

# Laser de CO<sub>2</sub> no controle da desmineralização do esmalte: uma análise crítica

CO<sub>2</sub> laser in the control of enamel demineralization: a critical analysis

**Renata Siqueira Scatolin**

**Carina Thais de Almeida e Silva**

Mestrandas do Departamento de Odontologia Restauradora da FO de Ribeirão Preto (USP)

**Maria Cristina Borsatto**

Professora Associada do Departamento de Clínica Infantil, Odontologia Preventiva e Social da FO de Ribeirão Preto (USP)

**Silmara Aparecida Milori Corona**

Professora Associada do Departamento de Odontologia Restauradora da FO de Ribeirão Preto (USP)

## RESUMO

Diante à dificuldade de controlar processos de desmineralização do esmalte, novas tecnologias vêm sendo estudadas como o emprego da irradiação com laser de CO<sub>2</sub>. Assim, o objetivo deste trabalho foi apresentar uma revisão de literatura crítica do laser de CO<sub>2</sub> no controle da desmineralização do esmalte, abordando seu mecanismo de ação em esmalte, parâmetros de utilização para a estrutura dental e sua associação a agentes fluoretados. O laser de CO<sub>2</sub> parece ser um método promissor no controle da desmineralização do esmalte, porém, mais estudos são necessários para empregabilidade clínica. O efeito sinérgico com flúor, mesmo com diferentes agentes fluoretados, revelou resultados positivos no controle da desmineralização do esmalte.

**Palavras-chave:** desmineralização; flúor; lasers de CO<sub>2</sub>.

## ABSTRACT

Facing controlling difficulty processes of enamel demineralization, new technologies are being studied as the use of CO<sub>2</sub> laser irradiation. Thus, the purpose of this study was to present a critical literature review about the CO<sub>2</sub> laser in the enamel demineralization control by addressing its mechanism of action in enamel, usage parameters for the dental structure and its association with fluoride agents. The CO<sub>2</sub> laser seems to be a promising method for the enamel demineralization control, however, more studies are needed for the clinical usage. The synergistic effect on fluoride, even with different agents, showed positive results in the enamel demineralization control.

**Keywords:** demineralization; fluoride; CO<sub>2</sub> lasers.

## Introdução

Na maioria dos países industrializados, o declínio da prevalência de cárie dentária tem ocorrido, provavelmente, em função da utilização correta de medidas preventivas como a orientação em relação ao controle da dieta, da higiene bucal e, principalmente, pelo uso de fluoretos (17). No entanto, a doença cárie ainda é muito prevalente em países subdesenvolvidos e em desenvolvimento e é resultante de sucessivos ciclos de desmineralização e de reprecipitação de minerais presentes na saliva, como cálcio e o fosfato (1, 14).

A utilização de produtos fluoretados, práticas alimentares, uso de agentes antimicrobianos e de higiene bucal podem afetar a incidência de cárie ao longo da vida (20, 30). O flúor desempenha um papel fundamental reduzindo a desmineralização dos tecidos mineralizados dentários (29), sendo um dos métodos mais utilizados e eficazes para a prevenção da cárie (27).

Outros meios para o controle da desmineralização também vêm sendo pesquisados, como por exemplo o uso de lasers. Desde o desenvolvimento do laser de rubi por MAIMAN, em 1960 (15), diferentes tipos de lasers têm sido estudados, porém o laser de CO<sub>2</sub> parece ser o mais adequado para uso em tecidos dentais por produzir radiação laser na região do infravermelho, o que coincide com algumas bandas de absorção da hidroxiapatita, principalmente dos grupos fosfato e carbonato (7).

A resistência ácida do esmalte pode ser aumentada pela irradiação com laser de CO<sub>2</sub> (10, 21), podendo ocorrer alterações como derretimento e fusão (19, 23, 24, 28) ou ausência de alterações morfológicas do substrato irradiado (6, 11, 26). Essas variações nos resultados podem estar relacionadas às diferentes metodologias empregadas para a irradiação com laser de CO<sub>2</sub>, dificultando o estabelecimento de um protocolo ideal para o controle de lesões de cárie.

Resultados efetivos têm sido observados com a associação do laser de CO<sub>2</sub> a produtos fluoretados, produzindo efeito protetor significativo para a inibição na desmineralização do esmalte (12, 18, 19).

O uso do laser de CO<sub>2</sub> (Figura 1) parece ser um método promissor para o controle da doença cárie, sendo o objetivo deste trabalho discutir e analisar criticamente alguns estudos relatados na literatura que empregaram o laser de CO<sub>2</sub>, bem como sua associação a produtos fluoretados no controle da desmineralização do esmalte.

## Mecanismo de Ação do Laser de CO<sub>2</sub>

Existem diversas teorias em relação ao mecanismo de ação pelo qual a irradiação com laser de CO<sub>2</sub> aumenta a resistência ácida do esmalte. Uma das hipóteses levantadas relata a inibição da desmineralização através do derretimento de superfície e fusão dos cristais de hidroxiapatita do esmalte (24). Contudo, não existem evidências conclusivas que o derretimento do esmalte seja necessário para um ótimo efeito induzido por laser de CO<sub>2</sub> no controle da cárie, visto que outros estudos revelaram a inibição mesmo em superfícies que não exibiram fusão e outras alterações morfológicas (11, 13, 26). Outros autores acreditam que os resultados da resistência do esmalte para mudanças

químicas ocorrem pela redução no teor de carbonato da superfície do esmalte (7, 26, 31).

Outra teoria existente é de que a irradiação com laser de CO<sub>2</sub> com temperaturas inferiores a 400°C pode levar a uma decomposição parcial da matriz orgânica levando a um bloqueio dos espaços inter e intraprismáticos, comprometendo a difusão de íons e, consequentemente, reduzindo a desmineralização do esmalte (11).

Apesar de existirem algumas teorias sobre o mecanismo de ação do laser de CO<sub>2</sub> na inibição da desmineralização do esmalte, este não está bem elucidado, necessitando de mais estudos laboratoriais para viabilizar seu uso em estudos clínicos.

## Parâmetros de Utilização do Laser de CO<sub>2</sub> para Controle da Desmineralização do Esmalte

O alto coeficiente de absorção está diretamente relacionado à coincidência da absorção pela banda de fosfato da porção mineral. Os comprimentos de onda de 9,3 e 9,6 μm apresentam valores maiores de absorção e coincidem com a banda de absorção do fosfato comparado as ondas mais longas de 10,3 e 10,6 μm (31).

Quando o coeficiente de absorção é maior, seu potencial para causar aquecimento no tecido aumenta (22) podendo gerar alterações morfológicas na superfície. Com a irradiação de 10,6 μm e densidade de energia de 12 J/cm<sup>2</sup>, pouca ou nenhuma alteração morfológica foi constatada, enquanto que o emprego de irradiação a 9,6 μm com densidade de energia de 5 J/cm<sup>2</sup> apresentaram alterações morfológicas na superfície (13).

A densidade de energia também pode influenciar a ação do laser de CO<sub>2</sub>. O emprego de densidades a partir de 6 J/cm<sup>2</sup> foi suficiente para induzir mudanças químicas e morfológicas no esmalte, sendo que valores maiores (10 e 11,5 J/cm<sup>2</sup>) produzem essas alterações capazes de inibir a desmineralização do esmalte sem comprometer a vitalidade pulpar (24).

A aplicação do laser de CO<sub>2</sub> em dentes decíduos revelou a inibição da progressão de desmineralização do esmalte mesmo quando irradiado a 5 J/cm<sup>2</sup>, porém não foram observadas alterações morfológicas na superfície do esmalte (26).

É importante observar a relação direta entre o comprimento de ondas e a densidade de energia aplicada durante a irradiação. Esses dois parâmetros permitem uma grande diversidade de combinações apresentando melhores resultados quando seu comprimento de onda é menor (9,3 e 9,6 μm), coincidindo com as bandas de absorção de fosfato, podendo, desta forma, utilizar menores densidades de energia causando menor dano térmico a superfície e a polpa (7).

O laser de CO<sub>2</sub> pode operar no modo contínuo ou pulsado. Ambos são capazes de inibir a progressão de cárie, porém o modo contínuo é menos utilizado, pois oferece maiores riscos para o uso *in vivo* pelo aumento de temperatura na superfície e maior propagação para o interior do tecido (9), diferentemente do modo pulsado que permite que haja um

relaxamento térmico entre um pulso e outro, diminuindo a propagação de calor para as camadas internas do tecido (8).

Uma relação entre o número de pulsos e a inibição da perda mineral do esmalte é observada, assim, com um único pulso é possível observar esta inibição que aumenta gradativamente com o aumento do número de pulsos (6, 13). Mesmo testando dois comprimentos de onda diferentes, bons resultados foram encontrados quando foi utilizado até 25 pulsos e quando este número foi aumentado, a porcentagem de inibição de cárie não alterou significativamente até 100 pulsos (13).

As condições ideais a serem utilizadas são aquelas capazes de atingir a maior inibição com o menor dano aos tecidos subjacentes. Existe uma tendência em se utilizar comprimentos de onda de 10,6 μm (5, 6, 7, 11, 12, 13, 23, 24, 25, 26, 28) frequência de 10 a 20 Hz (5, 7, 11, 12, 13, 19), potência entre 1 e 4 W (5, 11, 12, 23, 24, 25, 26, 28) e densidades de energia máxima de 12,5 J/cm<sup>2</sup> (5, 6, 7, 11, 12, 13, 19, 24, 25, 26), porém mais estudos são necessários para avaliar a confiabilidade e efeitos indesejáveis desses parâmetros para o controle da desmineralização do esmalte.

## Associação do Laser de CO<sub>2</sub> a Compostos Fluoretados

O efeito sinérgico do laser de CO<sub>2</sub> a compostos fluoretados vem sendo estudado com o intuito de se obter resultados mais efetivos no controle da desmineralização do esmalte. O tratamento com laser de CO<sub>2</sub> aumenta a deposição de flúor na superfície do esmalte e facilita sua incorporação na estrutura cristalina do esmalte, sob a forma de fluorapatita (5, 16).

Fendas superficiais e áreas de fusão, após tratamento com laser de CO<sub>2</sub> podem ser observadas quando tratados também com compostos fluoretados, apresentando, porém, menores fissuras na superfície, pressupondo que a associação do laser de CO<sub>2</sub> a fluoretos pode promover efeito sinérgico com maior incorporação de flúor e um menor desenvolvimento de rachaduras, onde alguns compostos fluoretados atuam refrigerando o esmalte durante a irradiação, devido à capacidade de absorção de calor pelo líquido (28).

Mesmo com a utilização de diferentes compostos fluoretados, como amina fluoretada (28), fluoreto de sódio (5, 12, 25), dentifrício fluoretado (19), selante (2), quando associados ao laser de CO<sub>2</sub>, evidencia-se uma melhora na desmineralização do esmalte. Efeitos benéficos têm sido observados quando tratamentos com flúor foram aplicados previamente (18, 28), e após a irradiação com laser de CO<sub>2</sub> (25), sem um consenso na literatura atual em relação ao momento adequado da aplicação dos compostos fluoretados.

A utilização combinada do uso do laser de CO<sub>2</sub> ao flúor também apresentou resultados positivos em estudo *in situ*, verificando melhores resultados na inibição



da perda mineral do esmalte quando associado do que em tratamento com laser ou flúor isoladamente (19).

Em conclusão, o efeito sinérgico do laser de CO<sub>2</sub> com flúor, mesmo que com diferentes produtos fluoretados, apresenta resultados positivos no controle da desmineralização do esmalte.

### Estudos *in vivo* com Laser de CO<sub>2</sub>

O emprego de diferentes lasers para a prevenção da doença cárie tem sido investigado (3, 4, 23), porém a avaliação clínica do efeito do laser de CO<sub>2</sub> no controle da desmineralização do esmalte dental é escassa (2). BRUGNERA *et al.* (2), em 1997, observaram em crianças de 6 a 11 anos que o laser de CO<sub>2</sub> aplicado isoladamente não foi capaz de prevenir lesões de cárie localizadas na superfície oclusal, porém quando associado à selante tornou-se efetivo, provavelmente por uma melhora da retenção do selante por ação do laser de CO<sub>2</sub> previamente a sua aplicação.

O fato de a literatura apresentar poucos estudos *in vivo*, envolvendo laser de CO<sub>2</sub>, deve-se principalmente a falta de aparelhos comercializados para sua utilização em clínica e à dificuldade de encontrar parâmetros adequados e seguros para sua aplicação.



Figura 1. Laser de CO<sub>2</sub>

### Conclusão

Através desta revisão de literatura observou-se que o uso do laser de CO<sub>2</sub> parece ser um método promissor no controle da desmineralização do esmalte, apesar de mais estudos serem necessários para afirmar qual o seu real mecanismo de ação bem como os parâmetros ideais para sua empregabilidade em clínica.

Seu efeito sinérgico com flúor, mesmo que com diferentes agentes fluoretados, revelou resultados positivos no controle da desmineralização do esmalte.

Tabela I. Parâmetros do laser de CO<sub>2</sub> associados ou não a produtos fluoretados em diferentes estudos

Autor	Ano	Comprimento de onda (µm)	Modo	Duração do pulso	Diâmetro do feixe	Distância	Densidade de energia	Potência	Frequência	Tempo	Flúor	Número de pulso
Kantorowitz <i>et al.</i>	1998	9,6 e 10,6 µm	Pulsado	100 µs	1,6 mm	*	5 e 12 J/cm <sup>2</sup>	*	10 Hz	*	Não	Não
Featherstone <i>et al.</i>	1998	9,3, 9,6, 10,3 e 10,6 µm	Pulsado	100 µs	1,6 mm	*	1 a 12,5 J/cm <sup>2</sup>	*	10 Hz	*	Não	Não
Hsu <i>et al.</i>	2000	10,6 µm	Pulsado	5 ms	0,8 mm	< 1 mm	0,3 J/cm <sup>2</sup>	2 W	20 Hz	*	Não	Não
Hsu <i>et al.</i>	2001	10,6 µm	Pulsado	5 ms	0,8 mm	< 1 mm	0,3 J/cm <sup>2</sup>	2 W	20 Hz	*	Sim	Sim
Ching Ying <i>et al.</i>	2004	10,6 µm	Pulsado	5 ms	0,8 mm	< 1 mm	174 e 408 mJ/cm <sup>2</sup>	2 e 4 W	20 Hz	4 s	Sim	Sim
Tepper <i>et al.</i>	2004	10,6 µm	Contínuo	*	*	4 mm	*	2 W	*	15 s	Sim	Sim
Rodrigues <i>et al.</i>	2006	9,6 µm	Pulsado	5 µs	1,5 mm	*	1,5 J/cm <sup>2</sup>	*	10 Hz	*	Sim	Sim
Steiner-Oliveira <i>et al.</i>	2006	10,6 µm	Pulsado	10 ms	0,3 mm	10 mm	1,5, 3, 6, 10 e 11,5 J/cm <sup>2</sup>	2, 4, 6, 8 e 10 W	50 Hz	10 s	Não	Não
Tagliaferro <i>et al.</i>	2007	10,6 µm	Pulsado	50 ms	0,8 mm	5 mm	5 J/cm <sup>2</sup>	1 W	1 Hz	30 s	Sim	Sim
Tagliaferro <i>et al.</i>	2009	10,6 µm	Pulsado	50 ms	0,8 mm	5 mm	5 J/cm <sup>2</sup>	1 W	1 Hz	30 s	Não	Não
Esteves Oliveira <i>et al.</i>	2009	10,6 µm	Pulsado	5 a 50 µs	2,5 mm	19,8 cm	0,1, 0,3, 0,4, 0,5 e 0,6 J/cm <sup>2</sup>	*	226Hz	2,5 e 9 s	Não	Não
Souza-Gabriel <i>et al.</i>	2010	10,6 µm	Contínuo	50 ms	0,6 mm	*	*	2 W	2 Hz	*	Não	Não

\* Informações não disponíveis no texto.

## Referências Bibliográficas

1. AOBA, T. Solubility properties of human tooth mineral and pathogenesis of dental caries. *Oral Dis.* 2004; 10 (5): 249-57.
2. BRUGNERA JUNIOR, A., ROSSO, N., DUARTE, D. *et al.* The use of carbon dioxide laser in pit and fissure caries prevention: clinical evaluation. *J. Clin. Laser Med. Surg.* 1997; 15 (2): 79-82.
3. CASTELLAN, C. S., LUIZ, A. C., BEZINELLI, L. M. *et al.* In vitro evaluation of enamel demineralization after Er:YAG and Nd:YAG laser irradiation on primary teeth. *Photomed. Laser Surg.* 2007; 25 (2): 85-90.
4. CHIMELLO, D. T., SERRA, M. C., RODRIGUES Jr. A. L. *et al.* Influence of cavity preparation with Er:YAG Laser on enamel adjacent to restorations submitted to cariogenic challenge in situ: a polarized light microscopic analysis. *Lasers Med. Surg.* 2008; 40 (9): 634-43.
5. CHIN-YING, S. H., XIAOLI, G., JISHENG, P. *et al.* Effects of CO<sub>2</sub> laser on fluoride uptake in enamel. *J. Dent.* 2004; 32 (2): 161-7.
6. ESTEVES-OLIVEIRA, M., ZEZZEL, D. M., MEISTER, J. *et al.* CO<sub>2</sub> laser (10.6 microm) parameters for caries prevention in dental enamel. *Caries Res.* 2009; 43 (4): 261-8.
7. FEATHERSTONE, J. D. B., BARRETT-VESPONE, N. A., FRIED, D. *et al.* CO<sub>2</sub> laser inhibition of artificial caries-like lesion progression in dental enamel. *J. Dent. Res.* 1998; 77 (6): 1397-1403.
8. FRIED, D., SEKA, W., GLENA, R. E. *et al.* Thermal response of hard dental tissues to 9- through 11-mu m CO<sub>2</sub>-laser irradiation. *Opt. Eng.* 1996; 35 (7): 1976-84.
9. FRIED, D., RAGADIO, J., CHAMPION, A. Residual heat deposition in dental enamel during IR laser ablation at 2.79, 2.94, 9.6, and 10.6 microm. *Lasers Surg. Med.* 2001; 29 (3): 221-9.
10. HOSSAIN, M. M., HOSSAIN, M., KIMURA, Y. *et al.* Acquired acid resistance of enamel and dentin by CO<sub>2</sub> laser irradiation with sodium fluoride solution. *J. Clin. Laser Med. Surg.* 2002; 20 (2): 77-82.
11. HSU, C. Y. S., JORDAN, T. H., DEDERICH, D. N. *et al.* Effects of low-energy CO<sub>2</sub> laser irradiation and the organic matrix on inhibition of enamel demineralization. *Journal of Dental Research.* 2000; 79 (9): 1725-30.
12. HSU, C. Y. S., JORDAN, T. H., DEDERICH, D. N. *et al.* Laser- matrix-fluoride effects on enamel demineralization. *J. Dent. Res.* 2001; 80: 1797-1801.
13. KANTOROWITZ, Z., FEATHERSTONE, J. D. B., FRIED, D. Caries prevention by CO<sub>2</sub> laser treatment: dependency on the number of pulses used. *J. Am. Dent. Assoc.* 1998; 129 (5): 585-91.
14. LARSEN, M. J., FEJERSKOV, O. Chemical and structural challenges in remineralization of dental enamel lesions. *Scand. J. Dent. Res.* 1989; 97 (4): 285-96.
15. MAIMAN, T. H. Stimulated optical radiation in ruby. *Nature.* 1960; 187 (4736): 493-4.
16. MEURMAN, J. H., HEMMERLÉ, J., VOEGEL, J. C. *et al.* Transformation of hydroxyapatite to fluorapatite by irradiation with high-energy CO<sub>2</sub> laser. *Caries Res.* 1997; 31 (5): 397-400.
17. NEWBRUN, E. Dental caries in the future: a global view. *Proc. Finn. Dent. Soc.* 1992; 88 (3-4): 155-61.
18. NOBRE DOS SANTOS, M., FEATHERSTONE, J. D. B., FRIED, D. Effect of a new carbon dioxide laser and fluoride on sound and demineralized enamel. *Lasers in Dentistry VII SPIE.* 2001; 4249: 169-74.
19. RODRIGUES, L. K., NOBRE DOS SANTOS, M., FEATHERSTONE, J. D. In situ mineral loss inhibition by CO<sub>2</sub> laser and fluoride. *J. Dent. Res.* 2006; 85 (7): 617-21.
20. ROZIER, R. G. Effectiveness of methods used by dental professionals for the primary prevention of dental caries. *J. Dent. Educ.* 2001; 65 (10): 1063-72.
21. CHMIDLIN, P. R., DÖRIG, I., LUSSI, A. *et al.* CO<sub>2</sub> laser-irradiation through topically applied fluoride increases acid resistance of demineralised human enamel *in vitro*. *Oral Health Prev. Dent.* 2007; 5 (3): 201-8.
22. SEKA, W., FRIED, D., FEATHERSTONE, J. D. B. *et al.* Light deposition in dental hard tissue and simulated thermal response. *J. Dent. Res.* 1995; 74 (4): 1086-92.
23. SOUZA-GABRIEL, A. E., COLUCCI, V., TURSSI, C. P. *et al.* Microhardness and SEM after CO<sub>2</sub> laser irradiation or fluoride treatment in human and bovine enamel. *Microsc. Res. Tech.* 2010; 73 (11): 1030-5.
24. STEINER-OLIVEIRA, C., RODRIGUES, L. K., SOARES, L. E. *et al.* Chemical, morphological and thermal effects of 10.6-microm CO<sub>2</sub> laser on the inhibition of enamel demineralization. *Dent. Mater J.* 2006; 25 (3): 455-62.
25. TAGLIAFERRO, E. P., RODRIGUES, L. K., NOBRE DOS SANTOS, M. *et al.* Combined effects of carbon dioxide laser and fluoride on demineralized primary enamel: an *in vitro* study. *Caries Res.* 2007; 41 (1): 74-6.
26. TAGLIAFERRO, E. P., RODRIGUES, L. K., SOARES, L. E. *et al.* Physical and compositional changes on demineralized primary enamel induced by CO<sub>2</sub> laser. *Photomed Laser Surg.* 2009; 27 (4): 585-90.
27. TENUTA, L. M. A., CURY, J. A. Fluoride: its role in dentistry. *Brazilian Oral Research.* 2010; 24 (1): 9-17.
28. TEPPER, S. A., ZEHNDER, M., PAJAROLA, G. F. *et al.* Increased fluoride uptake and acid resistance by CO<sub>2</sub> laser-irradiation through topically applied fluoride on human enamel *in vitro*. *J. Dent.* 2004; 32 (8): 635-41.
29. VILLENA, R. S., TENUTA, L. M. A., CURY, J. A. Effect of APF gel application time on enamel demineralization and fluoride uptake *in situ*. *Braz. Dent. J.* 2009; 20 (1): 37-41.
30. ZERO, D. T. Dental caries process. *Dent. Clin. North Am.* 1999; 43 (4): 635-64.
31. ZUERLEIN, M. J., FRIED, D., FEATHERSTONE, J. D. B. Modeling the modification depth of carbon dioxide laser-treated dental enamel. *Lasers Surg. Med.* 1999; 25 (4): 335-47.

Recebido em: 03/01/2011 / Aprovado em: 10/03/2011

Renata Siqueira Scatolin

Rua Américo Brasiliense, 661/21 – Centro  
Ribeirão Preto/SP, Brasil – CEP: 14015-050  
E-mail: re\_scatolin@hotmail.com