

## Monitoração de temperatura na câmara pulpar durante irradiação com laser de Ho:YLF na superfície de esmalte de dente de coelho

### *Thermal evaluation in pulp chamber during Ho:YLF irradiation on enamel surfaces on rabbit teeth*

Cláudia STREFEZZA\*  
Eduardo De Bortoli GROTH\*\*  
Luciano BACHMANN\*\*\*  
Carlos de Paula EDUARDO\*\*\*\*  
Denise Maria ZEZZEL\*\*\*\*\*

#### Resumo

Estudos prévios têm demonstrado que o laser de Ho:YLF pode induzir mudanças físicas e químicas na superfície do esmalte dentário, com o intuito de promover a prevenção de cáries. Para tanto deve-se estabelecer uma dose limiar de irradiação para que não ocorram danos histológicos e/ou morfológicos aos tecidos moles e mineralizados. A temperatura na câmara pulpar em razão da energia e frequência de irradiação laser na superfície oclusal de dentes de coelhos foi avaliada *in vitro* neste estudo.

Palavras-chave: Lasers – Cárie dentária, prevenção e controle – Esmalte dentário, efeitos de radiação

#### Abstract

Previous *in vitro* studies have demonstrated that Ho:YLF laser irradiation is capable of inducing physical and chemical changes on enamel dental surfaces in caries prevention treatment. For that, the establishment of suitable energy parameters have been considered important to avoid thermal damage to the pulp and to the mineralised tissues. This *in vitro* study evaluated the temperature rise in pulp chamber as a function of power and frequency of laser irradiation on occlusal enamel surfaces of rabbit teeth.

Key words: Lasers – Dental caries, prevention and control – Dental enamel, radiation effects

## 1. Introdução

Diversos lasers têm sido empregados no intuito de promover um aumento da resistência do esmalte dentário à dissolução dos ácidos produzidos por bactérias existentes na microflora bucal, bem como promover aumento na incorporação de íons flúor à superfície dentária. Alguns trabalhos demonstram que as superfícies de esmalte irradiadas com determinado comprimento de onda podem sofrer fusão seguida de solidificação, com aumento da

microdureza deste esmalte (LIPPAS *et al.*<sup>1</sup>, 1992; EDUARDO *et al.*<sup>2</sup>, 1994; FEATHERSTONE *et al.*<sup>3</sup>, 1996; FEATHERSTONE *et al.*<sup>4</sup>, 1997; ZEZZEL *et al.*<sup>5</sup>, 1998). Essas mudanças nas propriedades físicas e químicas do esmalte irradiado com laser contribuem para a inibição do surgimento da doença cárie. Nesse sentido, novos comprimentos de onda de emissão laser têm sido pesquisados quanto ao seu potencial de prevenção de cáries.

O Centro de Lasers e Aplicações (CLA) do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares -

\* Professora Assistente II da Disciplina de Dentística Operatória do Curso de Odontologia do Instituto de Ciências da Saúde da Universidade Paulista (UNIP). Mestre pelo Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN).

\*\* Professor Titular da Disciplina de Dentística Operatória do Curso de Odontologia do Instituto de Ciências da Saúde da UNIP. Doutor pela Faculdade de Odontologia da Universidade de São Paulo (FOUSP). Docente do Mestrado Profissionalizante de Lasers em Odontologia IPEN/FOUSP.

\*\*\* Mestre pelo IPEN.

\*\*\*\* Professor Titular do Departamento de Dentística da FOUSP. Docente do Mestrado Profissionalizante de Lasers em Odontologia IPEN/FOUSP.

\*\*\*\*\* Pesquisadora Associada do IPEN/FOUSP. Doutora pela Universidade de Campinas (UNICAMP). Docente do Mestrado Profissionalizante de Lasers em Odontologia IPEN/FOUSP.

IPEN/CNEN/SP desenvolveu um protótipo de laser de Ho:YLF para aplicações biomédicas em 1993. Desde então, o Laboratório de Lasers em Ciências da Vida do IPEN tem direcionado grande parte das atividades de pesquisa com o laser de Ho:YLF para aplicações odontológicas. A avaliação dos efeitos de radiação laser deve ser considerada em todas as diferentes estruturas da cavidade oral. O conhecimento desses efeitos (como por exemplo o aumento de temperatura na câmara pulpar) é de primordial importância quando se deseja estabelecer padrões de irradiações visando à manutenção da saúde tecidual e à ausência de efeitos indesejáveis.

A finalidade do presente trabalho é, portanto, a de utilizar o laser de Ho:YLF em experimento *in vitro*, na superfície oclusal de dentes de coelhos, com o intuito de se estabelecer parâmetros seguros de irradiação ao elemento dentário.

### Revisão da literatura

Métodos de prevenção de cáries são primordiais para a manutenção da integridade do elemento dentário, especialmente em regiões de sulcos e fissuras. Sabe-se que selantes e soluções de flúor são amplamente utilizados para aumentar a resistência do esmalte à dissolução ácida, contudo este flúor não penetra efetivamente no fundo da fissura por causa dos remanescentes de tecido.

O uso da irradiação laser na prevenção de cárie dentária foi primeiramente demonstrado em 1964 por STERN e SOGNAES<sup>18</sup>, os quais utilizaram o laser de rubi sobre a superfície do esmalte dentário, local em que os autores constataram *in vitro* que havia um aumento da resistência à dissolução de ácidos.

O mecanismo que possibilita o aumento da resistência do esmalte irradiado foi elucidado mediante investigações das propriedades ópticas e a composição e mudanças estruturais ocorridas no esmalte irradiado. Segundo a proposição dos autores, a irradiação do esmalte com o laser de Nd:YAG criaria espaços microscópicos, pela perda das substâncias orgânicas, que poderiam atuar como sítios para a deposição de íons flúor (OHO e MORIOKA<sup>17</sup>, 1990; CECCHINI *et al.*<sup>3</sup>, 1997).

A partir desses estudos, diversos pesquisadores demonstraram que o laser permite um decréscimo da permeabilidade e da solubilidade do esmalte, resultando, portanto, numa alteração da composição mineral da estrutura dentária. O laser de neodímio (CERNAVIN<sup>4</sup>, 1995; MYERS *et al.*<sup>15</sup>, 1992), o laser de Er:YAG (2,94µm) (HOSSAIN *et al.*<sup>12</sup>, 2000), mostraram comprimentos de ondas efetivos para prevenção de cáries, pois provocam uma modificação da superfície dentária tornando-o mais ácido resistente.

FEATHERSTONE *et al.*<sup>10,11</sup> (1997, 1996) pesquisaram os vários comprimentos de onda do laser de CO<sub>2</sub> (9,3µm; 9,6µm; 10,3µm e 10,6µm), 25 pulsos de 100µs, densidade de energia de 0 a 6J/cm<sup>2</sup>, a fim de verificar qual o potencial desses

lasers para diminuir a solubilidade do esmalte dentário. Para os autores, as alterações químicas ocorridas no esmalte dentário, como a perda do componente carbonato e a diminuição da reatividade do esmalte, são responsáveis pela maior resistência do esmalte irradiado. A maior perda de carbonato ocorreu com comprimentos de onda de 9,3µm e 9,6µm, e densidade de energia de 4J/cm<sup>2</sup>. Esses comprimentos de onda requerem menor quantidade de energia laser que os de 10,3µm e 10,6µm para o mesmo efeito final no esmalte dentário.

Observou-se o aumento de resistência do esmalte irradiado pelo laser de Ho:YLF e, mesmo quando amostras foram expostas ao ácido perclórico, a perda de cálcio foi menor do que a do grupo controle, indicando a possibilidade do uso deste laser para prevenção de cáries em trabalhos recentemente realizados<sup>24, 26, 27</sup>.

Estudos foram realizados utilizando-se um protótipo do laser de Er:Tm:Ho:YLF, com emissão pulsada, de comprimento de onda de 2,065µm, com energia máxima aproximada de 2J/pulso. Neste trabalho empregaram-se pulsos de energia aproximada de 300mJ/pulso, com largura de pulso de 250µm, densidade de energia de 617,73J/cm<sup>2</sup> e densidade de potência de 2,47 x 10<sup>6</sup> W/cm<sup>2</sup>, irradiando-se esmalte a fim de avaliar a microdureza da estrutura. Os resultados em relação à profundidade da cratera foram de 260µm. Este valor indica que toda a superfície do esmalte contida na grade de pulsos foi afetada termicamente. Concluiu-se, portanto, que a irradiação do esmalte dentário com o laser de hólmio, nas condições deste trabalho, resultou em esmalte com maior resistência da superfície à corrosão mecânica e química, indicando a possibilidade desse laser ser empregado na prevenção de cáries (BONK<sup>2</sup>, 1999).

De acordo com ZACH e COHEN<sup>11</sup> (1965) um aumento de temperatura da polpa acima de 5°C provoca a necrose pulpar, e ainda segundo ERIKSSON e ALBREKTSSON<sup>6</sup> (1983) o aumento acima de 10°C na superfície radicular externa, durante um minuto, provoca a necrose do ligamento periodontal, com anquilose e reabsorção radicular externa.

MISERENDINO *et al.*<sup>14</sup> (1989) mediram alterações térmicas ocorridas na cavidade pulpar de molares recém erupcionados irradiados com laser de CO<sub>2</sub>, modo contínuo. Os dentes foram irradiados na sua superfície vestibular, com potências de 2, 4, 6, 8 e 10W, diâmetro focal de 1mm e duração de exposição 0,5 a 2,5s. Como resultado eles obtiveram uma elevação de temperatura de até 5,5°C.

Ainda em relação ao aumento de temperatura provocado na superfície externa radicular, COHEN *et al.*<sup>5</sup> (1996), empregaram o laser de hólmio intracanal, irradiando através de uma fibra óptica de 245µm de diâmetro, com a extremidade apresentando uma estrutura anelar. Os autores verificaram que

utilizando potências e frequências de 0,5W e 5Hz; 0,75W e 0,5Hz e 1W e 5Hz, não houve aumento superior a 5°C na região do cemento, quando a fibra percorre o conduto de apical para cervical em velocidade de 4mm/s.

Avaliando o aumento de temperatura na superfície externa radicular decorrente da aplicação do laser de Ho:YAG intracanal, NUBLER-MORITZ *et al.*<sup>16</sup> (1997) demonstram que há eficiência do laser de hólmio na remoção dos debris e camada de esfregaço intracanal. Com o microscópio eletrônico de varredura, eles verificaram a alteração morfológica da superfície dentinária radicular e, por intermédio de sensor térmico (*thermocouples*) fixo na região do cemento, mediram a temperatura durante a irradiação com laser. O aumento de temperatura foi registrado 30 segundos antes da irradiação do laser permanecendo até 60 segundos após (elevações de 6,5°C a 22,3°C).

Tentando quantificar as alterações de temperatura intrapulpar, com a espessura da dentina presente no elemento dentário durante a irradiação com laser de Nd:YAG, WHITE *et al.*<sup>22</sup> (1994) utilizaram dentes unirradiculares, recém-extraídos. Um termômetro foi introduzido no interior do canal radicular preparado para esta finalidade. Os parâmetros empregados foram: 0,3 a 3W de potência, 10 a 20Hz de taxa de repetição, fibra de 320µm de diâmetro e densidade de energia de 37,5 a 187,5J/cm<sup>2</sup>. Eles concluíram que a temperatura no interior do canal aumenta à medida que aumentam os parâmetros do laser: potência média e taxa de repetição; e a temperatura intrapulpar diminui com a espessura de dentina remanescente, todavia quando a espessura de dentina é menor do que 1mm, o aumento de temperatura intrapulpar é mais acentuado.

O aumento de temperatura na câmara pulpar é diretamente proporcional à quantidade de energia aplicada e, conseqüentemente, o tempo de exposição é de fundamental importância. A polpa suporta uma elevação de até 5°C sem danos histológicos<sup>1, 5, 19, 20, 21, 23</sup>, ao passo que temperaturas superiores a 10°C, quando transmitidas à superfície externa da raiz, podem ser responsáveis por danos ao osso alveolar<sup>7, 8, 9</sup>.

Estudos<sup>25</sup> verificaram que um aumento de temperatura intrapulpar de aproximadamente 2,2°C permite que o tecido pulpar permaneça histologicamente idêntico ao grupo controle. Com um aumento de 5,5°C, inicia-se uma destruição dos odontoblastos, causando necrose em 15% do tecido pulpar. Elevando-se a temperatura a 11°C, ter-se-á 60% de necrose, e 100% quando a marca for de 17°C.

### 3. Material e Métodos

Utilizou-se, para esse experimento, um protótipo do laser de Ho:YLF desenvolvido no Laboratório de Desenvolvimento de Lasers do CLA. Este laser utiliza

um cristal crescido no CLA, sendo uma matriz hospedeira de fluoreto de ítrio-lítio dopada com terras-raras hólmio, érbio e túlio. O laser de Ho:YLF emite comprimento de onda de 2.065nm, com energia por pulso variável de 120mJ a 1.500mJ, com largura temporal de pulso de 250µs. O sistema de entrega de feixe utilizado foi uma fibra óptica (teor de OH, modelo FG 365, LER-3M-USA) com diâmetro de 365µm.

Na realização do experimento *in vitro* foram utilizados 20 molares recém-extraídos de coelhos da raça NZB (cedidos pelo Instituto Adolfo Lutz de São Paulo), que foram estocados em soro fisiológico. Estes animais já haviam passado por outras pesquisas e, quando foram sacrificados, tiveram seus arcos dentários mantidos, resfriados em *freezer* para possibilitar sua utilização nesta fase experimental, evitando o desperdício desnecessário dos referidos animais.

Foram utilizados 334mJ/pulso e 512mJ/pulso de energia, taxa de repetição de 0,5Hz e um total de dez pulsos emitidos pelo laser de hólmio. A irradiação foi realizada com a fibra óptica posicionada perpendicularmente à superfície oclusal em um único ponto.

Para o controle da temperatura, os dentes tiveram a cavidade pulpar preenchida por pasta térmica (Ômega), na qual foi introduzido via ápice, até tocar o teto da câmara pulpar, um termopar tipo T (cobre-constantan), com diâmetro de 130µm. A verificação do correto posicionamento do termopar deu-se por meio radiográfico. A região de foramen apical foi vedada com resina fotopolimerizável (Herculite), para se evitar o deslocamento do termopar, e cada dente foi colocado em banho térmico simulando a temperatura corpórea (Figura 1).

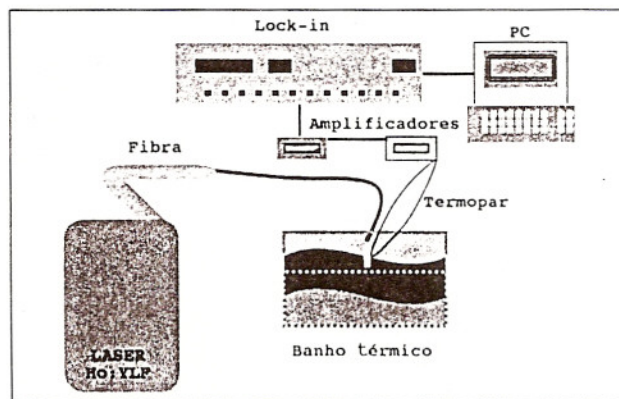


Figura 1. Montagem experimental do sistema de aquisição da temperatura.

Após esse procedimento, os dentes foram irradiados em sua superfície oclusal. A temperatura foi monitorada em função do tempo por um amplificador (*lock-in*), que recebe o sinal através de um amplificador de voltagem conectado ao termopar.

Os dados do *lock-in* foram enviados a um computador, por uma interface (*Lock-in SR510* -

USA) em tempo real e analisados mediante interpolação gráfica realizada com o programa *Origin*.

#### 4. Resultados

Durante a monitoração *in vitro* da temperatura intrapulpal em amostras dentais irradiadas com laser de Ho:YLF, realizada com termopar, a elevação máxima de temperatura obtida foi de 1°C para a energia média de 334mJ/pulso, e de 4,5°C para energia média de 512mJ/pulso, conforme é verificado respectivamente nos gráficos das Figuras 2 e 3.

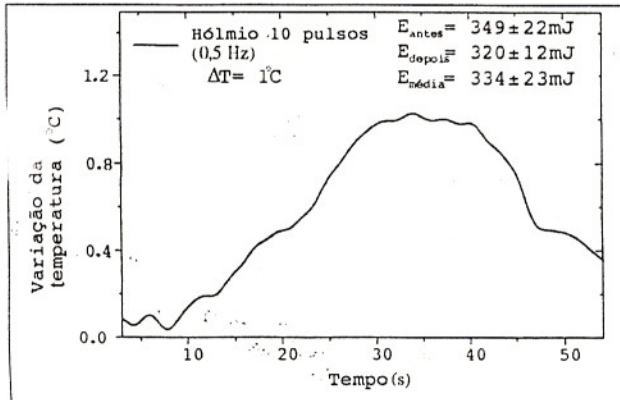


Figura 2. O perfil térmico para energia média de 334mJ/pulso atingiu uma elevação máxima de temperatura de 1°C.

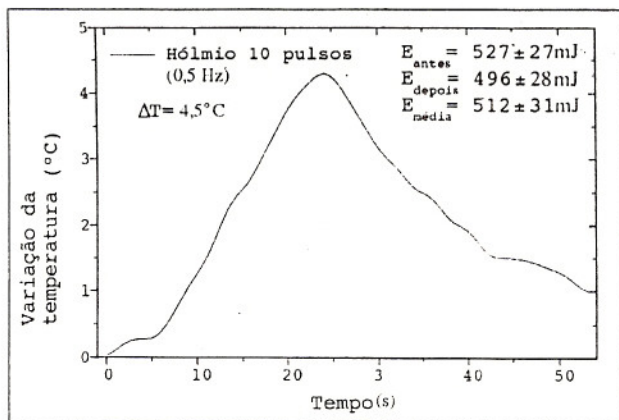


Figura 3. O perfil térmico para energia média de 512mJ/pulso atingiu uma elevação máxima de temperatura de 4,5°C.

#### 5. Discussão

A irradiação dos dentes *in vitro* com o laser de hólmio não ocasionou uma elevação significativa da temperatura intrapulpal, de modo que está assegurada a prevenção da injúria ao tecido pulpar, considerando que esses valores estão abaixo do limiar de elevação de temperatura suportados pela pulpa (até 5,5°C), de acordo com ZACH e COHEN<sup>23</sup>, 1965.

Irradiando dentes humanos recém-extraídos com o laser de CO<sub>2</sub> e procedendo-se a emissão contínua,

MISERENDINO *et al.*<sup>14</sup> (1989) registraram um aumento de temperatura da ordem de 5,5°C, para potências de 2 a 10W, por um período de 0,5 a 2,5 segundos.

COHEN *et al.*<sup>5</sup> em 1996, empregando o laser de Ho:YAG como coadjuvante na redução bacteriana intracanal, demonstraram que não foi alcançado um aumento de temperatura superior a 5°C, utilizando potências e freqüências de 0,5W e 5Hz; 0,75W e 0,5Hz e 1W e 5Hz.

NUBLER-MORITZ *et al.*<sup>16</sup> em 1997, investigando a efetividade do laser de Ho:YAG na remoção de debris e camada de esfregaço intracanal, obtiveram, para potências de 1 a 2W e freqüências de 5 a 10Hz, variações de temperatura da ordem de 6,5°C a 22,3°C, sendo o aumento de temperatura na câmara pulpar proporcional à quantidade de energia aplicada. As condições de irradiação usadas nesta pesquisa resultaram em potências médias de cerca de 0,15W e 0,25W, para freqüência de 0,5Hz e energias de 334mJ/pulso e 512mJ/pulso, respectivamente. A temperatura máxima atingida nestas condições foi de 4,5°C, como já seria esperado ao se considerar as condições utilizadas no trabalho de NUBLER-MORITZ *et al.*<sup>16</sup>.

ZEZELL *et al.*<sup>25</sup> em 1996, avaliaram *in vitro* alterações de temperatura na câmara pulpar, com o laser de Ho:YLF durante simulação de preparo cavitário Classe I. Para tanto foi utilizada energia de 500mJ/pulso e densidade de energia de 2.079J/cm<sup>2</sup>, elevando-se a temperatura a 3,8°C. Naquele experimento os valores de temperatura obtidos assegurariam a manutenção da vitalidade pulpar para o caso de um experimento *in vivo*. Embora neste estudo a irradiação laser não tenha objetivado a realização de preparo cavitário, utilizaram-se estes parâmetros como limites referenciais.

WHITE *et al.*<sup>22</sup> em 1994, relacionaram a espessura da dentina durante a irradiação com o laser de Nd:YAG diante das alterações de temperaturas ocorridas. Ao quantificarem os resultados, eles concluíram que, além dos parâmetros do laser utilizados, a espessura da dentina contribui para mudanças térmicas intrapulpares. Quando a espessura da dentina for menor do que 1mm, a elevação de temperatura é mais acentuada.

#### 6. Conclusões

A monitoração da temperatura *in vitro* durante a irradiação da superfície oclusal de dentes de coelhos resultou, para a condição de 334mJ/pulso, 0,5Hz, 286,7J/cm<sup>2</sup>, num aumento máximo de temperatura de 1°C; e para 512mJ/pulso, 0,5Hz, 477,8J/cm<sup>2</sup>, numa elevação máxima de temperatura da ordem de 4,5°C, mostrando que estes valores não deverão causar danos pulpares em verificação *in vivo*.

## Referências Bibliográficas

1. ADRIAN, J.C.; BERNIER, J.L.; SPRAGUE, W.G. Laser and the dental pulp. *J. Am. Dent. Assoc.*, v. 83, p.113-117, 1971.
2. BONK, P.A. *Avaliação da mudança da microdureza na superfície de esmalte dentário irradiado com laser de hólmio e modelamento das microexplosões*. São Paulo, 1999. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.
3. CECCHINI, R.; ZECELL, D.; SALVADOR, V.; EDUARDO, C.P. *In vitro* analysis of the Nd:YAG laser in enamel using X-ray fluorescence and scanning electron microscopy. In: SYMPOSIUM ON LASERS AND THEIR APPLICATIONS, 3-5 dez. 1997, Campinas, São Paulo. *Proceedings*. Campinas, 1997.
4. CERNAVIN, I. A comparison of the effects of Nd:YAG laser irradiation on dentine and enamel. *Aust. Dent. J.*, v.40, n.2, p.79-84, 1995.
5. COHEN, B.I.; DEUTSCH, A.S.; MUSIKANT, B.L. Effect of power setting on temperature change at the root surface when using a Holmium:YAG laser in enlarging the root canal. *J. Endod.*, v.22, p.596-599, 1996.
6. EDUARDO, C.P.; ZECELL, D.M.; CECCHINI, S.C.M.; ROSSI, W.; RANIERI, I.M.; MORATO, S.P.; MATSUMOTO, K. Scanning electron microscopy analysis of enamel and dentine irradiated by Holmium laser. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY, 4., Ago. 1994, Singapura. *Proceedings*. Singapura, 1994.
7. ERIKSSON, A.R.; ALBREKTSSON, T. The effect of heat on bone regeneration. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, v. 42, p.705-711, 1984.
8. ERIKSSON, A.R.; ALBREKTSSON, T. Temperature threshold levels for heat-induced bone tissue injury: a vital study in the rabbit. *J. Prosthet. Dent.*, v. 50, p.101-107, 1983.
9. ERIKSSON, A.; ALBREKTSSON, T.; GRANE, B.; McQUEEN, D. Thermal injury to bone: a vital-microscopic description of heat effects. *Int.J. Oral Surg.*, v. 11, p.115-121, 1982.
10. FEATHERSTONE, J.D.B.; FRIED, D.; BITTEN, E.R. Mechanism of laser induced solubility reduction of dental enamel. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMEDICAL OPTICS SPIE, Bellingham, 1997. *Proceedings*. v.2973, p.112-116.
11. FEATHERSTONE, J.D.B.; BARRET-VESPONI, N.A.; FRIED, D.; KANTAROWTZ, Z.; SIKI, W. CO2 inhibition of artificial caries like lesion progression in dental enamel. *J. Dent. Res.*, v.7, n.6, p.1397-1403, 1996.
12. HOSSAIN, M.; NAKAMURA, Y.; KIMURA, Y.; YAMADA, Y.; ITO, M.; MATSUMOTO, K. Caries preventive effect of Er: YAG laser irradiation with or without water mist. *J. Clin. Laser Med. Surg.*, v.18, n.2, p.61-65, 2000.
13. LIPPAS, M.G.; ARCORIA, C.J.; KHADEMI, J.A. Surfaces analyses of Ho:YAG, CO<sub>2</sub>, Nd: YAG e Ar: F lasers. In: INTERNATIONAL SOCIETY FOR LASERS IN DENTISTRY-ISLD, 1992. *Proceedings*. p.139-140.
14. MISERENDINO, L.; NEIBURGER, E.J.; WALIA, H.; BRANTLEY, W. Effects of continuous wave CO<sub>2</sub> laser exposure on human teeth: an *in vitro* study. *J. Endod.*, v.15, n.7, p.302-305, Jul. 1989.
15. MYERS, T.D.; MYERS, W.D. The use of a laser for debridement of incipient caries. *J. Prosthet. Dent.*, v.53, n.6, p.776-779, 1992.
16. NUBLER-MORITZ, M.; GUTKNECHT, N.; SAILER, H.F.; HERRING, P.; PRETTL, W. A laboratory investigation of the efficacy of Holmium: YAG laser irradiation in removing intracanal debris. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMEDICAL OPTICS, San Jose, Calif., 1997. *Proceedings*. p.150-156.
17. OHO, T.; MORIOKA, T. A possible mechanism of acquired acid resistance of human dental enamel by laser irradiation. *Caries Res.*, v.24, p.86-92, 1990.
18. STERN, R.H.; SOGNAES, R.F. Laser beam effect on dental hard tissue. *J. Dent. Res.*, v.43, p.873, 1962.

19. STREFEZZA, C.; ZECELL, D.M.; BACHMANN, L.; CECCHINI, S.C.; PINOTTI, M.; EDUARDO, C.P. Efeitos térmicos da irradiação intracanal do laser de Nd:YAG. *In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE PESQUISAS ODONTOLÓGICAS*, set. 1999, Águas de São Pedro. *Anais...* São Paulo: SBPqO, 1999.
20. STREFEZZA, C.; ZECELL, D.M.; BACHMANN, L.; CECCHINI, S.C.; PINOTTI, M.; EDUARDO, C.P. Lasers parameters for safe endodontical procedures. *In: INTERNATIONAL CONGRESS OF THE GERMAN SOCIETY FOR LASERS IN DENTISTRY - DGL*, 8., 22-24 Jan. 1999, Alemanha. *Proceedings*.
21. STREFEZZA, C.; ZECELL, D.M.; BACHMANN, L.; CECCHINI, S.C.; PINOTTI, M.; EDUARDO, C.P. Thermal effects during *in vitro* intracanal application of Nd:YAG laser. *J. Dent. Res.*, v.79, n.5, p.1074, May 2000.
22. WHITE, J.M.; FAGAN, M.C.; GOODIS, H.E. Intrapulpal temperatures during pulsed Nd:YAG laser treatment of dentin *in vitro*. *J. Periodontol.*, p.255-259, Mar. 1994.
23. ZACH, L.; COHEN, G. Pulp response to externally applied heat. *Oral Surg. Oral Med. Oral Pathol.*, v.19, p.515-530, 1965.
24. ZECELL, D.M.; CECCHINI, S.C.M.; CECCHINI, R.C.M.; EDUARDO, C.P. Efeitos dos lasers de hólmio em esmalte e dentina. *In: SIMPÓSIO ESTADUAL DE LASERS E APLICAÇÕES*, 4., 1994, São Carlos, São Paulo.
25. ZECELL, D.M.; CECCHINI, S.M.; PINOTTI, M.; EDUARDO, C.P. Temperature changes under Ho:YLF irradiation. *In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON BIOMEDICAL OPTICS*, 1996. *Proceedings*. v.2672, p.34-39.
26. ZECELL, D.M.; BONK, P.A.; SALVADOR, V.L.R.; VIEIRA Jr., N.D.; EDUARDO, C.P. Potencial of Ho:YLF and fluoride in prevention of dental caries. *In: INTERNATIONAL CONGRESS ON LASERS IN DENTISTRY*, 6., Jul. 28-30, 1998, Havai. *Proceedings*. p. 63-65. Havai, 1998.
27. ZECELL, D.M.; BONK, P.A.; SALVADOR, V.L.R.; ROSSI, W.; RANILI, I.M.; BACHMANN, L.; EDUARDO, C.P.; VIEIRA, N.D.; MORATO, S.P. Combined effect of holmium laser and fluoride in prevention of dental caries *in vitro*. *In: SYMPOSIUM ON LASERS AND THEIR APPLICATIONS*, 3-5 dez. 1997, Campinas, São Paulo. *Proceedings*. Campinas, 1997.

Recebido em 05/7/2001

Aceito em 07/8/2001