual en Salud (BVS/BIREME), sin restricciones de fecha. Se incluyeron estudios publicados en revistas indexadas que abordaban el uso de láseres de alta potencia o láseres de estado sólido para la eliminación de tejido cariado en dientes permanentes. Se excluyeron duplicados, estudios no indexados, publicaciones no científicas, artículos académicos y estudios con dientes temporales. Dos revisores independientes realizaron la selección y extracción de datos, y un tercer revisor resolvió las discrepancias. **Resultados:** Se analizaron 1816 estudios, de los cuales 43 cumplieron los criterios de inclusión. El periodo de publicación de los estudios seleccionados abarcó desde 1995 hasta 2024, con predominio de artículos en inglés y de diseño de laboratorio. Los láseres Er:YAG y Er,Cr:YSGG fueron los más investigados, demostrando eficacia en la eliminación selectiva de tejido cariado, la preservación de la dentina sana y la obtención de superficies microretentivas libres de capa de barrillo dentinario. Varios estudios reportaron una reducción significativa de microorganismos cariogénicos y una buena aceptación por parte del paciente, con menor incomodidad y menor necesidad de anestesia. Sin embargo, el tiempo clínico tiende a ser mayor en comparación con la instrumentación rotatoria, y la eficacia depende directamente de los parámetros operatorios adoptados. Los hallazgos indican que los láseres de estado sólido representan una alternativa mínimamente invasiva y biológicamente segura, especialmente en caries incipientes y en pacientes pediátricos. No obstante, limitaciones como un mayor tiempo clínico, el elevado coste del equipo y el predominio de estudios de laboratorio restringen su adopción generalizada. **Conclusión:** Se concluye que los láseres Er:YAG y Er,Cr:YSGG presentan un potencial clínico relevante, con evidencia consistente de efectividad y comodidad para el paciente, aunque se necesitan ensayos clínicos adicionales para fortalecer su aplicabilidad en la práctica dental diaria.

Palabras clave: Láseres de Estado Sólido. Preparación de la Cavity Dental. Caries Dental.

1 INTRODUÇÃO

O avanço das tecnologias a laser na odontologia restauradora tem impulsionado o desenvolvimento de métodos menos invasivos para a remoção de tecido cariado^{1,2}.

Entre os dispositivos mais promissores estão os lasers de alta potência – dos quais se destacam o Er:YAG e o Er,Cr:YSGG -, que operam com comprimentos de onda ideais para a ablação seletiva de tecidos duros dentários¹⁻⁵.

A aplicação clínica destes lasers tem sido associada ao maior conforto do paciente, redução de vibração e ruído, além da possibilidade de dispensar o uso de anestesia local em muitos casos^{1,2}.

Ademais, estudos laboratoriais³⁻⁵ demonstram que a utilização do laser Er:YAG proporciona remoção eficaz da dentina cariada com mínima agressão térmica aos tecidos adjacentes e preservação das estruturas sadias.

Além disso, a microscopia eletrônica revela superfícies com microirregularidades favoráveis à adesão de materiais restauradores, livres de smear layer³⁻⁵.

De tudo, desprende-se que esses achados revelam o potencial do laser como ferramenta complementar e, até mesmo, substitutivo para instrumentos rotatórios¹⁻⁵.

Entretanto, apesar dos referidos benefícios, estudos recentes⁵⁻⁸, comparando métodos tradicionais e o uso do laser Er:YAG e Er,Cr:YSGG, apontaram eficácia semelhante na remoção de tecido cariado, embora alguns resultados tenham demonstrado maior tempo de execução com o uso do laser⁵⁻⁷.

Esses dados ressaltam a importância de avaliar a relação custo-benefício e o tempo clínico requerido⁵⁻⁷.

Além disso, a percepção e aceitação dos pacientes têm sido fatores determinantes para a adoção da tecnologia^{7,8}. Neste contexto, mesmo quando o tempo de procedimento é mais longo, o menor desconforto e a ausência de anestesia tornam o método preferível entre adultos e crianças^{7,8}.

Essa perspectiva reforça a necessidade de estratégias que conciliem efetividade clínica e bem-estar do paciente^{7,8}.

Por fim, em consideração ao exposto, o presente estudo estruturou o seu propósito, a realização de uma revisão de escopo^{9,10} que traz em seu bojo o mapeamento das principais evidências científicas sobre a utilização do laser de alta potência (lasers de estado sólido) na remoção do tecido cariado na clínica odontológica diária.

2 METODOLOGIA

Trata-se de uma revisão de escopo, RE, alinhada e guiada, respectivamente, às preconizações metodológicas do Joanna Briggs Institute (JBI)⁹ e pelas recomendações da iniciativa PRISMA-ScR (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses extension for Scoping Reviews)¹⁰.

O protocolo desta RE foi previamente elaborado e está registrado (25/09/2025) e acessível na plataforma Open Science Framework¹¹.

Ademais, o percurso metodológico desta RE seguiu os cinco passos obrigatórios previstos para seu delineamento e concepção, sendo eles: identificação da questão de pesquisa; identificação dos estudos relevantes; seleção dos estudos; análise dos dados; agrupamento, síntese e apresentação dos dados^{9,10}.

A formulação da questão norteadora (passo 1)^{9,10}, alinhada ao acrônimo PCC (Population/População: lasers de estado sólido; Concept/Conceito: remoção do tecido cariado; Context/Contexto: estudos publicados que analisaram a utilização do laser de alta potência na remoção de tecido cariado em dentes humanos, ficou assim estruturada: “Quais as evidências científicas quanto à utilização do laser de alta potência (lasers de estado sólido) na remoção de tecido cariado em dentes humanos permanentes?”.

Em seguida, deu-se a identificação dos estudos relevantes (passo 2)^{9,10}, uma etapa compreendida pela escolha das bases de dados, pela elaboração das estratégias de busca e pela definição dos critérios de elegibilidade.

As buscas textuais^{9,10}, realizadas em janeiro 2025, ocorreu em duas bases de dados: PubMed (MEDLINE) e Biblioteca Virtual da Saúde (BVS/BIREME)^{12,13}. Com essas duas bases, além da garantia da qualidade dos dados a serem coletados - ampla indexação e alto controle de evidência -, possibilitou-se o provimento de uma análise transcultural, abrangendo estudos desenvolvidos em múltiplos cenários sócio-econômico-culturais^{12,13}.

A estratégia de busca^{9,10}, direcionada à pergunta de partida dessa RE, aconteceu pela aplicação nas referidas bases de dados, utilizando-se dos operadores booleanos “AND” e “OR”, de três chaves de busca (trilíngue: português, espanhol e inglês)^{12,13} delineadas pela seleção de três descritores, sendo elas: chave 1/ (“Lasers de Estado Sólido” OR “termos alternativos em português”) AND (“Preparo da Cavidade Dentária” OR “Cárie Dentária” OR “termos alternativos em português”); chave 2/ (“Láseres de Estado Sólido” OR “termos alternativos em espanhol”) AND (“Preparación de la Cavidad Dental” OR “Caries Dental” OR “termos alternativos em espanhol”); chave 3/ (“Lasers, Solid-State” OR

“termos alternativos em inglês”) AND (“Dental Cavity Preparation” OR “Dental Caries” OR “termos alternativos em inglês”).

A elegibilidade dos estudos incluídos^{9,10} nesta RE, além da não restrição quanto à data de publicação, foi ordenada por critérios de elegibilidade (inclusão: estudos publicados em periódicos científicos indexados que expressaram em seus objetivos e/ou propósitos a abordagem do emprego do laser de alta potência/estado sólido na remoção de tecido cariado em dentes humanos e publicações completas com textos estruturados; exclusão: duplicatas; estudos publicados por outra forma de divulgação que não periódicos científicos; estudos que não abordaram a temática de interesse de forma relevante e/ou explícita para o alcance do objetivo desta RE; trabalhos de conclusão de curso, dissertações, teses e estudos publicados em anais de eventos) previamente definidos.

A seleção dos estudos (passo 3)^{9,10} identificados nas bases de dados deu-se pela aplicação dos referidos critérios de elegibilidade (inclusão e exclusão). Esse processo foi desenvolvido, utilizando-se do programa Rayyan (Rayyan®/QCRI/web app)¹⁴, de forma independente (dois de seus autores) em duas fases: na primeira, a leitura do título e do resumo do estudo e, na segunda a solução de discrepâncias através da leitura integral dos textos com divergências e reuniões de consenso^{12,13}.

A análise dos dados (passo 4)^{9,10} envolveu a extração, em duplicata e em língua inglesa, de alguns conteúdos de interesse para esta RE, sendo eles: título; autores; ano; palavras-chave; idioma; localização; objetivos; delineamento metodológico; principais resultados; conclusões/ considerações finais.

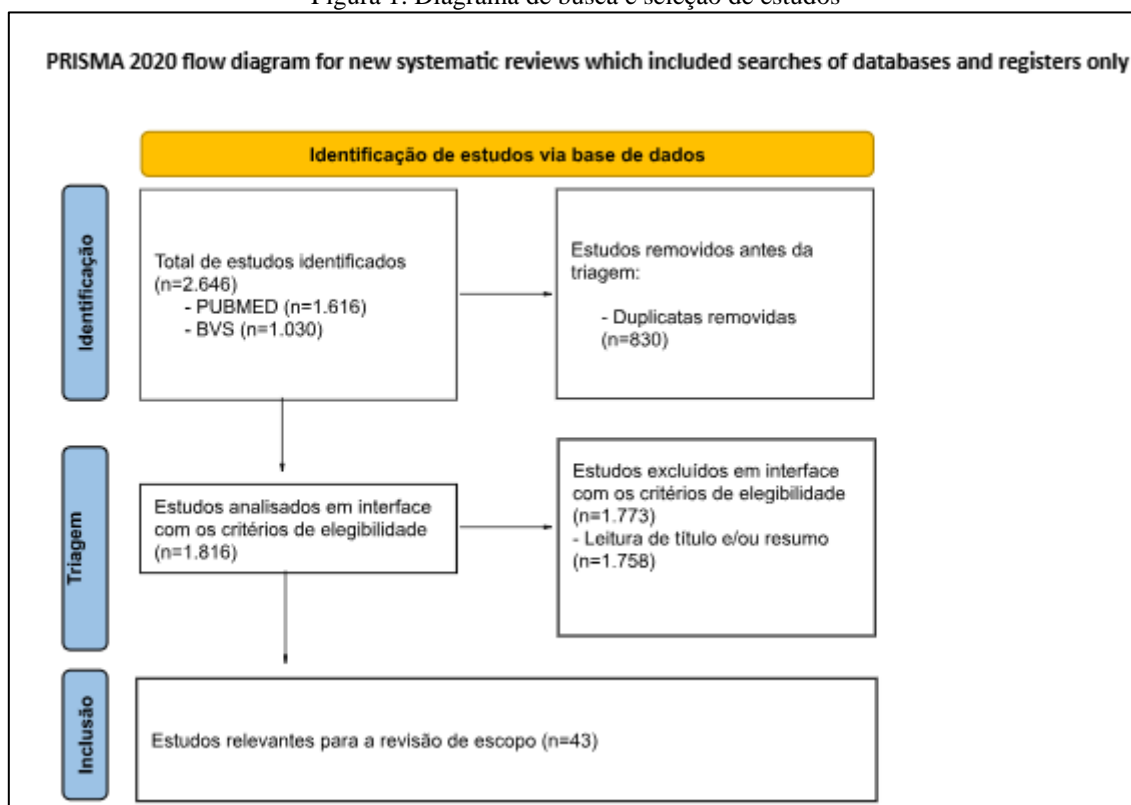
Por fim, quanto ao agrupamento, síntese e apresentação dos dados (passo 5)^{9,10}, iniciou-se com a construção de tabelas voltadas à redução, à categorização e à compreensão das informações encontradas nos estudos incluídos e, tão logo, encerrou-se com a apresentação e a publicização das evidências encontradas nesta RE.

3 RESULTADOS

A princípio, conforme o fluxograma (Figura 1), que detalha as etapas (identificação, triagem, elegibilidade e inclusão) previstas e aplicadas no desenvolvimento desta RE, foram identificados nas bases de dados (PubMed/MEDLINE e BVS/BIREME) um total de 2.646 estudos.

Foram excluídas 830 duplicatas, restando 1.816 estudos, dos quais, em interface com os critérios de elegibilidade, 43 (n) foram considerados elegíveis para a composição amostral desta RE (Figura 1).

Figura 1. Diagrama de busca e seleção de estudos



Fonte: Autores (2025), adaptação do PRISMA-ScR¹⁰

O período analítico desta RE iniciou-se com a descrição das principais características dos estudos selecionados (Quadro 1).

Quadro 1. Principais características dos estudos selecionados

Nº	Título	Autores	Ano	Idioma	Localização (país/continente)	Delineamento metodológico
01	Cavity preparation with the Nd:YLF picosecond laser ¹⁵	Niemz MH	1995	Inglês	Estados Unidos/ América do Norte	Pesquisa laboratorial
02	Effects of Er:YAG laser in caries treatment: a clinical pilot study ¹⁶	Keller e Hibst	1997	Inglês	Estados Unidos, América do Norte	Série de casos
03	Comparison between Er:YAG laser and conventional technique for root caries treatment in vitro ¹⁷	Aoki et al.	1998	Inglês	Estados Unidos, América do Norte (país de afiliação - japão)	Pesquisa laboratorial
04	Erbium:YAG laser application in caries therapy. Evaluation of patient perception and acceptance ¹⁸	Keller et al.	1998	Inglês	Reino Unido, Europa	Estudo observacional do tipo transversal
05	Scanning electron microscopic analysis	Armengol et al.	1999	Inglês	Estados Unidos, América do Norte	Pesquisa laboratorial

	of diseased and healthy dental hard tissues after Er:YAG laser irradiation: in vitro study ¹⁹				(país de afiliação - França)	
06	A clinical evaluation of an Erbium:YAG laser for dental cavity preparation ²⁰	Evans et al.	2000	Inglês	Reino Unido, Europa	Estudo Clínico Randomizado
07	Comparison between the removal effect of mechanical, Nd:YAG, and Er:YAG laser systems in carious dentin ²¹	Yamada et al.	2001	Inglês	Estados Unidos, América do Norte (país filiação - Japão)	Pesquisa laboratorial
08	Lasers in dentistry 4. Removal of carious tissue using lasers ²²	Reich E	2002	Neerlandês	Holanda, Europa	Revisão
09	Selective ablation of surface enamel caries with a pulsed Nd:YAG dental laser ²³	Harris et al.	2002	Inglês	Estados Unidos, América do Norte	Estudo Clínico Randomizado
10	Advancements in dental preparation technique (literature review) ²⁴	Nemes et al.	2002	Húngaro	Hungria, Europa	Revisão
11	A study of cavity preparation by Er:YAG laser-- observation of hard tooth structures by laser scanning microscope and examination of the time necessary to remove caries ²⁵	Shigetani et al.	2002	Inglês	Japão, Ásia	Pesquisa laboratorial
12	Clinical assessment of Er,Cr:YSGG laser application for cavity preparation ²⁶	Matsumoto et al.	2002	Inglês	Estados Unidos, América do Norte (país de afiliação - Japão)	Série de casos
13	Comparative study of carious dentin removal by Er,Cr:YSGG laser and Carisolv ²⁷	Kinoshita et al.	2003	Inglês	Estados Unidos, América do Norte (país de afiliação - Japão)	Pesquisa laboratorial
14	Uma alternativa para o alta-rotação: Er:YAG laser ²⁸	Bispo et al.	2004	Português	Brasil, América do Sul	Revisão
15	Estudo comparativo do grau de permanência de cárie residual após preparos com brocas, ultra-som e laser Er:Yag: avaliação em luz polarizada ²⁹	Kubo et al.	2005	Português	Brasil, América do Sul	Pesquisa laboratorial
16	Biochemical and morphological	Jepsen et al.	2008	Inglês	Estados Unidos, América do Norte	Pesquisa laboratorial

	analysis of dentin following selective caries removal with a fluorescence-controlled Er:YAG laser ³⁰					
17	Fluorescence-controlled Er:YAG laser for caries removal in permanent teeth: a randomized clinical trial ³¹	Dommisch et al.	2008	Inglês	Alemanha, Europa	Estudo Clínico Randomizado
18	Morphological changes in hard dental tissues prepared by Er:YAG laser (LiteTouch, Syneron), Carisolv and rotary instruments. A scanning electron microscopy evaluation ³²	Tsanova et al.	2010	Inglês	Búlgaria, Europa	Pesquisa laboratorial
19	Clinical comparison of bur- and laser-prepared minimally invasive occlusal resin composite restorations: two-year follow-up ³³	Yazici et al.	2010	Inglês	Estados Unidos, América do Norte	Estudo Clínico Randomizado
20	Application of laser technology for removal of caries: a systematic review of controlled clinical trials ³⁴	Jacobsen et al.	2011	Inglês	Dinamarca, Europa	Revisão
21	Caries-removal effectiveness and minimal-invasiveness potential of caries-excitation techniques: a micro-CT investigation ³⁵	Neves et al.	2011	Inglês	Reino Unido, Europa	Pesquisa laboratorial
22	Ablative potential of four different pulses of Er:YAG lasers and low-speed hand piece ³⁶	Baraba et al.	2012	Inglês	Estados Unidos, América do Norte	Pesquisa laboratorial
23	Evaluating the efficiency of caries removal using an Er:YAG laser driven by fluorescence feedback control ³⁷	Schwass et al..	2013	Inglês	Holanda, Europa	Pesquisa laboratorial
24	The use of bur and laser for root caries treatment: a comparative study ³⁸	Geraldo-Martins et al.	2013	Inglês	Etados Unidos, América do Norte	Pesquisa laboratorial

25	Laser in caries treatment--patients' experiences and opinions ³⁹	Sarmadi et al.	2014	Inglês	Reino Unido, Europa	Estudo observacional do tipo transversal
26	Ablation of carious dental tissue using an ultrashort pulsed laser (USPL) system ⁴⁰	Engelbach et al.	2015	Inglês	Reino Unido, Europa	Pesquisa laboratorial
27	Selective removal of demineralized enamel using a CO(2) laser coupled with near-IR reflectance imaging ⁴¹	Tom et al.	2015	Inglês	Estados Unidos, América do Norte	Pesquisa laboratorial
28	Serial removal of caries lesions from tooth occlusal surfaces using near-IR image-guided IR laser ablation ⁴²	Chan et al.	2015	Inglês	Estados Unidos, América do Norte	Pesquisa laboratorial
29	Image-guided removal of occlusal caries lesions with a $\lambda=9.3\text{-}\mu\text{m}$ CO(2) laser using near-IR transillumination ⁴³	Chung et al.	2015	Inglês	Estados Unidos, América do Norte	Pesquisa laboratorial
30	Evaluation of the clinical success of class I cavities prepared by an Er:YAG laser-5-year follow-up study ⁰¹	Hamidi et al.	2015	Inglês	Alemanha, Europa	Estudo observacional do tipo coorte
31	Histological evaluation of three techniques for caries removal ⁴⁴	Medioni et al.	2016	Inglês	Japão, Ásia	Pesquisa laboratorial
32	Selective Laser Ablation of Carious Lesions using Simultaneous Scanned Near-IR Diode and CO(2) Lasers ⁴⁵	Chan e Fried .	2017	Inglês	Estados Unidos, América do Norte	Pesquisa laboratorial
33	Selective removal of natural caries lesions from dentin and tooth occlusal surfaces using a diode-pumped Er:YAG laser ⁴⁶	Jew J et al.	2017	Inglês	Estados Unidos, América do Norte	Pesquisa laboratorial
34	A Randomized Controlled Trial Comparing Er:YAG Laser and Rotary Bur in the Excavation of Caries - Patients' Experiences and the Quality of Composite Restoration ⁰⁷	Sarmadi et al.	2018	Inglês	Emirados Árabes Unidos, Ásia	Estudo clínico randomizado

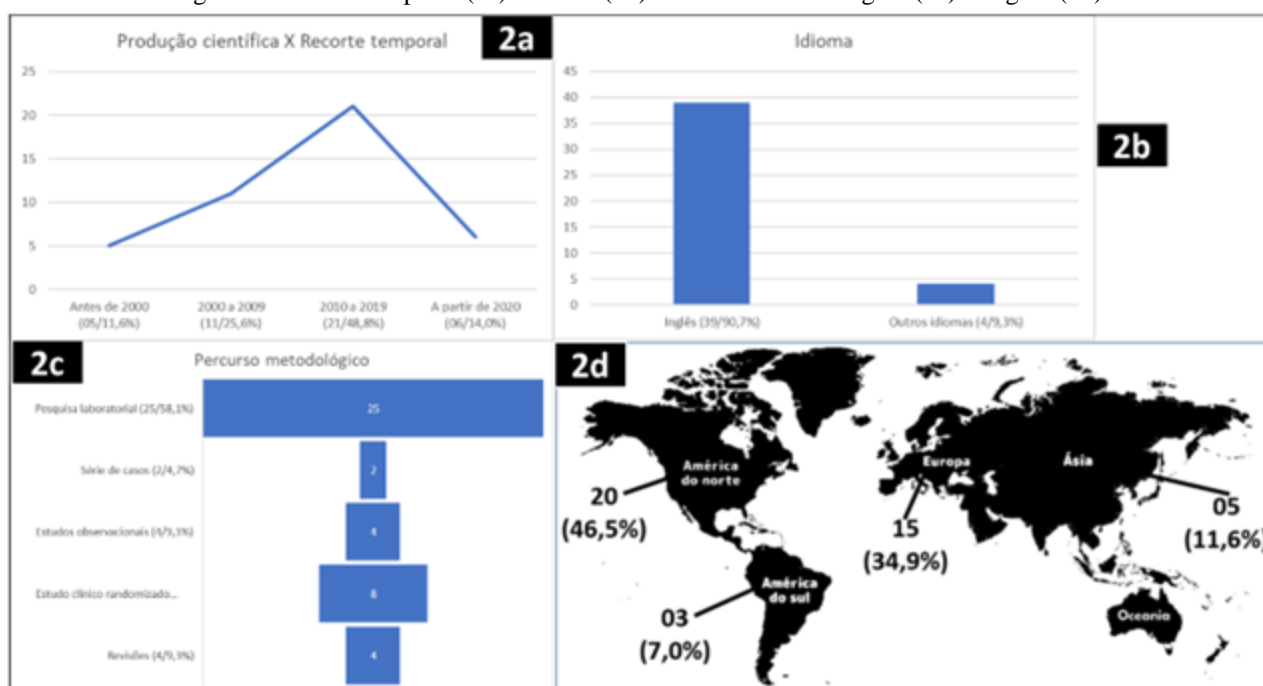
35	Efficacy of removal of cariogenic bacteria and carious dentin by ablation using different modes of Er:YAG lasers ⁰³	Baraba et al.	2018	Inglês	Brasil, América do Sul	Pesquisa laboratorial
36	Use of a DPSS Er:YAG laser for the selective removal of composite from tooth surfaces ⁴⁷	Fried et al.	2018	Inglês	Estados Unidos, América do Norte	Pesquisa laboratorial
37	Selective ablation of dental caries using coaxial Co(2) (9.3-µm) and near-IR (1880-nm) lasers ⁴⁸	Chan e Fried.	2019	Inglês	Estados Unidos, América do Norte	Estudo clínico randomizado
38	Four-year clinical prospective follow-up of resin composite restoration after selective caries removal using Er:YAG laser ⁰²	Valério et al.	2020	Inglês	Alemanha, Europa	Estudo observacional do tipo coorte
39	Efficacy and Patient's Acceptance of Alternative Methods for Caries Removal-a Systematic Review ⁰⁴	Cardoso et al.	2020	Inglês	Suíça, Europa	Revisão
40	Use of the Er:YAG Laser in Conservative Dentistry: Evaluation of the Microbial Population in Carious Lesions ⁰⁸	Valenti et al.	2021	Inglês	Suíça, Europa	Estudo clínico randomizado
41	In vitro Evaluation of Laser vs. Handpiece for Tooth Preparation ⁴⁹	Vaddamanu et al.	2022	Inglês	Índia, Ásia	Pesquisa laboratorial
42	Evaluation of the Efficacy of Recent Caries Removal Techniques: An In Vitro Study ⁰⁵	Sharma et al.	2023	Inglês	Estados Unidos, América do Norte	Pesquisa laboratorial
43	Comparative Evaluation of Clinical and Microbiological Assessment of Caries Excavation Using Conventional, Smart Bur, Chemomechanical Method and ErCr: YSGG Laser ⁰⁶	Kini et al.	2024	Inglês	Índia, Ásia	Estudo clínico

Fonte: Autores (2025)

No tocante ao recorte temporal, os artigos foram publicados entre os anos de 1.995 a 2024, destacando que a ascensão da produtividade se deu entre o período de 2.000 a 2019, 32/74,4% (Figura 2/2a).

Ademais, os estudos que mais prevaleceram foram os escritos em língua inglesa (90,7%), sob percurso metodológico do tipo laboratorial (58,1%) e desenvolvidos nos continentes americano (América do Norte/EUA, 46,5%) e europeu (34,9%) (Figuras 2/2b, 2c e 2d).

Figura 2. Recorte temporal (2a). Idioma (2b). Percurso metodológico (2c). Origem (2d).



Fonte: Autores (2025)

Para organizar os achados, os estudos foram agrupados conforme a semelhança entre seus focos e resultados. Esse processo deu origem a sete categorias principais, que representam os diferentes enfoques encontrados nas pesquisas analisadas. As categorias identificadas foram: efetividade da remoção do tecido cariado; morfologia da superfície dentinária; eficácia microbiológica; interação laser-tecido; tempo clínico e parâmetros operatórios; aceitação e conforto do paciente e indicações clínicas e limitações.

De forma geral, observou-se que a maior parte dos estudos se concentrou em avaliar a efetividade da remoção de tecido cariado e as alterações morfológicas provocadas na dentina após a irradiação. Além disso, ficou evidente que os lasers de Érbio (Er:YAG e Er,Cr:YSGG) foram os mais utilizados entre os trabalhos incluídos, aparecendo de forma consistente como os dispositivos de melhor desempenho clínico e com maior respaldo científico na literatura atual.

Quadro 2. Tipos de laser de alta potência. Enfoques temáticos dos estudos analisados

Tipos de laser de alta potência		
Descrição	Número de estudos	
Er:YAG	30 ^{01,02,03,04,05,07,08,16, 17,18,19,20,21,22,24,25,28,29,30,31,32,34,35,36,37,39,44,46,47,49} 69,7%	
Er,Cr:YSGG	07 ^{04,06,26,27,33,34,38} 16,2%	
CO ₂	05 ^{41,42,43,45,48} 11,6%	
Nd:YAG	02 ^{21,23} 04,6%	
Nd: YLF	01 ¹⁵ 02,3%	
USPL	01 ⁴⁰ 02,3%	
Enfoques temáticos		
Categoria temática	Foco/ Descrição dos achados	Número de estudos/%
Efetividade da remoção de tecido cariado	Demonstraram que os lasers Er:YAG e Er,Cr:YSGG removem tecido cariado de forma eficiente, com mínima agressão térmica e preservação da dentina sadia.	32 ^{1-3, 5-7, 9, 15-21, 25-31, 35-38, 40-43, 46-48} 74,4%
Morfologia da superfície dentinária	Produzem superfície dentinária microretentiva, sem smear layer, favorecendo a adesão de materiais restauradores.	29 ^{1, 2, 8, 9, 15-21, 25-30, 32, 36-43, 46-48} 67,4%
Eficácia microbiológica	Promovem significativa redução de microrganismos cariogênicos (S. mutans, Lactobacillus spp.), com resultados comparáveis aos métodos convencionais.	22 ^{1-9, 26, 27, 29, 30, 31, 37, 38, 40, 42, 43, 46-48} 51,2%
Interação laser-tecido	A interação dos feixes com o tecido dentinário promove ablação seletiva e remoção controlada de água e matriz orgânica, com mínima carbonização e ausência de fissuras térmicas quando utilizados parâmetros adequados.	26 ^{1, 2, 5-9, 15-17, 19-21, 25-30, 36, 37, 40, 42, 43, 47, 48} 60,4%
Tempo clínico e parâmetros operatórios	A técnica a laser demanda maior tempo clínico que o método rotatório, dependendo da energia.	18 ^{1, 2, 5, 6, 25-27, 30, 31, 36, 37, 40-43, 46-48} 41,9%
Aceitação e conforto do paciente	Pacientes relataram maior conforto e menor necessidade de anestesia, dor e ruído reduzidos.	10 ^{1, 2, 4, 6, 7, 16, 39, 40, 47,48} 23,3%
Indicações clínicas e limitações	O uso do laser é indicado em casos de cáries incipientes, pacientes pediátricos e regiões estéticas, porém apresenta limitações em cavidades extensas, proximidade	12 ^{1, 2, 6, 16, 18, 19, 26, 36, 37, 40, 42, 47} 27,9%

	pulpar e necessidade de custo e treinamento específicos.	
--	--	--

Fonte: Autores (2025)

4 DISCUSSÃO

De uma forma geral, essa revisão de escopo, a partir da sua questão norteadora, identificou e analisou 43 estudos que trouxeram em seu escopo temático a utilização do laser de alta potência (lasers de estado sólido) na remoção do tecido cariado na clínica odontológica diária.

Observou-se uma tendência de crescimento progressivo das publicações relacionadas ao tema entre os anos 2000 e 2019, coincidindo com o avanço tecnológico dos sistemas de laser e a ampliação do acesso a equipamentos como o Er:YAG e o Er,Cr:YSGG. Esse aumento reflete o interesse da comunidade científica em investigar a aplicabilidade clínica desses dispositivos, tanto em parâmetros de segurança quanto de efetividade. No entanto, a partir de 2020, houve uma queda perceptível no número de estudos, possivelmente relacionada ao impacto da pandemia de COVID-19, que dificultou a execução de ensaios clínicos e reduziu a produção de pesquisas laboratoriais em muitas instituições de ensino e pesquisa.

Os achados desta revisão revelam que a efetividade da remoção do tecido cariado foi o foco mais recorrente entre os estudos incluídos, com 32 artigos (74,4%). De forma convergente, a literatura demonstra que os lasers Er:YAG e Er,Cr:YSGG apresentam elevada capacidade ablativa, com remoção seletiva de dentina infectada e preservação da dentina sadia^{1,2,3}. Esses dados reforçam o potencial do laser como alternativa conservadora aos instrumentos rotatórios, especialmente quando se objetiva reduzir danos térmicos e minimizar o desgaste desnecessário. Estudos laboratoriais clássicos, como os de Aoki¹⁷, Keller & Hibst¹⁸ e Matsumoto²⁶, sustentam esses achados ao demonstrarem que os mecanismos termoablativos promovem remoção eficiente sem carbonização ou rachaduras estruturais, desde que utilizados parâmetros adequados. Ressalta-se que alguns estudos foram classificados em mais de uma categoria temática, uma vez que abordaram simultaneamente diferentes aspectos da aplicação clínica dos lasers, como efetividade, morfologia e tempo clínico.

A segunda categoria mais prevalente foi a morfologia da superfície dentinária (29 estudos; 67,4%). Os resultados apontam que a irradiação laser produz superfícies microretentivas, desprovidas de smear layer e com túbulos dentinários expostos, características que favorecem a adesão de materiais restauradores. Essas observações estão alinhadas aos estudos de Jepsen³⁰, Tsanova³² e Baraba³⁶, que demonstraram, por meio de microscopia eletrônica, padrões morfológicos superiores quando comparados aos preparos feitos com brocas. Tal comportamento é explicado pelo efeito complexo

entre evaporação instantânea de água e microexplosões controladas, resultando em topografia mais favorável para infiltração adesiva.

A categoria eficácia microbiológica também se destacou, com 22 estudos (51,2%). Foi observada redução significativa de microrganismos cariogênicos, especialmente *Streptococcus mutans* e *Lactobacillus spp.*, demonstrada em trabalhos como os de Baraba³, Kini⁶ e Valenti⁸. Esses estudos convergem ao apontar que a ação térmica do laser contribui para descontaminação adicional da cavidade, um benefício que não é obtido exclusivamente com brocas.

A interação laser–tecido dentário, abordada em 26 estudos (60,4%), revelou-se fundamental para o entendimento clínico dos lasers de alta potência. Os achados confirmam que a ablação ocorre predominantemente pela absorção da energia pelo conteúdo hídrico da dentina, produzindo microexplosões controladas. Trabalhos de Niemz¹⁵, Armengol¹⁹ e Fried⁴⁷ descrevem de forma consistente como o comprimento de onda determina a seletividade e profundidade da ablação, corroborando os achados da presente RE. Estudos contemporâneos, como os de Valério² e Sharma⁵, reforçam que ajustes inadequados de energia e frequência podem alterar a qualidade da superfície e aumentar a temperatura pulpar, evidenciando a importância do domínio técnico por parte do operador.

No que diz respeito ao tempo clínico, 18 estudos (41,9%) relataram que o preparo cavitário com laser tende a demandar mais tempo do que a técnica convencional com instrumentos rotatórios, especialmente em cavidades amplas. Esses achados concordam com as conclusões de Shigetani²⁵, Matsumoto²⁶ e Schwass³⁷, que relacionam esse aumento de tempo à taxa de ablação menor e à necessidade de múltiplas passagens do feixe. No entanto, parte da literatura sugere que parâmetros otimizados, como energias mais altas (200–300 mJ) e frequências entre 10–20 Hz, podem reduzir parcialmente essa diferença.

A aceitação do paciente, contemplada em 10 estudos (23,3%), destaca um dos maiores benefícios clínicos dos lasers. Pacientes relataram menor desconforto, menor necessidade de anestesia local e redução de vibração e ruído, achados amplamente descritos em Sarmadi^{7,39}, Keller¹⁸ e Cardoso⁴. Essa vantagem torna o laser especialmente indicado para pacientes pediátricos, ansiosos ou com sensibilidade aumentada.

Por fim, os estudos que discutiram indicações clínicas e limitações (12; 27,9%) reforçam que o laser é especialmente indicado em cáries incipientes, áreas estéticas e odontopediatria, mas apresenta limitações em cavidades extensas, na proximidade pulpar e exige maior investimento em equipamento e capacitação profissional. Esses achados estão alinhados à literatura clássica de Keller¹⁶, Armengol¹⁹; Evans²⁰ e atual Valério²; Kini⁶, que destacam a necessidade de proficiência técnica para garantir segurança e previsibilidade.

Apesar de não ser relatado em grande parte dos estudos incluídos, é amplamente reconhecido que o custo dos equipamentos laser de alta potência é elevado, o que impacta a acessibilidade e a adoção dessa tecnologia na prática clínica. Além disso, observou-se predominância de estudos laboratoriais e in vitro, o que limita a extrapolação direta dos resultados para o ambiente clínico real.

Por fim, no tocante às limitações desta RE, dois pontos fragilizadores se destacaram. O primeiro atrela-se à limitação do processo de busca bibliográfica não ter coberto a totalidade dos estudos disponíveis. Já o outro ponto fragilizador referenda a não realização da avaliação crítica da qualidade dos estudos incluídos na RE. Contudo, não se acredita que estes fatores limitantes diminuam e muito menos invalidem o caráter crítico e reflexivo desta RE.

5 CONCLUSÃO

A presente revisão de escopo mapeou 43 estudos sobre o uso de lasers de alta potência, especialmente os de estado sólido, na remoção de tecido cariado. Os resultados evidenciam que os lasers Er:YAG e Er,Cr:YSGG são os mais investigados e promissores, proporcionando remoção seletiva e eficiente do tecido cariado, com preservação da dentina sadia e superfícies livres de smear layer, favoráveis à adesão restauradora. Também foi observada ação antimicrobiana significativa e boa aceitação pelos pacientes, embora o maior tempo clínico e o alto custo dos equipamentos ainda se apresentem como limitações à sua adoção rotineira na prática odontológica.

Dessa forma, conclui-se que os lasers de estado sólido constituem uma alternativa minimamente invasiva e biologicamente segura à instrumentação convencional, apresentando potencial para ampliar o conforto e a previsibilidade dos tratamentos restauradores, desde que utilizados sob parâmetros adequados e por profissionais capacitados.

REFERÊNCIAS

1. Hamidi MM, Ercan E, Dülgergil ÇT, Çolak H. Evaluation of the clinical success of class I cavities prepared by an Er:YAG laser: 5-year follow-up study. *Lasers Med Sci.*; 30(7): 1895-901, 2015. doi: 10.1007/s10103-015-1751-4.
2. Valério RA, Galo R, Galafassi D, Corona SAM, Borsatto MC. Four-year clinical prospective follow-up of resin composite restoration after selective caries removal using Er:YAG laser. *Clin Oral Investig.*; 24(7):2271-2283, 2020. doi: 10.1007/s00784-019-03082-w.
3. Baraba A, Kqiku L, Gabrić D, Verzak Ž, Hanscho K, Miletić I. Efficacy of removal of cariogenic bacteria and carious dentin by ablation using different modes of Er:YAG lasers. *Braz J Med Biol Res.*; 51(3): e6872, 2018. doi: 10.1590/1414-431X20176872.
4. Cardoso M, Coelho A, Lima R, Amaro I, Paula A, Marto CM, Sousa J, Spagnuolo G, Ferreira MM, Carrilho E. Efficacy and patient's acceptance of alternative methods for caries removal – a systematic review. *J Clin Med.*; 9(11): 3407, 2020. doi: 10.3390/jcm9113407.
5. Sharma N, Sisodia S, Jain A, Bhargava T, Kumar P, Rana KS. Evaluation of the efficacy of recent caries removal techniques: an in vitro study. *Cureus.*; 15(1): e34432, 2023. doi: 10.7759/cureus.34432.
6. Kini A, Kothari P, Sujith R, Shetty N, Varughese BK, Kasargod SC. Comparative evaluation of clinical and microbiological assessment of caries excavation using conventional, smart bur, chemomechanical method and ErCr:YSGG laser. *J Pharm Bioallied Sci.*; 16(Suppl 3): S2830-S2832, 2024. doi: 10.4103/jpbs.jpbs_315_24.
7. Sarmadi R, Andersson EV, Lingström P, Gabre P. A randomized controlled trial comparing Er:YAG laser and rotary bur in the excavation of caries – patients' experiences and the quality of composite restoration. *Dente aberto J.*; 12:443-454, 2018. doi: 10.2174/1874210601812010443.
8. Valenti C, Pagano S, Bozza S, Ciurnella E, Lomurno G, Capobianco B, Coniglio M, Cianetti S, Marinucci L. Use of the Er:YAG laser in conservative dentistry: evaluation of the microbial population in carious lesions. *Materials (Basel)*; 14(9): 2387, 2021. doi: 10.3390/ma14092387.
9. Peters MDJ, Godfrey C, McInerney P, Munn Z, Tricco AC, Khalil, H. Scoping Reviews (2020). Aromataris E, Lockwood C, Porritt K, Pilla B, Jordan Z, editors. *JBIM Manual for Evidence Synthesis*. JBI; 2024. Disponível em: <https://synthesismanual.jbi.global>. <https://doi.org/10.46658/JBIMES-24-09>
10. Tricco AC, Lillie E, Zarin W, O'Brien KK, Colquhoun H, Levac D, et al. PRISMA Extension for Scoping Reviews (PRISMA ScR): Checklist and Explanation. *Ann Intern Med.*; 169:467-473, 2018. doi: 10.7326/M18-0850.
11. Martins SF, Côrrea FBG, Almeida LE, Mitterhofer, WJS. Evidências científicas sobre a remoção de tecido cariado com utilização de lasers de estado sólido: protocolo de uma revisão de escopo. OSF, 2025, September 25. doi: 10.17605/OSF.IO/W9P5R.
12. Almeida LE, Oliveira JM, Oliveira V, Mialhe FL. Scientific Production in Dentistry for the LGBTQIA+ Population: A Scoping Review. *Pesqui Bras Odontopediatria Clín Integr.*; 24: e230240, 2024. doi: 10.1590/pboci.2024.088.

13. Almeida LE, Oliveira JM, Oliveira V, Mialhe FL. Scientific production on LGBTQIA+ health: a critical analysis of the literature. *Saúde Soc.*; 31(4): e210836en, 2022. doi: 10.1590/S010412902022210836en.
14. Ouzzani M, Hammady H, Fedorowicz Z, Elmagarmid A. Rayyan - a web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews.*; 5(-): e210, 2015. doi: 10.1186/s13643-016-0384-4m.
15. Niemz MH. Cavity preparation with the Nd:YLF picosecond laser. *Journal of Dental Research*; 1995. doi: 10.1177/00220345950740050801
16. Keller U, Hibst R. Effects of Er:YAG laser in caries treatment: a clinical pilot study. *Lasers in Surgery and Medicine*, 1997. doi: 10.1002/(sici)1096-9101(1997)20:1<32::aid-lsm5>3.0.co;2-#.
17. Aoki A, Ishikawa I, Yamada T, Otsuki M, Watanabe H, Tagami J, Ando Y, Yamamoto H. Comparison between Er:YAG laser and conventional technique for root caries treatment in vitro. *Journal of Dental Research*, EUA, 1998. doi: 10.1177/00220345980770060501.]
18. Keller U, Hibst R, Geurtsen W, Schilke R, Heidemann D, Klaiber B, Raab WH. Erbium:YAG laser application in caries therapy: evaluation of patient perception and acceptance. *Journal of Dentistry*, 1998. doi: 10.1016/s0300-5712(97)00036-5
19. Armengol V, Jean A, Rohanizadeh R, Hamel H. Scanning electron microscopic analysis of diseased and healthy dental hard tissues after Er:YAG laser irradiation: in vitro study. *Journal of Endodontics*, 1999. doi: 10.1016/S0099-2399(99)80376-8
20. Evans DJP, Matthews S, Pitts NB, Longbottom C, Nugent ZJ. A clinical evaluation of an Erbium:YAG laser for dental cavity preparation. *British Dental Journal*, 2000. doi: 10.1038/sj.bdj.480057
21. Yamada Y, Hossain M, Nakamura Y, Suzuki N, Matsumoto K. Comparison between the removal effect of mechanical, Nd:YAG, and Er:YAG laser systems in carious dentin. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, 2001. doi: [10.1089/10445470152611964](https://doi.org/10.1089/10445470152611964)
22. Reich E. Lasers in de tandheelkunde. 4. Verwijdering van carieus weefsel met lasers [Lasers in dentistry 4. Removal of carious tissue using lasers]. *Ned Tijdschr Tandheelkd.* 2002 Jul;109(7):246-9. Dutch. PMID: 12148247.
23. Harris DM, White JM, Goodis H, Arcoria CJ, Simon J, Carpenter WM, Fried D, Burkart J, Yessik M, Myers TD. Selective ablation of surface enamel caries with a pulsed Nd:YAG dental laser. *Lasers in Surgery and Medicine*, EUA, 2002. doi: 10.1002/lsm.10052
24. Nemes J, Csillag M, Fazekas A. Fejlődés a fogorvosi preparációs technikában (irodalmi áttekintés) [Advancements in dental preparation technique (literature review)]. *Fogorv Sz.* 2002 Jun;95(3):99-104. Hungarian. PMID: 12141194.
25. Shigetani Y, Okamoto A, Abu-Bakr N, Iwaku M. A study of cavity preparation by Er:YAG laser--observation of hard tooth structures by laser scanning microscope and examination of the time necessary to remove caries. *Dent Mater J.* 2002 Mar;21(1):20-31. PMID: 12046519.
26. Matsumoto K, Hossain M, Hossain MMI, Kawano H, Kimura Y. Clinical assessment of Er,Cr:YSGG laser application for cavity preparation. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, 2002. doi: [10.1089/104454702753474968](https://doi.org/10.1089/104454702753474968)
27. Kinoshita JI, Kimura Y, Matsumoto K. Comparative study of carious dentin removal by Er,Cr:YSGG laser and Carisolv. *Journal of Clinical Laser Medicine and Surgery*, 2003. doi: [10.1089/104454703322564532](https://doi.org/10.1089/104454703322564532)

28. Bispo LB, Mondelli J. Uma alternativa para o alta-rotação: Er:YAG laser. *Revista Brasileira de Odontologia (Impresso)*, 2004.
29. Kubo CH, Oyafuso DK, Valera MC, Araújo MAM. Estudo comparativo do grau de permanência de cárie residual após preparos com brocas, ultra-som e laser Er:YAG: avaliação em luz polarizada. *JBD – Revista Íbero-Americana de Odontologia Estética & Dentística Operatória*, 2005.
30. Jepsen S, Açil Y, Peschel T, Kargas K, Eberhard J. Biochemical and morphological analysis of dentin following selective caries removal with a fluorescence-controlled Er:YAG laser. *Lasers in Surgery and Medicine*, 2008. doi: 10.1002/lsm.20631.
31. Dommisch H, Peus K, Kneist S, Krause F, Braun A, Hedderich J, Jepsen S, Eberhard J. Fluorescence-controlled Er:YAG laser for caries removal in permanent teeth: a randomized clinical trial. *European Journal of Oral Sciences*, 2008. doi: 10.1111/j.1600-0722.2008.00521.x.
32. Tsanova ST, Tomov GT. Morphological changes in hard dental tissues prepared by Er:YAG laser (LiteTouch, Syneron), Carisolv and rotary instruments: a scanning electron microscopy evaluation. *Folia Medica*, 2010. doi: 10.2478/v10153-010-0006-1
33. Yazici AR, Baseren M, Gorucu J. Clinical comparison of bur- and laser-prepared minimally invasive occlusal resin composite restorations: two-year follow-up. *Operative Dentistry, EUA*, 2010. doi: 10.2341/09-339-C.
34. Jacobsen T, Norlund A, Englund GS, Tranæus S. Application of laser technology for removal of caries: a systematic review of controlled clinical trials. *Acta Odontologica Scandinavica*, 2011. doi: [10.3109/00016357.2010.536901](https://doi.org/10.3109/00016357.2010.536901)
35. Neves AA, Coutinho E, De Munck J, Van Meerbeek B. Caries-removal effectiveness and minimal-invasiveness potential of caries-excitation techniques: a micro-CT investigation. *Journal of Dentistry*, 2011. doi: 10.1016/j.jdent.2010.11.006
36. Baraba A, Perhavec T, Chieffi N, Ferrari M, Anic I, Miletic I. Ablative potential of four different pulses of Er:YAG lasers and low-speed handpiece. *Photomedicine and Laser Surgery*, 2012. doi: 10.1089/pho.2011.3190.
37. Schwass DR, Leichter JW, Purton DG, Swain MV. Evaluating the efficiency of caries removal using an Er:YAG laser driven by fluorescence feedback control. *Archives of Oral Biology*, 2013. doi: 10.1016/j.archoralbio.2012.09.017.
38. Geraldo-Martins V, Thome T, Mayer M, Marques M. The use of bur and laser for root caries treatment: a comparative study. *Operative Dentistry*, 2013. doi: 10.2341/11-345-L.
39. Sarmadi R, Hedman E, Gabre P. Laser in caries treatment: patients' experiences and opinions. *International Journal of Dental Hygiene*, 2014. doi: 10.1111/idh.12027.
40. Engelbach C, Dehn C, Bourauel C, Meister J, Frentzen M. Ablation of carious dental tissue using an ultrashort pulsed laser (USPL) system. *Lasers in Medical Science*, 2015. doi: 10.1007/s10103-014-1594-4
41. Tom H, Chan KH, Saltiel D, Fried D. Selective removal of demineralized enamel using a CO₂ laser coupled with near-IR reflectance imaging. *Proceedings of SPIE*, 2015. doi: 10.1117/12.2083647.
42. Chan KH, Tom H, Darling CL, Fried D, Chung LC. Serial removal of caries lesions from tooth occlusal surfaces using near-IR image-guided IR laser ablation. *Proceedings of SPIE*, 2015. doi: 10.1117/12.2083651.
43. Chung LC, Tom H, Chan KH, Simon JC, Fried D, Darling CL. Image-guided removal of occlusal caries lesions with a $\lambda=9.3\text{-}\mu\text{m}$ CO₂ laser using near-IR transillumination. *Proceedings of SPIE*, 2015. doi: 10.1117/12.2083652.

44. Medioni E, Rocca JP, Fornaini C, Merigo E. Histological evaluation of three techniques for caries removal. *Journal of Oral Science*, 2016. doi: 10.2334/josnurd.16-0225.
45. Chan KH, Fried D. Selective laser ablation of carious lesions using simultaneous scanned near-IR diode and CO₂ lasers. *Proceedings of SPIE*, 2017. doi: 10.1117/12.2256696.
46. Jew J, Chan KH, Darling CL, Fried D. Selective removal of natural caries lesions from dentin and tooth occlusal surfaces using a diode-pumped Er:YAG laser. *Proceedings of SPIE*, 2017. doi: 10.1117/12.2256728
47. Fried WA, Chan KH, Darling CL, Fried D. Use of a DPSS Er:YAG laser for the selective removal of composite from tooth surfaces. *Biomedical Optics Express*; 2018. doi: 10.1364/BOE.9.005026.
48. Chan KH, Fried D. Selective ablation of dental caries using coaxial CO₂ (9.3-μm) and near-IR (1880-nm) lasers. *Lasers in Surgery and Medicine*; 2019. doi: 10.1002/lsm.23002.
49. Vaddamanu SK, Vyas R, Kavita K, Sushma R, Aboobacker AS, Dixit A, Kumar A. In vitro Evaluation of Laser vs. Handpiece for Tooth Preparation. *J Pharm Bioallied Sci.* 2022. doi: 10.4103/jpbs.jpbs_95_22.